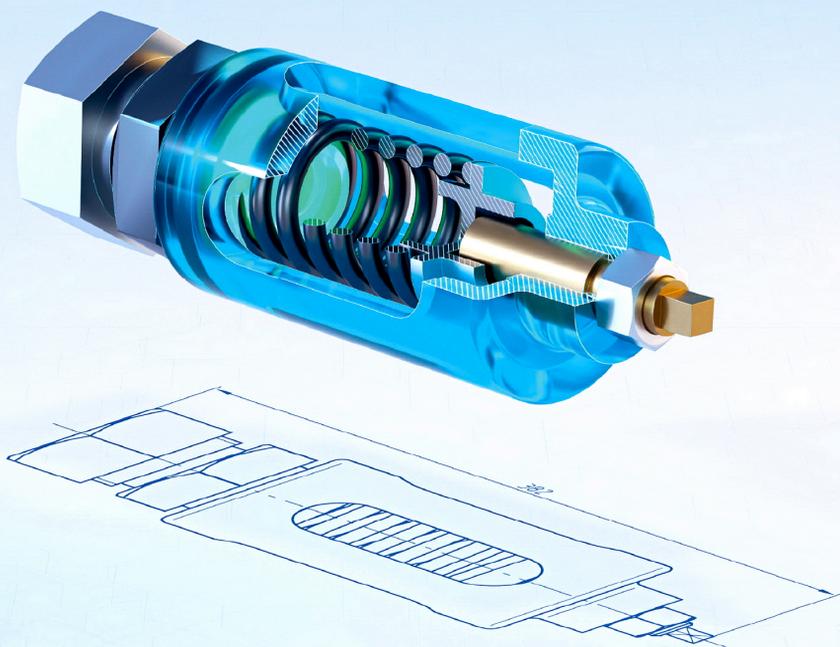


А.Л. Хейфец

ИНЖЕНЕРНАЯ 3D-КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Платформа nanoCAD

Учебник
для академического бакалавриата



А. Л. Хейфец

Инженерная 3D-компьютерная графика

– Платформа nanoCAD –

Учебник для академического бакалавриата

3-е издание, электронное

*Рекомендовано ООО «Нанософт разработка»
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по инженерно-техническим
и архитектурно-строительным направлениям
и специальностям*



Москва, 2025

УДК 004.9nanoCAD

ББК 32.973

X35

Рецензенты:

М. В. Шахматов, Л. И. Трубникова

Хейфец, Александр Львович.

X35 Инженерная 3D-компьютерная графика. Платформа nanoCAD : учебник для академического бакалавриата / А. Л. Хейфец. — 3-е изд., эл. — 1 файл pdf : 305 с. — Москва : ДМК Пресс, 2025. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93700-325-6

В книге представлены содержание и последовательность выполнения контрольно-графических заданий кафедры инженерной и компьютерной графики Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) по курсу «Компьютерная графика». Задания ориентированы на современные 3D-методы проектирования.

Курс направлен на освоение российской Платформы nanoCAD. Приведены алгоритмы, подробные примеры и образцы выполнения заданий в nanoCAD.

Учебник обобщает многолетний авторский опыт преподавания курса инженерной и компьютерной графики учащимся ЮУрГУ, в том числе студентам элитной группы архитектурно-строительного института.

Учебник предназначен для общеинженерной подготовки студентов, обучающихся по инженерным и строительным направлениям подготовки и специальностям, которые проходят курс «Компьютерная графика».

УДК 004.9nanoCAD

ББК 32.973

Электронное издание на основе печатного издания: Инженерная 3D-компьютерная графика. Платформа nanoCAD : учебник для академического бакалавриата / А. Л. Хейфец. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ДМК Пресс, 2024. — 302 с. — ISBN 978-5-93700-322-5. — Текст : непосредственный.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-93700-325-6

© Хейфец А. Л., ООО «Нанософт разработка», 2024

© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2024

Содержание

Введение	10
Глава 1. Дружественный интерфейс. 2D-построения	15
1.1. Загрузка программы nanoCAD. Интерфейс.....	15
1.1.1. Окно приветствия	15
1.1.2. Элементы интерфейса	15
1.1.3. Настройка интерфейса	17
1.2. Справочная служба программы nanoCAD.....	17
1.3. Свойства и построение объектов. Отрезок прямой линии	18
1.3.1. Свойства объектов	18
1.3.2. Построение объектов.....	18
1.3.3. Корректировка изображения на экране	19
1.4. Редактирование свойств и геометрии объекта.....	20
1.5. Включение-отключение и настройка веса (толщины) линий	21
1.6. Информация и помощь по командам	22
1.7. Объектная привязка и геометрические построения	22
1.7.1. Настройка привязок.....	22
1.7.2. Отрезок с объектными привязками.....	23
1.7.3. Медианы треугольника	24
1.7.4. Задача Аполлония	24
1.8. Режимы построений	25
1.8.1. Режимы ортогональности («ОРТО») и полярного («ОТС-ПОЛЯР») отслеживания.....	25
1.8.2. Режимы «ШАГ» и «СЕТКА».....	26
1.8.3. Построения по координатам.....	26
1.8.4. Комбинированный метод.....	27
1.9. Плоский контур	28
1.9.1. Содержание работы	28
1.9.2. Начальные настройки.....	28
1.9.3. Построение осей.....	29
1.9.4. Построение фланца.....	30
1.9.5. Построение сектора	31
1.9.6. Планка и сопряжения	32
1.9.7. Завершение чертежа	32
1.10. Компьютерный дизайн.....	34
1.10.1. Орнамент	34
1.10.2. Кружево.....	35
1.11. Геометрические узоры.....	36
1.11.1. Круги Аполлония.....	36
1.11.2. Шестиугольник Паскаля.....	37
1.12. Форматы файлов nanoCAD. Сохранение и восстановление файлов	38

Глава 2. Средства 3D-графики	40
2.1. Пространство Модели	40
2.1.1. Настройка пространства Модели	40
2.1.2. Параллелепипед как 3D-объект прямого моделирования	41
2.2. Пространство Листа. Настройки и применение	42
2.3. Видовые экраны в пространстве Листа	43
2.3.1. Создание видовых экранов	43
2.3.2. Свойства видовых экранов.....	45
2.4. Виды.....	45
2.4.1. Виды в ПСК. Локатор	45
2.4.2. Виды в МСК (Ортогональные виды)	47
2.4.3. Вид в плане ПСК.....	48
2.4.4. Изометрические виды и проекции.....	48
2.5. Режимы 3D-моделирования. Типы 3D-моделей.....	50
2.6. Построение 3D-объектов прямого моделирования.....	51
2.6.1. Создание контура для 3D-сOLID-моделей.....	52
2.6.2. Выдавливание	53
2.6.3. Вытягивание по сечениям	54
2.6.4. Вытягивание по траектории.....	55
2.6.5. Придание толщины.....	57
2.6.6. Выполнение разреза	58
2.6.7. Вращение контура	58
2.7. Редактирование 3D-объектов прямого моделирования	59
2.7.1. Редактировать тело	59
2.7.2. Выдавить грань.....	61
2.7.3. Редактирование ручками.....	63
2.7.4. Редактирование через окно «Свойства»	64
2.8. Объектная привязка и геометрические измерения при 3D-построениях	66
2.9. Система координат в 3D-построениях	68
2.9.1. Мировая, пользовательская и именованная системы координат	68
2.9.2. Пиктограммы осей координат. Знак ПСК.....	70
2.9.3. Управление отображением пиктограммы ПСК	71
2.10. Композиция геометрических примитивов	72
2.11. Источники света.....	74
2.12. 3D-технология построения чертежа. 2D-виды	75
2.12.1. Команды группы «2D-виды»	76
2.12.2. Пример построения проекций	77
2.12.3. Свойства 2D-видов.....	78
2.13. Булевы операции. Построение гайки	79
2.14. Тесты для самоконтроля.....	81
2.14.1. Два тора в зацеплении	81
2.14.2. Поверхность Эшера.....	82
2.14.3. Лента Мёбиуса	83
2.14.4. Рифовый узел	84
2.14.5. Звездчатый многогранник.....	85

Глава 3. Построение 3D-модели	88
3.1. Цель и содержание работы	88
3.2. Рекомендации по конструированию 3D-модели.....	89
3.3. Анализ варианта симметричной модели	90
3.4. Настройки для построения 3D-моделей	91
3.5. Вставка рисунка с вариантом задания	92
3.6. Построение модели.....	93
3.6.1. Основание модели	93
3.6.2. Горизонтальный цилиндр и вертикальные призмы	94
3.6.3. Построение ребер жесткости.....	95
3.6.4. Сквозные цилиндрические отверстия	97
3.7. Редактирование 3D-модели.....	98
3.7.1. Удаление части модели с последующей заменой	99
3.7.2. Перемещение граней	99
3.7.3. Редактирование цилиндрических отверстий.....	100
3.7.4. Редактирование цвета элементов модели.....	100
3.7.5. Сопряжения (фаски и скругления)	100
3.8. Несимметричная модель.....	101
3.8.1. Анализ вариантов модели	101
3.8.2. Оптимальный вариант модели	102
Глава 4. Простые разрезы, аксонометрия	104
4.1. Требования ЕСКД к содержанию чертежа	104
4.2. Построение 2D-видов	105
4.3. Построение простых 2D-разрезов	107
4.3.1. Полные простые разрезы	107
4.3.2. Совмещение половины вида с половиной разреза	108
4.3.3. Выделение ребра жесткости.....	110
4.3.4. Местный разрез.....	110
4.3.5. Особые случаи совмещения вида и разреза.....	111
4.3.6. Поперечное сечение ребра жесткости	112
4.4. Аксонометрия – диметрия с разрезом	113
4.4.1. Подготовка модели к построению диметрии	114
4.4.2. Построение диметрии	115
4.4.3. Редактирование диметрии	116
4.5. Формат чертежа	118
4.5.1. Термины и настройки: формат, стиль текста, масштаб, стандарт оформления	118
4.5.2. Создание формата.....	119
4.5.3. Заполнение основной надписи. Масса детали.....	120
4.6. Компоновка чертежа.....	121
4.6.1. Создание блоков.....	121
4.6.2. Объектное отслеживание и проекционная связь	122
4.6.3. Рекомендации к компоновке чертежа.....	124
4.7. Простановка размеров	124
4.7.1. Размерный стиль	124

4.7.2. Масштаб символов и масштаб измерений	125
4.7.3. Нанесение и редактирование размеров	125
4.7.4. Правила простановки размеров	127
4.7.5. Пример простановки размеров	129
4.8. Обозначение простых разрезов	130
4.8.1. Плоскость и изображение разреза	130
4.8.2. Обозначения при симметрии и совмещении	131
4.8.3. Автоматическое обозначение разреза	131
4.9. Чертеж несимметричной модели	132
4.10. Вывод на печать	134
4.11. Создание шаблона.....	135

Глава 5. Сложный ступенчатый разрез

5.1. Построение модели.....	136
5.2. Построение ступенчатого разреза	138
5.3. Построение профильного разреза	140
5.4. Наклонное сечение	141
5.4.1. Построение командой «Сечение»	141
5.4.2. Построение командой «Секущая плоскость»	142
5.4.3. Построение командой «2D разрез»	143
5.5. Диметрия ступенчатого разреза	144
5.6. Чертеж со ступенчатым разрезом.....	145
5.6.1. Последовательность построения чертежа.....	146
5.6.2. Обозначение ступенчатого разреза и наклонного сечения.....	146
5.6.3. Местный вид.....	147
5.6.4. Особенность аксонометрии.....	148
5.6.5. Другие элементы чертежа	148

Глава 6. Сложный ломаный разрез.....

6.1. Построение модели.....	150
6.2. Особенности выполнения ломаного разреза.....	153
6.3. Построение ломаного разреза	154
6.4. Профильный поперечный разрез	156
6.5. Диметрия модели ломаного разреза	157
6.6. Дополнительный вид.....	158
6.7. Масштабирование изображений в пространстве Модели.....	160
6.8. Компоновка и завершение чертежа.....	161

Глава 7. Параметрическое моделирование

7.1. Сравнение прямого и параметрического моделирования.....	163
7.2. Параметрическая 2D-модель.....	164
7.2.1. Термины параметрического моделирования.....	164
7.2.2. Параметрическая модель ромба. Геометрические зависимости	164
7.2.3. Параметрические размеры.....	166
7.3. Простая параметрическая 3D-модель.....	167
7.3.1. История и дерево построений.....	168

7.3.2. Выбор алгоритма построения	169
7.3.3. Задание плоскости построений.....	169
7.3.4. 2D-эскиз модели угольника.....	170
7.3.5. 3D-элемент модели. Команда «3D Выдавливание».....	172
7.3.6. Редактирование параметрических тел	173
7.3.7. Паз в нижней полке модели	173
7.4. Редактирование параметрической модели.....	176
7.4.1. Редактирование по дереву построений	176
7.4.2. Менеджер параметров	176
7.5. Сложная параметрическая модель.....	178
7.5.1. Анализ формы и настройки.....	179
7.5.2. Основание модели.....	179
7.5.3. Многогранник.....	181
7.5.4. Промежуточное тестирование модели	183
7.5.5. Взаимосвязи параметров модели	184
7.5.6. Продольный паз, ниша, шестиугольное отверстие	185
7.5.7. Сквозное вертикальное отверстие в основании.....	189
7.5.8. Паз «ласточкин хвост».....	191
7.5.9. Завершающее тестирование модели	192
7.5.10. Чертеж параметрической модели	193
Глава 8. 3D-модель узла	195
8.1. Термины ЕСКД	195
8.2. Содержание работы	196
8.2.1. Примеры и образцы моделей узлов	196
8.2.2. Анализ конструкции узла. Метрическая резьба	197
8.3. Создание исходного файла.....	198
8.3.1. Методика построения 3D-модели узла	199
8.3.2. Приведение изображения к истинным размерам	199
8.4. Модель корпусной детали	201
8.4.1. Рекомендации к построению контуров.....	201
8.4.2. Построение тела вращения	202
8.5. Копирование и массив эскизов. Сквозные пазы	207
8.5.1. Вертикальный паз	207
8.5.2. Копирование эскиза (горизонтальный паз).....	209
8.5.3. Массив элементов (пазов в корпусе)	210
8.6. Псевдоразрез	211
8.7. Детали типа гайки. Седло	212
8.7.1. Особенности деталей типа гайки	212
8.7.2. Построение тела вращения.....	213
8.7.3. Шестигранная часть модели	215
8.7.4. Контроль и тестирование модели	216
8.8. Стандартная гайка. База элементов.....	218
8.9. Стандартные резьбовые изделия.....	220
8.10. Пружина сжатия	222
8.10.1. Построение гелисы.....	222

8.10.2. Построение профиля и его перемещение	223
8.10.3. Подрезка крайних витков.....	224
Глава 9. Сборка узла. Аксонометрия узла	226
9.1. Подготовка файлов деталей для сборки.....	226
9.2. Установка корпусной детали	227
9.3. Зависимости сборки	228
9.3.1. Совпадение по ребрам моделей. Команда «3D-вставка»	228
9.3.2. Совмещение по поверхностям моделей. Команда «3D-совмещение»	229
9.3.3. Угловое совмещение. Команда «Угловая 3D зависимость»	230
9.3.4. Совмещение касанием. Команда «Зависимость 3D касание»	231
9.4. Установка пружины.....	232
9.5. Контроль сборки.....	234
9.5.1. Совмещение изображения модели с исходным чертежом	234
9.5.2. Проверка отсутствия взаимных пересечений.....	235
9.5.3. Устранение недопустимых зазоров. Редактирование сборки	236
9.5.4. Контроль дерева построений	238
9.6. Аксонометрический разрез узла.....	238
9.6.1. Построение 3D-модели разреза	239
9.6.2. Построение аксонометрической проекции разреза.....	240
9.6.3. Штриховка аксонометрического разреза узла.....	243
9.6.4. Совмещение вида и проекции	245
9.6.5. Цветовое решение. Свет	246
9.6.6. Презентация в растровом формате	246
9.7. Разнесенный вид	248
Глава 10. Рабочий чертеж	250
10.1. Цель и содержание задания.....	250
10.2. 3D-технология построения рабочего чертежа. Ассоциативность.....	250
10.3. Последовательность построения рабочего чертежа	251
10.4. Определение и задание масштаба чертежа. Выбор формата	253
10.5. Выносной элемент	254
10.5.1. Резьбовая проточка (канавка).....	254
10.5.2. Резьбовое гнездо	256
10.6. Шероховатость поверхности	257
10.7. Автоматическое изображение резьбы. Команда «3D Резьба»	260
10.7.1. Наружная резьба (резьба на стержне).....	260
10.7.2. Внутренняя резьба (резьба в отверстии)	263
10.7.3. Редактирование резьбы	264
10.7.4. Определение параметров стандартной резьбы	265
10.8. Рабочий чертеж корпусной детали	266
10.8.1. Определение необходимых изображений на чертеже	266
10.8.2. Корректировка 3D-модели (нанесение 3D-резьбы и фасок).....	266
10.8.3. Построение видов и разрезов	268
10.8.4. Простановка размеров.....	269

10.8.5. Простановка знаков шероховатости.....	269
10.8.6. Обозначение разрезов и сечений	269
10.8.7. Заполнение основной надписи. Материал детали.....	270
10.8.8. Технические требования	271
10.8.9. Завершение чертежа детали «корпус».....	272
10.9. Рабочий чертеж детали «седло»	273
10.9.1. Определение необходимых изображений на чертеже	273
10.9.2. Корректировка 3D-модели детали «седло»	273
10.9.3. Построение чертежа детали «седло».....	275
10.9.4. Построение и обозначение проточек (резьбовых канавок).....	276
10.10. Рабочий чертеж детали «клапан».....	277
10.11. Корректировки остальных 3D-моделей узла	279

Глава 11. Сборочный чертеж узла

11.1. Последовательность построения сборочного чертежа.....	281
11.2. Штриховка в разрезах и сечениях на сборочном чертеже	282
11.3. Особенности штриховки в резьбовых соединениях.....	283
11.4. Изображение деталей, не подлежащих разрезу на сборочном чертеже	285
11.5. Размеры на сборочном чертеже.....	286
11.6. Нанесение позиционных обозначений	287
11.7. Результат построения сборочного чертежа	287
11.8. Построение спецификации	288
11.9. Масса узла. Таблица объемов деталей	289

Глава 12. Дифференцированный зачет

12.1. Вопросы для самоконтроля и к дифференцированному зачету	294
12.2. Перечень работ, предоставляемых к зачету.....	298

Библиографический список

300

Введение

В учебнике представлены содержание и последовательность выполнения контрольно-графических заданий кафедры инженерной и компьютерной графики Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) по курсу «Компьютерная графика». Задания ориентированы на современные методы проектирования, при использовании которых первоначально создаются 3D-модели деталей, узлов машин, зданий, а затем по ним в автоматизированном режиме формируются чертежи этих моделей и рабочая документация. Курс направлен на освоение российского программного продукта – Платформы nanoCAD.

Учебник обобщает многолетний опыт автора [1–8] по преподаванию курса инженерной и компьютерной графики студентам ЮУрГУ, в том числе элитной группе архитектурно-строительного института.

Цель и содержание курса компьютерной графики

Компьютерная графика – учебная дисциплина, рассматривающая построение моделей и чертежей инженерной сферы деятельности средствами компьютерного моделирования.

Цель нашего курса компьютерной графики – дать студентам инженерно-строительных специальностей современную общеинженерную компьютерно-графическую подготовку. Для этого обеспечить освоение ими методов компьютерного геометрического 3D-моделирования, применяемых при конструировании узлов машин и механизмов и построении сборочных чертежей, а также при детализации узлов, то есть построении рабочих чертежей деталей узла.

3D-компьютерное моделирование – это создание реалистичных, объемных виртуальных моделей. По этим признакам 3D-моделирование принципиально отличается от традиционных 2D-методов проектирования на плоскости (карандашом на бумаге). В инженерной практике 3D-модели – это узлы и детали машин, здания и сооружения в строительстве.

На протяжении 25–30 лет автор развивал и преподавал курс в пакете AutoCAD [2–8]. С 2022–2023 гг. инструментальным средством курса является российская Платформа nanoCAD.

В учебнике подробно рассмотрено выполнение четырех контрольно-графических заданий: «3D-моделирование и проекционное черчение», «3D-модель машиностроительного узла», «Рабочие чертежи деталей узла по 3D-технологии построения», «Сборочный чертеж по 3D-технологии». Показано выполнение

учебного задания «Плоский контур», которое выдается ряду специальностей в качестве первого, вводного задания при освоении техники 2D-построения чертежа.

Учебник содержит 11 глав.

В главе 1 изложены основы интерфейса Платформы nanoCAD, рассмотрены построение простейших 2D-объектов (отрезок, окружность и др.), их свойства, редактирование, режимы построений. Приведено построение плоского контура, на примере которого рассмотрены простановка размеров, применение объектной привязки, типы линий, создание формата и другие начальные сведения по построению чертежа. Включены упражнения по построению геометрических узоров, кругов Аполлония, шестиугольника Паскаля, направленные на повышение интереса студентов к предмету.

В главе 2 рассмотрены основы 3D-построений: определение, особенности и применение пространств Модели и Листа, мировая и пользовательская системы координат (МСК и ПСК), ортогональные и аксонометрические виды, виды МСК и ПСК, прямое и параметрическое моделирование, геометрические примитивы, автоматическое построение проекций по созданной 3D-модели и др. Приведены оригинальные примеры 3D-моделей: псевдоповерхность Эшера, лента Мёбиуса, рифовый узел, звездчатый многоугольник, показывающие не самые известные из возможностей применения nanoCAD.

В главах 3–6 рассмотрено выполнение первого контрольно-графического задания: «3D-моделирование и проекционное черчение». Задание содержит четыре работы, выполнение которых позволяет освоить 3D-методы построения чертежа (создание видов, разрезов, сечений, простановку размеров и т. д.). Каждая работа начинается с создания компьютерной 3D-модели и заканчивается получением ее чертежа. Задание выполняется в режиме прямого моделирования Платформы nanoCAD.

В главе 7 приведены упражнения для освоения методов параметрического моделирования в nanoCAD. Показаны особенности параметрического моделирования и его преимущества перед прямым моделированием.

В главе 8 рассмотрено начало выполнения второго задания: «3D-модель машиностроительного узла». Задание выполняется в режиме параметрического моделирования. Студенты получают чертеж узла, по которому выполняют 3D-модели всех входящих в него деталей. Приведены примеры построения корпусной (литой) детали, детали типа гайки (штуцер). Показана работа с базами элементов nanoCAD на примере извлечения 3D-моделей стандартных резьбовых изделий.

В главе 9 рассмотрены методы сборки 3D-модели узла, контроля 3D-сборки и ее редактирования. Выполняется построение аксонометрии узла с разрезом – в цвете, с источниками света, применением растровой графики nanoCAD. Работа завершается построением разнесенного вида, выполнение которого способствует пониманию студентами конструкции и принципа работы узла.

В главе 10 рассмотрено выполнение третьего задания: «Рабочие чертежи деталей узла по 3D-технологии построения». Приведены примеры построения рабочих чертежей на основе предварительно созданных 3D-моделей деталей

узла. Продемонстрировано построение на чертеже, средствами nanoCAD, резьбовых изделий и соединений, выносных элементов, а также показана простановка знаков шероховатости.

В главе 11 рассмотрено четвертое задание курса: «Сборочный чертеж по 3D-технологии». Показана методика построения сборочного чертежа на основе созданной и отредактированной 3D-модели узла. Приведен пример работы с табличными данными в nanoCAD.

При изложении материала рассматриваются как компьютерная составляющая курса (команды, методы построения, справочная информация nanoCAD), так и основы инженерной графики: содержание, правила и стандарты построения чертежа (ГОСТ и ЕСКД).

Приведены контрольные вопросы по курсу для подготовки к дифференцированному зачету и требования к оформлению отчета по курсу.

Курс рассчитан на один семестр: 72 часа, из них 32 часа практических занятий, остальное – самостоятельная работа. Завершается курс дифференцированным зачетом.

Варианты заданий

Варианты задания «Плоский контур» взяты из [9].

Варианты задания «3D-моделирование и проекционное черчение» разработаны коллективом кафедры графики ЮУрГУ за многие годы преподавания курса «Проекционное черчение» и адаптированы автором к 3D-технологии проектирования [3, 4, 6, 7]. Полный набор вариантов приведен на сайте кафедры инженерной и компьютерной графики ЮУрГУ: <https://grapham.susu.ru> (раздел «Методика» → Учебные задания → Варианты задания по теме «Проекционное черчение»).

Варианты задания «3D-модель машиностроительного узла» взяты из атласов [10] и [11].

Установка программы nanoCAD

Разработчиком Платформы nanoCAD является российская компания «Нанософт разработка», которая бесплатно предоставляет полнофункциональные учебные лицензии для оборудования компьютерных классов образовательных организаций, а также персональных компьютеров преподавателей и студентов. Учебные лицензии предоставляются на 1 год. Для получения учебной лицензии необходимо зарегистрировать Личный кабинет на сайте **nanocad.ru** и оформить заявку в соответствии с инструкцией: <https://academy.nanocad.ru/education> или <https://clck.ru/3DwiTT>.



Видеоинструкция по получению и установке учебных лицензий программных продуктов nanoCAD

По результатам установки на рабочем столе появятся три ярлыка:  – соответственно ярлык базовой платформы, ярлык модуля «Механика» и ярлык модуля «СПДС». Базовая платформа содержит необходимые средства 2D-/3D-моделирования и построения чертежа. Модуль «Механика» дополняет платформу средствами создания чертежей, базами стандартных элементов, модулями инженерных расчетов. Модуль «СПДС» (Система проектной документации для строительства) ориентирован на построение строительных чертежей и объектов. Для нашего курса необходима Платформа nanoCAD с модулем «Механика».

Обозначения в тексте учебника

ЛКМ – левая кнопка мыши. ПКМ – правая кнопка мыши. «Выполните клик ЛКМ» – нажмите ЛКМ, «выполните клик ПКМ» – нажмите ПКМ, «укажите объект» – наведите курсор на объект и выполните клик ЛКМ.

Имена диалоговых окон, кнопок, полей ввода и т. п., а также названия команд и параметров заключены в кавычки (кроме случаев, когда они упоминаются в перечне действий – см. ниже). Имена файлов, папок, программ приводятся без кавычек.

Названия клавиш выделяются полужирным шрифтом, например: «окно открывается нажатием **F2**».

Координаты x, y, z вводим в командной строке через запятую, без пробелов. Целая часть числа отделяется от дробной части точкой.

Действия представлены в виде перечня, элементы которого разделены наклонной чертой \. Действие начинается с указания разделов ленты, далее приводятся имя и кнопка команды, опции команды и действия пользователя. Например:

- ◆ Лента \ Настройки \ Адаптация \ Настройки программы  – откроется окно «Настройки» \ Визуальный стиль интерфейса \ Айсберг \ Применить изменения \ ОК.

Прочтем запись. В ленточном интерфейсе открыть вкладку «Настройки», далее указать группу «Адаптация», указать в ней кнопку команды «Настройки программы». Затем в диалоговом окне последовательно указать строки «Визуальный стиль интерфейса», «Айсберг». Указать кнопки «Применить изменения», «ОК» – закрыть окно и завершить выполнение команды.

Это второе издание учебного пособия [1]. По сравнению с первым изданием добавлены главы 1, 2, а также ряд разделов в остальных главах, переработана часть рисунков, при изложении учтен дополнительный опыт преподавания nanoCAD.

Первая версия nanoCAD выпущена компанией «Нанософт разработка» в 2008 году. Версии ежегодно обновляются. Материал учебника адаптирован к версиям 23.1 и 24.0, выпущенным в 2023–2024 гг. ЮУрГУ начал применять nanoCAD в учебном процессе с 2020 г. [12, 13].

Автор благодарит ООО «Нанософт разработка» за финансовую поддержку при выпуске учебника. Особая благодарность сотрудникам компании С. В. Спири-ну, Т. А. Камалетдинову, Е. Д. Колпаковой за организационное и техническое содействие в процессе подготовки издания.

Посмотрите 3D-модель будущего узла, который вы смоделируете:

academy.nanocad.ru/3d-uzel



Просим уделить 2 минуты вашего времени и оставить отзыв об учебнике

<https://clck.ru/3DxwVF>



ГЛАВА 1

Дружественный интерфейс. 2D-построения

Интерфейс – набор графических или текстовых средств для взаимодействия с программой. В этой главе рассмотрим интерфейс и настройки программы nanoCAD, минимально необходимые для начала работы над заданиями нашего учебного курса компьютерной графики. Далее по мере изложения заданий информация по интерфейсу будет дополняться.

Термин «дружественный» означает, что интерфейс nanoCAD легко осваивается, размещение его элементов функционально и что действует правило «не знаешь – согласишься с предложениями системы, они оптимальны».

1.1. Загрузка программы nanoCAD. Интерфейс

- ◆ На рабочем столе найдите ярлык Платформы nanoCAD 24 с модулем «Механика»  и выполните по нему двойной клик ЛКМ (клик левой кнопкой мыши) – произошла загрузка программы nanoCAD.

1.1.1. Окно приветствия

На экране видим «Окно приветствия» от фирмы «Нанософт». В верхней части окна показано, что загружена платформа с модулем «Механика» и есть вкладки трех страниц. На странице «Что нового» приведены обновления и новые возможности последней версии пакета. Указав символ  (земной шар), переходим на страницу «Ресурсы», где приведены ссылки для перехода на официальный сайт фирмы «Нанософт». На сайте расположена информация о разработчиках, о многочисленных модулях программы, об учебной литературе, фирменных тестах и примерах.

Открываем страницу «Файлы» и указываем кнопку «Новый документ». Закроем окно приветствия и окажемся в новом файле.

1.1.2. Элементы интерфейса

На экране видим интерфейс программы nanoCAD (рис. 1.1). Отметим элементы, знание которых необходимо для начала работы.

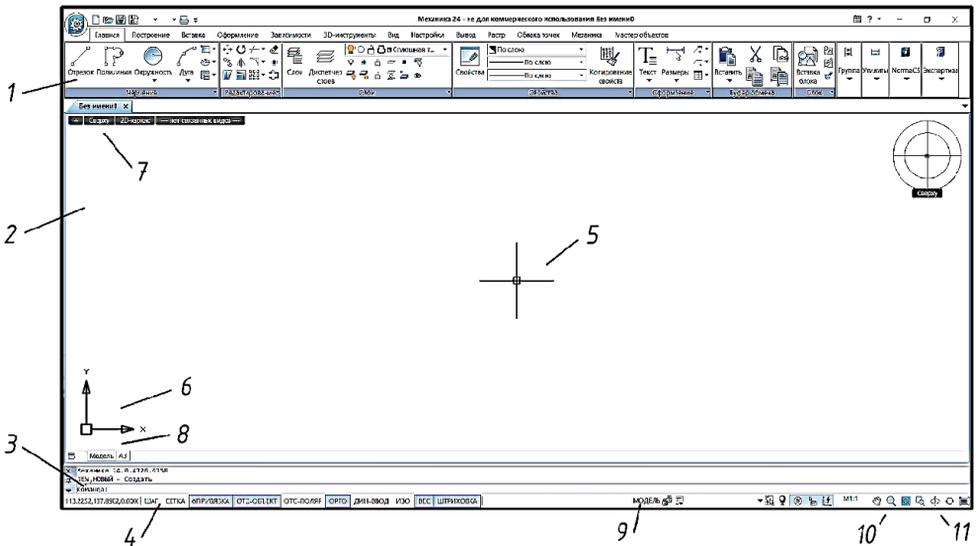


Рис. 1.1. Интерфейс nanoCAD

1. Лента – здесь сгруппированы кнопки управления командами построения, редактирования, настроек. Если в правом верхнем углу экрана указать кнопку , лента будет заменена на строку меню «классического» интерфейса. Возврат к ленте производится повторным указанием той же кнопки. Преимущественно работу будем выполнять в ленточном интерфейсе.
2. Графическая область – здесь выполняется построение геометрических элементов создаваемых моделей и чертежей.
3. Командная строка, через которую осуществляется диалог пользователя с программой.

4. Строка состояния с многочисленными кнопками управления настройками объектов и режимов работы.

В графической области расположены:

5. Курсор, управляемый перемещением мыши.
6. Пиктограмма осей системы координат.
7. Кнопки управления видами.

Некоторые кнопки строки состояния:

8. Панель закладок для перехода между пространствами Модель–Лист.
9. Кнопка переключения «Модель\Лист» для видового экрана.
10. Кнопка «Навигация» для плавной регулировки размера и положения объектов на экране.
11. Кнопка «Зависимая орбита» для плавного изменения направления взгляда на 3D-объект.

1.1.3. Настройка интерфейса

По умолчанию в программе nanoCAD установлен темный визуальный стиль интерфейса и черный цвет экрана. Рекомендуем выполнить настройки интерфейса: установить белый цвет экрана и светлые тона ленты (см. рис. 1.1). Для этого нужно пройти по пути:

- ◆ Лента \ Настройки \ Настройки программы  – откроется окно Настройки \ укажите Цвет \ Фон в пространстве Модели \ двойной клик ЛКМ по строке \ укажите Белый (255, 255, 255).

В том же окне «Настройки» укажите:

- ◆ Визуальный стиль интерфейса \ Айсберг \ Установить \ Применить изменения \ ОК.

1.2. Справочная служба программы nanoCAD

Рекомендуем при изучении команд, содержания диалоговых окон, особенно при первом знакомстве с ними, в дополнение к нашему учебнику обращаться к справочной службе программы. Доступ к справочной службе осуществляется по кнопкам  ▼, расположенным в верхнем правом углу экрана.

По кнопке  открывается приложение «Справка nanoCAD», содержащее описание интерфейса, всех команд и алгоритмов их применения. Например, при изучении интерфейса обратитесь к справочной службе.

- ◆  – откроется окно справки \ Содержание \ Платформа nanoCAD \ Пользовательский интерфейс nanoCAD – доступны разделы, в которых рассмотрены элементы интерфейса, например «Лента», «Графическая область» и др.
- ◆ Укажите раздел «Лента» и изучите содержание и назначение вкладок ленты, настройку ленты.

При указании стрелки (кнопки) ▼ открывается выпадающее меню с дополнительными разделами справочной службы. На начальном этапе работы рекомендуем изучить онлайн-справку , раздел «Пользовательский интерфейс nanoCAD». Здесь в наглядной форме найдете описание классического и ленточного интерфейса, множества настроек и дополнительных возможностей работы.

По кнопке  перейдете на сайт фирмы «Нанософт» – разработчика программы. Здесь приведена информация о модулях и многочисленных приложениях к программе: о молодежном коллективе фирмы, о форумах и конкурсах работ, о студентах-победителях конкурса.

Выбрав строку окна справок , вы сможете увидеть информацию о программе, загруженной на вашем компьютере: версию, вид, статус и срок действия лицензии.

1.3. Свойства и построение объектов.

Отрезок прямой линии

Рассмотрим алгоритм действий по созданию объекта. Рекомендуем новым пользователям выполнить приведенные в этом разделе действия, так как они общие для любого объекта независимо от его типа и сложности.

1.3.1. Свойства объектов

Чтобы построить объект, нужно предварительно задать его свойства. В зависимости от назначения объекты могут иметь множество свойств. Общими свойствами всех объектов являются цвет, тип линии, вес (толщина) и слой, на котором построен объект. Рассмотрим эти свойства.

Цвет в процессе построений линий чертежа может быть различным – он задается исходя из условий наглядности. Но при выводе на печать следует задать черный цвет линий, поскольку цветные чертежи еще не нашли практического применения. Цвет пространственных 3D-объектов выбирается из соображений наглядности и дизайна.

Тип и толщина линий чертежа определены ГОСТ 2.303 (ГОСТ – государственный стандарт). Среди возможных вариантов – сплошная толстая линия, сплошная тонкая, штриховая, штрихпунктирная и др.

◆ В интернете откройте «ГОСТ 2.303 Линии». Изучите параметры и назначение линий чертежа.

Слой – это группа объектов, имеющих общее назначение или свойства. Например, может быть создан ряд слоев с именами Корпус детали, Стены здания, Линии контура и др. Объекты, включенные в слой, могут иметь общие свойства, которые задают в настройках слоя. Такие свойства называют «по слою». Объекты слоя могут иметь индивидуальные свойства.

Подробные сведения о свойствах объектов приведены в справочной службе.

◆ Откройте справочную службу  \ Содержание \ Раздел «Свойства объектов» \ открывайте подразделы Выбор цвета, Слои, Типы линий и др.

1.3.2. Построение объектов

Рассмотрим построение объектов, задание и редактирование их свойств на примере отрезка прямой линии. Построим отрезок красного цвета сплошной линией толщиной 1 мм, конечные точки отрезка должны иметь координаты по осям X,Y: –100,–100 и 100,100 мм.

◆ Создайте новый файл.

Подготовка слоя

◆ На ленте, на вкладке «Главная» в группе «Слои» видим, что в версии 24.0 по умолчанию установлен слой с именем Сплошная толстая линия.

Соглашаемся с этим предложением, то есть создаваемый объект будет помещен на этот слой. При необходимости можно на строке с именем слоя указать расположенную справа кнопку ▼ и в раскрывшемся списке перейти на другой предварительно созданный слой.

Создание новых слоев рассмотрим позднее (см. раздел 1.9.2).

Задание свойств

- ◆ Лента \ Главная \ укажите кнопку Свойства  ▼.

В открывшейся группе находятся три раскрывающихся списка. Сверху вниз это списки свойств: «Цвет», «Тип линии», «Вес». По умолчанию установлены значения «по слою». Для изменения свойства следует раскрыть соответствующий ему список ▼ и указать требуемое значение.

- ◆ Установите красный цвет, согласитесь с предлагаемым типом линии. Раскройте третий список и укажите вес (толщину) линий 1 мм.

Построение геометрии объекта

Для построения любого объекта необходимо указать кнопку команды и в командную строку ввести параметры объекта, запрашиваемые командой. Параметрами могут быть варианты выполнения команды (опции команды), координаты точек и др.

Команды построения 2D-объектов, то есть отрезка, окружности, многоугольника и др., расположены на ленте, на вкладках «Главная» или «Построение», в группах «Черчение». О задании координат см. раздел 1.8.3.

- ◆ Откройте группы «Черчение» на указанных вкладках ленты. Подводя курсор к кнопкам команд, ознакомьтесь с назначением этих команд.
- ◆ Изучите раздел справочной службы «Построение геометрических объектов», в котором рассмотрены назначение, параметры и применение команд 2D-построений.

Строим отрезок с заданными координатами и свойствами:

- ◆ Лента \ Главная \ Черчение \ кнопка Отрезок  \ смотрим в командную строку (рис. 1.1, поз. 3) и отвечаем на ее запросы \ Первая точка: -100,-100 \ Укажите следующую точку: 100,100 \ для прерывания команды нажмите **Enter** или **Esc**.

1.3.3. Корректировка изображения на экране

Объект построен, в данном примере это отрезок (рис. 1.2а). Но объект может быть неудачно расположен на экране, например смещен к краю экрана, не полностью отображен на экране, а также иметь малые или очень большие размеры. Выполним настройку изображения, добиваясь наглядного расположения объекта в средней части графической области интерфейса.

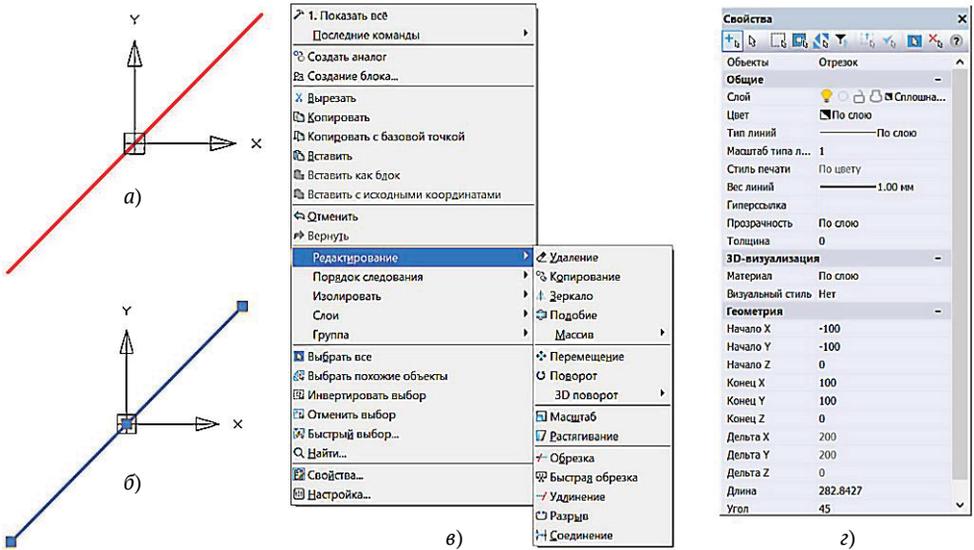


Рис. 1.2. Редактирование объектов: а – отрезок; б – ручки; в – контекстное меню; з – окно «Свойства»

- ◆ Убедитесь, что на экране оси знака координат имеют вид  и ортогональное положение.

Если это условие не выполнено, то установите МСК – мировую систему координат (Лента \ Виды \ ) , укажите кнопку настройки видов (см. рис. 1.1, поз. 7) и в раскрывшемся выпадающем окне укажите «Сверху».

Размер изображения регулируется группой кнопок, расположенных в строке состояния (правый нижний угол экрана) (см. рис. 1.1, поз. 10).

- ◆ Укажите кнопку «Показать все»  – все построенные объекты отображены в границах графической зоны экрана.
- ◆ Кнопкой «Навигация», расположенной там же, отрегулируйте размер изображения. Для этого укажите кнопку , **Enter**, перемещайте курсор по диагонали экрана.

Это плавная корректировка. Грубую корректировку можно выполнить, вращая ролик мыши.

- ◆ Для перемещения изображения по экрану в строке состояния укажите кнопку «Панорамирование»  или нажмите ролик и перемещайте мышью.

1.4. Редактирование свойств и геометрии объекта

Редактирование – изменение геометрии и свойств предварительно построенных объектов. Например, удаление, перемещение, масштабирование, копиро-

вание, поворот и др. Кнопки команд редактирования расположены на ленте на вкладках «Главная» или «Построение», в группах «Редактирование».

Свойства объекта можно редактировать, указав на ленте, на вкладке «Главная», в группе «Свойства» кнопку «Свойства»  и корректируя значения в списках параметров.

Предусмотрены еще три средства редактирования: ручки, контекстное меню, диалоговое окно «Свойства».

- ◆ Укажите построенный отрезок (или другой объект) – объект будет выделен, и на контуре появятся значки – ручки (рис. 1.2б). Укажите ручку и потяните ее – геометрия объекта изменится.
- ◆ Укажите объект и выполните клик правой кнопкой мыши (ПКМ) – откроется контекстное меню, предлагающее действия по редактированию объекта. Укажите строку «Редактирование» – откроется дополнительное окно, содержащее команды редактирования (рис. 1.2в).
- ◆ В нижней части контекстного меню укажите строку «Свойства» – откроется диалоговое окно «Свойства» (рис. 1.2г).

Окно «Свойства» – наиболее эффективное средство редактирования. Здесь отображены все свойства (цвет, слой, вес, слой и др.) и параметры (координаты точек, радиус для окружности, длина отрезка, углы наклона и др.) предварительно указанного объекта. Редактируя значения параметров в этом окне, сразу видим изменение объекта:

- ◆ Укажите отрезок и откройте окно «Свойства», найдите строку «Цвет» и измените его значение.

1.5. Включение-отключение и настройка веса (толщины) линий

Придание толщины линиям – необходимое требование к оформлению чертежа и одно из условий наглядности при отображении 3D-моделей. Однако отображение толщины линий на экране может осложнять процесс построения. Поэтому заданную толщину (вес) можно временно отключать. Включение-отключение выполняется указанием кнопки **ВЕС** в строке состояния (см. рис. 1.1, поз. 4).

Если указанная кнопка в строке состояния на найдена, следует выполнить клик ПКМ по свободному участку строки, в открывшемся окне «Конфигурация строки состояния» найти строку «Вес» и убедиться, что она активирована. Для освобождения места в строке отключить ряд кнопок, лишних в данный момент («3D ОПРИВЯЗКА», «ИЗО», «ПАРАМ-РЕЖИМ», «Выбор объектов на заблокированных слоях», «Блокировка элементов интерфейса»).

- ◆ Найдите кнопку **ВЕС**; если она отсутствует, то вставьте эту кнопку в строку состояния. Включая-отключая кнопку, посмотрите, как изменяется толщина линий.

1.6. Информация и помощь по командам

Приведем основные варианты поддержки и помощи при выполнении команд.

- ◆ Информацию по действию любой команды можно найти в справке nanoCAD , выполнив поиск по имени команды.
- ◆ Наведите курсор на кнопку какой-либо команды (например, ) и задержите его. Рядом с кнопкой появится краткая информация о назначении команды.
- ◆ Начните выполнять команду. После появления имени команды в командной строке или во время ее выполнения нажмите на клавиатуре **F1** – откроется страница справки nanoCAD с пояснениями по команде. Прочтя содержание страницы, продолжайте выполнять команду.
- ◆ При выполнении команд и ошибках ввода данных в командной строке возникают сообщения о допущенных ошибках или причинах нарушения построений.
- ◆ Если нажать клавишу **F2**, то откроется текстовое окно, в котором приведена последовательность выполненных действий, позволяющая понять причину допущенных ошибок. Повторное нажатие **F2** закроет это окно.

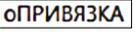
1.7. Объектная привязка и геометрические построения

При выполнении точных геометрических построений возникает необходимость задать точку графического объекта с определенными качественными свойствами. Например, провести отрезок из центра ранее построенной окружности (то есть найти точку центра), построить отрезок из конечной точки ранее построенной дуги (то есть найти конечную точку дуги), построить касательную к окружности (то есть найти точку касания) и др. Такие задачи требуют рассчитать координаты точки в зависимости от ее положения относительно объекта и задать такую точку. Эти действия с максимальной компьютерной точностью автоматически выполняет вычислитель nanoCAD. Задание таких точек называется объектной привязкой точки. Итак, «Объектная привязка» – средство, позволяющее задать точку графического объекта с определенными качественными свойствами.

1.7.1. Настройка привязок

Изучите информацию по объектной привязке в справочной службе программы.

- ◆ Откройте справку NanoCAD  \ Содержание \ Платформа nanoCAD \ Инструменты точного позиционирования \ Режим объектной привязки ОПРИВЯЗКА – откроется страница с информацией по объектной привязке.

Управление объектной привязкой (настройка, включение-отключение) выполняется по кнопке  строки состояния.

- ◆ Выполните клик ПКМ по кнопке **ОПРИВЯЗКА** – откроется контекстное меню с именами всех возможных привязок. Часть из них активирована (включена).
- ◆ В открывшемся меню укажите строку «Настройка» – откроется окно «Режимы черчения» с открытой закладкой «Объектная привязка».

В окне «Режимы черчения» показаны предусмотренные 16 привязок. Часть из них активна. Привязки можно подключать или отключать. Для построения чертежа понадобятся привязки «Конточка», «Центр», «Пересечение», «Середина», «Касательная».

- ◆ Включив привязки, укажите ОК – окно закроется.

Настроенные привязки будут действовать при нажатой кнопке **ОПРИВЯЗКА** и при выполнении одной из команд построения графического объекта. Предусмотрено включение-отключение привязок нажатием клавиши **F3**.

Вместо постоянно действующей привязки можно применять разовый режим. Для этого во время выполнения какой-либо команды следует нажать клавишу **Shift** клавиатуры и, не отпуская ее, щелкнуть правой кнопкой мыши (**Shift**+ПКМ) – откроется контекстное меню привязок, в котором нужно указать строку нужной привязки. После этого можно продолжить выполнение команды, указав объект, которому предназначена привязка.

Рассмотрим примеры построений, основанные на применении объектной привязки.

1.7.2. Отрезок с объектными привязками

Задача. Из середины отрезка a провести отрезок m , касательный к окружности s до пересечения с отрезком b .

- ◆ Подготовьте исходные данные – в глазомерной пропорции (рис. 1.3а) постройте окружность s и два отрезка a и b .
- ◆ Включите кнопку **ОПРИВЯЗКА**. Проверьте, что включены привязки «Середина» и «Касательная».
- ◆ Отрезок  \ первая точка: укажите отрезок a \ рядом с курсором дождитесь подтверждения привязки «Середина», иначе **Shift**+ПКМ, и укажите эту привязку в контекстном меню \ укажите следующую точку: подведите курсор к окружности со стороны ожидаемого касания и дождитесь подтверждения привязки «Касательная», иначе вызовите привязку в разовом режиме – построен отрезок m (1-2).

Для завершения задачи нужно удлинить отрезок со стороны точки 2 до пересечения с отрезком b . Применим команду «Удлинение».

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Удлинение  (если вместо этой кнопки отображена кнопка «Обрезка», то предварительно укажите  \ Выберите граничные кромки: укажите отрезок b \ **Enter** \ выберите объект для удлинения: укажите отрезок m вблизи точки 2 – будет построен искомый отрезок m (1-3).

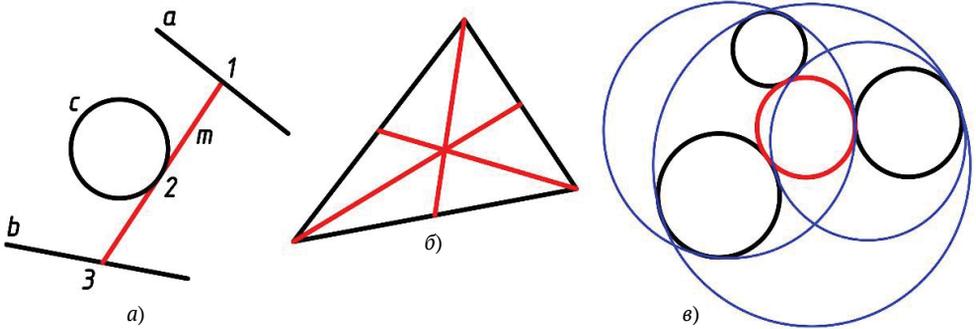


Рис. 1.3. Геометрические построения:
 а – отрезок; б – пересечение медиан; в – задача Аполлония

1.7.3. Медианы треугольника

Задача. В произвольном треугольнике построить медианы внутренних углов.

Из школьного курса геометрии вам известна теорема «Медианы треугольника пересекаются в одной точке и делятся ею в отношении 2:1, считая от вершины треугольника».

Рассмотрим действие этой теоремы (рис. 1.3б).

- ◆ Постройте произвольный треугольник.
- ◆ Убедитесь, что включены объектные привязки «Контточка» и «Середина».
- ◆ Постройте три медианы. Вершины треугольника укажите с привязкой «Контточка», стороны треугольника – с привязкой «Середина».

Видим, что все три отрезка пересеклись в одной точке. Можно до бесконечности увеличивать место пересечения – пересечение остается в одной точке.

Определим отношение длин частей медианы. Применим утилиту «Расстояние».

- ◆ Главная \ Утилиты \ Сведения \ Расстояние  \ с объектной привязкой укажите две точки одной части любой из медиан – будет показано значение длины.
- ◆ Повторите измерение для второй части той же медианы.
- ◆ F2 – в текстовом окне прочтите результаты измерений.
- ◆ На калькуляторе определите отношение длин. Оно равно 2.

Вместо внешнего калькулятора можно выполнить вычисления на языке AutoLisp – это язык программирования, прилагаемый к программе nanoCAD. Допустим, получены значения 114.5757 и 57.2879. Для вычисления следует в командной строке минимум через один пробел ввести выражение (/ 114.5757 57.2879) и нажать **Enter**. Будет выведен результат 2.0.

- ◆ Составьте выражение для своего примера и введите его с командной строки.

1.7.4. Задача Аполлония

Задача. Построить окружность, касательную к трем окружностям.

Это историческая задача, которая пришла из древней Греции.

◆ Найдите в интернете информацию об Аполлонии и его знаменитой задаче. Окружности можно располагать произвольно, со взаимным пересечением. Не допускается лишь положение одной окружности внутри другой. Рассмотрим вариант без пересечений (рис. 1.3в).

◆ Постройте три окружности, относительно которых будем строить касательную окружность (на рис. 1.3в это окружности черного цвета).

Решение можно получить командой «Окружность» с опцией «3 точки касания».

◆ Главная \ Черчение \ ниже кнопки «Окружность»  укажите стрелку ▼ – раскроется набор кнопок с опциями команды \ укажите  \ на каждой окружности укажите точку со стороны ожидаемого касания – будет построена касательная окружность Аполлония (на рис. 1.3в это окружность красного цвета).

Кроме касания к трем окружностям, тем же алгоритмом можно построить окружность, касательную к отрезкам прямых линий. Например, окружность, касательную к прямой линии и двум окружностям, к трем прямым (вписать окружность в треугольник).

◆ Постройте произвольный треугольник и впишите в него касательную окружность.

При расположении исходных окружностей, как на рис. 1.3в, можно построить 8 окружностей Аполлония с различным касанием: внешним и внутренним. Три из них показаны на рис. 1.3в (синие окружности).

1.8. Режимы построений

Режимы построений обеспечивают повышение точности построений. Управление режимами осуществляется группой кнопок, расположенных в строке состояния слева (см. рис. 1.1, поз. 4). Рассмотрим основные режимы, необходимые для начальной стадии освоения папoCAD. Остальные будут рассмотрены позднее.

1.8.1. Режимы ортогональности («ОРТО») и полярного («ОТС-ПОЛЯР») отслеживания

«ОРТО» – режим, обеспечивающий ортогональные построения, характерные для чертежей. Если режим включен, то построения выполняются только строго горизонтальными или вертикальными линиями. Активно применяется и в 3D-построениях для перемещения или копирования объектов в направлении осей системы координат. Включение и отключение режима осуществляется последовательным указанием кнопки «ОРТО» в строке состояния или нажатием клавиши **F8** клавиатуры.

◆ Постройте несколько отрезков, включая-отключая режим ОРТО.

«ОТС-ПОЛЯР» – режим полярного отслеживания – позволяет выполнять построения под предварительно заданным углом. Режим выявляет положение, при котором угол отрезка, соединяющего предыдущую точку с точкой курсора,

составляет с осью X заранее заданную величину. Для настройки угла нужно кликнуть ПКМ по кнопке «ОТС-ПОЛЯР» в строке состояния. Включение и отключение режима производится указанием этой кнопки.

- ◆ Выполните клик ПКМ по кнопке «ОТС-ПОЛЯР» и в контекстном меню укажите угол слежения, например 30.
- ◆ Начните строить отрезок , задав произвольно первую точку, отведите курсор и перемещайте его – от первой точки будет построена штрихпунктирная линия.

В моменты, когда угол между штрихпунктирной линией и осью X равен или является кратным углу слежения, возникнет луч слежения, рядом с курсором и в строке состояния (слева, внизу) возникнет сообщение с указанием зафиксированного угла и расстояния до первой точки.

1.8.2. Режимы «ШАГ» и «СЕТКА»

«ШАГ» – задает дискретное перемещение курсора по экрану. Например, если установить шаг равным 1, то построения, выполняемые указанием курсора на экране, будут реализованы с точностью до 1. Во многих случаях шаговая привязка ускоряет построения и повышает их точность. Включение-отключение шага осуществляется указанием кнопки «ШАГ» или с клавиатуры клавишей F9.

«СЕТКА» – создает на экране видимую сетку для удобства работы. Включение и отключение сетки осуществляется кнопкой «СЕТКА» или с клавиатуры клавишей F7.

Для настройки шага или сетки следует выполнить клик ПКМ по соответствующей кнопке, в контекстном меню указать строку «Настройка» и в открывшемся диалоговом окне «Режимы черчения» задать необходимые значения.

1.8.3. Построения по координатам

Координаты точек, например концов отрезка или центра окружности, можно задавать, указав точку курсором, или вводить с клавиатуры. В первом случае, перемещая мышью, необходимо наблюдать за координатами курсора, которые отображаются в строке состояния (слева), и в нужный момент выполнить клик ЛКМ. При вводе с клавиатуры – печатать координаты в нужном формате.

NanoCAD выполняет построения с точностью 10^{-8} . С такой же точностью могут быть отображены координаты и размеры создаваемых им объектов. Как правило, такая точность отображения избыточна. На учебных чертежах достаточно выводить координаты с точностью до десятых или даже округляя значения до целого.

Точность представления координат задается командой «Единицы». Например, установить точность линейных величин с округлением до первого знака после запятой:

- ◆ Лента \ Главная \ Свойства \ на строке «Свойства» укажите стрелку справа ▼ – раскроется список команд.
- ◆ Единицы \ Точность \ 0.0.

Координаты можно задать относительно начала координат текущей системы координат или относительно предыдущей точки. В каждом из вариантов точку можно задать декартовыми координатами либо полярными координатами.

Координаты x, y, z при вводе разделяются запятой. Целая и дробная часть любой из координат разделяются точкой. Если координата $z = 0$, ее можно не вводить, то есть при построении чертежа указывать только координаты x, y . Чтобы задать координаты как относительные, то есть приращения к координатам предыдущей точки, нужно ввести знак @.

В полярных координатах положение точки задается длиной и углом наклона отрезка, соединяющего новую точку с предыдущей. Угол измеряется от оси X текущей системы координат в градусах. Положительное значение угла – против часовой стрелки.

Существует режим динамического ввода координат, при котором параметры точки отображаются рядом с курсором, относительные координаты отображаются аналогично вводу со знаком @. Режим динамического ввода изучите самостоятельно.

- ◆ Справочная служба \ Платформа nanoCAD \ Инструменты точного позиционирования \ Динамический ввод.

В нашем курсе динамический ввод не применяется.

- ◆ Найдите в строке состояния кнопку «ДИН-ВВОД» и отключите ее.

Рассмотрим примеры.

- ◆ Убедитесь, что динамический ввод отключен.

Отрезок в декартовых координатах: $-100, -70.5$ и $100, 120$ мм:

- ◆ Лента \ Главная \ Черчение \ Отрезок  \ смотрим в командную строку и отвечаем на ее запросы \ Первая точка: $-100, -70.5$ \ Укажите следующую точку: $100, 120$ \ для прерывания команды нажмите **Enter** или **Esc**.

Отрезок с начальной точкой $150, 100$, длиной 200 под углом 35° к оси X :

- ◆ Отрезок \ $150, 100$ \ @ $200 < 35$.

Прямоугольник, у которого левый нижний угол имеет координаты $50, 50$, длина равна 100 , высота 70 :

- ◆ Лента \ Черчение \ Прямоугольник  \ $50, 50$ \ @ $100, 70$.

1.8.4. Комбинированный метод

Можно курсором указать направление радиус-вектора точки, а длину вектора ввести с клавиатуры. Режим эффективен в сочетании с ортогональным или полярным слежением.

Построить прямоугольник с координатами левого нижнего угла $50, 50$ и длиной диагонали 200 , при значении угла диагонали с осью X , равном 45° :

- ◆ указав кнопку «ОТС-ПОЛЯР», задайте угол полярного слежения 45 ;
- ◆ Прямоугольник  \ $50, 50$ \ перемещайте курсор, пока не сработает полярное слежение и возникнет луч слежения 45° \ введите с клавиатуры 200 – будет построен квадрат с длиной диагонали 200 .

1.9. Плоский контур

Плоский контур – это учебный чертеж, выполняемый на начальной стадии освоения компьютерной графики. Его строят по 2D-технологии, то есть из линий (отрезков, окружностей и т. д.). В составе реального чертежа это может быть одна из проекций. При построении 3D-моделей это может быть контур модели, получаемой применением к контуру 3D-операций вращения, перемещения или создания модели по набору сечений.

1.9.1. Содержание работы

Дано: рисунок контура с проставленными размерами.

Цель работы – изучить:

- ◆ методы построения графических объектов при выполнении чертежа по 2D-технологии;
- ◆ простановку размеров на чертеже;
- ◆ правила оформления чертежа.

Задача: выполнить чертеж своего варианта задания. Пример варианта приведен на рис. 1.4.

1.9.2. Начальные настройки

Контур рассматриваемого примера состоит из фланца 1 (рис. 1.4а), сектора 2, соединительной планки 3. Построения будем выполнять в пространстве Модели. Система координат – мировая МСК. Начало координат расположим в центре фланца. Построения выполним в плоскости XY, что означает вид сверху.

- ◆ Создайте новый файл и сохраните его в своей папке с именем, например Контур. Файлу будет присвоено расширение .dwg, то есть будет создан файл Контур.dwg.
- ◆ Убедитесь, что пиктограмма осей на экране имеет вид  – это признак пространства Модели, МСК и вид сверху.

Пиктограмма осей может быть зафиксирована в левом нижнем углу экрана и быть неподвижной. Нужен режим, при котором пиктограмма будет перемещаться по экрану и всегда установлена в точку с координатами 0,0. Этот и другие режимы отображения пиктограммы задает команда «ЗнакПСК».

- ◆ Прижмите ролик мыши и перемещайте курсор по диагонали экрана. Убедитесь, что вслед за курсором перемещается пиктограмма осей.

Иначе в командную строку ввести:

- ◆ ЗНАКПСК \ Начало.

Проверьте наличие и настройку слоев «Осевая», «Сплошная толстая», «Сплошная тонкая» и создайте два новых слоя «Штриховка», «Размеры».

- ◆ Лента \ Главная \ Слои \ в правом верхнем углу группы «Слои» раскройте список ▼ (см. раздел 1.3.2) и проверьте наличие необходимых слоев.

Для создания новых слоев:

- ◆ Лента \ Главная \ Слои  или  \ в открывшемся окне укажите слева вверху кнопку  \ в строке «Слой 1» задайте имя нового слоя;
- ◆ убедитесь, что свойства объектов – цвет, тип линии и толщина – заданы «по слою» (см. разделы 1.3.1, 1.3.2);
- ◆ рекомендуем поместить рисунок с вариантом задания на поле чертежа (см. раздел 3.5).

1.9.3. Построение осей

Строим отрезок a (рис. 1.4а) горизонтальной оси от точки 1 ортогонально вправо длиной 100, задав координаты комбинированным методом (см. раздел 1.8.3).

- ◆ Перейдите на слой «Осевая».
- ◆ Включите режим «ОРТО».
- ◆ Отрезок  \ Первая точка: $-50,0$ \ Укажите следующую точку: переместите курсор вправо и введите 100 \ будет построена горизонтальная ось a .

Строим отрезок b вертикальной оси, задавая конечные точки декартовыми координатами.

- ◆ Отрезок \ первая точка: $0,50$ \ укажите следующую точку: $0, -130$.

Строим отрезки c, d от точки $0,0$, длиной 125. Угол между отрезками и осью b должен быть 30° . Поэтому вторую точку каждого отрезка зададим комбинированным методом с углом слежения 30 .

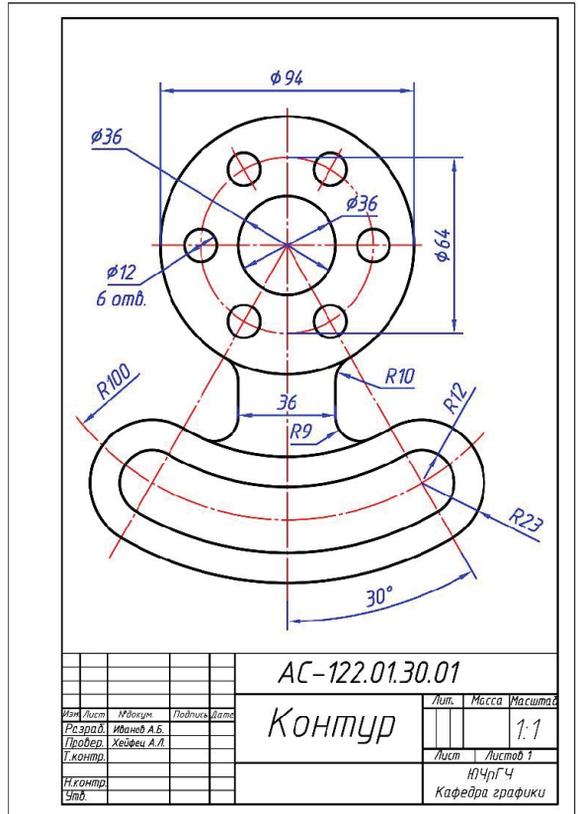
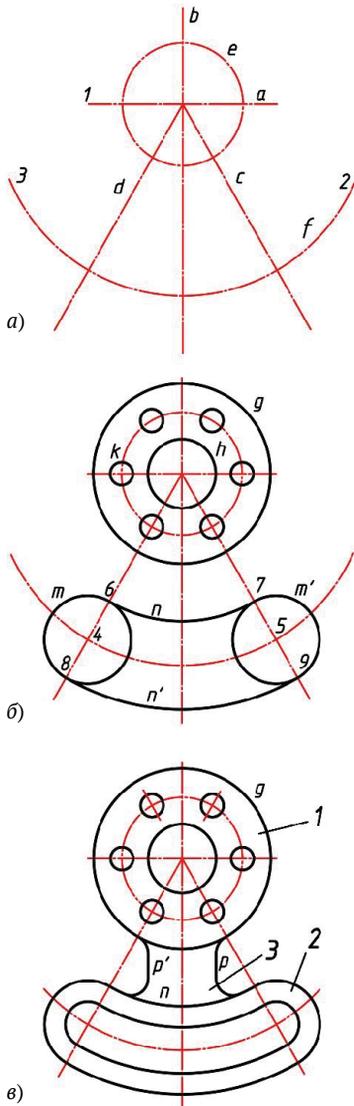
- ◆ Кнопка «ОТС-ПОЛЯР» \ задайте угол полярного слежения 30° .
- ◆ Отрезок \ Первая точка: с объектной привязкой «Пересечение» укажите точку пересечения осей (можно ввести координаты $0,0$) \ Укажите следующую точку: перемещая курсор, зафиксируйте положение отрезка c и введите 125.
- ◆ Отрезок \ повторите построения для отрезка d .

Строим круговые оси как окружности e, f .

- ◆ Окружность по центру и радиусу  \ Центр окружности: $0,0$ (или с привязкой «Пересечение» укажите пересечение осей) \ Радиус окружности или [Диаметр]: Диаметр \ Диаметр окружности: 64 – будет построена окружность e .
- ◆ Строим окружность f с центром в $0,0$, радиусом 100.

Можно оторвать избыточную верхнюю часть окружности f . Для этого нужно выполнить команду «Разрыв» и указать приблизительно точки разрыва 2,3. Разрыв происходит против часовой стрелки.

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Разрыв  \ Выбор объектов: укажите окружность f в точке 2 \ Укажите вторую точку разрыва: с привязкой «Ближайшая» укажите окружность f в точке 3.



2)

Рис. 1.4. Плоский контур:

а – построение осей; б – фланец и сектор (начало);
 в – завершение построений; г – размеры и итоговый чертёж

1.9.4. Построение фланца

Фланец (рис. 1.4б) изображен концентричными окружностями g , h и круговым массивом из шести окружностей k . Все окружности выполняются сплошной толстой линией. Первоначально построим одну окружность. Затем командой «Круговой массив» равномерно разместим ее по окружности осей e .

◆ Перейдите на слой «Сплошная толстая».

- ◆ Постройте окружности g (диаметр 94) и h (диаметр 36) с центром в точке 0,0.
- ◆ Постройте окружность k диаметром 12 мм. Центр задайте с привязкой «Пересечение» на пересечении осей a , e .
- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Круговой массив  \ Выбор объектов: укажите окружность k \ задайте центральную точку массива: 0,0 \ Элементы \ 6.

1.9.5. Построение сектора

Сектор (рис. 1.46в) содержит два контура: наружный и внутренний. Строим наружный контур (рис. 1.46). Контур образован дугами двух окружностей m и m' , имеющих радиус R23, с центрами в точках 4,5 и дугами касательных окружностей n и n' с центром в точке 0,0. Для построения дуг применим команду «Дуга», которая имеет многочисленные опции.

- ◆ Окружность  Центр окружности: с объектной привязкой «Пересечение» укажите точку 4 \ Радиус окружности: 23 – построена окружность m .
- ◆ Окружность \ Центр окружности: с объектной привязкой «Пересечение» укажите точку 5 \ Радиус окружности: 23 – построена окружность m' .

Дуга n :

- ◆ Лента \ Главная \ Черчение \ Дуга  \ укажите стрелку  \ Дуга по началу, центру и концу  \ Начальная точка дуги: с привязкой «Пересечение» укажите точку 6 \ Центр дуги: 0,0 \ Конечная точка дуги: с привязкой «Пересечение» укажите точку 7;
- ◆ повторите построение для дуги n' по точкам 8, 9.

Удалите внутренние части окружностей m и m' . Для этого применим команду «Обрезка», которая удаляет части линий, расположенные между другими линиями, выполняющими роль режущих кромок.

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Обрезка  (если вместо этой кнопки отображена кнопка «Удлинение», то предварительно укажите ) \ Выберите режущие кромки: укажите дуги n , n' \ Выбор объектов: укажите удаляемые части окружностей m и m' .

Для построения внутреннего контура (рис. 1.46) сектора можно повторить приведенные действия для наружного контура, задав радиус окружностей m и m' равным R12. Поскольку внутренний контур равномерно смещен относительно внешнего на 11 мм, рациональнее применить команду «Подобие», которая смещает линии на заданное расстояние.

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Подобие  \ Укажите расстояние смещения: 11 \ Выберите объект для смещения: последовательно укажите линии внешнего контура и для каждой линии курсором задайте направление смещения внутрь контура.

1.9.6. Планка и сопряжения

Изображение планки (рис. 1.4в) содержит два вертикальных отрезка p , p' , расположенных на расстоянии 18 мм от вертикальной оси b . Отрезки примыкают к окружностям g и n с сопряжением по дугам R10 и R9. Отрезки и дуги сопряжения имеют зеркальную симметрию относительно оси b . Первоначально строим отрезок справа от оси, пусть отрезок пересекает окружности g , n ; выполняем его сопряжение с этими окружностями и зеркально отображаем отрезок и дуги сопряжения в левую сторону от оси.

- ◆ Включите режим «ОРТО».
- ◆ Отрезок  \ Первая точка: 18,-40 \ Укажите следующую точку: переместите курсор вниз и введите длину 40 – будет построен отрезок p .

Применим команду «Сопряжение», которая строит плавный переход по дуге окружности между двумя линиями в месте их пересечения, в частности между отрезком и окружностью.

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Сопряжение  \ в диалоговом окне задайте радиус сопряжения 10 \ ОК \ Укажите первый объект: укажите отрезок p вблизи места сопряжения \ Укажите второй объект: укажите окружность g со стороны сопряжения \ перемещая курсор, уточните положение дуги сопряжения.
- ◆ Выполните сопряжение радиусом R9 в нижней части отрезка p с окружностью n .

Для построения отрезка p' и дуг сопряжений применим команду «Зеркало», которая строит симметричные объекты относительно прямой линии – оси зеркала. В рассматриваемом примере ось зеркала – вертикальная ось b .

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Зеркало  \ Выбор объектов: укажите отрезок p и примыкающие к нему дуги сопряжения \ Первая точка оси отражения: укажите конечную точку оси b \ Вторая точка оси отражения: укажите вторую конечную точку оси b \ Удалить исходные объекты?: Нет.

1.9.7. Завершение чертежа

Корректировка осей

- ◆ В режиме полярного слежения с углом 30° постройте недостающие короткие отрезки осей окружностей массива.

Осевые линии должны выступать за линии контура, к которому они относятся, на 2...5 мм. Корректировку можно выполнить, перемещая ручки отрезков осей.

Командой «Разорви»  можно оторвать длинный выступающий участок оси.

Эффективным средством корректировки является команда «Увеличить», которая позволяет плавно перемещать конечные точки линий (отрезков, дуг окружностей и эллипсов) вдоль самой линии, приводя к ее увеличению или укорочению. Например, можно уменьшить выступающий участок круговой оси f (рис. 1.4г).

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Увеличить  \ Динамика \ Выберите объект: укажите точку дуги со стороны корректировки длины \ Укажите новую конечную точку: перемещая курсор, укажите новую длину дуги.
- ◆ Выполните корректировку выступающих участков всех осей построенного контура.

Простановка размеров

Правила и настройка параметров простановки размеров приведены в разделе 4.7. Сейчас размеры проставим так, как они показаны в варианте задания, и согласно настройкам, установленным по умолчанию. Проверьте эти установки.

- ◆ Лента \ Оформление \ Текст – в верхней части группы должен быть установлен шрифт ГОСТ 2.304.
- ◆ Лента \ Оформление \ Размеры – в верхней части группы должен быть размерный стиль ЕСКД.

Размеры проставим командой «Размеры» в режиме «Авто». В этом режиме автоматически задается тип размера и включается объектная привязка. Осталось указать две конечные точки отрезка или точку дуги и указать положение размерной линии. Например, проставим диаметр окружности или радиус дуги.

- ◆ Задайте размерный стиль «ЕСКД» или «ЕСКД вдоль» – это определит положение размерного числа на полке или вдоль размерной линии.
- ◆ Лента \ Оформление \ Размеры \ раскрыть список  \ Авто \ укажите окружность или дугу \ перемещением курсора укажите положение размерного числа.
- ◆ Для линейных размеров укажите две точки отрезка или точки двух отрезков.

Для дополнения (редактирования) размера необходимо выполнить по размеру двойной клик ЛКМ. В открывшемся окне редактирования размера задать знак диаметра \varnothing (или другой) и количество элементов, например «6 отв.» (см. также раздел 4.7.3).

- ◆ Проставьте размеры выполненного контура согласно примеру (рис. 1.4з).

Создание формата

В этом разделе кратко рассмотрим, как создать рамку и основную надпись (штамп) чертежа. Подробно о форматах чертежа, его содержании, создании и заполнении см. раздел 4.5.

- ◆ Лента \ Механика \ Форматы  – откроется диалоговое окно «Формат» \ установить тип документа: Чертеж ЕСКД \ Формат А4 \ Вертикальный \ ОК – появится формат, перемещаемый курсором \ укажите точку вставки формата.

Для заполнения штампа следует выполнить по строке штампа клик ЛКМ и ввести необходимый текст. Содержание штампа – см. рис. 1.4з.

- ◆ Заполните штамп формата.

1.10. Компьютерный дизайн

NanoCAD может быть инструментом не только для машиностроительного и строительного моделирования и черчения. Рассмотрим примеры 2D-построений из области компьютерного дизайна. Это узоры, основанные на создании массива графических объектов. Многократное копирование объекта в определенном порядке позволяет из простых объектов получить красивые узоры и убедиться в проявлении известного закона диалектики о переходе количественных изменений в качественные.

1.10.1. Орнамент

Построим узор, получаемый прямоугольным массивом окружностей (рис. 1.5а). Строим окружность, являющуюся основой массива.

- ◆ Окружность \ Центр: произвольная точка \ Радиус: 25.
- ◆ Главная \ Редактирование \ Прямоугольный массив  \ Выбор объектов: укажите окружность \ Столбцы \ Количество столбцов: 11 \ Расстояние между столбцами: 27 \ Ряды \ Количество рядов: 11 \ Расстояние между рядами: 27 \ – построен массив пересекающихся окружностей.
- ◆ Главная \ Построения \ Штриховка  \ в открывшемся диалоговом окне задайте Образец *SOLID* \ Точки выбора – в левом нижнем углу массива окружностей укажите точки внутри четырех секторов, образующих крест.
- ◆ Прямоугольный массив \ укажите заштрихованный крест \ Столбцы \ Количество столбцов: 5 \ Расстояние между столбцами: 54 \ Ряды \ Количество рядов: 5 \ Расстояние между рядами: 54.

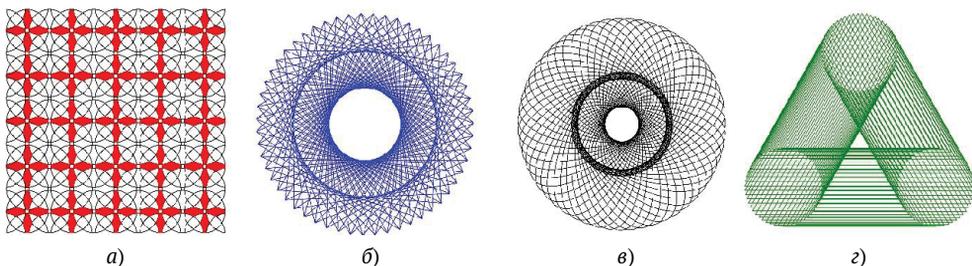


Рис. 1.5. Узоры на основе массива:

a – прямоугольный массив из окружности; *б* – круговой массив из треугольника; *в* – то же из эллипса; *г* – круговой массив при параллельном перемещении треугольника

Обрежем края массива окружностей. Массив является единым объектом, не подлежащим обрезке. Поэтому предварительно необходимо разбить его на составляющие элементы. Применим команду «Разбивка», которая расчленяет сложные объекты на составляющие. В этом примере – разбивает массив на составляющие его окружности. Команду необходимо применить дважды.

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Разбивка  \ укажите массив – массив разбит на блоки окружностей.
- ◆ Повторно «Разбивка» \ рамкой охватите весь узор – из блоков извлечены окружности.
- ◆ Главная \ Редактирование \ Обрезка  \ Выберите режущие кромки: рамкой охватите весь узор \ Выберите объект для обрезки: рамками охватите ряды крайних окружностей – произойдет их обрезка.

Узор построен.

1.10.2. Кружево

Получим узор созданием кругового массива, то есть вращением какой-либо геометрической фигуры, например вращением треугольника (рис. 1.5б). Подобные узоры были популярны на заре развития компьютерной графики. Ими украшали обложки книг и рекламные буклеты.

Для построения правильного треугольника применим команду «Многоугольник», которая строит правильные многоугольники с произвольным количеством вершин.

- ◆ Главная \ Черчение \ Многоугольник  \ Число сторон: 3 \ Укажите центр многоугольника: укажите произвольную точку \ Задайте способ построения: Вписанный в окружность \ Радиус окружности: 150.
- ◆ Круговой массив  \ Выбор объектов: укажите треугольник \ Задайте центральную точку массива: укажите произвольную точку внутри треугольника \ Элементы \ Число элементов: 55 – построен изящный узор, напоминающий кружево.

Качество узора зависит от количества вращений. Рекомендуем значение в интервале 50...60. Влияет задание центральной точки. Узор на рис. 1.5б получен при задании точки как середины одной из медиан треугольника.

Объектом вращения может быть любая геометрическая фигура: многоугольник, окружность, произвольный набор отрезков. Например, кружево (рис. 1.5в) получено при вращении эллипса вокруг некоторой внутренней точки.

- ◆ Постройте свой узор «кружево».

Если в команде построения кругового массива указать опцию «Поворот элементов» и отключить поворот, то объект (треугольник, эллипс...) будет вращаться вокруг центральной точки, оставаясь параллельным своему начальному положению (это поступательное движение).

В узоре (см. рис. 1.5б) отключим вращение треугольника. Формируется качественно иной узор.

- ◆ Скопируйте узор «кружево» на свободное место \ укажите узор и выполните клик ПКМ – откроется контекстное меню \ верхняя строка «Редактировать» – появятся опции команды \ Поворот элементов \ Нет – будет построен узор (рис. 1.5з).

1.11. Геометрические узоры

В завершение главы рассмотрим две задачи из истории геометрии. Одна из них, задача Аполлония, дошла до нас из Древней Греции. Вторая – шестугольник Паскаля – это Средние века.

1.11.1. Круги Аполлония

Вернемся к задаче Аполлония, то есть построению окружности (далее круг), касательной к трем заданным окружностям (см. раздел 1.7.4). Задача имеет в общем случае восемь решений.

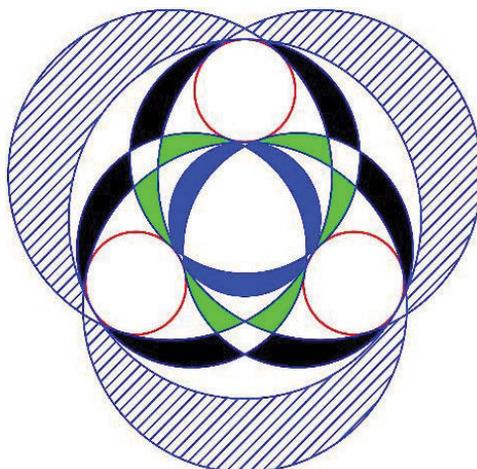


Рис. 1.6. Круги Аполлония

Постройте правильный треугольник. Принимая вершины треугольника за центры, постройте три окружности одного радиуса. Эти окружности не должны пересекаться. Найдем все восемь кругов Аполлония, касающихся трех исходных окружностей.

Касание двух окружностей может быть внутренним и внешним. При внутреннем касании одна из окружностей находится внутри другой. Иначе касание внешнее.

Выберите одну из исходных окружностей и постройте четыре круга, которые образуют с ней внутреннее касание. Затем эти круги скройте (изолируйте) и для той же окружности постройте еще четыре круга с внешним касанием. Завершите изоляцию. Будут построены восемь кругов Аполлония.

Выполните штриховку однотипных секторов, отсекаемых кругами. Штриховка соседних областей должна различаться.

Постройте узор, решив задачу Аполлония при произвольном размещении исходных окружностей и различных значениях их радиуса. Эти окружности могут не пересекаться или пересекаться в различном сочетании. Однако они не должны быть концентричными, и их центры не должны располагаться на

одной прямой, иначе задача не имеет решения. В отличие от предыдущего примера у каждого получится свой узор. Здесь возможно множество изящных непредсказуемых вариантов.

- ◆ Постройте свой узор из кругов Аполлония.

1.11.2. Шестиугольник Паскаля

Постройте произвольный эллипс (рис. 1.7а). Командой «Отрезок» или «Полилиния» постройте шестиугольник, вершины которого должны принадлежать эллипсу. Для этого включите объектную привязку «Ближайшая». Вершины указывайте произвольно, не стремитесь к его правильности или симметрии. Завершение шестиугольника должно быть выполнено с применением опции «Замкнуть». Так же произвольно проставьте номера вершин. Пример построений и нумерации приведен на рис. 1.6а. Большая ось эллипса задана 50, малая ось 36.

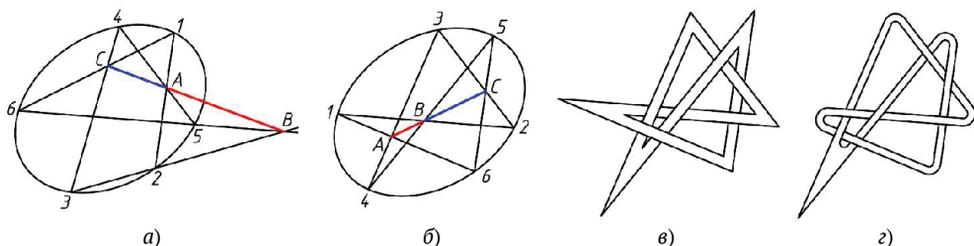


Рис. 1.7. Шестиугольник Паскаля:

а, б – примеры шестиугольника; в, г – дизайн-решения

Построенный шестиугольник обладает замечательным свойством: три точки пересечения его сторон, $A = (1-2) \cap (4-5)$, $B = (2-3) \cap (5-6)$, $C = (3-4) \cap (6-1)$, принадлежат одной прямой (знак \cap означает пересечение). Это свойство проявляется, если вершины шестиугольника принадлежат любой кривой второго порядка (в этом примере – эллипсу), и составляет содержание знаменитой теоремы Паскаля – одной из основных теорем проективной геометрии. Интересно и важно, что расположение точек на эллипсе и их нумерация могут быть произвольными, – точки А, В, С все равно будут принадлежать одной прямой. Например, вариант на рис. 1.7б отличается от предыдущего положением и нумерацией точек, но определенные по приведенному порядку точки А, В, С расположены на одной прямой.

NanoCAD воспроизводит теорему Паскаля с предельной точностью 10^{-8} . Убедимся в этом.

- ◆ Постройте новый (или скопируйте прежний) эллипс. Постройте свой шестиугольник Паскаля. Применяя привязку «Пересечение», соедините точки А, В, С отрезками так, чтобы отрезки имели одно направление: например, для рис. 1.7а постройте отрезки СА, АВ, для рис. 1.6б – отрезки АВ и ВС.
- ◆ Командой «Единицы» задайте предельную точность измерения угла, то есть до восьмого знака после запятой.

- ◆ Укажите оба отрезка, выполните ПКМ, в контекстном меню укажите «Свойства» и в окне свойств найдите нижнюю строку «Угол», где приведено значение угла наклона отрезков к оси X. При правильно выполненных построениях углы наклона отрезков совпадают до последнего знака.

Равенство углов наклона и совпадение их конечных точек подтверждает, что отрезки принадлежат одной прямой.

- ◆ Найдите в интернете информацию о Блезе Паскале, который сформулировал эту теорему, когда ему было 16 лет!

Выполните построения для окружности, которая также является кривой второго порядка. Когда научитесь точно строить конические сечения, можете убедиться в истинности теоремы Паскаля для любой гиперболы или параболы.

Получим красивое дизайн-решение на основе шестиугольника Паскаля (рис. 1.7б). Применим команду «Мультилиния», формирующую ряд параллельных линий, каждая из которых может иметь свои параметры. Настройка параметров выполняется командой: Лента \ Построения \ стрелка справа ▼ \ Стили мультилиний. По умолчанию установлен стиль STANDARD, формирующий полосу из двух линий. Согласимся с этим стилем и обведем мультилинией построенный шестиугольник (см. рис. 1.7в).

- ◆ Лента \ Главная \ Черчение \ Мультилиния  \ опция Расположение \ Тип расположения: Центр \ опция Масштаб \ Масштаб мультилинии: 4 \ Укажите точку: с привязкой «Конечная» указывайте вершины шестиугольника \ Замкнуть.
- ◆ Переместите полученный объект на свободное место.
- ◆ Применяя команду «Обрезка» , задайте пересечения мультилиний. Варианты пересечения могут быть «через две» (рис. 1.7в) или «через одну» (см. рис. 1.7з). Предварительно построенный объект – мультилинию – следует разбить на отрезки .
- ◆ В завершение (рис. 1.7з) рекомендуем применить команду «Сопряжение»  для скругления углов мультилинии. Радиус скругления по внутреннему контуру задайте из условий наглядности. Радиус скругления по наружному контуру увеличьте на величину ширины (масштаба) мультилинии.
- ◆ Постройте дизайн-объект на основе своего шестиугольника Паскаля.

1.12. Форматы файлов nanoCAD.

Сохранение и восстановление файлов

Для работы с файлами nanoCAD применяются общеизвестные команды «Сохранить» (Ctrl+S), «Сохранить как», «Открыть», «Закрыть». Для доступа к ним следует указать кнопку nanoCAD (в левом верхнем углу экрана) .

Файлы nanoCAD по умолчанию сохраняются в формате .dwg. То есть после присвоения файлу имени, например Контур, в папке файлов будет создан файл с именем Контур.dwg. Этот формат используется во многих САПР (системах

автоматизированного проектирования), поэтому файлы nanoCAD в основном совместимы с программами AutoCAD, SolidWorks, Компас и др.

Программа nanoCAD автоматически создает два типа резервных файлов, которые страхуют пользователя от потери данных в процессе работы. Резервные файлы имеют расширение .original. и .bak. Эти файлы располагаются в папке рядом с dwg-файлом, ниже него. В original-файле сохраняется начальное содержание dwg-файла на момент его открытия. В bak-файле сохраняется информация на момент последнего промежуточного сохранения dwg-файла.

Если при работе произошло зависание или аварийное прерывание работы, то файл испорчен. Возможны два варианта восстановления файла.

Вариант первый. Применить утилиту «Восстановление». Для этого в случае зависания закрыть программу через Диспетчер задач (**Ctrl+Alt+Del**). Заново загрузить программу с новым чистым файлом. Указать кнопку nanoCAD  – будет открыт доступ к командам работы с файлами. Далее:

- ◆ \ Утилиты \ Восстановление документа \ найти и указать файл, подлежащий восстановлению \ Открыть – в командной строке будет сообщение о устранении ошибок файла. Файл будет исправлен и открыт для продолжения работы.

Вариант второй. Если утилитой восстановить файл не удастся, то в папке рядом с испорченным файлом следует найти резервные файлы, например Контур.original или Контур.bak, и отредактировать имя файла, заменив в нем расширение с резервного на .dwg (то есть файлу присваивается имя, например, Контур1.dwg). После этого открыть файл. Будет восстановлено содержание файла – либо первоначальное Контур.original, либо на момент последнего сохранения Контур.bak. Часть информации с момента сохранения до аварийного прерывания будет утеряна. Поэтому не забывайте периодически сохранять промежуточные версии файла для обновления содержания bak-файла. Это уменьшит вероятность потери информации при работе. Рекомендуем также делать копии файлов, сохраняя в них промежуточные этапы работы.

ГЛАВА 2

Средства 3D-графики

Трёхмерная (3D) компьютерная графика позволяет создать пространственную реалистичную модель проектируемого объекта. Объектами моделирования являются детали и узлы машин, здания и архитектурные сооружения. Трёхмерная графика nanoCAD обладает возможностями наглядной визуализации, позволяя воспроизводить материалы, моделировать освещение. Развитие трёхмерной графики привело к появлению 3D-технологий проектирования, согласно которым чертежи, необходимые для изготовления объектов, получают на основе созданных 3D-моделей почти в автоматическом режиме.

В данной главе рассматриваются основные минимально необходимые методы работы с трёхмерными объектами в nanoCAD, освоив которые можно будет перейти к выполнению заданий курса, построению 3D-моделей и их чертежей.

◆ Загрузите nanoCAD и создайте новый файл.

2.1. Пространство Модели

В Платформе nanoCAD предусмотрено два пространства построений – пространство Модели, в котором создаются 3D-объекты, и пространство Листа, предназначенное для наглядного отображения выполняемых построений, формирования чертежа и вывода чертежа на печать. Прежде чем приступить к построению модели, необходимо настроить каждое пространство, обеспечив удобство, точность и наглядность построений.

2.1.1. Настройка пространства Модели

Пространство Модели активно при нажатой кнопке «Модель», расположенной в левом нижнем углу графической зоны экрана (см. рис. 1.1, поз. 8). По этой же кнопке можно вернуться в пространство Модели после работы на Листе. Признаком пространства Модели является пиктограмма, отображающая оси координат, например  и др.

Построения в пространстве Модели ведутся в истинных размерах моделируемых объектов. С учетом размеров модели рекомендуется настроить параметры пространства: лимиты, шаг, сетку.

Лимиты чертежа – это условные границы пространства, выделенного для построений и отображаемого по команде «Показать \ Все»  на начальном этапе

построений, пока объекты на экране еще не построены. Лимиты задаются одноименной командой «Лимиты» двумя противоположными углами условного прямоугольника, выделенного под построения.

- ◆ Для присвоения лимитов границам графической области экрана выполните команду «Показать \ Все» .

Режимы «ШАГ» и «СЕТКА» предназначены для повышения точности построений (см. раздел 1.8.2).

В приложении «Механика» версии 24.0 при создании нового файла установлены следующие параметры по умолчанию: лимиты – координаты углов формата А3, шаг и сетка – по 10 мм. Отображение сетки отключено.

- ◆ Определите параметры – лимиты, шаг, сетку, – установленные в открытом файле. Для этого в командную строку введите имена команд Лимиты, Шаг, Сетка.

При вводе в командной строке указанных команд, помимо настраиваемых параметров, выводятся их текущие значения в угловых скобках < >.

- ◆ Задайте значение шага равным 1, интервал между ячейками сетки равным 5.

2.1.2. Параллелепипед как 3D-объект прямого моделирования

Построим параллелепипед длиной 100, шириной 25, высотой 60 мм и на его примере освоим минимально необходимые настройки 3D-изображения.

- ◆ Убедитесь, что активное пространство Модели и пиктограмма осей имеет вид ; иначе кликом по кнопке «Модель» перейдите в это пространство.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Режимы моделирования \ Прямое \ Прямое моделирование \ кнопка «Параллелепипед»  \ Первый угол: 0,0 \ Другой угол: 100,25 \ Высота: 60 – будет построен параллелепипед.
- ◆ В левом верхнем углу графической области экрана укажите кнопку управления видами 7 (см. рис. 1.1. поз. 7) \ укажите и раскройте список видов \ Изометрические виды \ ЮЗ изометрия сверху.
- ◆ Справа от кнопки 7 раскройте список визуальных стилей \ укажите «Скрытый» – будет построен и наглядно представлен параллелепипед (рис. 2.1a).
- ◆ Посмотрите режим работы при включенной сетке. Для этого включите-отключите сетку.
- ◆ Найдите на экране в углу параллелепипеда цветную пиктограмму осей координат.
- ◆ Задайте по кнопке 7 различные виды (Сверху, Слева и др.), наблюдайте за изменением пиктограммы осей системы координат ПСК (о ПСК см. раздел 2.9).
- ◆ Примените различные визуальные стили, например «Концептуальный».

Освойте плавную корректировку вида.

- ◆ В строке состояния внизу экрана справа укажите кнопку «Навигация»  (см. рис. 1.1, поз. 10) \ **Enter** \ перемещением курсора вверх-вниз регулируйте размер изображения. Это так называемое *зумирование*.
- ◆ При нажатом ролике мыши перемещайте курсор по экрану – изображения будут перемещаться соответственно. Это *панорамирование*. Его можно также выполнить, указав кнопку  (см. рис. 1.1, поз. 10).
- ◆ Укажите кнопку 11 «Зависимая орбита» . Перемещая курсор, наблюдайте за вращением изображения.

Оптимальный вариант применения зависимой орбиты – вертикальное или горизонтальное перемещение курсора. При этом ось z и вертикальные ребра объекта автоматически устанавливаются в вертикальное положение.

- ◆ Освойте совместное применение *Навигации* и *Зависимой орбиты*.

2.2. Пространство Листа. Настройки и применение

Пространство Листа образно можно представить как лист бумаги, установленный между наблюдателем и моделью. В начальном положении Лист закрывает пространство Модели и все его объекты.

- ◆ Для перехода из пространства Модели на Лист укажите вкладку А3 в панели 8 (см. рис. 1.1).

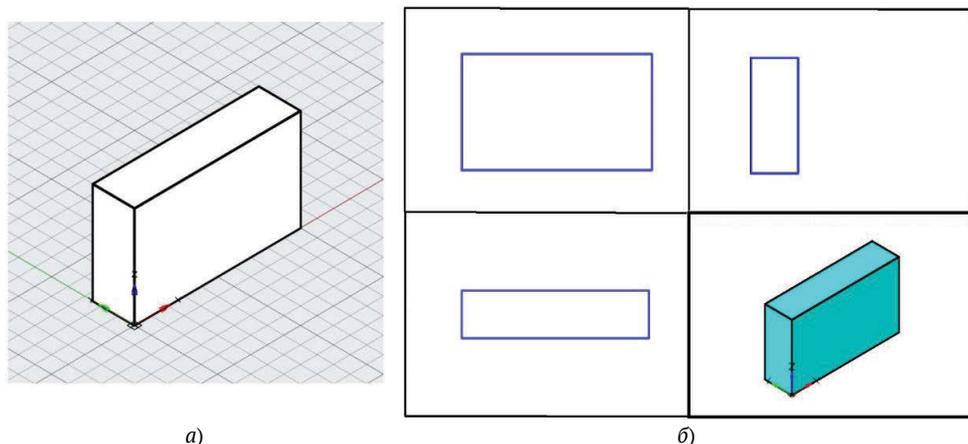


Рис. 2.1. Параллелепипед в пространстве Модели (а) и в видовых экранах Листа (б)

В зависимости от версии программы панели 8 (ее также называют *закладка Листа*) может быть присвоено имя А3 (или другое, по названию формата чертежа) либо Layout (Лист) и др. Для выхода на Лист также можно указать кнопку 9 («Модель») строки состояния. Признаком активного пространства Листа является треугольная пиктограмма осей , расположенная в левом нижнем углу экрана.

При выходе на Лист на экране, в зависимости от действующих настроек, может быть показана рамка формата чертежа и отображена область печати. Вне рамки может быть задан фон Листа, отличающийся от белого. Рекомендуем всему пространству Листа присвоить белый цвет:

- ◆ Лента \ Настройки \ Настройки программы  \ в открывшемся диалоговом окне Настройки укажите Цвет \ Фон в пространстве Листа \ двойной клик ЛКМ по строке \ укажите «Белый (255, 255, 255)» \ Применить изменения \ ОК.

Если выполнить клик ПКМ по имеющейся закладке Листа, то открывается контекстное меню, позволяющее создавать новые Листы, удалять имеющиеся, выполнять настройку Листов.

В нашем курсе пространство Листа мы будем применять в двух вариантах:

1. При построении 3D-моделей, когда необходимо видеть и контролировать результат сразу в нескольких видах. В этом варианте для каждого вида создается свой видовой экран, в котором модель из пространства Модели отображается в необходимом направлении взгляда, в необходимом масштабе, особой системе координат.
2. Если размеры модели не позволяют строить чертеж в пространстве Модели в масштабе 1:1, то чертеж строят в истинных размерах (то есть не масштабируют). На Листе создают видовой экран, в котором отображают чертеж из пространства Модели, задавая масштаб видового экрана как масштаб чертежа. На Листе создают рамку формата чертежа. Видовой экран с отображаемым чертежом помещают внутри рамки формата чертежа.

2.3. Видовые экраны в пространстве Листа

Рассмотрим основной вариант применения Листа в нашем курсе – создание конфигурации видовых экранов.

Пусть в пространстве Модели предварительно построен параллелепипед (см. выше рис. 2.1а) и установлена система координат МСК. Для отображения этого 3D-объекта на Листе создадим четыре видовых экрана, в каждом из которых установим виды, соответствующие расположению видов на чертеже.

2.3.1. Создание видовых экранов

- ◆ Лента \ Вид \ Видовые экраны  \ в диалоговом окне укажите закладку «Новые видовые экраны» \ Стандартные конфигурации: Четыре равномерно \ ОК \ Первый угол: укажите произвольную точку на свободном месте Листа \ Противоположный угол: @420,297 – это координаты противоположного угла в режиме приращений – появятся рамки четырех видовых экранов (рис. 2.1б).

В начальный момент создания настройки изображения в видовых экранах те же, что в пространстве Модели. Для индивидуальной настройки экранов необходимо через каждый из них перейти в пространство Модели. Для этого

следует выполнить двойной клик ЛКМ по настраиваемому экрану. Для перехода в другие экраны по ним следует выполнить клик ЛКМ. Признак перехода в пространство Модели – появление в экране одной из пиктограмм декартовых осей, например . Рамка активного видового экрана выделяется толстой линией. Для выхода из экранов на Лист следует выполнить двойной клик ЛКМ по произвольной точке Листа вне рамок экранов.

- ◆ Выполните переход в видовые экраны, переход между экранами и выход на Лист.
- ◆ В видовых экранах найдите пиктограмму осей.

Выполним настройку видовых экранов на примере отображения в них ранее созданного параллелепипеда. В каждом экране установим вид, в котором 3D-модель из пространства Модели будет отображена на экране так, как она должна быть отображена на чертеже. Начнем с левого нижнего окна, в котором должен быть вид сверху.

- ◆ Перейдите в левый нижний видовой экран. В левом верхнем углу экрана по кнопке 7 (см. рис. 1.1, поз. 7) укажите вид «Сверху». Выполняя зумирование  и панорамирование , поместите изображение параллелепипеда в среднюю часть экрана.
- ◆ Перейдите в левый верхний видовой экран. В левом верхнем углу экрана укажите вид «Спереди». Применяя зумирование  и панорамирование , установите проекционную связь с видом сверху.
- ◆ Перейдите в правый верхний видовой экран и настройте изображение в нем как вид «Слева».
- ◆ В правом нижнем экране установите ЮЗ изометрию сверху и выберите визуальный стиль «Концептуальный».

После настроек экранов объект (параллелепипед) видим в трех основных ортогональных видах и в аксонометрии (изометрии). Это позволяет эффективнее контролировать модель при ее построении.

Во всех экранах установлена МСК как система координат на момент создания этих экранов. Пиктограмма осей в экранах соответствует установленному виду. В экране вида сверху (левый нижний экран) она имеет вид . В экране изометрии вид пиктограммы . В этих экранах на пиктограммах видим плоскость XY, что означает, что в них можно выполнять построения, указывая точки курсором. В экранах спереди и слева пиктограмма имеет вид, который показывает, что плоскость построений XY перпендикулярна плоскости экрана, то есть вырождена в прямую линию, например пиктограмма осей для вида спереди . Это означает, что построение указанием курсора (без объектной привязки) в этих экранах сейчас невозможно – можно только наблюдать за видом модели. Чтобы выполнять построения в этих и любом другом экранах, необходимо, чтобы плоскость построений не была вырожденной. Например, следует установить в экране соответствующий ортогональный вид (см. ниже раздел 2.4.2) или ПСК с опцией «Вид» (см. раздел 2.9.1).

2.3.2. Свойства видовых экранов

1. В каждом видовом экране могут быть заданы индивидуальные параметры: вид, масштаб отображения, ПСК, визуальный стиль, шаг, сетка.
2. Рамка экрана является объектом пространства Листа. Ей можно присваивать свойства (цвет, тип линии, вес), как обычному объекту. Ее можно сделать невидимой, поместив на отдельный слой и заморозив его. Управляя ручками рамки, можно сдвигать границы экрана. Рамку вместе с объектами экрана можно перемещать, копировать, вращать; при этом сохраняются содержание экрана и все его настройки. Для выполнения этих действий следует находиться на Листе и выполнять действия над рамкой как над обычным объектом.
3. Видовой экран может иметь форму, образованную многоугольником, логаной полилинией, дугами эллипса и окружности.
4. Можно создавать комбинированные изображения, в которых модель находится в пространстве Модели, а пояснения к ней, например обозначения точек или отдельные размеры, выполняются на Листе.

Доступ к командам создания и управления видовыми экранами:

- ◆ Лента \ Вид \ Видовые экраны;
- ◆ подробнее см. справку по программе , раздел «Видовые экраны».

2.4. Виды

Вид – изображение модели на экране или на чертеже. В черчении названия видов определяются ГОСТ 2.305.2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения» (ГОСТ – государственный стандарт). Подробнее о видах в черчении на чертеже см. раздел 4.1. Ниже рассмотрим, как определяется название вида на экране в nanoCAD.

В nanoCAD названия видов присваиваются и задаются в зависимости от названия осей системы координат. Вид сверху – это вид с конца оси Z в ее начало. Вид спереди – из начала в конец оси Y. Вид слева – из начала в конец оси X и т. д.

В nanoCAD названия видов, применяемые в черчении, соответствуют осям мировой системы координат (МСК). Эти виды назовем «Виды в МСК». Однако в видовом экране название вида, приведенное в левом верхнем углу (см. рис. 1.1, поз. 7), определяется осями пользовательской системы координат (ПСК), установленной в этом экране. Такие виды назовем «Виды в ПСК». Одно и то же изображение будет иметь различное название как «Вид в МСК» или как «Вид в ПСК». Названия будут одинаковыми, если в экране установлена система МСК. Рассмотрим особенности работы с видами ПСК и видами МСК.

2.4.1. Виды в ПСК. Локатор

Термин «виды в ПСК» означает, что название вида присваивается и задается по направлению осей текущей пользовательской системы координат (ПСК), установленной в видовом экране. Изменение ПСК и направления ее осей в ви-

довом экране приведет к изменению названия вида в этом экране, хотя изображение в экране останется прежним. Название и управление видами в ПСК осуществляется кнопкой, расположенной в левом верхнем углу экрана (см. рис. 1.1, поз. 7). Рассмотрим пример.

- ◆ Создайте новый файл и в нем на Листе установите конфигурацию из четырех видовых экранов (см. раздел 2.3.1) – рис. 2.2.

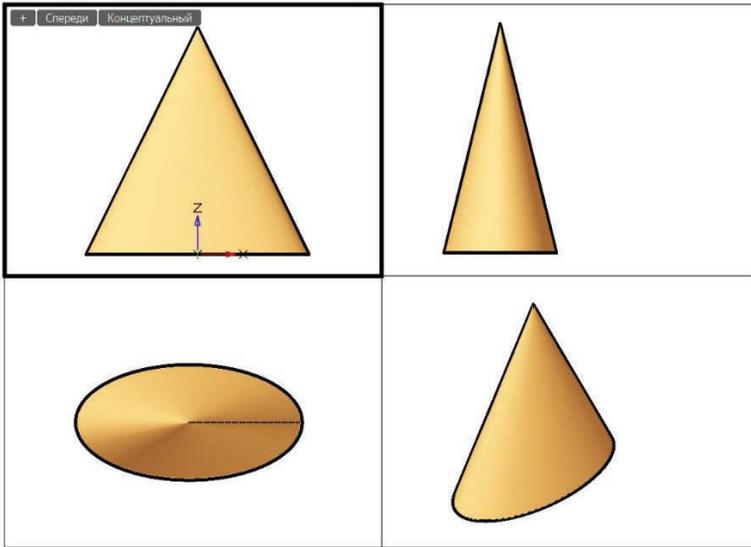


Рис. 2.2. Эллиптический конус в конфигурации видовых экранов

- ◆ В каждом экране установите МСК (Лента \ Вид \ Координаты \ МСК ) и визуальный стиль «Концептуальный».
- ◆ Кнопкой, обозначенной цифрой 7 на рис. 1.1, установите в экранах виды в соответствии с их расположением на чертежах: вид сверху (левый нижний экран), вид спереди (левый верхний), вид слева (правый верхний), в четвертом экране установите одну из изометрий.

Поскольку в экранах установлена МСК, то виды в окнах являются одновременно видами в МСК и видами в ПСК.

Построим эллиптический конус с вытянутым эллипсом в основании (рис. 2.2) и на его примере будем определять название вида в видовом экране.

- ◆ Перейдите в экран вида сверху.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Конус  \ Эллиптический \ Центр основания: 0,0 \ Конечная точка полуоси: 50 \ Радиус: 25 \ Высота: 100 – построен эллиптический конус.

Перейдите в левый верхний экран, где установлен вид спереди, это название отображено в левом углу экрана как одновременно вид в МСК (поскольку в экране установлена МСК) и вид в ПСК. Установлена пиктограмма осей .

Установим в этом экране систему координат ПСК по виду экрана:

- ◆ Лента \ Вид \ Координаты \ Вид .

Пиктограмма осей в видовом экране теперь выглядит так: . Изображение в этом экране осталось прежним, но его название в левом верхнем углу экрана изменилось и стало «Сверху», поскольку взгляд стал направленным вдоль оси Z установленной ПСК.

Продолжим пример.

- ◆ В том же левом верхнем экране, где установлена ПСК «Вид», укажите кнопку 7 (рис. 1.1, поз. 7), в раскрывшемся списке задайте вид «Спереди».

Изображение изменилось и по положению конуса, согласно ГОСТ 2.305, стало видом «Снизу». Однако в левом верхнем углу экрана вид назван «Спереди». Это его название как вида ПСК. Такое название вида обусловлено тем, что относительно установленной ПСК  взгляд направлен вдоль оси Y.

Локатор

Если в левом верхнем углу видового экрана указать кнопку «+», откроется строка «Локатор», при указании которой в правом верхнем углу возникнет «Локатор» – дополнительный инструмент настройки видов ПСК. Он дублирует действия по кнопке 7. При указании полей локатора происходит перестроение вида. Красная точка локатора указывает в экране установленный вид ПСК. Действует и обратная связь – при изменении вида по кнопке 7 происходит соответствующее перемещение красной точки локатора. При повторном указании кнопки «+» локатор можно отключить. Пронаблюдайте взаимосвязь между кнопкой 7 и локатором.

- ◆ В одном из видовых экранов включите локатор.
- ◆ Управляя изображением с помощью локатора, контролируйте надпись на кнопке 7.
- ◆ Управляя изображением при помощи кнопки 7, наблюдайте перемещение красной точки локатора.

2.4.2. Виды в МСК (Ортогональные виды)

Задание видов по осям МСК выполняется командами ортогональных видов. Эти команды устанавливают вид относительно осей МСК (независимо от установленной в окне ПСК) и одновременно устанавливают ПСК «по виду» экрана с началом координат в начале МСК. Поскольку ПСК устанавливается по виду экрана и взгляд направлен по оси Z, то при задании в экране любого ортогонального вида по кнопке 7 всегда будет указан вид «Сверху».

- ◆ Перейдите в любой видовой экран, например в левый верхний (см. рис. 2.2).
- ◆ Лента \ Вид \ Виды \ Ортогональные виды \ Вид сверху  – в видовом экране установлена пиктограмма осей МСК , в левом верхнем углу видового экрана указан вид «Сверху».

- ◆ Лента \ Вид \ Видь \ Ортогональные виды \ Вид спереди  – в экране установлена цветная пиктограмма осей , в левом верхнем углу видового экрана по-прежнему указан вид «Сверху».
- ◆ Убедитесь, что при установке любого ортогонального вида точка локатора находится в его центре (вопрос к читателю: почему?).

Рекомендация: для начала построения модели в видовом экране следует задать соответствующий ортогональный вид. Далее для корректировки плоскости построений можно применять виды ПСК.

2.4.3. Вид в плане ПСК

При 3D-построениях система ПСК может быть задана направлением оси Z  или тремя точками . В этом случае для выполнения построений возникает необходимость установить вид на плоскость XY этой системы ПСК.

Возможны два равнозначных варианта действий. Первый – установить «вид ПСК», то есть по кнопке 7, как вид «Сверху». Второй вариант – применить команду «План» с опцией «Текущая».

Рассмотрим пример применения команды «План» после задания ПСК по оси Z. Для выполнения команды необходимо ее имя ввести в командную строку.

- ◆ В конфигурации экранов восстановите изображение параллелепипеда (см. рис. 2.1) или заново его постройте.
- ◆ Перейдите в экран аксонометрии (изометрии).
- ◆ Лента \ Вид \ Координаты \ Направление оси Z  \ с объектной привязкой «Конточка» укажите две диагональные противоположные точки параллелепипеда.
- ◆ План \ Текущая – установлен вид на плоскость XY текущей ПСК, то есть на плоскость, перпендикулярную диагонали параллелепипеда. В левом верхнем углу указан вид «Сверху», поскольку этот вид направлен вдоль оси Z, и установлена пиктограмма осей .

2.4.4. Изометрические виды и проекции

При построении чертежей, предназначенных для изготовления деталей, узлов, зданий и др., применяют ортогональные виды, в которых большинство граней объекта отображается в виде прямых линий, а ребра – в виде точек. Изображения получаются сравнительно простыми, по ним легко выполнить измерения и проставить размеры. Но такой чертеж обладает низкой наглядностью. Чтобы по нему понять и изготовить объект, необходимо анализировать как минимум две проекции (вспомните условие обратимости чертежа из курса начертательной геометрии).

Для наглядного изображения объекта вид следует задать так, чтобы было как можно меньше вырожденных ребер и граней. Такие виды называют *аксонометрическими*. Их назначение в инженерной практике – обеспечить быстрое восприятие пространственной формы объекта.

АксонOMETрических видов бесконечное множество. Их подразделяют на *изометрию*, *диметрию* и *триметрию*. Чтобы понять различие между этими видами, представим, что объект связан с декартовой системой координат, оси которой направлены по основным направлениям объекта. Например, если объект – параллелепипед или куб, то начало координат находится в одной из вершин, а оси направлены по ребрам. Если смотреть на объект так, чтобы все оси были видны как равные между собой отрезки, то вид называют изометрическим (греч. *изо* – равно, то есть равные измерения), а изображение называют изометрией. Если на виде равны между собой длины двух осей, то изображение называют диметрией (греч. *ди* – два), иначе – триметрией.

В nanoCAD предусмотрено автоматическое построение изометрических видов. Изометрические виды, как и основные виды, могут быть заданы в ПСК (раздел 2.4.1) или в МСК (раздел 2.4.2). Виды ПСК устанавливаются кнопкой в левом верхнем углу экрана (см. рис. 1.1, поз. 7). Виды МСК представлены только изометрическими видами «сверху» и определяются командами:

◆ Лента \ Вид \ Виды \ Изометрические виды \ раскройте список вниз ▼.

Названия изометрическим видам присваивают по сторонам горизонта, определяемым условным компасом, в котором стрелка на север направлена по оси Y системы ПСК, а ось X направлена на восток (рис. 2.3а). Смотреть на объект можно сверху и снизу, поэтому могут быть изометрические виды «сверху» и «снизу». Например, если взгляд на объект направлен со стороны юго-запада сверху, то вид называется «юго-западная изометрия сверху» (обозначается «ЮЗ изометрия сверху»). На рис. 2.3а на примере параллелепипеда приведены изометрические виды в МСК «сверху».

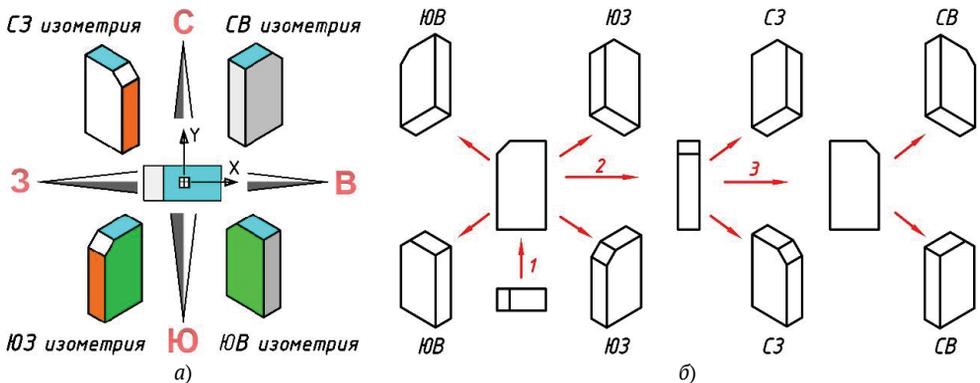


Рис. 2.3. Изометрические виды (а) и проекции как 2D-виды (б)

На чертежах применяют аксонометрические проекции – то есть проекции объектов, показанных видом, на плоскость (в том числе и на экран компьютера). При изометрических видах образуются изометрические проекции. Как правило, плоскость проекции, она же плоскость чертежа, располагают перпендикулярно направлению вида. Такие аксонометрические проекции называют *ортогональными*. (Возможно построение *косоугольных* проекций.)

В nanoCAD предусмотрено автоматическое построение ортогональных изометрических проекций (рис. 2.3б). Предварительно командой «2D Вид»  (см. ниже раздел 2.12) нужно построить виды сверху и спереди (стрелка 1). Командой «2D Проекционный вид»  построить виды слева и сзади (стрелки 2,3). Затем той же командой диагональным перемещением курсора построить изометрические проекции «сверху» и «снизу». На рис. 2.3б приведены названия образующихся проекций в соответствии с обозначениями изометрических видов.

Построение других аксонометрических видов и проекций выполняется на основе специальных алгоритмов. В разделе 4.4 приведен алгоритм построения ортогональных проекций в диметрии.

2.5. Режимы 3D-моделирования.

Типы 3D-моделей

В программе NanoCAD предусмотрены пять режимов построения 3D-моделей и соответственно пять типов 3D-моделей: прямое моделирование, параметрическое, листовое, сети, поверхности. Каждый режим имеет свою область применения, характерный набор команд и алгоритмов построений. Режимы сгруппированы в разделе:

◆ Лента \ 3D-инструменты \ Режимы моделирования.

В нашем курсе задания ориентированы на работу в режиме прямого и параметрического моделирования (см. раздел 7.1). *Режим прямого моделирования* является наиболее простым в освоении. В этом режиме будем выполнять первое задание. Модели прямого моделирования называют «3D-солид». «Солид» (solid) переводится как твердотельный. Солид-модели рассматриваются как сплошные, непрерывные, заполненные материалом. При наведении курсора на солид-модели рядом с курсором появляется сообщение с названием, указывающим, что это «3D-солид». Солид-модели по основным параметрам совместимы с пакетом AutoCAD и другими пакетами САПР (систем автоматизированного проектирования).

Для прямого моделирования характерна работа с геометрическими примитивами – параллелепипедом, конусом, сферой и др., – из которых путем объединения, вычитания, пересечения выполняют построения сложных моделей.

Недостатком прямого моделирования в nanoCAD принято считать ограниченные возможности редактирования солид-моделей (в сравнении с параметрическим моделированием). Несмотря на наличие команд редактирования (см. ниже раздел 2.7) для устранения ошибок, допущенных при построении солид-моделей, зачастую приходится вырезать и заменять участки моделей или строить модели заново.

Параметрическое моделирование является более сложным в реализации, но имеет широкие возможности редактирования моделей на любой стадии их создания. Параметрическое моделирование содержится во всех пакетах САПР высокого уровня. Этот режим будет подробно рассмотрен в главе 7 и при выпол-

нении задания «3D-модель машиностроительного узла». Создаваемые модели называются параметрическими. Это название высвечивается рядом с курсором при наведении его на модель. При разбиении (командой «Разбивка» ) параметрической модели происходит ее преобразование в солид-модель.

Листовые модели являются вариантом параметрических моделей, дополненных средствами проектирования листовых деталей конструкций.

Сетевые модели предназначены для построения сложных поверхностей, например модели горного рельефа, мебели и др.

Поверхности – это тип объектов, образом которых является тонкая пленка нулевой толщины. Поверхность образуется командами выдавливания, вращения, перемещения, если контур является незамкнутым и плоским. Теми же командами поверхность образуется, если в команде задана опция «Режим\Поверхность». Повторим пример из справочной системы nanoCAD.

- ◆ Справка nanoCAD  \ Платформа \ Моделирование и визуализация в трехмерной среде \ 3D Модуль \ 3D \ Прямое моделирование \ Выдавливание \ Порядок действий.
- ◆ Постройте в плоскости XY два равных прямоугольника.

Примените к прямоугольникам команду «Выдавливание» в двух режимах.

- ◆ Задайте режим «ОРТО», визуальный стиль «Концептуальный», установите изометрию.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Режимы моделирования \ Прямое \ Прямое моделирование \ Выдавливание  \ укажите прямоугольник \ перемещайте курсор вверх \ зафиксируйте, выполнив клик ЛКМ, высоту прямоугольника – построен сплошной параллелепипед как 3D-солид.

Повторите выдавливание для второго прямоугольника.

- ◆ Выдавливание  \ опция «Режим\Поверхность» \ укажите прямоугольник \ задайте высоту выдавливания – построен пустотелый объект как поверхность.
- ◆ Наведите курсор на объекты и прочтите тип объекта «3D-солид» и «Поверхность».

Поверхность также образуется при разбиении 3D-солида, имеющего криволинейные поверхности (с плоских частей образуются объекты типа «Область»).

Основное применение поверхностей в нашем курсе – построение на их основе 3D-солидов командой «Толщина». Эта команда позволяет из поверхностей создавать тонкостенные оболочки как 3D-солиды.

2.6. Построение 3D-объектов прямого моделирования

Команды прямого моделирования сгруппированы в ленте:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Режимы моделирования \ Прямое моделирование.

Алгоритм построения моделей общий: указать кнопку команды и в командную строку вводить запрашиваемые параметры. Это могут быть опции команды или численные значения параметров модели. Примеры построения двух простых объектов прямого моделирования – параллелепипеда и конуса – были приведены выше (см. рис. 2.1 и 2.2). Так же строятся другие объекты: пирамида, тор, сфера. Это объекты заранее заданной формы, их еще называют *геометрическими примитивами*.

Рассмотрим команды прямого моделирования, позволяющие строить объекты сложной формы, и примеры их применения в нашем курсе. Общим для этих команд является построение 3D-солида перемещением плоского контура по заранее заданной траектории.

2.6.1. Создание контура для 3D-солид-моделей

Контур для построения 3D-солид-моделей должен быть плоским и замкнутым. Его можно создать одним из трех способов.

Создание области

Построить контур из последовательно расположенных и состыкованных сегментов, которыми могут быть отрезки, дуги окружностей или эллипсов, сплайны. Эти сегменты не должны взаимно пересекаться, и в точках сопряжения не должно быть зазоров и пересечений. Созданные сегменты следует объединить в область. При ее создании автоматически проверяется отсутствие зазоров и самопересечений сегментов.

Объединение сегментов в область:

- ◆ Лента \ Построения \ Контурные объекты \ Область  \ Выбор объектов: рамкой охватите сегменты контура \ в командной строке должно появиться сообщение об успешном создании области;
- ◆ укажите контур – он должен выделиться как единая линия. Рядом с курсором появится сообщение о типе объекта «Область».

Если включить визуальный стиль «Концептуальный», то область отображается как закрашенный объект. Если область не создается, то нужно проверить контур на наличие дефектов в виде зазоров или самопересечений в точках сопряжений.

Построение полилинии

Это более надежный вариант. Контур можно построить как замкнутую полилинию. Команда «Полилиния» содержит линейные и дуговые сегменты. Последней опцией команды должна быть «Замкнуть»:

- ◆ Лента \ Главная \ Черчение \ Полилиния  \ последовательно с объектной привязкой укажите точки контура или введите их координаты \ Замкнуть.

Можно построить замкнутый контур из сегментов: отрезков, дуг и др. (см. вариант выше), затем вместо создания области объединить сегменты командой редактирования полилинии.

- ◆ Лента \ Построение \ Редактирование \ Редактирование полилинии  \ Несколько \ Выберите объекты: охватите все отрезки рамкой \ Преобразовать отрезки в полилинии: Да \ Добавить \ Значение допуска <0.00> – отрезки будут объединены в полилинию.
- ◆ Укажите контур – он должен выделиться единой и замкнутой полилинией. Можно создать замкнутую полилинию как внутренний контур пересекающихся отрезков, дуг, сплайнов.
- ◆ Постройте отрезки и дуги, ограничивающие некоторый контур.
- ◆ Лента \ Построения \ Контурные объекты \ Контур  – откроется диалоговое окно «Создание контура» \ ОК \ укажите внутреннюю точку – будет построена замкнутая полилиния, ограниченная созданными объектами.

Применение команды «Выдавить грань»

Если 3D-модель создается выдавливанием контура по прямолинейной траектории, то оптимальный вариант создания контура – применить команду  (см. ниже раздел 2.7.2).

2.6.2. Выдавливание

Команда «Выдавливание» создает 3D-модели (солиды или поверхности) перемещением плоского контура по прямолинейной траектории; при этом контур может равномерно масштабироваться с заданным углом конусности, траектория может иметь наклон по отношению к плоскости контура.

- ◆ Укажите кнопку команды  и нажмите клавишу **F1** – раскроется раздел справочной системы по команде. Изучите возможности команды.

Основной вариант применения команды – выдавливание контура перпендикулярно его плоскости, без масштабирования. Рассмотрим типовой пример (рис. 2.4), в котором во фронтальной плоскости (на виде спереди) необходимо построить контур и выдавить его перпендикулярно его плоскости.

- ◆ В пространстве Модели или в активном видовом экране установите ортогональный вид  спереди. Убедитесь, что пиктограмма осей .

Вид пиктограммы показывает, что можно выполнять построения.

- ◆ Построить контур одним из вариантов (см. выше раздел 2.6.1).

Подготовленный контур выдавить на толщину модели, в нашем примере на 60 мм.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Выдавливание  \ укажите контур \ Укажите высоту: переместите курсор в направлении выдавливания \ 60.
- ◆ Сохраните файл для последующего редактирования модели (см. раздел 2.7.1, рис. 2.9а).

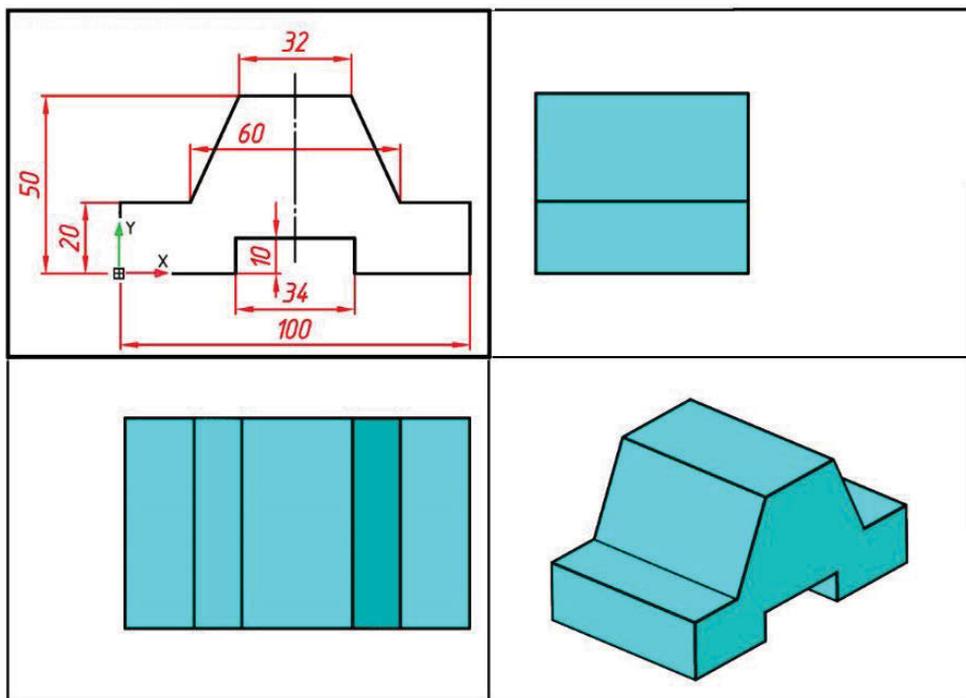


Рис. 2.4. Выдавливание плоского контура

2.6.3. Вытягивание по сечениям

Команда «Вытягивание по сечениям» создает 3D-сOLID или поверхность, соединяя предварительно построенные сечения. По умолчанию соединение происходит по прямолинейным траекториям. Дополнительно может быть задана траектория плавного соединения сечений.

- ◆ Найдите в справочной системе сведения о команде «Вытягивание по сечениям».

Как пример применения команды «Вытягивание по сечениям» рассмотрим построение неправильной пирамиды, которая встречается в ряде вариантов нашего курса. Пирамида задана своими основаниями и высотой (рис. 2.5).

- ◆ В новом файле в пространстве Модели установите вид сверху и МСК .
- ◆ В плоскости XY постройте прямоугольники нижнего и верхнего оснований.
- ◆ Командой «Перемещение»  прямоугольник верхнего основания переместите вертикально вдоль оси Z на высоту пирамиды.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Вытягивание по сечениям  \ Выберите поперечные сечения в порядке, требуемом для лофтинга: с привязкой «Ближайшая» укажите прямоугольники оснований \ Задайте параметр: только поперечные сечения – будет построена пирамида.

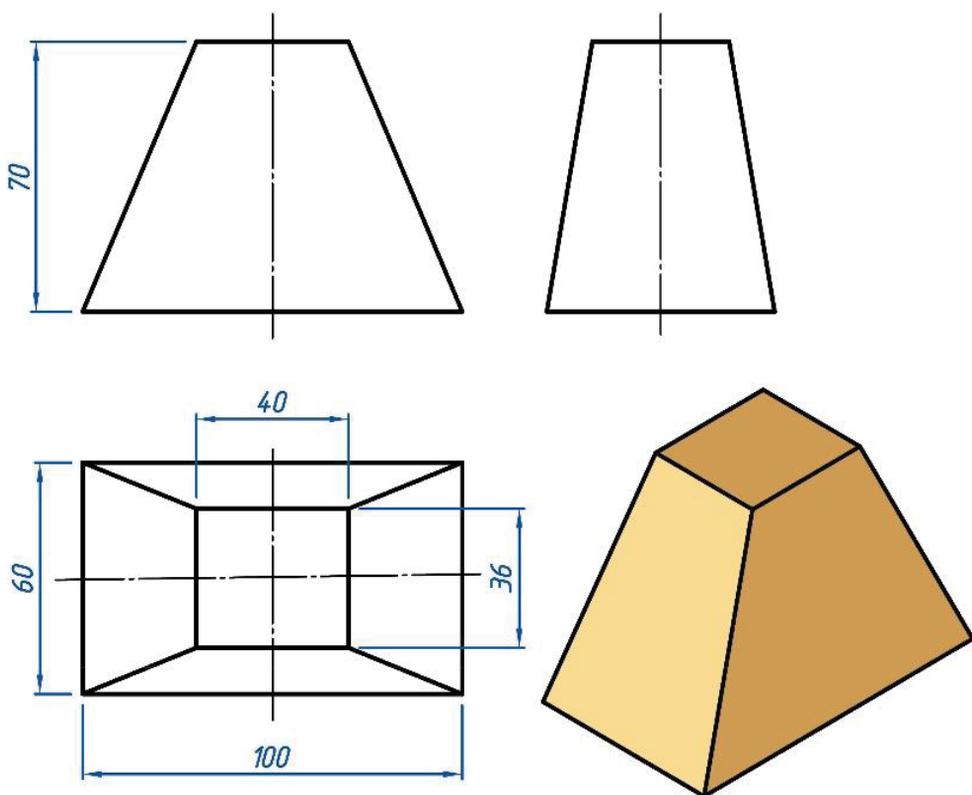


Рис. 2.5. Пирамида, построенная командой «Вытягивание по сечениям»

2.6.4. Вытягивание по траектории

Команда «Вытягивание по траектории» формирует 3D-объект или поверхность как результат перемещения плоского контура по траектории.

Траектория может быть пространственной линией. Для объект-объекта контур перемещения должен быть непрерывной замкнутой линией или областью, иначе образуется поверхность. При перемещении в режиме по умолчанию плоскость контура располагается перпендикулярно траектории, по траектории перемещается «Центр масс» контура. Для окружности это ее центр. Для правильного треугольника – пересечение медиан. Для произвольного контура центр масс определяется одноименной объектной привязкой. Можно задать другую точку контура как базовую точку перемещения. При перемещении по траектории контуру можно придать вращение. Размеры контура и траектория не должны допускать самопересечения формируемой поверхности.

- ◆ Дополнительно см. справочную информацию о команде «Вытягивание по траектории».

Рассмотрим пример – построение цилиндрической пружины. 3D-модель формируется при перемещении окружности по пространственной цилиндрической винтовой линии – спирали (ее историческое название «гелиса»).

Построим гелису (винтовую линию) командой «Helix» (Спираль).

- ◆ Перейдите в пространство Модели, установите аксонометрию (изомерию), установите МСК.
- ◆ Лента \ Построения \ Спираль  \ Центральная точка основания: 0,0 \ Радиус основания: 30 \ Радиус верхнего основания: 30 \ Витки \ Введите число витков: 5 \ Высота спирали: 120 – будет построена спираль (рис. 2.6а).
- ◆ Рядом в плоскости XY постройте небольшую окружность радиусом R5.

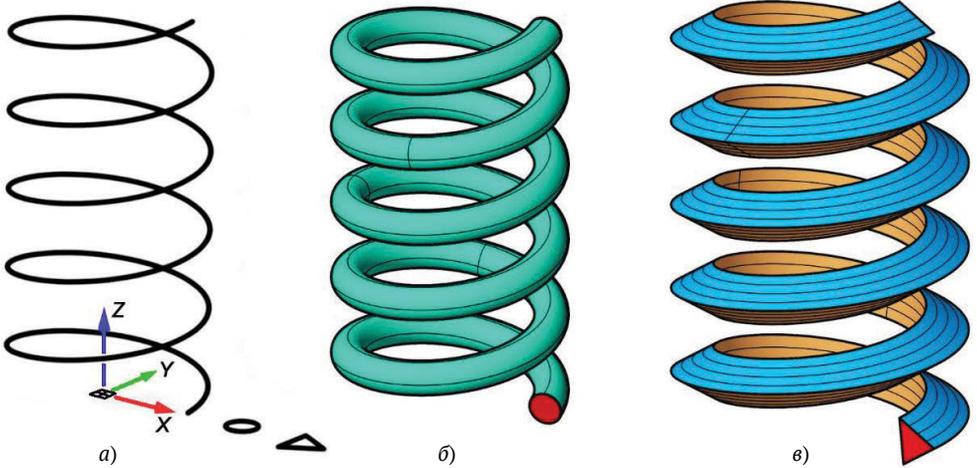


Рис. 2.6. Пружина: а – спираль; б – пружина; в – виток резьбы

Строим пружину.

- ◆ Задайте системную переменную $delobj = 0$ – это сохранит образующую окружность после построения пружины. Для этого в командной строке введите имя переменной и присвойте ей значение 0.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Вытягивание по траектории  \ Выберите объект для сдвига: указать окружность \ Выберите траекторию: с привязкой «Ближайшая» указать гелису – будет получена пружина (рис. 2.6б).

Второй пример. Построим винтовую поверхность как виток резьбы треугольного профиля (рис. 2.6в). За траекторию примем прежнюю гелису.

- ◆ Скопируйте гелису на свободное место.
- ◆ В плоскости XY командой «Многоугольник»  постройте правильный треугольник, вписанный в окружность R8. Поверните  треугольник так, чтобы при указанном положении гелисы (см. рис. 2.6а) одна из его сторон стала параллельной оси Y.
- ◆  \ Выберите объект для сдвига: укажите контур сдвига \ Базовая точка: с привязкой «Середина» укажите точку названной выше стороны треуголь-

ника \ Выберите траекторию сдвига: с привязкой «Ближайшая» укажите гелису – будет построен виток резьбы треугольного профиля.

- ◆ Сохраните файлы для последующего редактирования размеров и цвета моделей командой «Редактировать тело» (см. раздел 2.7.1).

2.6.5. Придание толщины

Команда работает только с объектами типа «Поверхность». Команда придает толщину поверхности и формирует объект 3D-сOLID как оболочку. Знак толщины определяет направление создания оболочки: внутрь или наружу.

- ◆ См. справочную информацию о команде «Толщина».

Построим тонкостенную пружину с применением команды «Толщина». За основу возьмем ранее построенную пружину с круговым поперечным сечением витков (см. рис. 2.6а) – это 3D-сOLID. Первоначально путем разбиения пружины получим объект типа «Поверхность», затем поверхности придадим толщину 1...2 мм.

- ◆ На свободном месте создайте копию ранее построенной пружины.
- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Разбивка  \ Укажите пружину – образовались поверхность и два торцевых круга. Круги можно удалить.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Толщина  \ Выберите поверхность для придания толщины: укажите поверхность пружины \ Укажите толщину: 2 – будет построена тонкостенная пружина как 3D-сOLID (рис. 2.7а). Профиль имеет радиус внутренней окружности 5, наружный радиус 7 мм.
- ◆ Сохраните файл для последующего редактирования пружины (см. раздел 2.7.1, рис. 2.9б).

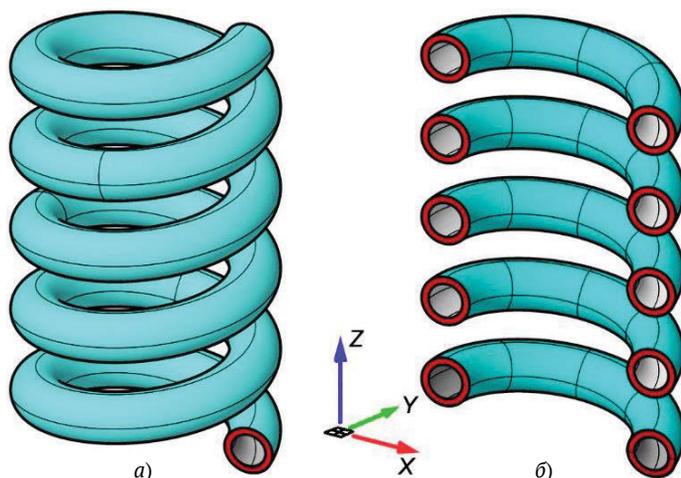


Рис. 2.7. Тонкостенная пружина (а) и ее разрез (б)

Кроме рассмотренного алгоритма тонкостенную пружину (и другие тонкостенные объекты) можно построить выдавливанием окружности в режиме «Поверхность» с последующим приданием толщины или выдавливанием контура в виде кольца из двух окружностей.

2.6.6. Выполнение разреза

Команда «Разрез» разделяет объект типа «3D-солид» или «Поверхность» на две части секущей плоскостью. Плоскость может быть задана тремя точками в ПСК или опцией, задающей плоскость, параллельную плоскостям ПСК с дополнительным указанием точки, через которую должна проходить плоскость.

◆ См. справочную информацию о команде «Разрез».

В нашем курсе команда «Разрез» преимущественно применяется для создания наглядных моделей с выполненными разрезами, а также для удаления ошибочно созданной части 3D-модели и замены ее на новую.

Покажем действие команды на примере тонкостенной пружины, разделим ее на две части. Секущую плоскость зададим как плоскость ZX системы МСК (рис. 2.7б).

- ◆ Убедитесь, что установлена МСК и ось пружины проходит через начало координат.
- ◆ Лента\ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ slice – Разрез  \ Выберите объекты для разрезания: укажите тонкостенную пружину \ Начальная точка режущей плоскости или [плоский Объект/Зось/Вид/XY/YZ/ZX/3точки] <3точки>: ZX \ Укажите точку на ZX-плоскости: 0,0 \ Выберите сторону, которую необходимо оставить: обе – на объекте возникнет линия рассечения.
- ◆ Удалите ближнюю часть разрезанного объекта – будет получена пружина, разрезанная вертикальной плоскостью, проходящей через ее ось и параллельной плоскости ZX системы МСК.
- ◆ Для наглядности рекомендуем присвоить сечениям красный (или другой контрастный) цвет, применив команду «Редактировать тело» (см. ниже раздел 2.7.1).

2.6.7. Вращение контура

Команда «Вращение» строит объект вращения (солид или поверхность) плоского контура вокруг оси. Ось вращения должна находиться в плоскости контура и не пересекать его. В нашем курсе команда применяется при моделировании деталей машиностроительных узлов, получаемых токарной обработкой. Это детали, имеющие название вал, ось, втулка, штуцер, шайба и др.

Построим «простейшую» втулку (рис. 2.8), ось и контур которой расположены в горизонтальной плоскости.

- ◆ В пространстве Модели установите МСК и вид сверху.
- ◆ В режиме «ОРТО» постройте отрезок оси вращения и контур вращения. Контур создайте как область или замкнутую полилинию (см. раздел 2.6.1,

рис. 2.8а). В этом примере размеры не имеют значения, поэтому стройте в глазомерной пропорции.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Вращение  \ Выберите объект для вращения: укажите контур \ Задайте ось вращения \ Объект \ Выберите объект: с привязкой «Ближайшая» укажите отрезок оси \ Укажите угол вращения: 360 – построена втулка как 3D-солид.

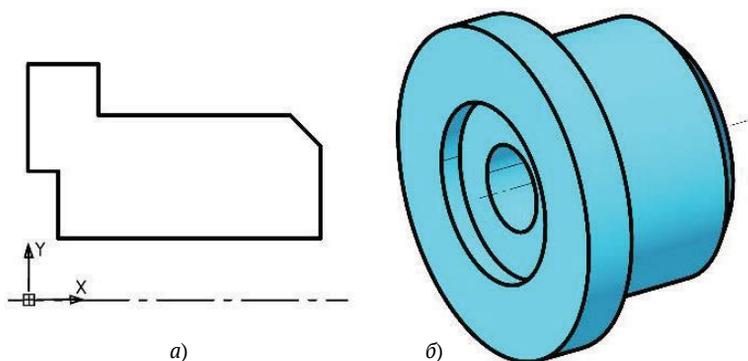


Рис. 2.8. Тело вращения: а – контур и ось; б – 3D-модель

2.7. Редактирование 3D-объектов прямого моделирования

Редактирование – это изменение параметров ранее созданного объекта, в рассматриваемых примерах – изменение 3D-модели. Редактирование выполняется как в процессе создания модели, так и при устранении выявленных ошибок. Рассмотрим команды редактирования при прямом моделировании.

2.7.1. Редактировать тело

Команда «Редактировать тело» позволяет копировать грани или ребра 3D-солида, то есть выделить их в отдельные объекты и переместить. Копирование ребер применяется, например, в теоретическом курсе моделирования при исследовании линий пересечения поверхностей. В нашем курсе команду редактирования применим для граней 3D-модели с целью создания формы модели и устранения допущенных ошибок построения. Команду редактирования также можно использовать для изменения цвета грани объекта.

Редактирование граней содержит опции «Сместить», «Повернуть», «Цвет». Смещение приводит к параллельному перемещению указанной грани, поворот – к вращению грани вокруг указанного ребра. Обе опции действуют с учетом знака заданной величины.

- ◆ Дополнительно о возможностях и применении команд см. справочную службу.

Рассмотрим примеры.

Пример 1. Изменить цвет граней треугольного витка резьбы (см. рис. 2.6в).

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Редактировать тело  \ Грань \ Цвет \ Выберите грань: укажите поверхность витка – поверхность будет выделена \ в открывшейся таблице укажите цвет.
- ◆ Повторите редактирование цвета для остальных граней модели витка.

Пример 2. Сместить и повернуть грани призматической модели (см. рис. 2.4) для преобразования ее в сложную многогранную модель (рис. 2.9а). Например, для смещения одной из боковых граней прямоугольного паза в основании выполните:

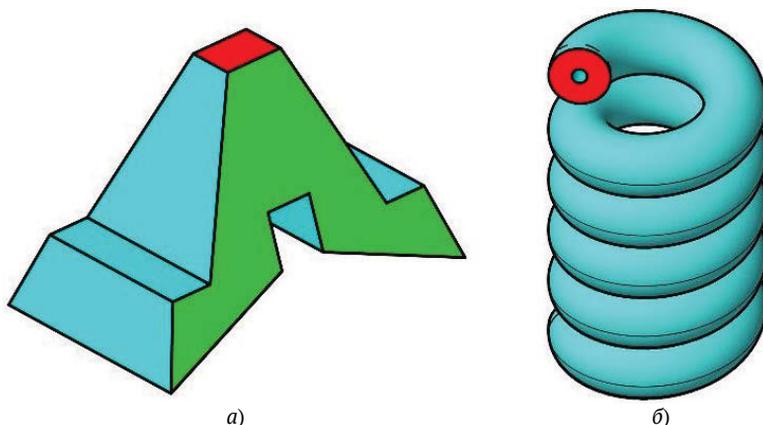


Рис. 2.9. Редактирование граней командой «Редактировать тело»: *а* – редактирование призмы; *б* – трубчатая пружина с сомкнутыми витками

- ◆ Редактировать тело  \ Грань \ Сместить \ Выберите грань: укажите грань \ Укажите расстояние смещения: 10 – грань паза переместится параллельно первоначальному положению.

Смещение грани, выполняемое командой «Редактировать тело», сохраняет геометрические связи смещаемой грани с примыкающими гранями. Так, при смещении верхней грани (красный цвет, рис. 2.9а) ее контур преобразуется так, что сохраняется наклон боковых примыкающих к ней граней. Это отличает рассматриваемое смещение от выдавливания командой «Выдавить грань» (см. ниже раздел 2.7.2), при действии которой контур перемещаемой грани остается постоянным, то есть формируется призматическая часть модели.

- ◆ Для поворота грани необходимо выбрать опцию «Грань \ Повернуть», указать грань, указать две точки ребра, подлежащего повороту, задать угол поворота. Первая из указанных точек ребра (базовая точка) – это конечная точка ребра; ее следует указать с привязкой «Конточка». Вторая точка – произвольная точка ребра, ее следует указать с привязкой «Ближайшая». Поворот указанной грани выполняется вокруг условной оси, проходящей через базовую точку и перпендикулярной второй грани этого ребра. В той же второй грани измеряется и угол поворота.

- ◆ Повторите приведенный пример преобразования (рис. 2.9а) или предложите свою фантазию на эту тему.

Пример 3. Смещение может выполняться и для криволинейной поверхности сложной формы. Например, увеличить наружный и уменьшить внутренний диаметры трубки, из которой навита пружина (см. рис. 2.7). Наружный радиус трубки сейчас составляет 7 мм, внутренний радиус 5 мм. Увеличим наружный радиус до смыкания витков. Шаг пружины равен $120 : 5 = 24$ мм, поэтому наружный радиус трубки для смыкания витков должен быть равен 12 мм; для этого увеличим существующее значение на 5 мм. Внутренний радиус уменьшим на 2 мм.

- ◆  \ Грань \ Сместить \ укажите наружную поверхность витка \ расстояние смещения 5 \ укажите внутреннюю поверхность \ расстояние смещения: 2 – будет построена трубчатая пружина с наружным радиусом сечения R12 и отверстием R3 мм (рис. 2.9б).
- ◆ Дополнительно отредактируйте цвет граней призмы и пружины.

2.7.2. Выдавить грань

Команда «Выдавить грань» выполняет перемещение плоской грани 3D-солида или создание нового 3D-солида при перемещении плоского контура в направлении, перпендикулярном плоскости контура. Команда применяется как при редактировании, так и при создании новой модели.

Пример 1. По заданному контуру (рис. 2.10а) создать основание модели как 3D-солид толщиной 15 мм. Контур образован окружностью R50 и двумя отрезками прямых, параллельными оси X, расположенными от нее на расстоянии 40 мм. Внутри контура построены четыре окружности R8 для формирования отверстий в основании. Межцентровое расстояние между ними вдоль оси X равно 80, вдоль оси Y равно 40.

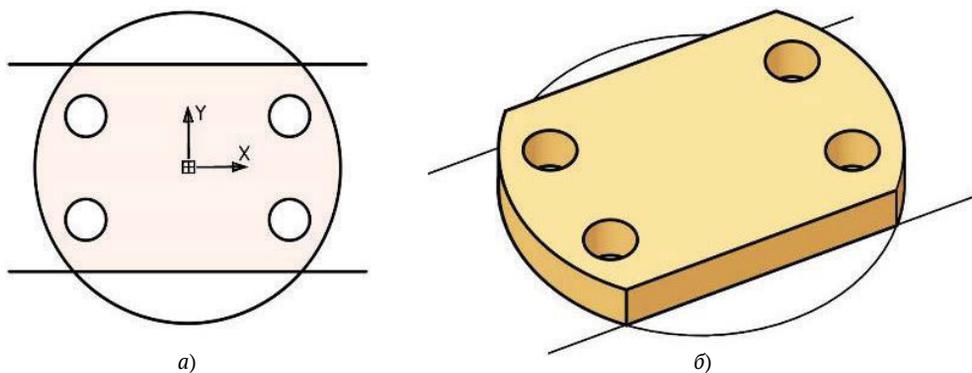


Рис. 2.10. Модель основания, построенная командой «Выдавить грань»: а – контур; б – 3D-солид

Особенность команды «Выдавить грань» в том, что линии контура могут пересекаться. Для выявления контура достаточно указать его линию. Программа находит замкнутый контур вокруг линии и выполняет его перемещение.

- ◆ Постройте контур с внутренними окружностями.
- ◆ Включите концептуальный стиль визуализации, установите вид – изометрию, режим «ОПТО».
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Выдавить грань  \ Выберите объект или ограниченную область: с привязкой «Ближайшая» укажите одну из линий контура – площадь контура выделится цветом \ Задайте высоту выдавливания: переместите курсор в направлении выдавливания и введите 15 – будет построено основание модели с отверстиями для крепления. Это 3D-сOLID.

Пример 2. Построить модель сложной формы (рис. 2.11), применяя только команду «Выдавить грань».

- ◆ Установите вид сверху и концептуальный стиль визуализации.
- ◆ Постройте окружность $\varnothing 40$ и два пересекающихся ее отрезка с общей точкой на окружности. Угол между отрезками задайте равным 90° . Точку как вершину прямого угла, опирающегося на диаметр, задайте в глазмерной пропорции (рис. 2.11а).

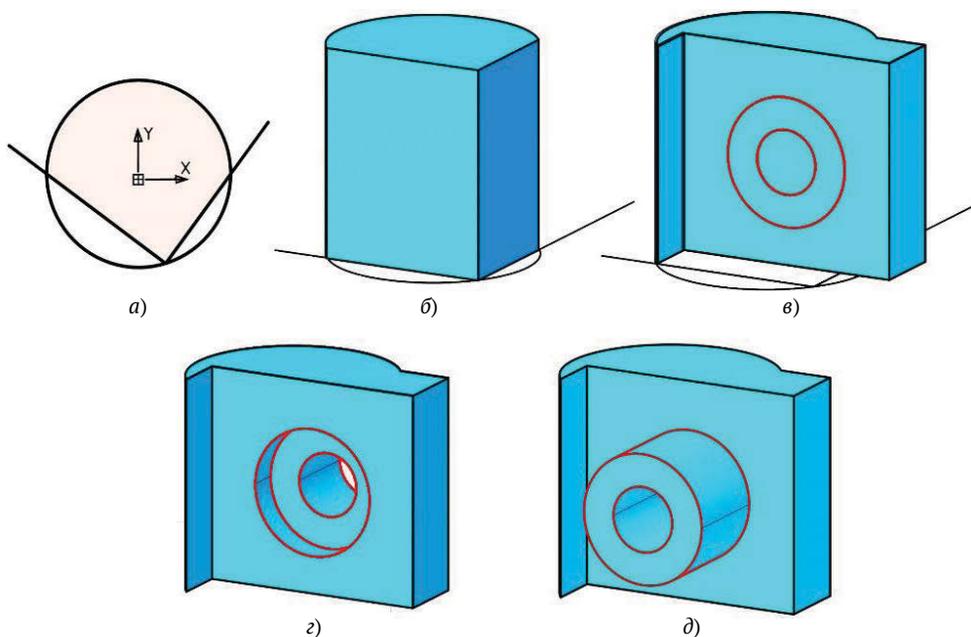


Рис. 2.11. Модель сложной формы, построенная командой «Выдавить грань»:

a – контур; *б* – начальная модель; *в* – дополнительные контуры и выдавливание граней; *г, д* – добавление цилиндрических элементов

- ◆ Установите аксонометрию – изометрию.
- ◆ Выдавить грань  \ Выберите объект: с привязкой «Ближайшая» укажите одну из линий контура – площадь контура выделится цветом \ переместите

курсор в направлении выдавливания и введите 40 – будет построена начальная 3D-сOLID-модель. (рис. 2.11б).

- ◆  \ укажите фронтальную грань и выдавите ее внутрь на 10 мм; укажите профильную грань и выдавите ее наружу на 10 мм (рис. 2.11в).
- ◆ Установите ПСК по трем точкам фронтальной грани и постройте на ней две концентричные окружности. Размеры и положение окружностей задайте в глазомерной пропорции согласно рис. 2.11в.
- ◆  \ укажите внутреннюю окружность и, перемещая курсор, выдавите ее насквозь модели.
- ◆  \ выдавите внешнюю окружность на –6 (рис. 2.11з).

Постройте второй вариант модели:

- ◆ скопируйте созданную модель на свободное место и добавьте к модели выступающий цилиндрический элемент (рис. 2.11д).

2.7.3. Редактирование ручками

Ручки – маркеры, возникающие при указании объекта в графической области. Перемещая ручки, можно редактировать форму объекта. Количество ручек и их назначение индивидуально для каждого объекта.

Рассмотрим ручки некоторых геометрических примитивов (рис. 2.12), чаще всего применяемых в нашем курсе и являющихся частью сложных 3D-моделей.

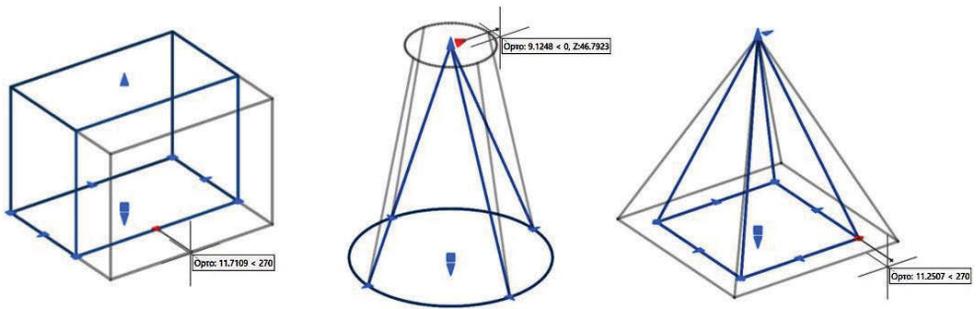


Рис. 2.12. Редактирование геометрических 3D-примитивов ручками

- ◆ Постройте произвольный параллелепипед и кликните по нему ЛКМ – появятся ручки, треугольные и квадратные (рис. 2.12).

Для многогранной поверхности перемещение треугольной ручки приводит к перемещению связанной с ней грани. Перемещение квадратной ручки – к перемещению двух граней. Образуется также центральная квадратная ручка, позволяющая переместить объект в целом.

Чтобы переместить ручку, ее необходимо указать и буксировать курсором. Если в строке состояния включена опция «ДИН-ВВОД», то при перемещении ручки рядом с курсором возникает поле с указанием направления и величины

перемещения. Для фиксации нового положения следует указать это положение курсором или ввести необходимое значение с клавиатуры.

- ◆ Изучите ручки и их действие для других примитивов: конуса, призмы, пирамиды и др. (см. рис. 2.12).

Для сложных solids количество ручек зависит от методов их построения. Это может быть одна ручка, расположенная в центре модели и позволяющая лишь перемещать ее. Примеры моделей с одной ручкой приведены выше (см. рис. 2.4, 2.7, 2.9–2.11).

Модели (см. рис. 2.5, 2.8) имеют множество ручек, позволяющих эффективно и наглядно управлять их формой. Если модель получена вращением или выдавливанием контура, то количество ее ручек определяется количеством ручек контура. В качестве примера приведем ранее построенную втулку (см. рис. 2.8), модель которой имеет множество ручек (рис. 2.13а), позволяющих из начального варианта получить разнообразные варианты тел вращения (рис. 2.13б, в).

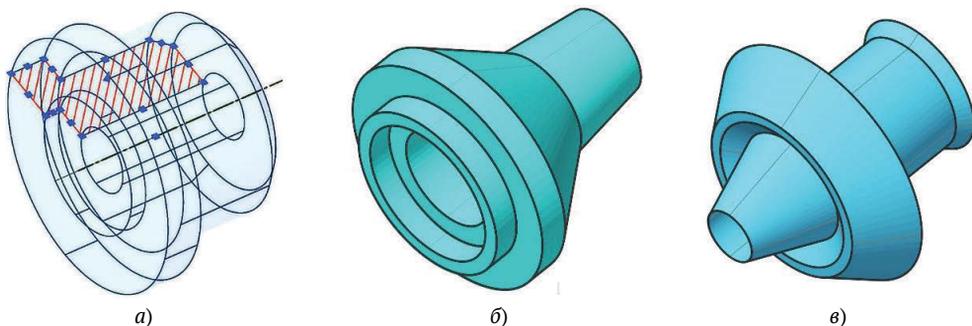


Рис. 2.13. Редактирование втулки ручками:
а – ручки; б, в – варианты редактирования

- ◆ Укажите модель тела вращения (втулки) – выделяется контур вращения и ручки контура. Перемещая ручки, наблюдайте за изменением модели.

2.7.4. Редактирование через окно «Свойства»

Применение окна «Свойства» для 2D-построений рассмотрено выше (см. раздел 1.4). При 3D-построениях окно «Свойства» также отображает свойства и параметры объектов и позволяет динамично управлять ими.

В процессе построения модели окно «Свойства», как правило, держат на экране открытым для визуального контроля свойств и параметров. Если окно закрыто, то вывести его на экран можно так:

- ◆ Лента \ Настройки \ кнопка «Свойства» .

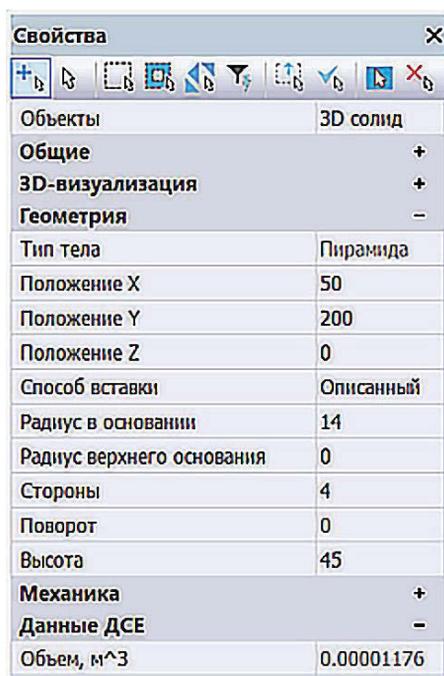
Второй вариант открытия окна – через контекстное меню.

- ◆ Укажите объект, выполните клик ПКМ – откроется контекстное меню.

- ◆ В нижней части контекстного меню укажите строку «Свойства» – появится окно «Свойства», содержащее свойства и параметры указанного объекта.

Рассмотрим пример окна применительно к пирамиде, приведенной на рис. 2.12.

- ◆ Создайте пирамиду  с произвольными размерами, укажите ее и через контекстное меню откройте окно свойств (рис. 2.14).



Свойства	
Объекты	3D солид
Общие	+
3D-визуализация	+
Геометрия	-
Тип тела	Пирамида
Положение X	50
Положение Y	200
Положение Z	0
Способ вставки	Описанный
Радиус в основании	14
Радиус верхнего основания	0
Стороны	4
Поворот	0
Высота	45
Механика	+
Данные ДСЕ	-
Объем, м ³	0.00001176

Рис. 2.14. Окно «Свойства». Пример с пирамидой

В разделе «Общие» (на рис. 2.14 этот раздел свернут) приведены такие свойства, как цвет, тип линий, вес и др., общие для всех объектов. Геометрические параметры пирамиды приведены в раскрытом разделе «Геометрия». Здесь видим координаты центра основания, параметры основания, приведенные в действующей ПСК, и высоту пирамиды. Указав параметр, можно с клавиатуры ввести его новое значение. Например, изменив координаты основания, можно перемещать пирамиду. Изменив на строке «Стороны» количество сторон с 4 до 3, получим перестроение четырехугольной пирамиды в треугольную. Введя значение радиуса верхнего основания (сейчас установлен 0), получим усеченную пирамиду.

В нижней строке окна приведен объем пирамиды. Для его отображения необходимо командой «Единицы» (см. раздел 1.8.3) установить предельную точность отображения параметров (восьмой знак после запятой).

2.8. Объектная привязка и геометрические измерения при 3D-построениях

Определение, назначение и настройка объектных привязок, а также примеры их применения при 2D-построениях приведены выше (см. разделы 1.7 и 1.9). Изучим применение объектной привязки в трехмерных построениях.

Рассмотрим задачу о построении и свойствах диагоналей параллелепипеда. Из школьного курса геометрии известно, что все диагонали параллелепипеда пересекаются в одной точке и в этой точке делятся пополам. Известно также, что точка пересечения диагоналей является центром симметрии параллелепипеда. Убедимся в этом, выполнив геометрические построения с объектной привязкой и необходимые измерения.

- ◆ Наиболее просто выполнить эксперимент с прямоугольным параллелепипедом, построив его одноименной командой . Можете проверить это самостоятельно.

Мы построим параллелепипед «общего вида», все стороны которого являются параллелограммами. Первоначально настроим наглядный визуальный стиль, в котором диагонали и скрытые ребра будут отображаться штриховой линией.

- ◆ Лента \ Вид \ Визуализация \ Визуальные стили  – откроется окно «Визуальные стили».
- ◆ В окне стилей укажите «Скрытый» \ в разделе «Параметры» ребер задайте режим «Ребра граней Цвет Черно-белый» \ в разделе «Перекрытые ребра» укажите «Показать, Цвет Красный, Образец Штриховая».
- ◆ На Листе создайте 3–4 видовых экрана, задав в малых экранах виды сверху и спереди, в большом экране – аксонометрию (о видовых экранах см. выше раздел 2.3).

Построим параллелограммы основания.

- ◆ Установите МСК, вид сверху, постройте произвольный прямоугольник по двум точкам . В режиме «ОРТО» сдвиньте за среднюю ручку одну из сторон – будет построен параллелограмм как основание параллелепипеда.
- ◆ Установите аксонометрию (изометрию).
- ◆ Скопируйте основание вдоль оси Z ортогонально вверх и переместите его в горизонтальной плоскости на произвольную величину – будет получено верхнее основание параллелепипеда.
- ◆ Примените команду «Вытягивание по сечениям»  \ укажите оба параллелограмма – будет построен параллелепипед как наклонная призма с параллелограммом в основании (рис. 2.15).

Строим диагонали. Для эксперимента понадобятся объектные привязки «Конточка», «Пересечение», «Середина».

- ◆ Включите указанные привязки как постоянно действующие (см. раздел 1.7.1).
- ◆ Указывая вершины параллелепипеда, постройте четыре отрезка диагоналей.

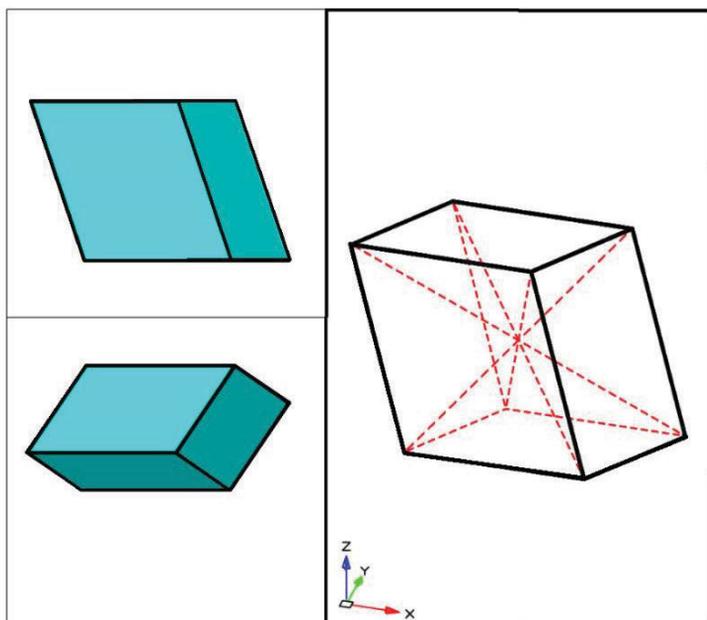


Рис. 2.15. Пересечение диагоналей параллелепипеда

Убедимся, что все четыре диагонали взаимно пересекаются в одной точке. Для этого поставим точку в место проверяемого пересечения. Пересечение подтверждается тем, что при подведении курсора к месту проверяемого пересечения возникает сообщение объектной привязки «Пересечение». Ставим точку.

- ◆ Выберите две диагонали из четырех \ выполните клик ЛКМ по скрываемым отрезкам \ выполните клик ПКМ – откроется контекстное меню \ укажите строку «Изолировать» \ по стрелке задайте режим «Изолировать объекты» – останутся только выбранные диагонали.
- ◆ Главная \ Черчение \ Стрелка вниз ▼ \ Точка  \ поймите в прицел место пересечения оставленных диагоналей и дождитесь сообщения, подтверждающего, что построенные диагонали в пространстве действительно пересекаются \ укажите точку пересечения.

Для визуализации поставленной точки задайте маркер точки – крестик.

- ◆ Главная \ Построения \ Черчение \ Отображение точек – откроется окно «Отображение точек» \ укажите маркер \ ОК – ранее поставленная точка станет видимой.
- ◆ Восстановите скрытые отрезки и модель: клик ПКМ по экрану \ в контекстном меню строка «Изолировать» \ Завершить изоляцию объектов.

Повторите проверку для других пар построенных диагоналей – все они пересекаются в одной точке.

Чтобы убедиться, что в точке пересечения диагонали делятся пополам, измерьте длины частей любой из диагоналей.

- ◆ Главная \ Утилиты \ Сведения \ Расстояние  \ с объектной привязкой «Конечная» и «Пересечение» укажите две точки одной части диагонали – будет показано значение длины.
- ◆ Повторите для второй части той же диагонали.
- ◆ Нажмите клавишу **F2** – откроется текстовое окно, в котором приведены результаты измерения.

Полученные значения равны. Увеличив командой «Единицы» точность измерений, убеждаемся, что равенство выполняется с предельной точностью до восьмого знака после запятой, то есть отрезок диагонали найденной точкой поделен пополам.

- ◆ Для удаления текстового окна повторно нажмите **F2**.

Найденная точка пересечения диагоналей является центром симметрии параллелепипеда. Для этого достаточно провести через эту точку любую прямую, найти точки ее пересечения с поверхностью параллелепипеда и определить расстояния от этих точек до точки пересечения диагоналей. Значения будут равными.

- ◆ Проведите этот эксперимент, вспомнив из курса начертательной геометрии нахождение точек пересечения прямой с плоскостью, в данном примере – с двумя гранями параллелепипеда.

Найденная точка при равномерной плотности вещества является также центром масс и центром тяжести объекта. Сравните найденную точку с центром масс, определяемым компьютером.

- ◆ Главная \ Утилиты \ Сведения \ Геометрия и масса  \ **F2** – будут приведены координаты точки центра масс.
- ◆ Поставьте точку по найденным координатам. С предельной точностью координаты точки пересечения диагоналей и центра масс совпадают.

2.9. Система координат в 3D-построениях

Основной системой координат в nanoCAD является декартова правая тройка векторов X, Y, Z . От положения объекта в системе координат зависит алгоритм построения модели. В процессе построения системы координат преобразуют, задавая их оптимальное положение относительно элементов модели. Рассмотрим средства и примеры задания и преобразования систем координат.

2.9.1. Мировая, пользовательская и именованная системы координат

В nanoCAD (и в других САПР) введено понятие *мировой системы координат* (сокращенно МСК), под которой понимается некоторая условная система координат, принятая в качестве начальной системы отсчета. При построении на плоскости, например выполнении чертежа, под МСК можно понимать систему координат, у которой плоскость XU совмещена с плоскостью чертежа, а начало находится в левом нижнем углу формата чертежа, и строить чертеж в этой системе.

При трехмерных построениях МСК – это система координат, у которой плоскость XY принимается в качестве горизонтальной, а за начало координат принимается точка модели, удобная для расчетов и задания размеров. Образом МСК может быть плоскость стола, на которой расположена деталь, плоскость на уровне земли для зданий и др.

В процессе построения МСК может оказаться неоптимальной, и систему потребуется переопределить. Например, при выполнении чертежа для каждой проекции удобно задать свою систему координат с началом в характерной точке проекции, а не отсчитывать координаты от левого нижнего угла формата.

Пространственные 3D-построения связаны с постоянным переопределением плоскости построений в пространстве. Это может быть параллельный перенос плоскости и начала координат в новую точку на поверхности модели, поворот плоскости построений относительно пространственной оси, задание плоскости по трем точкам модели и др.

Система координат, созданная пользователем в процессе построений, называется *пользовательская система координат* (сокращенное обозначение ПСК). Систему координат, активную в данный момент, называют *текущая система координат*.

Задание ПСК осуществляется указанием кнопок и именованных ПСК, расположенных в группе «Координаты». Откройте группу:

◆ Лента \ Вид \ Координаты.

Найдите и укажите кнопку  – откроется диалоговое окно ПСК, в котором можно выполнить выбор именованных и ортогональных ПСК, а также настройку знака ПСК.

В верхней части группы расположен раскрывающийся список ортогональных и именованных ПСК. *Ортогональные ПСК* – это системы координат, задаваемые по осям МСК. Например, если предварительно установить МСК, а затем задать в указанном списке систему с именем «Слева», то будет установлена ПСК, у которой оси X, Y совпадают с осями Z, Y системы МСК. Задав ортогональную ПСК с именем «Спереди», установим ПСК по осям Z, X системы МСК и т. д.

Кнопки в горизонтальных рядах группы реализуют опции команды ПСК и задают новую ПСК относительно текущей ПСК (а не МСК), а также относительно объекта или вида.

Кнопка  переводит ввод команды ПСК в командную строку и открывает доступ ко всем опциям этой команды. Остальные кнопки группы приводят к выполнению отдельных опций команды ПСК.

Кнопка  устанавливает МСК.

Опция «Начало»  переносит начало координат в точку, заданную координатами в текущей ПСК или указанную с объектной привязкой.

Опция «3 точки»  задает ПСК по координатам трех точек, первая из которых определяет начало координат, вторая – направление оси X, третья – направление оси Y. Точки задаются координатами в ПСК или объектными привязками.

Опция «Z»  задает ПСК двумя точками, первая точка определяет начало координат, вторая – направление оси Z. Точки задаются координатами в ПСК или объектными привязками. При этом ось X автоматически устанавливается параллельно плоскости XY системы МСК.

Кнопки    реализуют опции «X», «Y», «Z» и определяют поворот ПСК вокруг оси, указанной на кнопке.

Кнопка  – опция «Вид» устанавливает ПСК параллельно экрану, при этом ось X автоматически устанавливается горизонтально, начало координат сохраняется в начале прежней ПСК.

Кнопка  – опция «Объект» устанавливает ПСК на указанный объект. Расположение ПСК на объекте зависит от его типа. При указании 3D-объекта ПСК устанавливается на его грань, указанную курсором. При этом ось X ПСК устанавливается параллельно ребру грани или вдоль ребра, которое пересекли курсором при наведении его на эту грань.

Созданную ПСК можно сохранить как именованную и восстанавливать ее на любом этапе построений или передавать между видовыми экранами. Сохранить можно ПСК, не являющуюся ортогональной. Для создания именованной ПСК:

- ◆ Лента \ Вид \ Координаты \ раскройте список ПСК и укажите нижнюю строку списка – откроется диалоговое окно ПСК;
- ◆ укажите закладку «Именованные ПСК», верхнюю строку «Без имени» и введите новое имя.

При работе с видовыми экранами в каждом экране может быть установлена «своя» ПСК. Этот режим задан по умолчанию и позволяет в каждом экране сохранять или переопределять ПСК независимо от ее положения в других видовых экранах. В диалоговом окне ПСК предусмотрен режим, поддерживающий единую ПСК во всех видовых экранах.

- ◆ По справочной информации в разделе «Пользовательская система координат» изучите дополнительные возможности команды ПСК.

2.9.2. Пиктограммы осей координат. Знак ПСК

Пиктограмма осей координат (рис. 2.16) – ее также называют «знак ПСК» – предназначена для наглядного отображения текущей системы координат: направления осей, положения точки начала координат, информации о МСК или ПСК, о пространстве Модели или Листа.

Если пиктограмма содержит оси координат, то в видовом экране активно пространство Модели (рис. 2.16а–ж). Пиктограмма в виде треугольника означает, что построения выполняются на Листе (рис. 2.16з, и).

Отсутствие в пиктограмме оси Z означает, что в видовом экране установлен вид сверху (рис. 2.16а, б, з) или снизу (рис. 2.16в), в которых эта ось вырождена в точку. Дополнительную информацию несет цвет пиктограммы. Черно-белый цвет пиктограммы означает, что активна МСК (рис. 2.16а–в), то есть пиктограмма показывает вид сверху или снизу в МСК. Цветные пиктограммы ото-

бражают ПСК, например вид сверху в ПСК (рис. 2.16з), то есть направление вида вдоль ее оси Z.

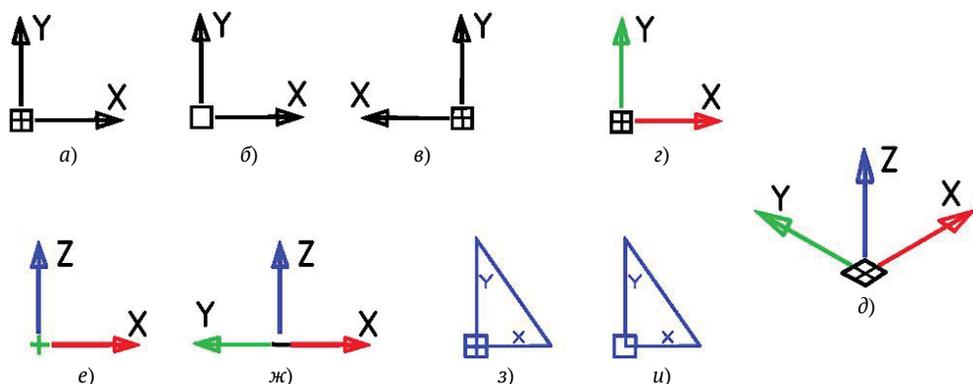


Рис. 2.16. Пиктограммы осей системы координат

Крестик на пересечении осей X, Y показывает, что пиктограмма установлена в начале координат 0,0,0. Иначе пиктограмма отражает только направление осей, но не начало координат. В этом случае пиктограмма смещена в левый нижний угол экрана (рис. 2.16б, и). Такой режим отображения возникает, если пиктограмма не умещается на экране или режим отображения начала координат отключен.

Цветная пиктограмма, содержащая все оси (рис. 2.16д), показывает, что установлена аксонометрия; например, приведена пиктограмма «ЮЗ изометрия сверху» (рис. 2.16д).

Если в пиктограмме отсутствует одна из осей X или Y (рис. 2.16е) или эти оси расположены вдоль одной прямой (рис. 2.16ж), то плоскость построений XY перпендикулярна экрану, и построение указанием курсора мыши выполнять не следует. В этом случае необходимо изменить направление вида (взгляда) на экране, чтобы открылся вид на плоскость построений XY.

Пиктограммы (рис. 2.16з, и) показывают, что активно пространство Листа. Если на пиктограмме имеется крестик, то она показывает положение начала координат ПСК (рис. 2.16з). Иначе пиктограмма расположена в левом нижнем углу экрана и лишь фиксирует, что активно пространство Листа.

2.9.3. Управление отображением пиктограммы ПСК

Управлять отображением пиктограммы можно командой «ЗнакПСК», которая позволяет делать пиктограмму видимой (Вкл) или скрытой (Откл), переносить пиктограмму в начало координат или помещать в левый нижний угол экрана (чтобы не мешала построениям). Команду можно вызвать по имени с командной строки – будут доступны все ее опции. Две опции – Вкл и Откл – можно применить, указав кнопку:

◆ Лента \ Вид \ Координаты \ .

Рациональный вариант управления пиктограммой – через диалоговое окно «Свойства».

- ◆ Клик ПКМ по свободной части экрана – откроется контекстное меню.
- ◆ Укажите строку «Свойства» – откроется диалоговое окно «Свойства».
- ◆ Перейдите в раздел «Разное».

В разделе «Разное» окна «Свойства» показаны текущие значения параметров пиктограммы. Указав на строке значение, можно в правой части строки по стрелке ▼ задать новое значение.

2.10. Композиция геометрических примитивов

Как пример совместного применения ПСК и объектной привязки построим композицию, содержащую параллелепипед, конус и полусферу (рис. 2.17). Построения объектов выполняются в плоскости XY текущей ПСК. Поэтому для построения каждого из объектов необходимо устанавливать ПСК в соответствии с положением этого объекта. Для задания ПСК требуется указание точек с объектной привязкой.

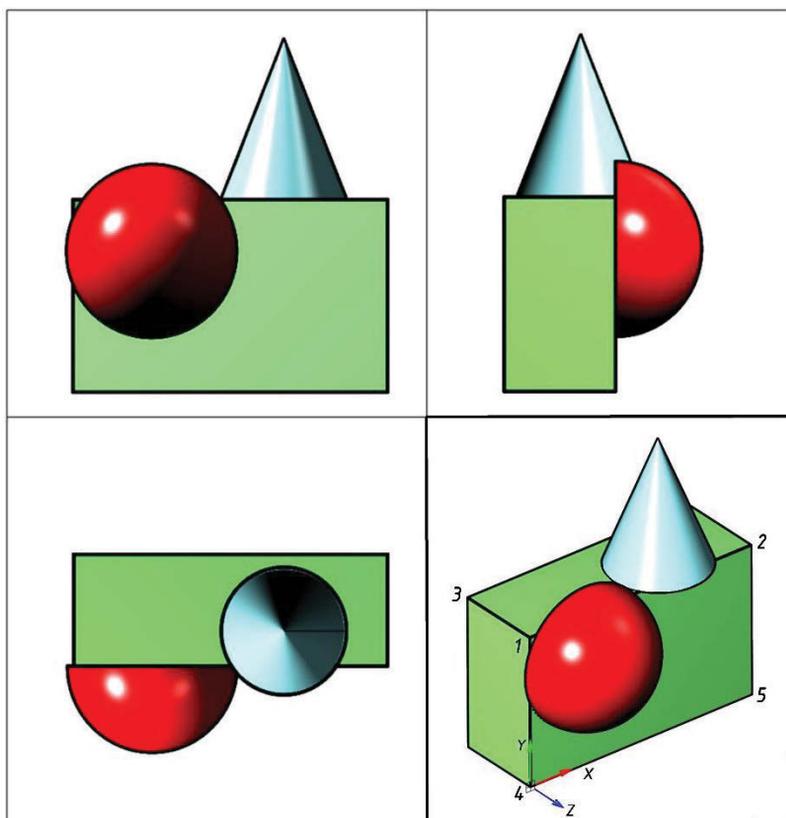


Рис. 2.17. Композиция: призма, конус, полусфера

- ◆ Перейдите на Лист и создайте четыре видовых экрана (см. раздел 2.3.1). Задайте в экранах ортогональные виды (см. раздел 2.4.2): сверху, спереди, слева, ЮЗ аксонометрия сверху. Установите во всех экранах визуальный стиль «Концептуальный».

Построения будем выполнять в окне аксонометрии. В остальных трех экранах – контролировать построения.

- ◆ Перейдите в окно аксонометрии.

Основу композиции составляет параллелепипед. Для него плоскостью построений является XY системы МСК.

- ◆ Убедитесь, что в окне аксонометрии установлена МСК. Иначе установите эту систему координат.
- ◆ Постройте параллелепипед , задав координаты угла 0,0,0 и размеры: длина 100, ширина 35 и высота 60 мм (см. раздел 2.1.2).

Строим конус на верхней грани параллелепипеда. Установим ПСК так, чтобы плоскость XY совпала с этой гранью. Для задания ПСК применим опцию «3 точки».

- ◆ Включите постоянно действующую объектную привязку «Конточка».
- ◆ Лента \ Вид \ Координаты  \ с объектной привязкой укажите в указанном порядке точки 1,2,3 – ПСК и ее пиктограмма будут установлены по указанным точкам.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Конус  \ Центр: 67,11 \ Радиус 20 \ Высота: 50 – будет построен круговой конус как солид-объект.

Строим полусферу, основание которой расположено на передней грани параллелепипеда. Для этого зададим ПСК, у которой XY совмещена с передней гранью. Вновь применим опцию «3 точки». Затем построим сферу, поместив ее центр в плоскость XY. В завершение командой «Разрез» отрезем половину сферы, погруженную в параллелепипед.

- ◆  \ с объектной привязкой укажите в указанном порядке точки 4,1,5 – ПСК и ее пиктограмма будут установлены по указанным точкам.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Сфера  \ Центр: 25,44 \ Радиус: 27.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Разрез  \ Выберите объекты для разрезания: укажите сферу \ Начальная точка режущей плоскости: укажите опцию XY \ Укажите точку на XY-плоскости <0,0,0>: **Enter** (то есть принимаем вариант по умолчанию 0,0,0) \ Выберите сторону, которую необходимо оставить или [Обе]: **Enter** (то есть оставляем обе части) – на поверхности сферы появится линия сечения.
- ◆ Удалите полусферу, погруженную в параллелепипед.

Композиция построена. Для повышения наглядности присвойте объектам различный цвет.

- ◆ Согласно примерам (рис. 2.18) постройте варианты композиции, включив в нее цилиндр, усеченный конус, пирамиду или клин.

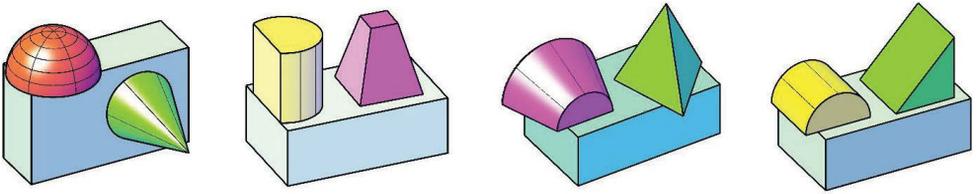


Рис. 2.18. Варианты композиции геометрических примитивов

2.11. Источники света

Наглядность построенной композиции и других моделей можно значительно повысить, задав источники света. В nanoCAD предусмотрен ряд источников.

- ◆ Лента \ Вид \ Визуализация \ Источники света \ Раскройте список по стрелке ▼ – откроются кнопки источников света.

Все источники бестеневые. Наиболее прост в настройке точечный источник. Его параметрами являются координаты положения и коэффициент интенсивности. Эти параметры подбирают экспериментально, контролируя качество освещения. Положение точечного источника обозначается маркерами (рис. 2.19).

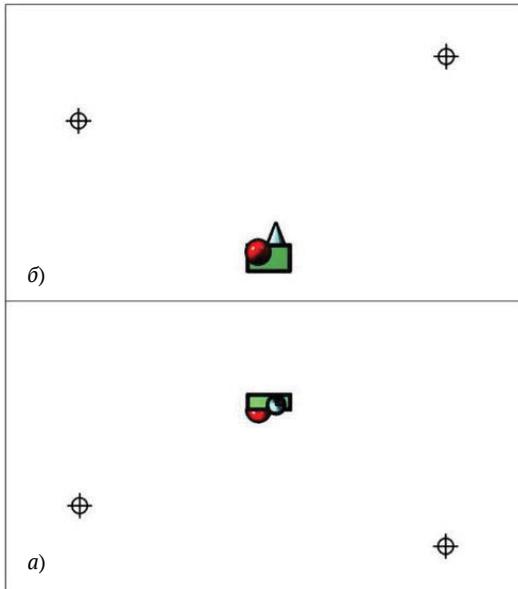


Рис. 2.19. Маркеры и положение точечных источников света:
а – вид сверху; б – вид спереди

Для построенной композиции (см. рис. 2.17) создадим два точечных источника света. Первый будет создавать блик света на криволинейных поверхностях сферы и конуса. Второй обеспечит подсветку теневых сторон объектов.

Первый источник:

- ◆ установите МСК;
- ◆ Лента \ Вид \ Визуализация \ Источники света \ Точсвет  \ Задайте положение источника: $-400, -225, 350$ \ Имя: Бликовый \ интенсивность: 0.5;
- ◆ действие первого источника контролируйте по появлению бликов на сфере и конусе (см. рис. 2.17).

Второй источник:

- ◆  \ Задайте положение: $450, -320, 500$ \ Имя: Подсветка \ интенсивность: 0.1.

Действие второго источника контролируйте по «смягчению» затененной части сферы и конуса (это так называемая область собственной тени объектов).

- ◆ Увеличьте область изображения композиции в экранах видов сверху и спереди, найдите маркеры созданных точечных источников.

Редактировать положение источника можно перемещением его маркеров. Универсальный вариант редактирования всех параметров источника – через окно «Свойства».

- ◆ Выполните двойной клик ЛКМ по маркеру источника – откроется окно «Свойства».
- ◆ В окне «Свойства» найдите разделы «Свет» и «Геометрия».

В разделе «Свет» показаны текущие значения параметров источника. Выбрав необходимый параметр, можно в правой части строки по стрелке ▼ задать новое значение. Например, изменить интенсивность, отключить/включить источник. В разделе «Геометрия» приведены координаты источника в ПСК. Корректируя значения координат, можно перемещать источник в пространстве.

- ◆ Выполните редактирование положения и параметров источников, добиваясь необходимого освещения объектов.
- ◆ Сохраните файл модели.

2.12. 3D-технология построения чертежа. 2D-виды

Основу чертежа составляют отображения модели на плоскость, то есть проекции видов, разрезов, сечений и др. В nanoCAD, как во всех современных САПР, реализована 3D-технология построения чертежа, состоящая в том, что построение элементов чертежа выполняется автоматически по предварительно созданной 3D-модели. В nanoCAD построения выполняют команды, расположенные на ленте в группе «2D-виды».

2.12.1. Команды группы «2D-виды»

Откройте группу:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ 2D-виды – будут показаны кнопки команд построения проекций, сечений и разрезов.

Общим для команд рассматриваемой группы является размещение создаваемых изображений в плоскости ПСК и возможность построения неограниченного последовательного ряда ортогональных проекций (рис. 2.20а).

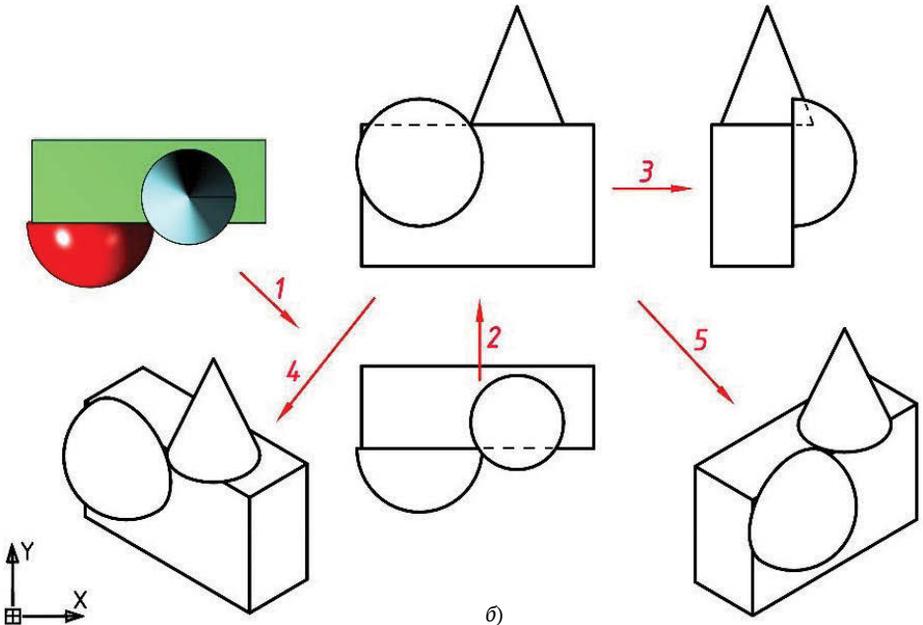
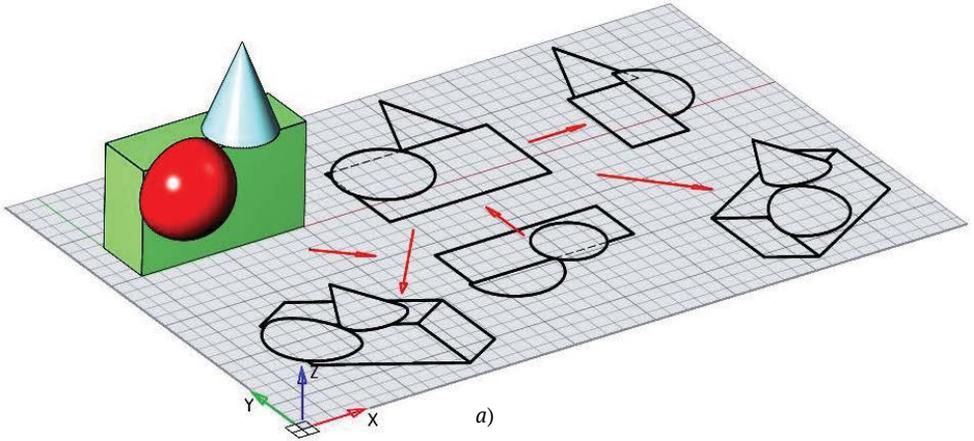


Рис. 2.20. Построение проекций модели как 2D-видов:

а – размещение проекций в плоскости ПСК; б – последовательность построений

Команда «2D Вид»  по 3D-модели создает проекцию этой модели на плоскость ПСК и позволяет на основе этой проекции построить последующие ортогональные, в том числе аксонометрические проекции (изометрии). С этой команды, как правило, начинается построение чертежа модели. Команда «2D Проекционный вид»  строит проекцию модели на основе ее предыдущей проекции. Команда «2D разрез»  строит разрез модели плоскостью, перпендикулярной плоскости предварительно построенной проекции. Плоскость разреза задается двумя точками, указанными на плоскости предварительной проекции.

Команда «Секущая плоскость»  строит разрез модели произвольной плоскостью, положение которой задается непосредственно на 3D-модели (см. также раздел 5.4.2).

2.12.2. Пример построения проекций

Рассмотрим пример построения проекций (видов модели) командами «2D Вид» и «2D Проекционный вид» для 3D-модели композиции (рис. 2.20).

- ◆ Откройте файл, содержащий построенную 3D-модель композиции.
- ◆ По пиктограмме ПСК  убедитесь, что активно пространство Модели, установлены МСК и вид сверху (рис. 2.20б). Иначе перейдите в это пространство, указав кнопку «Модель», и выполните ортогональный вид сверху .

Построения начинаем командой «2D Вид», которой создадим проекции видов сверху и спереди. Действия поясняются стрелками (см. рис. 2.20б):

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ 2D-виды \ 2D Вид  \ Выберите объекты: укажите модель, включая все объекты \ Укажите Лист, куда будет вставляться вид(ы): укажите опцию Модель (то есть размещать виды будем в пространстве Модели) \ перемещайте курсор – тянется изображение проекции \ укажите положение проекции как произвольную точку на плоскости XY (стрелка 1) – проекция зафиксирована \ переместите курсор по направлению оси Y (стрелка 2) – тянется изображение проекции вида спереди \ укажите положение проекции \ прервите команду, выполнив клик ПКМ или **Enter**.

Для построения проекции вида слева применим команду «2D Проекционный вид»:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ 2D-виды \ 2D Проекционный вид  \ Выберите объекты: укажите проекцию вида спереди \ перемещайте курсор вправо (стрелка 3) – тянется изображение проекции \ укажите положение проекции \ прервите команду.

Построены три основные проекции модели. Добавим к ним изометрические проекции. Они создаются командой «2D Проекционный вид» на основе ранее построенных основных проекций при перемещении курсора в любом из четырех направлений под 45°. Построим две наиболее наглядные в рассматриваемом

мом примере проекции: ЮЗ и ЮВ изометрии (см. выше раздел 2.4.4). Для этого укажите проекцию вида спереди и переместите курсор по стрелкам 4, 5.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ 2D-виды \ 2D Проекционный вид  \ Выберите объекты: укажите проекцию вида спереди \ переместите курсор по стрелке 4 и зафиксируйте положение проекции – будет построена ЮВ изометрия сверху.
 - ◆ Повторите построение по стрелке 5 – будет получена ЮЗ изометрия сверху.
- В итоге построены изображения, составляющие основу чертежа рассмотренной композиции. Последующая доработка изображений, а также построение разрезов и сечений командами группы «2D-виды» будут рассмотрены при выполнении заданий в главах 4–6.

2.12.3. Свойства 2D-видов

1. Все объекты группы «2D-виды» диагностируются единым образом как 2D-вид независимо от того, является объект 2D-видом или 2D-разрезом. 2D-виды автоматически помещаются на слой ЕСКД_ВИДЫ, им присваиваются свойства «По виду».
 - ◆ Наведите курсор на какой-либо из созданных 2D-видов. Рядом с курсором появится сообщение «2D Вид».
 - ◆ Выполните клик ЛКМ по какому-либо 2D-виду и откройте окно «Свойства». В разделе «Общие» приведены слой и свойства 2D-вида.
2. Линии невидимого контура (в nanoCAD названы «Скрытые линии») могут быть показаны на любом изображении, построенном командой группы «2D-виды». По умолчанию эти линии отключены. Для их отображения необходимо указать предварительно построенное изображение, затем в окне «Свойства» найти строку «Показывать скрытые линии» и задать «Да». В примере (рис. 2.20) скрытые линии включены для проекций видов сверху, спереди, слева. Настройка длины штрихов скрытых линий выполняется через окно «Свойства» регулировкой на строке «Масштаб типа линий».
 - ◆ Включите скрытые линии для указанных проекций.
 - ◆ Отрегулируйте длину штриха скрытых линий, задав величину 3...4 мм.
3. Все объекты группы «2D-виды» являются ассоциативными. *Ассоциативность* – это связь объектов с предшествующим родительским объектом, на основе которого они были созданы. Прежде всего это проявляется в связи 2D-видов с 3D-моделью. Редактирование 3D-модели приводит к соответствующей корректировке всей цепочки 2D-видов. Удаление 3D-модели приведет к удалению всей цепочки 2D-видов. Удаление 2D-вида автоматически удаляет все последующие проекционные виды, созданные на его основе. Рассмотрим ряд примеров.
 - ◆ Удалите 3D-модель – исчезнут все проекции этой модели. Восстановите модель.
 - ◆ Удалите проекцию вида спереди – исчезнут построенные на ее основе проекции видов слева и обе аксонометрии.

- ◆ В 3D-композиции удалите сферу – изображение сферы исчезнет на всех проекциях.
 - ◆ В 3D-композиции переместите конус – перемещение будет показано на всех проекциях.
4. 2D-виды автоматически создаются в проекционной связи с родительским видом. Например, переместив вправо вид сверху, увидим такое же перемещение вида спереди. Перемещение 2D-вида возможно только вдоль линий проекционной связи. Можно освободить 2D-вид от проекционной связи с родительским видом. Для этого в окне свойств вида следует найти строку «Выравнивать» и задать ее параметр «Нет».
 5. 2D-виды можно поворачивать на требуемый угол: для этого в окне «Свойства» найти строку «Угол» и задать его значение. Будет выполнен поворот только указанного вида.
 6. При построении чертежа возникает необходимость разбить 2D-вид на элементы (командой «Разбивка» ). В этом случае объект перестает быть 2D-видом и удаляются все последующие виды, созданные на его основе. Поэтому разбивку следует выполнять, начиная с конечного вида цепочки видов, либо выполнять разбивку одновременно всей цепочки видов, выбирая ее рамкой.

2.13. Булевы операции. Построение гайки

Булевы операции – раздел математической логики. Ее основатель – ирландский математик Д. Буль (1815–1864 гг.). Булевы операции входят в программное обеспечение всех современных пакетов компьютерной 3D-графики, в том числе в nanoCAD. Эти операции выполняют сложение, вычитание и пересечение объектов типа «3D-солид», «область» и «поверхность».

Кнопки команд, выполняющих булевы операции, расположены в группе «Булевы операции». Рассмотрим эти команды. Откройте группу:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Булевы операции – будут показаны кнопки операций.

Команда «Объединение»  создает единый объект из нескольких объектов. При объединении объектов типа «3D-солид» формируется линия их пересечения. Команда «Вычитание»  из первой группы объектов удаляет ее часть, заданную второй группой объектов. Это позволяет, например, в первом объекте создать отверстия, пазы, углубления, имеющие форму второго объекта. Команда «Пересечение»  создает объект, являющийся общей частью группы объектов.

Булевы операции в основном применяются к объектам «3D-солид», позволяя формировать 3D-модели сложной формы. Рассмотрим пример выполнения булевых операций для группы объектов, состоящей из конуса, призмы, цилиндра (рис. 2.21).

- ◆ Установите МСК и ЮЗ изометрию сверху, включите режим «ОРТО», визуальный стиль «2D Каркас».

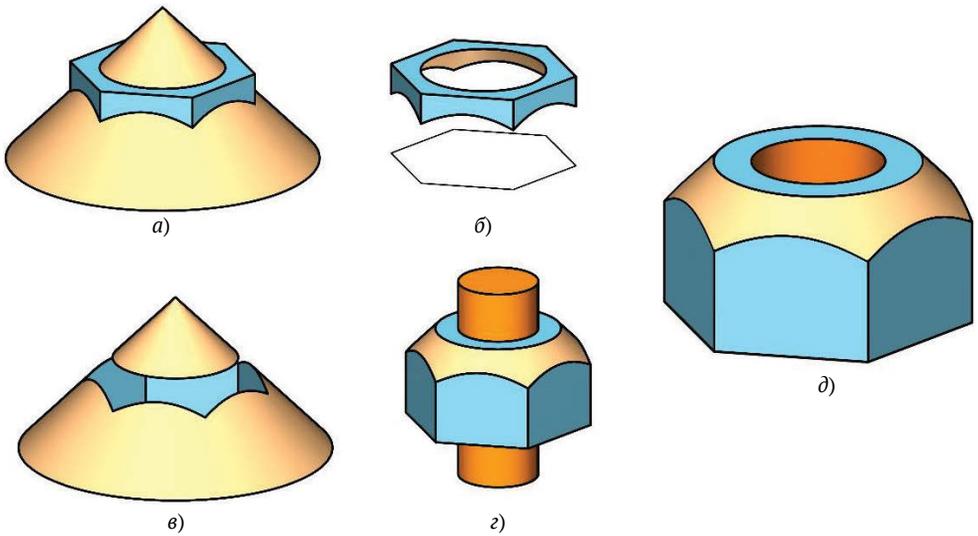


Рис. 2.21. Булевы операции на примере призмы, конуса, цилиндра:
 а – объединение; б, в – вычитание; г – пересечение; д – модель гайки

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Режимы моделирования \ Прямое \ Прямое моделирование \ Конус  \ Центр основания: 0,0 \ Радиус: 125 \ Высота: 125 \ – будет построен конус.

Построим шестиугольную призму выдавливанием правильного шестиугольника.

- ◆ Лента \ Главная \ Черчение \ Многоугольник  \ Число сторон: 6 \ Укажите центр многоугольника: 0,0 \ Задайте способ построения: Вписанный в окружность \ Радиус окружности: 75 – будет построен шестиугольник, одна из вершин которого направлена по оси X.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Режимы моделирования \ Прямое \ Прямое моделирование \ Выдавливание  \ Выберите объект для выдавливания: укажите шестиугольник \ Укажите высоту выдавливания: 75 – будет построена прямая шестиугольная призма.

К созданной паре объектов применим булевы операции.

- ◆ Присвойте объектам группы разные цвета и создайте четыре копии этой группы (рис. 2.21). Установите визуальный стиль «Концептуальный».

Объединяем объекты (рис. 2.21а).

- ◆ Объединение  \ Выберите 3D-солиды для объединения \ укажите оба объекта \ – возникнет линия пересечения объединенных объектов.
- ◆ Наведите курсор на объект и задержите его – рядом с курсором появится сообщение «3D-солид».
- ◆ Выполните по объекту клик ЛКМ – объект будет выделен как единый.

Из призмы вычитаем конус (рис. 2.21б).

- ◆ Вычитание  \ Выберите 3D-солиды, из которых надо вычитать: укажите призму \ **Enter** или клик ПКМ \ Выберите 3D-солиды, которые надо вычитать: укажите конус.

Из конуса вычитаем призму (рис. 2.21в).

- ◆ Вычитание  \ Выберите 3D-солиды, из которых надо вычитать: укажите конус \ **Enter** или клик ПКМ \ Выберите 3D-солиды, которые надо вычитать, или [?]: \ укажите призму.

Выполним пересечение объектов (рис. 2.21г).

- ◆ Пересечение  \ Выберите 3D-солиды для пересечения или: укажите оба объекта.

Выполним в полученной модели цилиндрическое отверстие. Для этого построим круговой цилиндр и вычтем его из модели.

- ◆ Цилиндр \ Центр основания: с привязкой «Центр» укажите центр окружности верхнего основания модели \ Радиус: 32 \ Высота: 160.
- ◆ Вертикально в режиме «ОРТО» переместите цилиндр вниз так, чтобы он насквозь пересекал модель (рис. 2.21г).
- ◆ Вычитание  \ укажите модель \ укажите цилиндр.

Получена модель шестигранной гайки (см. рис. 2.21д) – распространенного элемента резьбового соединения. Это учебная модель, наглядно показывающая элементы гайки: грани шестигранной призмы, предназначенные для вращения гайки гаечным ключом, коническую фаску, отверстие для нарезания резьбы. Из курса начертательной геометрии должно быть известно, что линии пересечения граней и конуса фаски – это гиперболы.

2.14. Тесты для самоконтроля

Прежде чем в следующих главах мы перейдем к построению моделей машиностроительных деталей и узлов, предлагаем выполнить ряд оригинальных 3D-геометрических моделей из области компьютерного дизайна. Это своеобразные тесты на усвоение материала по основам 3D-моделирования.

2.14.1. Два тора в зацеплении

Постройте два тора в зацеплении как звенья одной цепи (рис. 2.22).

- ◆ Создайте четыре видовых экрана, установив в них ортогональные виды сверху, спереди, слева, аксонометрию.

В видовом экране вида сверху постройте тор произвольных размеров, ориентируясь на рис. 2.22.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Тор .
- ◆ Скопируйте тор, сместив его вправо.
- ◆ Перейдите в экран вида слева и поверните второй тор на 90°.

- ◆ Присвойте тора́м различные цвета. Установите визуальный стиль «Тонированный с кромками», задав в нем отображение изолиний черным цветом.
- ◆ Установите два точечных источника света (см. рис. 2.22) и выполните их настройку, добиваясь появления световых бликов на поверхности торов.

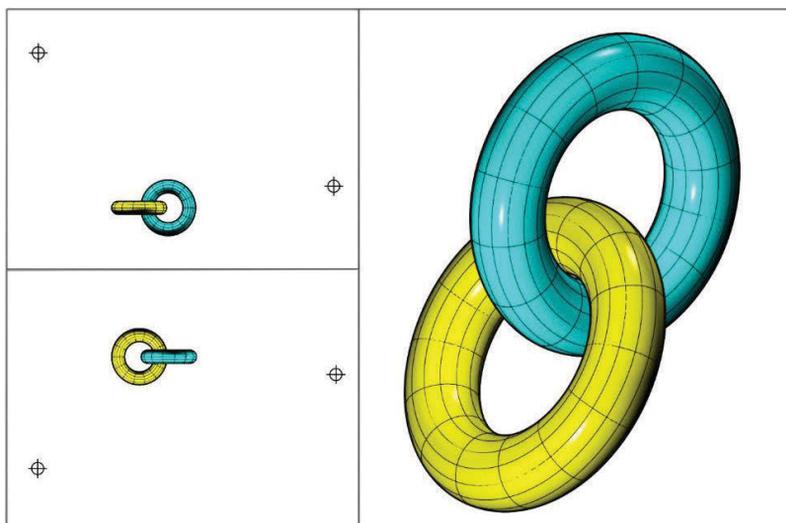


Рис. 2.22. Два тора в зацеплении

2.14.2. Поверхность Эшера

Поверхность Эшера – это непрерывная поверхность, изображение которой можно часто встретить в рекламных проспектах.

- ◆ В интернете найдите информацию об известном дизайнере Маурице Эшере и его знаменитых работах.

Построить 3D-модель поверхности Эшера сложно. Однако можно расположить три одинаковых тора так, что они создадут иллюзию этой поверхности (рис. 2.23). Такую модель назовем псевдоповерхностью Эшера.

- ◆ Перейдите в видовой экран вида сверху, МСК.
- ◆ Постройте тор, задав его центр 0,0; радиус направляющей окружности 30, радиус полости 7.
- ◆ Перейдите в видовой экран вида спереди и поверните тор относительно его центра на 60° .

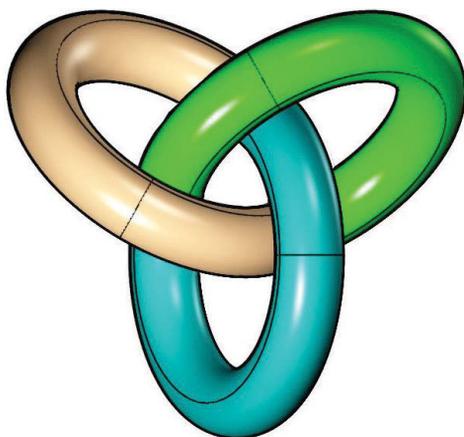


Рис. 2.23. Псевдоповерхность Эшера

Создадим горизонтальный круговой массив торов.

- ◆ Вернитесь в экран вида сверху.
- ◆ Круговой массив  \ Выбор объектов: укажите тор \ Задайте центральную точку массива: 0,15 \ Элементы \ Число элементов в массиве: 3 – будет построен массив из трех торов.
- ◆ К массиву дважды примените команду «Разбивка» – из массива будут извлечены три тора как объекты «3D-сOLID». Присвойте торам различный цвет.
- ◆ Установите два источника света для формирования световых бликов.
- ◆ Для тонкой корректировки массива отредактируйте его в окне «Свойства», контролируя изображение на виде сверху. Добейтесь, чтобы перекрытие торов создавало полную иллюзию непрерывной поверхности.

2.14.3. Лента Мёбиуса

Это поверхность с замечательными свойствами. Двигаясь по поверхности вдоль ленты и не переходя через ее край, можно прийти на обратную сторону этой ленты.

- ◆ Найдите в интернете информацию о ленте Мёбиуса, ее авторе и применении ленты в технике, дизайне и искусстве.

Построим модель ленты как результат перемещения тонкого прямоугольника по эллипсу с вращением прямоугольника на 180° .

- ◆ Перейдите в экран вида сверху \ МСК.
- ◆ Главная \ Черчение \ Эллипс  \ Укажите центр: 0,0 \ большая полуось 100, малая 50 (рис. 2.24а).

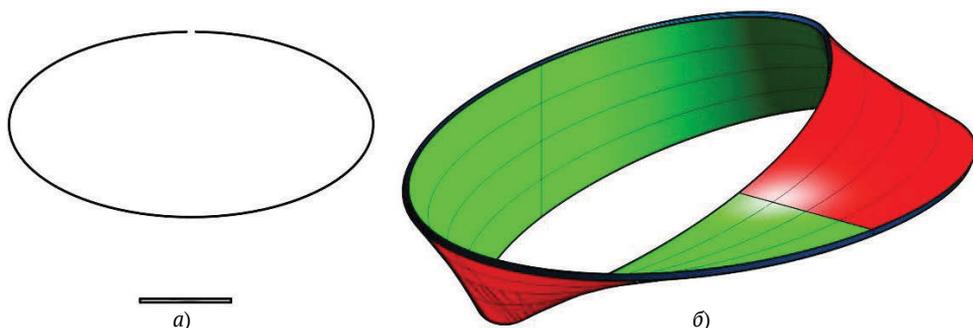


Рис. 2.24. Лента Мёбиуса:
а – траектория и контур сдвига; б – лента как 3D-сOLID

В эллипсе вблизи конечной точки малой полуоси необходимо сделать микро-разрыв шириной 0.1...0.5.

- ◆ Главная \ Редактирование \ Разрыв  укажите точку эллипса вблизи точки малой полуоси \ сдвиньте курсор против часовой стрелки и укажите вторую точку.

- ◆ На свободном месте постройте прямоугольник длиной 50 шириной 2, расположив длинную сторону параллельно оси X (рис. 2.24а).
- ◆ Постройте отрезок диагонали прямоугольника.
- ◆ Прямое моделирование \ Вытягивание по траектории  \ Выберите объект для сдвига: укажите прямоугольник \ Базовая точка: с привязкой «Середина» укажите среднюю точку диагонального отрезка \ Угол закручивания: 180 \ Выберите траекторию: с привязкой «Ближайшая» укажите эллипс – лента будет построена как 3D-солоид (рис. 2.24б).

Чтобы показать свойство ленты как односторонней поверхности, присвойте сторонам ленты разные цвета, например зеленый и красный.

- ◆ Всей ленте присвойте зеленый цвет.
- ◆ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Редактировать тело  \ Грань \ Цвет \ укажите одну из сторон ленты – поверхность будет выделена \ в диалоговом окне «Выбор цвета» задайте второй цвет – красный.

Вращайте ленту . В месте стыковки ленты виден переход с зеленой стороны на красную, то есть переход с одной стороны ленты на другую без перехода через край.

2.14.4. Рифовый узел

Это морской узел, применяющийся для соединений концов двух канатов. Построим 3D-модель узла как результат перемещения окружности по геометрически сложной траектории, образованной сплайном (рис. 2.25). Сплайн построим по точкам, координаты которых приведены в табл. 2.1.

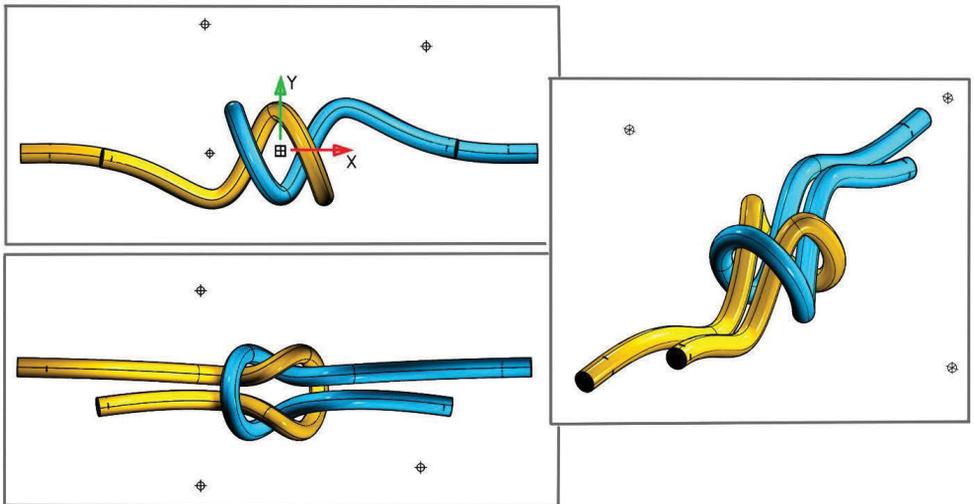


Рис. 2.25. Рифовый узел

Таблица 2.1. Координаты вершин сплайн-кривой

№	Координаты	№	Координаты	№	Координаты
1	-62,6,0	5	-3.4,3.2,19.2	9	-3.4,-3.3,20
2	-51.6,5.7,0.2	6	8.1,12.1,-0.7	10	-9.6,-1.8,-23.6
3	-35.6,5.4,0.5	7	12.3,-0.2,-14.9	11	-28.2,-1.5,-3.2
4	-8.8,3.7,-18.8	8	7.8,-12,-0.8	12	-42.6,-3.5,-1.1

- ◆ Перейдите в видовой экран вида сверху, установите МСК.

Главная \ Черчение \ стрелка  \ Введите способ создания сплайнов: Управляющие \ Первая точка: -62,6,0 \ и далее вводите координаты точек по таблице 2.1 – будет построен сплайн как траектория перемещения.

- ◆ На свободном месте постройте контур перемещения – окружность радиусом 2.2 мм.
- ◆ Выполните команду «Вытягивание по траектории» , указав контур и траекторию.

Получена левая часть узла. Правую часть получим, выполнив дважды зеркальное преобразование.

- ◆ Перейдите в видовой экран вида спереди.
- ◆ Главная \ Редактирование \ Зеркало  \ Выбор объектов: укажите объект \ Первая точка оси отражения: 0,0 \ Вторая точка оси отражения: 10,0 \ Удалить исходные объекты?: Нет – будет построено зеркальное отображение относительно оси X (рис. 2.25).
- ◆ Зеркало \ Выбор объектов: укажите объект \ Первая точка оси отражения: 0,0 \ Вторая точка оси отражения: 0,10 \ Удалить исходные объекты?: Да – будет построено зеркальное отображение относительно оси Y.

Построен узел. Придайте ветвям узла разный цвет, установите и настройте два-три точечных источника света.

2.14.5. Звездчатый многогранник

В основе многогранника лежит куб. Вокруг каждой из восьми его вершин построены треугольные пирамиды. На каждой из шести граней построены еще шесть четырехугольных пирамид.

- ◆ МСК, аксонометрия, визуальный стиль «Концептуальный».
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Параллелепипед \ Центр: 0,0 \ Куб \ Длина: 50 – будет построен куб (рис. 2.26а).
- ◆ Убедитесь, что грани куба параллельны осям МСК, иначе поверните их в это положение.

Построим треугольную пирамиду вокруг одной из вершин куба (рис. 2.26б, сияя пирамида).

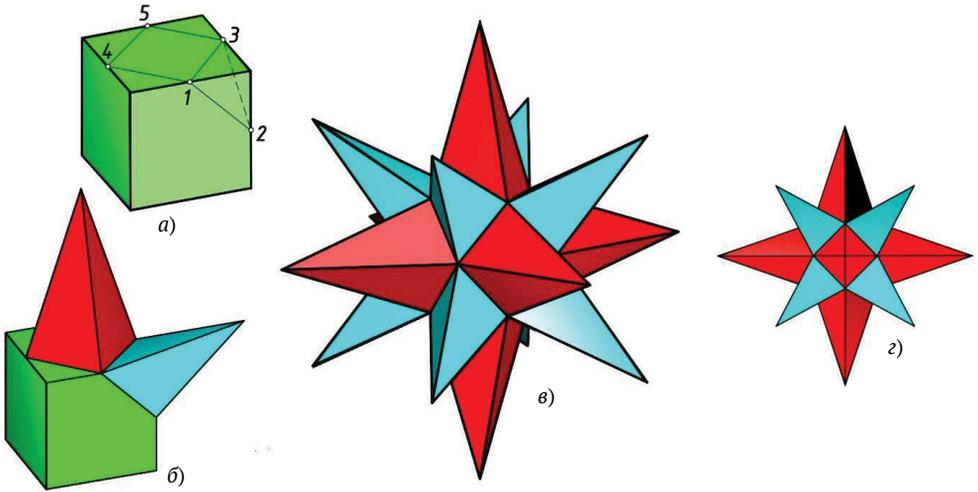


Рис. 2.26. Звездчатый многогранник:
a – разметка; *б* – лучи; *в* – аксонометрия; *г* – вид сверху

- ◆ Вид \ Координаты \ 3 точки  \ с объектной привязкой «Середина» указать точки 1,2,3 на ребрах куба – будет установлена ПСК в плоскость основания пирамиды.
- ◆ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Пирамида  \ Стороны \ Число сторон: 3 \ Кромка \ Первая конечная точка стороны: укажите точку 1 \ Вторая конечная точка стороны: укажите точку 2 \ Высота: 65.

Построим четырехугольную пирамиду. Ее основание определяется точками 1,3,4,5, расположенными на ребрах куба и его верхней грани (рис. 2.26а, б).

- ◆ Вид \ Координаты \ 3 точки  \ с объектной привязкой «Середина» указать точки 1,3,4 на ребрах куба.
- ◆ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Пирамида  \ Стороны \ Число сторон: 4 \ Кромка \ Первая конечная точка стороны: укажите точку 1 \ Вторая конечная точка стороны: укажите точку 3 \ Высота: 75.
- ◆ Придайте построенным пирамидам различный цвет.

Остальные пирамиды получим командами «Круговой массив» и «Зеркало». Например, построим два горизонтальных массива треугольных пирамид. Первый массив:

- ◆ МСК, экран вида сверху;
- ◆ Главная \ Редактирование \ Круговой массив  \ укажите пирамиду \ Задайте центральную точку массива: 0,0 \ Выберите параметр: Элементы \ Число элементов в массиве: 4.

Второй массив тех же пирамид:

- ◆ установите ортогональный вид спереди;

- ◆ Зеркало  \ Выбор объектов: укажите первый массив \ Первая точка оси отражения: 0,0 \ Вторая точка оси отражения: 10,0 \ Удалить исходные объекты?: Нет;
- ◆ оставаясь в экране вида спереди, постройте массив четырехугольных пирамид;
- ◆ установите ортогональный вид слева и постройте второй массив четырехугольных пирамид.

Если для корректировки модели понадобится извлечь пирамиды из массивов, необходимо к массиву применить команду «Разбивка». Затем к каждому извлеченному элементу повторно применить команду «Разбивка». После этого пирамиды вновь станут объектами «3D-солид».

ГЛАВА 3

Построение 3D-модели

В главах 3 и 4 рассматривается выполнение первой работы задания «3D-моделирование и проекционное черчение». Тема работы: «Виды, простые разрезы, аксонометрия». Эта работа интересна тем, что модель, необходимую для построения чертежа, требуется предварительно сконструировать, поскольку задана только одна ее проекция. По созданной модели требуется построить чертеж, используя средства программы nanoCAD для автоматического построения проекций, разрезов и оформления чертежа.

В данной главе показан начальный этап работы – построение 3D-модели. Построение чертежа по созданной модели рассмотрено в главе 4.

По теме работы приводятся два примера ее выполнения. Это две различные модели, отличающиеся особенностями формы и построения чертежа. Первая модель имеет две плоскости симметрии, назовем ее симметричной. Вторая модель с одной плоскостью симметрии – несимметричная модель.

3.1. Цель и содержание работы

Цель работы – изучить основы трехмерного моделирования в nanoCAD с последующим созданием чертежей, включая виды, разрезы и аксонометрические проекции.

Дано: один из основных видов – вид спереди или сверху – и габаритный прямоугольник на месте второго вида.

На рис. 3.1 приведен вариант задания, рассматриваемый в данной главе.

Требуется:

- 1) предложить (сконструировать) модель, соответствующую заданному виду, и построить ее 3D-модель;
- 2) построить чертеж детали, применив технические средства создания проекций и разрезов по 3D-модели, а также средства оформления чертежа, которые содержатся в программе nanoCAD.

Чертеж должен содержать:

- 1) виды спереди, сверху, слева;
- 2) два простых разреза (фронтальный или горизонтальный и (обязательно) профильный) и местный разрез;

- 3) размеры;
- 4) аксонометрическое изображение детали с разрезом;
- 5) чертеж следует оформить в соответствии с требованиями ЕСКД (Единой системы конструкторской документации) и вывести на печать.

Работа, как и все задание, выполняется в режиме прямого моделирования. Изучите приведенные в главах 3, 4 примеры построения моделей и чертежей, после чего по аналогии выполняйте свой вариант задания.

Форма отчетности: dwg-файл, содержащий 3D-модель; dwg-файл, содержащий чертеж модели, распечатка чертежа на формате А3.

3.2. Рекомендации по конструированию 3D-модели

В рассматриваемой работе задана лишь одна проекция модели. Из курса начертательной геометрии известно, что одна ортогональная проекция не определяет однозначно форму модели. Следовательно, возникает множество вариантов решения задачи о конструировании ее формы. При конструировании руководствуйтесь следующими рекомендациями.

1. Каждая линия, заданная на исходном изображении, должна на детали соответствовать очерку какого-либо геометрического элемента или линии пересечения элементов детали. Нужно учесть, что сплошная линия обозначает видимый контур, а штриховая – невидимый. В то же время сконструированная деталь не должна содержать элементов, которые приводили бы к дополнительным линиям видимого или невидимого контура в сравнении с исходным изображением.
2. Представьте форму разрабатываемой модели как совокупность простых геометрических элементов. Ими могут быть призма, цилиндр, сфера, конус, тор, то есть те примитивы, которые предусмотрены в nanoCAD. Более сложные элементы представьте как тела, получаемые вращением или выдавливанием плоского контура. Модель формируется путем объединения, вычитания или пересечения созданных элементов.
3. Предложите несколько вариантов модели и выберите из них оптимальный. Этот вариант должен содержать отверстия, пазы, углубления, требующие применения разрезов, разнообразие геометрических форм. Не рекомендуется излишне усложнять форму модели. Критерии оптимальности рассматриваются в разделах 3.8.1 и 3.8.2.
4. Модель первоначально изобразите в виде рисунка и согласуйте с преподавателем. После этого приступайте к ее построению как солид-объекта.
5. Процесс создания учебной модели может включать ошибки построения или необходимость корректировки формы. В таком случае не следует строить модель заново, можно отредактировать форму уже существующей модели (см. раздел 3.7).

3.3. Анализ варианта симметричной модели

В рассматриваемом примере симметричной модели (рис. 3.1) задана горизонтальная проекция (вид сверху). Требуется сконструировать модель, у которой вид сверху будет в точности повторять заданный вид и проставленные размеры. Необходимо учесть линии невидимого контура (штриховые линии), показывающие внутренние элементы модели, учесть симметрию модели и ее элементов, показанную осявыми штрихпунктирными линиями, наличие знаков диаметра \varnothing для цилиндрических элементов. Необходимо также учесть высоту модели 95, показанную на виде спереди, и дополнительный размер 55, показывающий положение осей цилиндров.

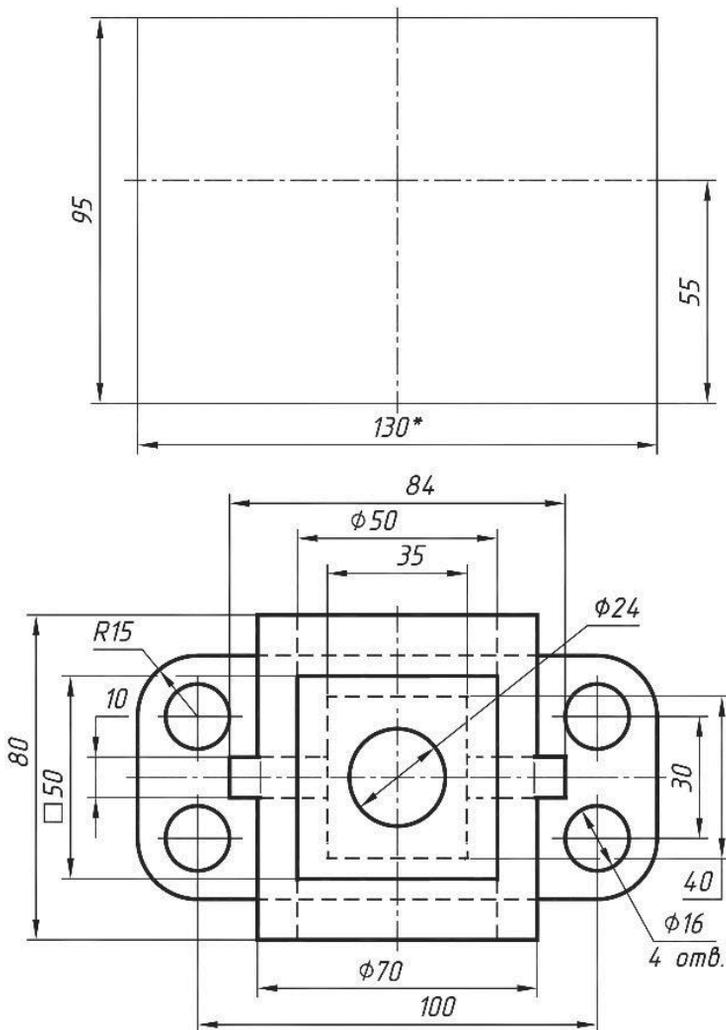


Рис. 3.1. Вариант задания «Виды, простые разрезы, аксонометрия» (первая модель)

Для заданных условий можно предложить бесконечное множество вариантов модели. Рассмотрим рациональный вариант учебной модели.

Допустим, модель состоит из прямоугольного основания 130×60 со скруглениями R15 и четырех сквозных отверстий $\varnothing 16$ для крепления детали к другому изделию. Толщину основания можно задать произвольно, но так, чтобы над основанием можно было разместить другие элементы и не выйти за габаритный размер высоты 95. Примем толщину основания равной 15. Над основанием расположен горизонтальный цилиндр $\varnothing 70$ длиной 80 со сквозным отверстием $\varnothing 50$. Ось цилиндра расположена на высоте 55. Над цилиндром выступает призма с квадратным основанием 50 и высотой, достигающей высоты всей модели 95. Под цилиндром расположена призма с основанием 35×40 , крепящая цилиндр к основанию.

По бокам цилиндра расположены треугольные пластины толщиной 10, предназначенные для увеличения прочности крепления цилиндра на основании. Эти пластины называют ребрами жесткости.

По вертикальной оси модели выполнено сквозное отверстие $\varnothing 24$.

3.4. Настройки для построения 3D-моделей

Считаем, что программа nanoCAD 24 с модулем «Механика» загружена, установлен ленточный интерфейс и выполнена его настройка (см. раздел 1.1). Выполнены вводные упражнения (см. главу 2). Произведите дополнительную настройку программы, которая упростит построение 3D-моделей для работ нашего учебного курса. Содержание, назначение и выполнение настроек было рассмотрено в предыдущих главах, поэтому сейчас укажем лишь разделы этих глав.

Настройки пространства Модели

1. Убедитесь, что активно пространство Модели, иначе перейдите в него – см. раздел 2.1.1.
2. Установите ортогональный вид сверху и МСК – см. раздел 2.4.2.
3. Задайте лимиты $-300, -300 \setminus 300, 300$ и отобразите эти границы на экран.
4. Задайте шаг 1 – см. раздел 1.8.2.
5. Задайте точность линейных единиц 0.0 – см. раздел 1.8.3.
6. Настройте режим отображения пиктограммы осей, при котором пиктограмма перемещается по экрану, – см. раздел 1.9.2.

Проверьте выполненные настройки пространства Модели

- ◆ Перемещайте курсор по экрану и убедитесь, что координаты курсора, отображаемые в строке состояния на экране слева внизу, изменяются в пределах заданных лимитов и имеют установленную точность.
- ◆ Убедитесь, что пиктограмма осей имеет вид  и перемещается по экрану вслед за курсором.

Настройки пространства Листа

1. Перейдите в пространство Листа. Настройте белый цвет фона на Листе – см. раздел 2.2.

2. Создайте и настройте конфигурацию четырех видовых экранов – см. раздел 2.3.1, рис. 3.2в.

Дополнительно

Создайте новые слои с именами Вариант, Модель, Чертеж – см. раздел 1.9.2.

3.5. Вставка рисунка с вариантом задания

Рекомендуем поместить рисунок с вариантом задания на поле чертежа. Рисунок можно поместить в пространстве Модели или на Листе, в зависимости от выбранного режима построения. Если построение выполняется полностью в пространстве Модели, то рисунок вставить в пространстве Модели (рис. 3.2а). Если построение – в видовых экранах Листа, то рисунок вставить на Листе рядом с видовыми экранами (рис. 3.2б). Вариант на Листе предпочтителен, поскольку позволяет при перестроении вида в видовых экранах видеть истинное изображение рисунка модели.

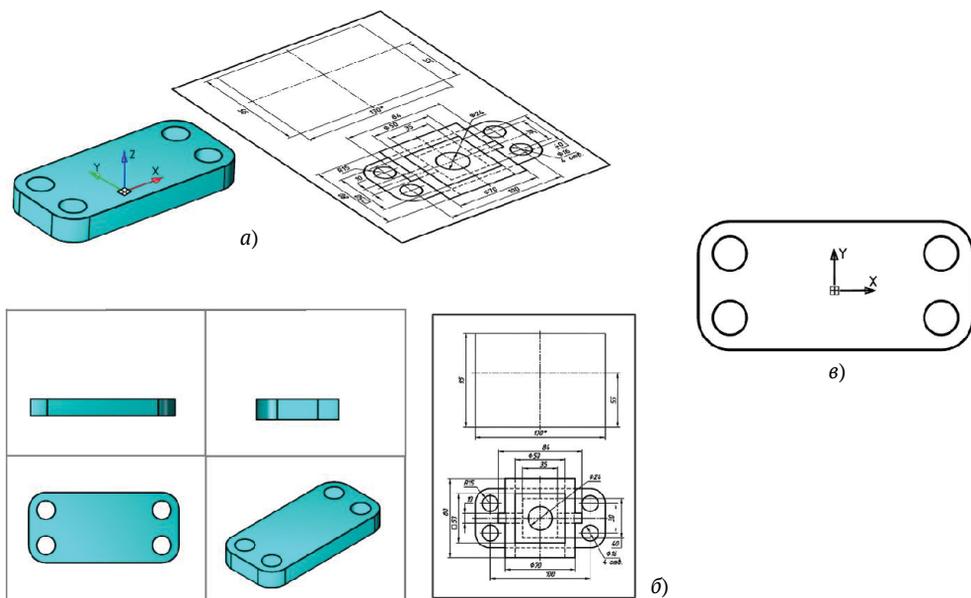


Рис. 3.2. Режимы построения:

а – в пространстве Модели; б – в видовых экранах Листа; в – контур основания

- ◆ Перейдите на слой «Вариант».

Если вариант задан как рисунок в файле Microsoft Word (.docx), то:

- ◆ откройте файл варианта задания, выполните клик ЛКМ по рисунку, выделенный рисунок скопируйте в буфер памяти (**Ctrl+C**), затем перейдите в открытый файл чертежа и вставьте изображение (**Ctrl+V**).

Если вариант задан как растровый файл, например файл .jpg:

- ◆ Лента \ Вставка \ Вставка растра \ найдите папку с файлами \ укажите файл варианта – появится образ файла \ укажите точку вставки.

Если вариант задан как файл .pdf:

- ◆ Лента \ Вставка \ Импорт \ Импорт PDF \ найдите папку с файлами вариантов задания и укажите свой вариант \ согласитесь с настройками диалогового окна вставки \ укажите точку вставки.

Универсальный вариант вставки рисунка в файл – применить «Ножницы» , стандартный инструмент Windows, который позволяет выделить фрагмент экрана и через буфер памяти вставить его в файл.

- ◆ Откройте файл с вариантом задания \ откройте «Ножницы» (или **Win+Shift+S**) \ Создать \ рамкой охватите необходимую часть экрана \ **Ctrl+C** \ перейдите в файл построений \ **Ctrl+V**.

Вставленный любым способом рисунок варианта задания следует масштабировать, задав его размер близким к размеру формата А4.

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Масштаб \  Выбор объектов: укажите контур вставленного рисунка \ Базовая точка: укажите левый нижний угол контура \ опция «Опорный отрезок» \ Укажите длину: с привязкой «Конечная» укажите нижнюю и верхнюю точки контура \ Задайте новую длину: 297.
- ◆ Подготовленный рисунок переместите в положение, удобное для выполнения построений (рис. 3.2а, б).

3.6. Построение модели

Приведем три рекомендации для выполнения построений.

Рекомендация 1. При построении 3D-модели первоначально следует строить элементы, образующие наружную форму модели, объединить их и только после этого добавлять элементы внутренней формы. В рассматриваемом варианте наружная форма образована основанием, горизонтальным цилиндром, двумя призмами и двумя ребрами жесткости. Внутренняя форма образована горизонтальным и вертикальным цилиндрическими отверстиями.

Рекомендация 2. Если при выполнении команды возникают затруднения, а содержание учебника не позволяет их разрешить, то следует обращаться за помощью к справочной службе программы nanoCAD (см. раздел 1.6).

Рекомендация 3. Если при построении возник сбой программы nanoCAD, не спешите строить модель или чертеж заново. Есть возможность восстановить построения (см. раздел 1.12).

Модель будем строить в режиме прямого моделирования. Начнем с основания.

3.6.1. Основание модели

Основание образовано выдавливанием контура перпендикулярно его плоскости. Методы построения контуров для выдавливания приведены в разделах 2.6.1 и 2.7.2. Применим метод на основе команды «Выдавить грань», которая формирует замкнутый контур из набора линий и выполняет выдавливание на требуемую высоту (толщину).

В рассматриваемом варианте контур для выдавливания (рис. 3.2в) представляет собой прямоугольник с круговыми сопряжениями по углам. К нему добавлены четыре окружности для образования в основании цилиндрических отверстий. Окружности концентричны с дугами сопряжений.

- ◆ Перейдите на слой «Модель».
- ◆ По пиктограмме осей  убедитесь, что установлены МСК и вид «Сверху».
- ◆ Лента \ Главная \ Черчение \ Прямоугольник по 2 точкам  \ опция «Сопряжение» \ Радиус сопряжения: 15 \ Первый угол: -65,-30 \ Второй угол: 65,30 – будет построен наружный контур основания с сопряжениями по углам.
- ◆ Окружность  \ с объектной привязкой «Центр» наведите курсор на одну из дуг сопряжения и укажите появившуюся точку ее центра \ Радиус: 8.
- ◆ Указывая центры сопряжений, постройте еще три окружности в прямоугольнике основания.
- ◆ Установите ЮЗ изометрию сверху или перейдите в видовой экран аксонометрии.

Выполним выдавливание контура.

- ◆ Включите визуальный стиль «Концептуальный».
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Выдавить грань  \ Выберите объект: с привязкой «Ближайшая» укажите линию наружного контура – выделится весь контур для выдавливания \ Задайте высоту выдавливания: потяните курсор вверх и введите 15 – будет построено основание (см. рис. 3.2а, б).

3.6.2. Горизонтальный цилиндр и вертикальные призмы

Строим горизонтальный цилиндр $\varnothing 70$ длиной 80, ось цилиндра расположена на высоте 55 (рис. 3.3). Эта высота задана на рисунке варианта (см. рис. 3.1).

Установим ортогональный вид спереди.

- ◆ Лента \ Вид \ Ортогональные виды \ Вид спереди .
- ◆ Убедитесь, что начало координат находится в центре модели, оси X,Y направлены по фронтальной плоскости симметрии модели, причем ось Y направлена вверх, ось Z направлена «на нас».

Применим геометрические примитивы прямого моделирования. При зада-

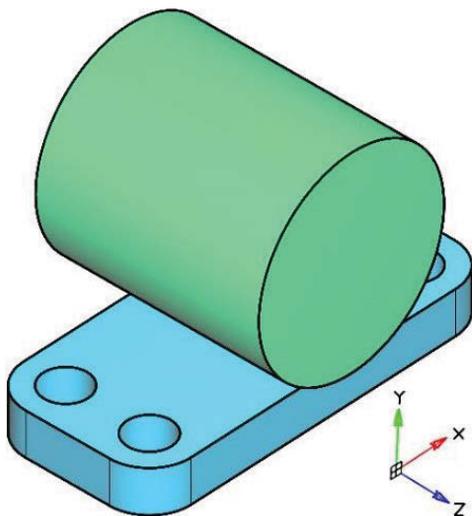


Рис. 3.3. Построение цилиндра

нии координат центра цилиндра учитываем, что в установленной ПСК высота направлена по оси Y, глубина – по оси Z и центр основания смещен в глубину по Z на 40 мм (то есть на -40).

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Режимы моделирования \ Прямое \ Прямое моделирование \ Цилиндр  \ Центр: 0,55,-40 \ Радиус: 35 \ Высота: 80 – построен горизонтальный цилиндр.

Строим две вертикальные призмы. Построения выполняем в МСК. Первую призму (рис. 3.4, зеленая призма) с основанием 35×30 (размеры – см. рис. 3.1) строим в плоскости XY. Высоту призмы задаем 55. Это гарантирует погружение верхнего основания призмы в горизонтальный цилиндр. Вторую призму (рис. 3.4, синяя призма) строим с квадратным основанием 50×50 , расположенным на высоте 55, и высотой 40. Высота второй призмы определена из условия, что ее верхнее основание будет на заданной высоте всей модели ($95 - 55 = 40$).

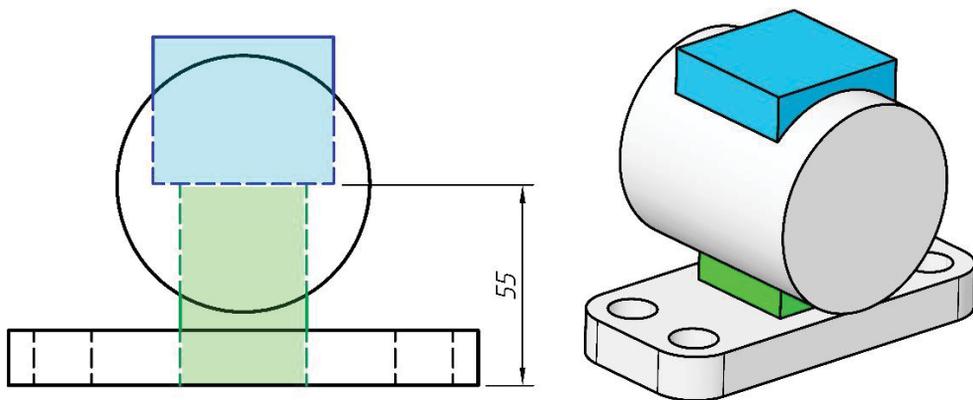


Рис. 3.4. Построение призм

- ◆ Лента \ Вид \ Координаты \ МСК  \ – восстановлена мировая система координат.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Параллелепипед  \ Первый угол: -17.5,-20 \ Другой угол: 17.5,20 \ Высота: 55.
- ◆ Лента \ Вид \ Координаты \ ПСК, Начало  \ 0,0,55 – начало координат перенесено в центр цилиндра.
- ◆ Параллелепипед  \ Первый угол: -25,-25 \ Другой угол: 25,25 \ Высота: 40.

3.6.3. Построение ребер жесткости

Рассматриваемая модель имеет два ребра жесткости. Ввиду симметрии модели построим только левое ребро. Правое – отобразим командой «Зеркало». Примем, что ребра имеют треугольную форму и наклонные грани ребер являются касательными плоскостями к поверхности цилиндра.

Для построения касательной плоскости объединим уже созданные элементы модели и построим сечение модели фронтальной плоскостью симметрии.

Объединим модель.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Булевы операции \ Объединение  \ охватите рамкой все элементы модели (основание, цилиндр и две призмы) \ **Enter** \ – создана единая модель (рис. 3.5а).
- ◆ Для контроля наведите курсор на модель; проверьте, что модель выделяется как единое целое и рядом с курсором возникает сообщение «3D-сOLID».

Строим контур ребра.

- ◆ МСК  – восстановлена мировая система координат.
- ◆ Прямое моделирование \ Сечение  \ укажите модель \ опция ZX \ 0,0,0 – построено сечение плоскостью симметрии как объект «Область» (рис. 3.5а, красная линия).

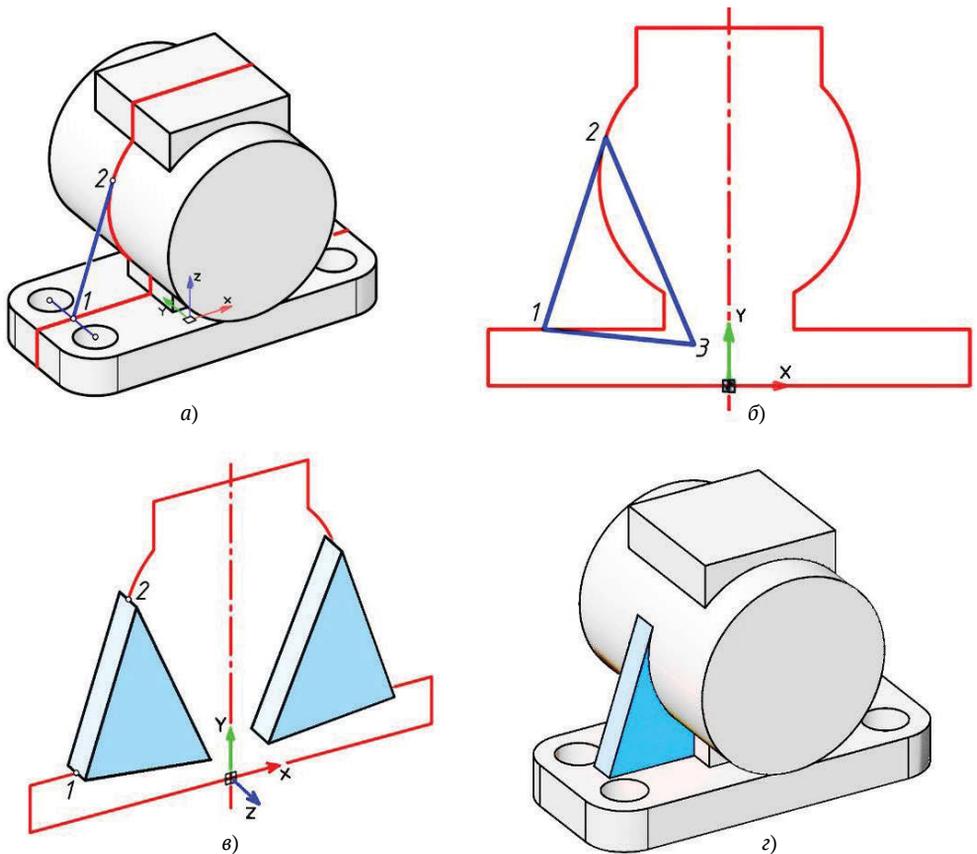


Рис. 3.5. Построение ребер жесткости:

а – сечение в плоскости ребер; б – контур ребра; в – выдавливание контура и симметрия; г – объединение внешних элементов модели

- ◆ Отрезок  \ соедините центры крепежных отверстий со стороны левого ребра.

- ◆ Клик ПКМ по свободному месту экрана \ в контекстном меню укажите «Изолировать» \ укажите модель \ «Скрыть» – модель временно удалена с экрана, остались сечение и отрезок.
- ◆ Установите ортогональный вид спереди  \ убедитесь, что оси X, Y направлены по фронтальной плоскости симметрии, ось Z направлена «на нас» (рис. 3.5б).
- ◆ Постройте отрезок касательной 1-2, точку 1 укажите с привязкой «Пересечение», точку 2 – с привязкой «Касательная».

Построим контур ребра 1,2,3. Точки 1,2 зададим как конечные точки отрезка касательной. Точку 3 зададим так, чтобы отрезки 2-3 и 3-1 находились внутри сечения, в остальном – произвольно.

- ◆ Лента \ Главная \ Черчение \ Полилиния  \ указать точки 1,2,3 \ Замкнуть. Строим треугольные призмы (рис. 3.5в).

- ◆ Лента \ Прямое моделирование \ Выдавливание  \ Выберите объект для выдавливания: укажите контур ребра \ Укажите высоту выдавливания: 10 – будет построена треугольная призма толщиной 10 мм.

Совместим плоскость симметрии призмы с плоскостью симметрии модели. Для этого сместим призму на половину ее толщины вдоль оси Z текущей ПСК.

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Перемещение  \ Выбор объектов: укажите призму \ Перемещение \ Укажите перемещение: 0,0,5 – будет построено левое ребро.

Построим правое ребро жесткости. Для этого зеркально отобразим левое ребро относительно оси симметрии сечения (рис. 3.5в).

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Зеркало  \ Выбор объектов: укажите построенное ребро \ Первая точка оси отражения: 0,0 \ Вторая точка оси отражения: 0,10 \ Удалить исходные объекты?: Нет – будет построено правое ребро.
- ◆ Завершите изоляцию модели.
- ◆ Удалите контуры сечения и отрезки контуров.

Объединим ребра со всеми элементами внешней формы модели.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Булевы операции \ Объединение  \ охватите рамкой все элементы модели \ будет создана единая модель из внешних элементов (рис. 3.5г).

3.6.4. Сквозные цилиндрические отверстия

Переходим к построению внутренних элементов модели – это горизонтальное отверстие $\varnothing 50$ и вертикальное отверстие $\varnothing 24$. Можно применить два алгоритма построений. Первый – применить команду «Выдавить грань»  (см. раздел 2.7.2, рис. 2.10). Например, для отверстия $\varnothing 50$.

- ◆ Установите ПСК на основание горизонтального цилиндра , постройте окружность $\varnothing 50$, концентричную окружности основания, примените

команду «Выдавить грань», указав контур окружности $\varnothing 50$, и перемещением курсора задайте направление выдавливания.

Второй вариант построения отверстий в первом приближении воспроизводит операцию сверления, где сверло заменено цилиндром. Отверстие в модели получают вычитанием цилиндра, применив булеву операцию «Вычитание».

Используем второй вариант как более наглядный. Отверстия получим вычитанием двух цилиндров, горизонтального и вертикального, из созданной объединенной заготовки модели (рис. 3.6).

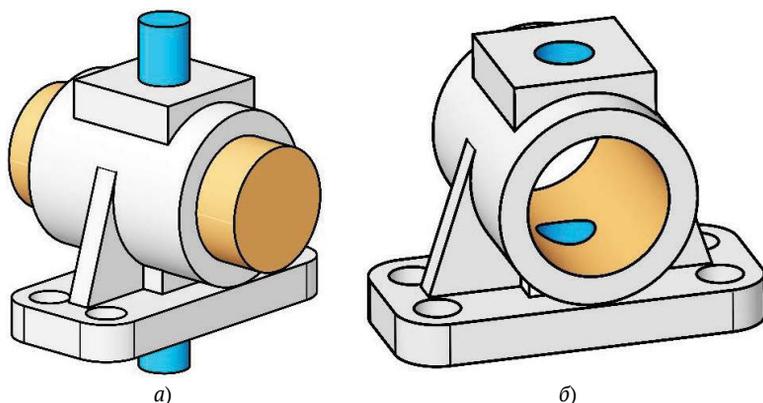


Рис. 3.6. Построение сквозных отверстий:
а – создание цилиндров; б – вычитание цилиндров

Горизонтальный цилиндр для отверстия $\varnothing 50$.

- ◆ Убедитесь, что ПСК установлена по виду спереди (то есть как при построении ребер жесткости).
- ◆ Цилиндр  \ Центр основания: с привязкой «Центр» укажите центр основания горизонтального цилиндра \ Радиус: 25 \ Высота: 120.
- ◆ В режиме «ОРТО» переместите цилиндр вдоль его оси так, чтобы он выступал с двух сторон модели (рис. 3.6а).

Вертикальный цилиндр.

- ◆ Установите МСК . Постройте цилиндр радиусом 12 и высотой 120. В режиме «ОРТО» переместите его вдоль оси так, чтобы он выступал с двух сторон модели.
- ◆ Вычитание  \ укажите заготовку объединенной модели \ **Enter** \ укажите оба вычитаемых цилиндра – модель окончательно построена (рис. 3.6б).
- ◆ Сохраните файл созданной модели.

3.7. Редактирование 3D-модели

В nanoCAD в режиме прямого моделирования (напомним, что задание выполняется в этом режиме) предусмотрены следующие возможности редактирования 3D-модели.

3.7.1. Удаление части модели с последующей заменой

Команда «Разрез» (см. раздел 2.6.6) позволяет разделить модель секущей плоскостью и удалить часть модели или оставить обе части в виде отдельных тел. После этого можно заменить отрезанную часть на ее новый вариант. Например, отрезать основание модели, задав плоскость разреза параллельной плоскости XY.

- ◆ Установите МСК .
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Разрез  \ Указать модель \ XY \ с объектной привязкой укажите какую-либо точку верхней грани основания \ Обе \ удалите отрезанную часть модели.
- ◆ Постройте новое основание и объедините его с моделью.

3.7.2. Перемещение граней

Любую плоскую грань 3D-модели можно переместить по направлению нормали этой грани. Перемещение может быть выполнено командой «Выдать грань» (см. раздел 2.7.2). Грань может быть основанием призмы, цилиндра, гранью ребра жесткости и др. При положительном значении величины перемещения грань смещается наружу модели, при отрицательном значении – внутрь. Рассмотрим примеры.

1. Увеличить высоту верхней призмы и всей модели на 10 мм:
 - ◆ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Выдать грань  \ укажите верхнюю грань верхней призмы: 10 – высота модели будет увеличена на 10 мм.
2. Вместо верхней призмы выполнить призматическое отверстие глубиной до оси горизонтального цилиндра. Для этого переместить верхнюю грань на 40 мм внутрь модели:
 - ◆  \ укажите верхнюю грань верхней призмы: -40.
3. Увеличить или уменьшить толщину основания модели на 5 мм:
 - ◆  \ укажите грань основания с требуемой стороны \ перемещение 5 или -5.
4. Удалить ребро жесткости. Для этого задать перемещение одной из боковых граней ребра на толщину ребра со знаком – («минус»). При толщине ребра 10 мм:
 - ◆  \ укажите боковую грань ребра жесткости \ -10 \ удалите оставшиеся контуры ребра.

Редактирование граней также можно выполнить командой «Редактировать тело» (см. раздел 2.7.1). Она позволяет реализовать приведенные выше примеры перемещения граней (кроме примера 2). Для этого команду нужно применить с опциями «Грань»\«Смещение».

С опциями «Грань»\«Повернуть» команда «Редактировать тело» позволяет поворачивать грани модели. Например, можно повернуть наклонную грань ребра жесткости, указав две точки наклонной кромки этой грани.

3.7.3. Редактирование цилиндрических отверстий

Для изменения диаметра цилиндрических отверстий следует применить команду «Редактировать тело» с опциями «Грань»\«Смещение». Положительное значение смещения приводит к уменьшению радиуса отверстия, и наоборот. Однако удалить отверстие команда не позволяет.

Для удаления необходимо на месте отверстия построить цилиндр с тем же или большим значением диаметра, что у отверстия, то есть закрыть отверстие дополнительным цилиндром. Можно закрыть параллелепипедом. Затем объединить цилиндр или параллелепипед с моделью.

3.7.4. Редактирование цвета элементов модели

Изменить цвет граней и криволинейных элементов модели позволяет команда «Редактировать тело».

- ◆ Прямое моделирование \  \ Грань \ Цвет \ укажите грань (плоскую или криволинейную) \ в открывшемся диалоговом окне «Выбор цвета» укажите образец цвета \ ОК.

3.7.5. Сопряжения (фаски и скругления)

В ряде вариантов задания необходимо выполнить сопряжения граней, цилиндров, конусов. Сопряжения выполняют для совмещения деталей, например наворачивания гайки на стержень болта, для повышения прочности детали, для эстетики.

Сопряжение может быть образовано перемещением отрезка прямой линии или дуги окружности по траектории кромки. Сопряжение, образованное перемещением отрезка по окружности, называют *фаской*. Примером являются фаски на цилиндрах (рис. 3.7а). При перемещении отрезка по прямой траектории сопряжение называют *скос* или *срез кромки*.

Сопряжения по дуге окружности называют *скругления* или *плавные сопряжения*.

Траектория сопряжений может быть окружностью (рис. 3.7а, б), пространственной кривой линией (рис. 3.7б) или прямой линией (рис. 3.7в).

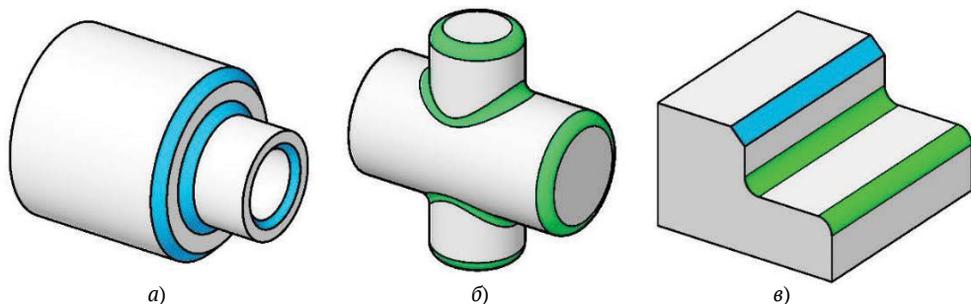


Рис. 3.7. Сопряжения: а, б – сопряжения цилиндров; в – сопряжения плоскостей

Построение сопряжений рекомендуется выполнять на завершающей стадии создания 3D-модели, после построения сопрягаемых поверхностей. Рассмотр-

рим примеры, которые можно выполнить на произвольном цилиндре, например радиусом 25–30 мм.

Построим фаску под углом 45° с размерами катетов 3 мм:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Элементы \ Фаска кромки  \ Расстояние \ Расстояние 1: 3 \ Расстояние 2: 3 \ укажите кромку, для которой создается фаска \ **Enter**.

Построим скругление (плавное сопряжение) радиусом 3 мм:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Элементы \ Сопряжение  \ Радиус 3 \ укажите кромку \ **Enter**.

3.8. Несимметричная модель

Рассмотрим второй пример конструирования модели, для которой также задана одна проекция. Это более сложный пример. Потребуется применить большее количество различных геометрических примитивов. Кроме того, первая модель имела две плоскости симметрии, фронтальную и профильную, а вторая модель имеет лишь одну, фронтальную. Эти причины приведут к более сложному чертежу модели (см. главу 4).

Как и в первом примере, задана только горизонтальная проекция (вид сверху) – рис. 3.8. Требуется сконструировать 3D-модель и построить ее чертеж.

3.8.1. Анализ вариантов модели

Первое интуитивное, как правило, возникающее решение – это создание «башен». Модель собирают как из кубиков, наращивая элементы вверх (рис. 3.9а). Окружности в исходных данных воспринимаются как цилиндры, многоугольники – как призмы. Возникающие модели громоздки, не интересны с учебной точки зрения, поскольку содержат минимум внутренних элементов, не вызывающих необходимости построения разрезов.

Совершенствование модели направлено на замену наружных элементов внутренними, на переход от проецирующих цилиндров к конусам и сферам, от призм к пирамидам.

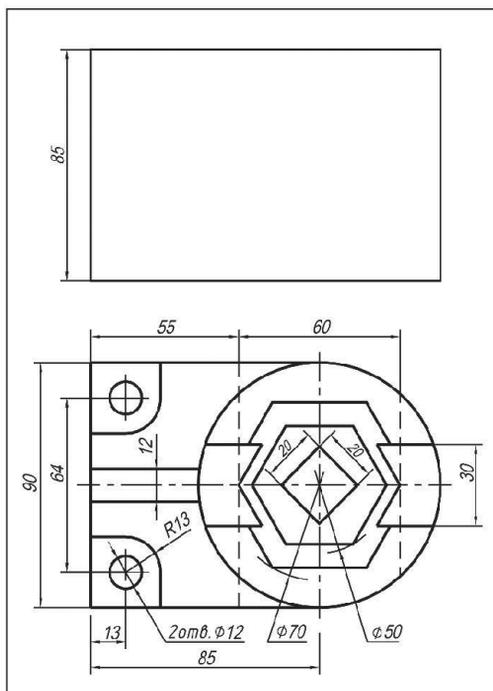


Рис. 3.8. Вариант задания «Виды, простые разрезы, аксонометрия» (вторая модель)

В варианте на рис. 3.9б две вертикальные шестигранные призмы заменены на пирамиду, а четырехгранная призма заменена на сквозное отверстие. В варианте на рис. 3.9в пирамида заменена на пирамидальное углубление в цилиндре, горизонтальная призма – на горизонтальный паз в цилиндре, призматический паз в основании заменен на цилиндрический.

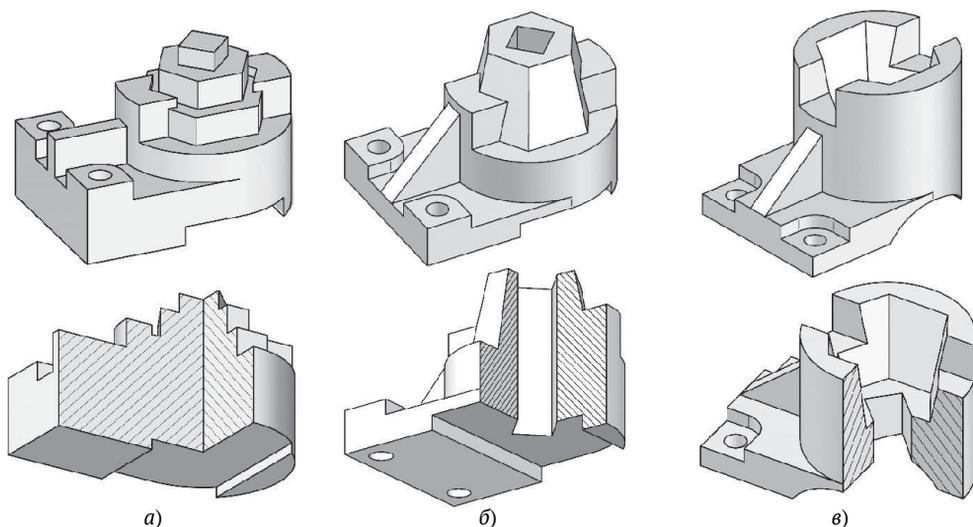


Рис. 3.9. Варианты 3D-модели (пример 2):
а – «башни»; б – внешняя пирамида; в – внутренняя пирамида

3.8.2. Оптимальный вариант модели

Преимущества оптимального варианта (рис. 3.10) – в разнообразии геометрических форм. Модель дополнена полусферой, установленной на верхнем основании цилиндра. Диаметры сферы и цилиндра равны, поэтому сферическая поверхность плавно сопрягается с цилиндрической. В сфере и цилиндре выполнено пирамидальное отверстие, которое в верхней части дополнено призматическим отверстием. Паз в основании – ступенчатый.

Построение модели выполняется в режиме прямого моделирования. Первоначально создаем наружную форму из призматического основания, цилиндра, полусферы и клина (рис. 3.10а). Эти элементы объединяем. Затем создаем элементы внутренней формы из призм и «обратной» усеченной пирамиды (рис. 3.10б–г). Итоговая модель (рис. 3.10д) образуется после вычитания элементов внутренней формы из наружной формы.

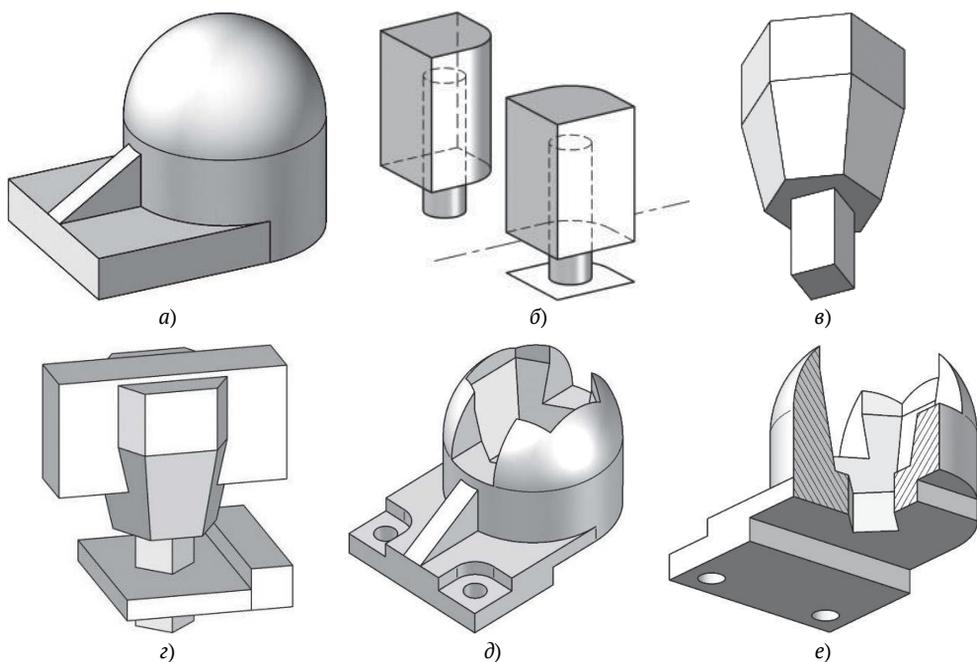


Рис. 3.10. Оптимальная модель и ее построение:
a – наружная форма; *б-г* – элементы внутренней формы; *д* – итоговая модель

ГЛАВА 4

Простые разрезы, аксонометрия

После того как создана 3D-модель детали, приступим к построению ее чертежа. Чертеж – это графический документ, выполненный по определенным правилам (на плоскости, с соблюдением стандартов ГОСТ и ЕСКД), содержащий изображения изделия (детали, узла машины, здания), позволяющий понять форму изделия и его изготовить.

По 3D-технологии изображения, необходимые для чертежа (это виды, разрезы, сечения и др.), формируются на основе модели почти автоматически применением ряда команд. Но в полной мере nanoCAD чертеж не строит, им нужно «управлять». В этой главе приведены основные правила создания и оформления чертежа, а также средства nanoCAD для построения чертежа и пример его построения для моделей, созданных в главе 3.

4.1. Требования ЕСКД к содержанию чертежа

При построении чертежа необходимо следовать требованиям государственных стандартов (ГОСТ), входящим в единую систему конструкторской документации (ЕСКД). Рассмотрим основные термины и их содержание по ГОСТ и ЕСКД. Согласно ГОСТ 2.305 изображения предметов на чертеже создают методом ортогонального проецирования. В качестве изображений могут быть виды, разрезы, 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 образуются ортогональным проецированием предмета на шесть граней куба, при этом предмет располагается внутри куба, эти виды называются основными. Вид, дающий наиболее полное представление, называют «главный вид». На чертеже его помещают на месте вида спереди. Относительно него располагают остальные основные виды – сверху, слева. Реже применяют виды справа, снизу и сзади. Часть основного вида, отображающая ограниченный участок предмета, называют *местным видом*. Виды, полученные при проецировании на другие плоскости, не параллельные плоскостям основных видов, называют *дополнительными*.

Необходимо отличать определение «Вид» в черчении от определения «Вид» в nanoCAD, где вид определяется по отношению к осям системы координат, установленной в видовом экране (см. раздел 2.4).

Разрезы разделяются на простые, полученные одной секущей плоскостью, и сложные, полученные несколькими плоскостями. Если в простом разрезе секущая плоскость параллельна плоскости основного вида, то разрез носит название плоскости проекции, относительно которой построен вид (например, горизонтальный, фронтальный, профильный разрезы). На чертеже эти разрезы, как правило, помещают на месте соответствующих основных видов. Если вид и простой разрез являются симметричными фигурами с общей осью симметрии, то рекомендуется выполнять их в одном изображении, соединяя половину вида с половиной разреза.

Сложные разрезы подразделяют на ступенчатые и ломаные. В ступенчатом разрезе секущие плоскости взаимно параллельны. В ломаном – плоскости пересекаются. Правила выполнения сложных разрезов будут рассмотрены в главах 5, 6.

Разрез, выполненный в ограниченном месте предмета, называется *местным*. Местный разрез ограничивается на виде сплошной тонкой волнистой линией.

◆ Найдите в интернете ГОСТ 2.305–2008. Изучите термины, основные положения и примеры построения изображений на чертеже.

Согласно требованиям задания (см. раздел 3.1) чертеж должен содержать вид сверху, вид спереди с фронтальным разрезом, вид слева с профильным разрезом. Эти основные виды с разрезами необходимо выполнить в проекционной связи. На видах и разрезах должны быть проставлены размеры. Необходимо добавить аксонометрическое изображение модели с разрезом. Чертеж должен быть выполнен на формате А3 с рамкой и основной надписью.

4.2. Построение 2D-видов

В файле, в котором построена 3D-модель, выполним дополнительные настройки для построения чертежа. Чертеж будем выполнять в горизонтальной плоскости мировой системы координат в пространстве Модели.

- ◆ Создайте копию файла модели. Например, при открытом файле выполните команду «Сохранить как», указав кнопку  в левом верхнем углу экрана и присвоив файлу новое имя.
- ◆ Убедитесь, что активно пространство Модели, установлены МСК и вид «Сверху». Пиктограмма осей имеет вид . Иначе установите ортогональный вид сверху .

Виды чертежа являются проекциями 3D-модели на плоскость построений, то есть на плоскость XY текущей системы координат ПСК (в нашем примере МСК). Построения автоматически выполняются командами «2D Вид» и «Проекционный вид» (см. раздел 2.12).

Построим вид сверху.

- ◆ Лента \ 3D-Инструменты \ 2D-виды \ 2D Вид  \ укажите 3D-модель (рис. 4.1а) \ укажите, куда будет вставляться вид: опция «Модель» \ укажите произвольную точку на экране – будет построен вид сверху (рис. 4.1б) \ потяните курсор вверх и укажите точку над построенным видом – будет построен вид спереди (рис. 4.1в).

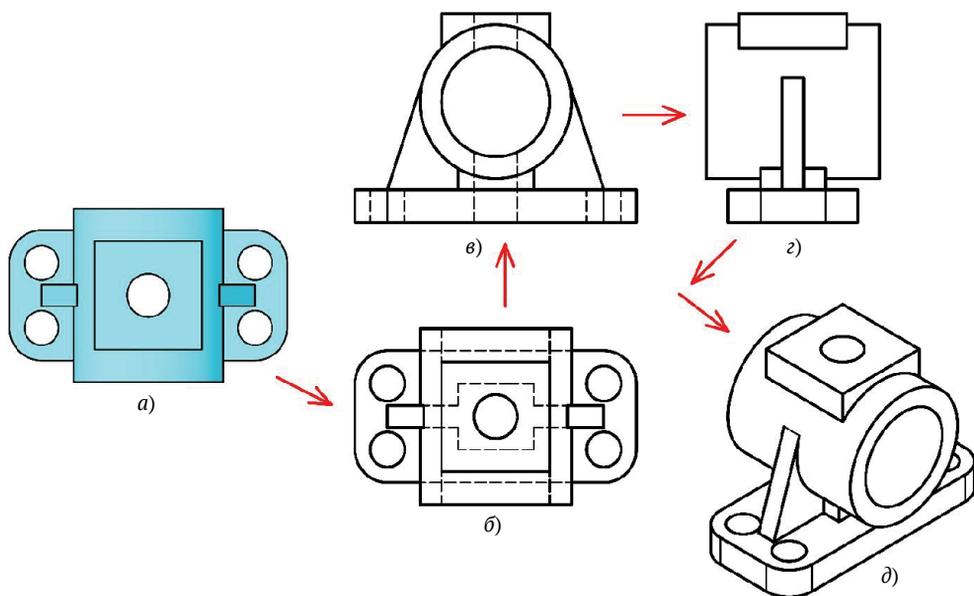


Рис. 4.1. Построение ортогональных 2D-видов:

а – 3D-модель; б – вид сверху; в – вид спереди; г – вид слева; д – изометрия

Для построения вида слева и изометрии применяем команду «2D Проекционный вид», которая строит ортогональные виды на основе предыдущих видов. На основе вида спереди построим вид слева.

- ◆ 2D Проекционный вид  \ укажите построенный вид спереди \ укажите точку справа от него – будет построен вид слева (рис. 4.1г).

Возможны многочисленные варианты изометрии (изометрической проекции), определяемые выбранной проекцией и направлением перемещения курсора (см. раздел 2.4.4). Построим одну из них на основе вида спереди или вида слева.

- ◆  \ укажите построенный вид слева \ потяните курсор влево вниз и укажите точку на экране \ переместите изображение на свободное место – будет построена ЮЗ изометрия сверху (рис. 4.1д).
- ◆ Тот же результат получим, если указать вид спереди и потянуть курсор вправо вниз.

Определите необходимость показа линий невидимого контура в своем варианте и (при необходимости) включите их на построенных 2D-видах. Настройте длину штриха этих линий. В нашем примере скрытые линии следует показать

на виде сверху (см. рис. 4.1б) для показа профиля нижней призмы и контура ребер жесткости, а также на виде спереди (см. рис. 4.1в) для удаления штриховки с ребер жесткости (см. ниже раздел 4.3.3) и построения местного разреза через крепежное отверстие в основании (см. ниже раздел 4.3.4).

- ◆ Включите отображение линий невидимого контура и отрегулируйте длину штрихов этих линий (см. раздел 2.12.3, пункт 2).
- ◆ Протестируйте остальные свойства 2D-видов (см. раздел 2.12.3).

4.3. Построение простых 2D-разрезов

Следует различать 3D-разрез и 2D-разрез. 3D-разрез приводит к рассечению 3D-модели на части, каждая из которых также является 3D-моделью. Этот разрез применяют при построении и редактировании 3D-модели (см раздел 2.6.6 и 3.7.1).

2D-разрез – это изображение на чертеже, получаемое при условном рассечении модели плоскостью. Применение 2D-разреза позволяет гораздо нагляднее передать внутреннее строение модели, чем применение скрытых линий. По этой причине построение на чертеже 2D-разрезов, в сравнении с отображением скрытых линий, является предпочтительным.

4.3.1. Полные простые разрезы

Под полным простым разрезом понимается разрез всей модели. Такие разрезы нужны в тех вариантах, в которых изображение разреза не имеет симметрии. Примером является несимметричная модель, приведенная в разделе 3.8, в которой отсутствует вертикальная ось симметрии.

Разрез на чертеже выполняет команда «2D разрез». Для построения разреза необходимо на 2D-виде указать две точки, задающие проецирующую секущую плоскость, затем указать положение разреза.

Построим два полных простых разреза – фронтальный и профильный (рис. 4.2). Предварительно по 3D-модели (рис. 4.2а) необходимо создать 2D-вид сверху (рис. 4.2б). Для фронтального разреза на виде сверху следует указать две точки 1,2, определяющие секущую плоскость. Для профильного разреза секущая плоскость задается на виде спереди точками 3,4 (рис. 4.2в) или на фронтальном разрезе точками 5,6 (рис. 4.2г).

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ 2D-виды \ 2D разрез  \ Выберите проекцию: укажите вид сверху \ Выберите первую точку: с привязкой «Середина» укажите точку 1 \ Выберите вторую точку: укажите точку 2 \ переместите изображение разреза вверх и расположите над видом спереди – построен полный фронтальный разрез (рис. 4.2г).
- ◆  \ укажите вид спереди \ с привязкой «Середина» укажите точки 3,4 – появится изображение профильного разреза \ переместите разрез и расположите правее вида спереди или фронтального разреза – будет построен полный профильный разрез (рис. 4.2д).

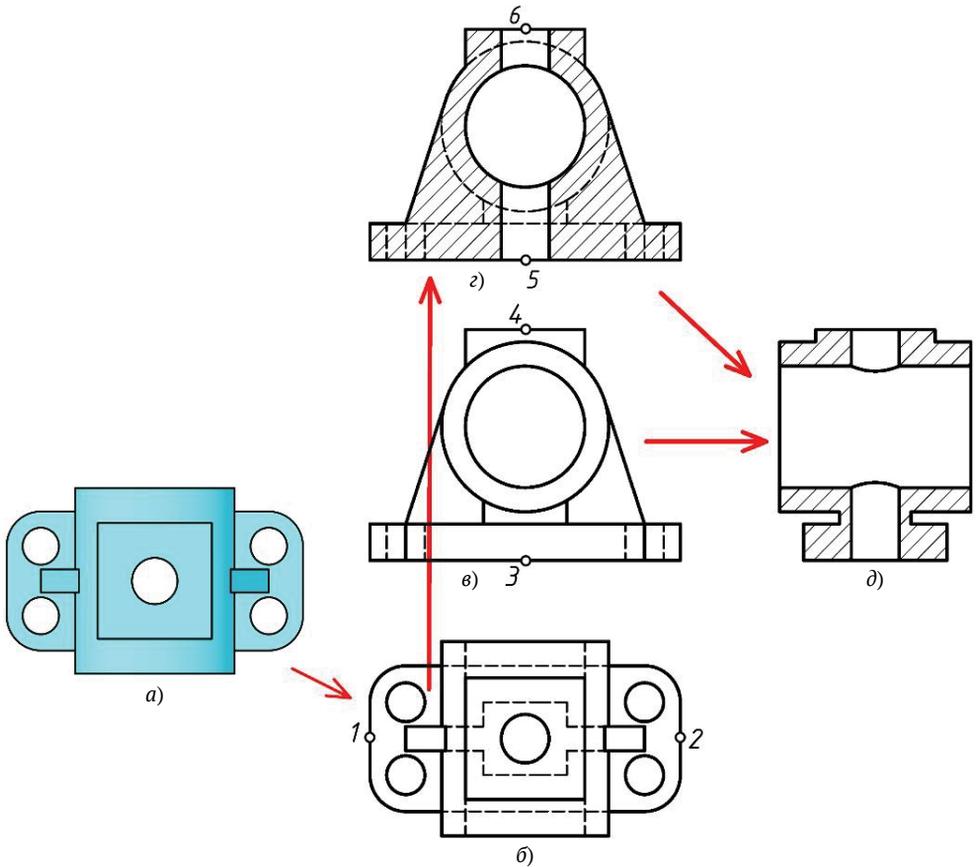


Рис. 4.2. Построение простых разрезов:
а – 3D-модель; *б* – вид сверху; *в* – вид спереди; *г* – фронтальный разрез;
д – профильный разрез

Созданы два полных простых разреза модели – фронтальный и профильный. Сечения, входящие в состав разреза, автоматически заштрихованы. Тип штриховки по умолчанию задан как для металлических деталей – тонкие сплошные линии под углом 45° .

4.3.2. Совмещение половины вида с половиной разреза

В нашем примере вид спереди и фронтальный разрез являются симметричными относительно вертикальной оси. Имеют симметрию вид слева и профильный разрез. С целью сокращения количества изображений на чертеже рекомендуется (а в данном задании требуется) выполнить изображения, в которых половина вида совмещена с половиной соответствующего разреза. Например, совместить половину вида спереди с половиной фронтального разреза и половину вида слева с половиной профильного разреза. Совмещение выполняется по оси симметрии. Половина вида размещается в левой части изображения, половина разреза – в правой.

Поскольку 2D-виды связаны между собой и с 3D-моделью, то виды и разрезы необходимо разбить на простые элементы: отрезки прямых, окружности, штриховку и др. (о разбивке 2D-видов см. раздел 2.12.3, пункт 6).

Совмещение вида спереди и фронтального разреза

- ◆ Постройте 2D-вид спереди и полный 2D-фронтальный разрез (см. рис. 4.2в, з).
- ◆ Убедитесь, что отображены скрытые линии.
- ◆ Лента \ Построения \ Разбивка  \ охватите рамкой 2D-вид и 2D-фронтальный разрез.
- ◆ Подводя курсор к виду и разрезу, убедитесь, что они распались на отдельные элементы.
- ◆ Проведите общую вертикальную осевую линию (рис. 4.3а).

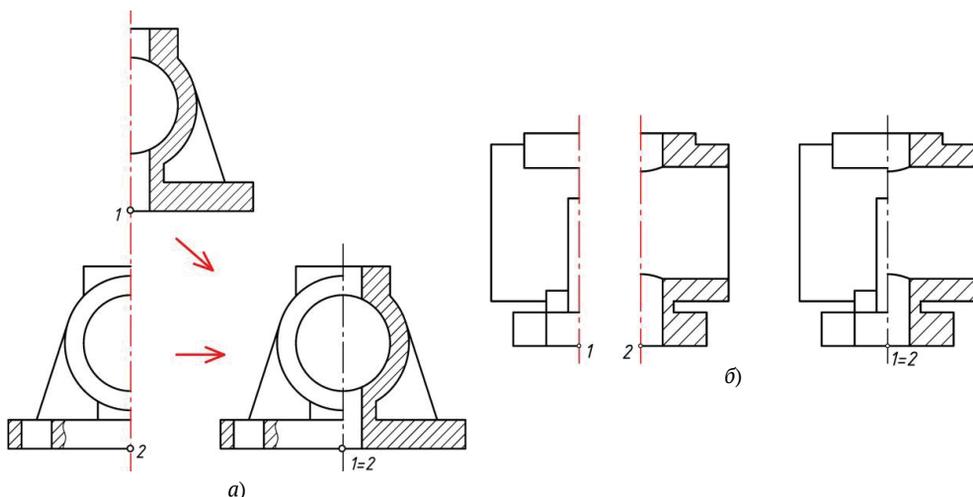


Рис. 4.3. Совмещение половины вида с половиной разреза:
 а – половина вида спереди и половина фронтального разреза;
 б – половина вида слева и половина профильного разреза

На изображении вида удалите правую часть, применив команду «Обрезать».

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \  \ укажите осевую линию как режущую линию \ рамкой укажите объекты справа от линии реза. Объекты в правой части сотрите командой «Стереть»  – останется левая часть вида.
- ◆ На разрезе в том же порядке удалите левую половину, оставив правую половину разреза.
- ◆ На половине разреза сотрите штриховку разреза.
- ◆ Совместите отредактированные изображения по общим точкам 1,2.

Совмещение вида слева с профильным разрезом

- ◆ Постройте (рис. 4.3б) вид слева и полный профильный разрез; проведите вертикальные оси симметрии на виде и на разрезе; обрежьте правую часть вида и левую часть разреза; удалите штриховку с половины разреза; совместите изображения по точкам 1,2; заново выполните штриховку разреза.

Совмещение вида сверху с горизонтальным разрезом

В вариантах задания, где заданной проекцией является фронтальная, требуется выполнить совмещение половины вида сверху с половиной горизонтально-го разреза. В этом случае на виде и на разрезе проводятся горизонтальные оси симметрии, на виде удаляется нижняя часть, на разрезе – верхняя. Выполняется совмещение частей, при этом половина вида размещается в верхней части совмещенного изображения, половина разреза – в нижней.

4.3.3. Выделение ребра жесткости

Согласно ГОСТ 2.305 на ортогональных проекциях в продольных разрезах ребра жесткости должны быть показаны без штриховки. Это требование повышает наглядность проекций и позволяет быстрее воспринять форму модели. Команда «2D разрез» не различает ребро жесткости и показывает его заштрихованным (см. рис. 4.2з). Необходимо вручную выделить контур ребра и заново выполнить штриховку разреза, исключив из штриховки контур ребра (см. рис. 4.3а). В рассматриваемом примере это необходимо выполнить на совмещенном изображении вида и фронтального разреза.

Скрытые линии контура ребра сделайте линией видимого контура. Для этого примените команду «Копирование свойств».

- ◆ Лента \ Главная \ Свойства \ Копирование свойств  \ Выберите исходный объект: укажите какую-либо линию видимого контура \ Выберите целевой объект: укажите редактируемые штриховые линии контура ребра – контур ребра станет толстой линией.

Заново выполните штриховку разреза без контура ребра, применив команду «Штриховка».

- ◆ Лента \ Построения \  – в появившемся диалоговом окне задайте Тип штриховки «Из линий», Угол 45°, Интервал 3 \ Добавить точки выбора \ на экране укажите точку внутри контура штриховки \ ОК – разрез будет заштрихован без контура ребра.

4.3.4. Местный разрез

Местным называется разрез ограниченной части изображения. В нашем примере необходимо на одном из видов выполнить местный разрез, который наглядно покажет, что отверстия в основании являются сквозными. Построим такой разрез на виде спереди (см. рис. 4.3а и 4.4).

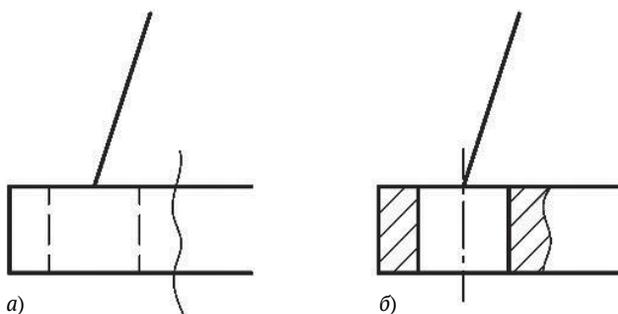


Рис. 4.4. Местный разрез:
а – фрагмент вида; б – построение разреза

Для построения контура отверстия на виде спереди найдите скрытые линии, передающие этот контур, и преобразуйте их в линии видимого контура. Для преобразования можно применить команду копирования свойств  (см. выше раздел 4.3.3).

◆ Выполните преобразование линий.

Постройте «линию обрыва», ограничивающую область разреза. Линию выполните командой «Сплайн». Линия должна быть плавной. Первоначально рекомендуем ее конечные точки вынести за контур основания (рис. 4.4а), затем обрезать выступающие концы линии.

- ◆ Лента \ Построение \ Черчение \ Сплайн по определяющим точкам  \ укажите точки \ для завершения команды трижды нажмите **Enter**.
- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Обрезка  \ укажите линии вида как режущие кромки \ **Enter** \ укажите выступающие концы линии обрыва.
- ◆ Выполните штриховку области разреза. Штриховка должна быть той же, что ранее выполненная штриховка разрезов. О построении штриховки см. раздел 4.3.3.

4.3.5. Особые случаи совмещения вида и разреза

В общем случае совмещение изображений выполняется по осевой линии. Однако имеется ряд исключений (они присутствуют во многих вариантах), когда с осью симметрии совпадает проекция ребра призмы или пирамиды. В этом случае на чертеже необходимо пояснить, к какой части изображения относится ребро: к виду или к разрезу. Для этого проводят линию совмещения, которая сдвигает границу вида или разреза так, чтобы пояснить положение ребра. Рассмотрим примеры (рис. 4.5).

На наружной поверхности модели (рис. 4.5а) имеется ребро призмы, совпадающее с осью симметрии модели. Чтобы подчеркнуть принадлежность ребра к виду, проведена линия обрыва, смещенная вправо от оси и расширяющая область вида.

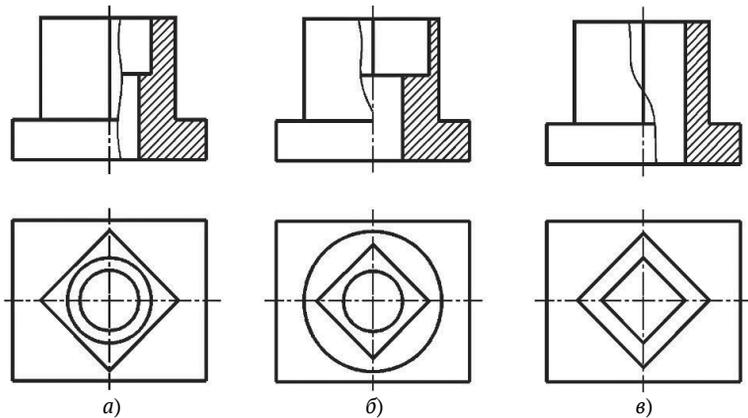


Рис. 4.5. Особые случаи совмещения вида и разреза:

а – ребро на виде; *б* – ребро на разрезе; *в* – ребро на виде и на разрезе

Если ребро находится на внутренней поверхности модели (рис. 4.5б), то есть принадлежит разрезу и совпадает с осью симметрии, то проведена линия обрыва, смещенная влево и расширяющая область разреза.

Модель может иметь ребро на наружной и ребро на внутренней поверхности (рис. 4.5в). Оба ребра совпадают с осью симметрии модели. В этом случае проводится линия обрыва, которая частично смещает часть вида и часть разреза, открывая для показа как внешнее, так и внутреннее ребра.

Линия совмещения в рассмотренных случаях проводится как тонкая сплошная волнистая линия чертежа. Для ее построения применяют команду «Слайн». Линию сначала проводят с некоторым запасом, затем подрезают по контуру командой «Обрезка».

4.3.6. Поперечное сечение ребра жесткости

Поперечное сечение ребра позволяет наглядно передать его форму и проставить размеры. Если модель имеет ребро жесткости, такое сечение ребра необходимо выполнить. Сечение следует совместить с видом ребра. В нашем варианте необходимо выполнить сечение ребра, совместив его с видом спереди. Если ранее этот вид был удален или разбит на элементы, то его необходимо вновь построить как 2D-вид, задать положение секущей плоскости, перпендикулярной контуру ребра, применить команду «2D разрез», выделить контур сечения ребра и совместить его с ранее построенным видом спереди.

- ◆ По 3D-модели вновь создайте 2D-вид спереди, расположив его на свободном месте экрана (рис. 4.6а).
- ◆ Из произвольной точки 1, заданной на контуре ребра, постройте отрезок, перпендикулярный контуру боковой стороны ребра (объектная привязка «Нормаль»).
- ◆ 2D разрез  \ указать точки 1,2 \ перемещением курсора задать положение 2D-разреза (рис. 4.6б).

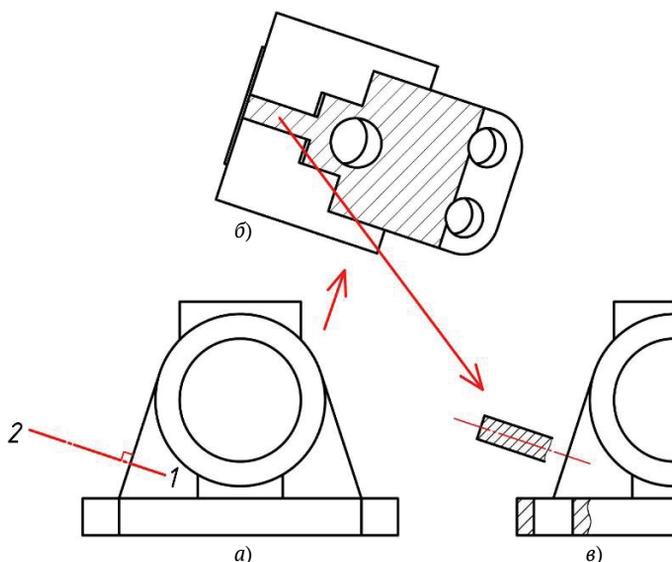


Рис. 4.6. Сечение ребра жесткости:
 а – задание плоскости сечения на виде спереди;
 б – ребро на разрезе; в – совмещение сечения с видом

- ◆ Командой «Разбивка»  расчлните изображение разреза на элементы.
- ◆ Удалите линии разреза, расположенные за секущей плоскостью, – остался контур поперечного сечения ребра \ командой «Сплайн» постройте линию обрыва и выполните штриховку контура сечения. Параметры штриховки должны быть те же, что на ранее выполненных изображениях.
- ◆ Постройте осевую линию сечения и вместе с сечением переместите на изображение вида спереди (рис. 4.6в).

4.4. Аксонометрия – диметрия с разрезом

Аксонометрия – это наглядное изображение объекта, образующееся при параллельном проецировании объекта на плоскость чертежа (см. раздел 2.4.4). Теория аксонометрии и ее варианты рассматриваются в специальных курсах начертательной геометрии. Исторически наиболее распространена изометрия, поскольку она является наиболее простой при ручной 2D-технике построения.

- ◆ Откройте в интернете ГОСТ 2-317-2022 «Аксонометрические проекции», изучите термины аксонометрических проекций. Найдите определения изометрии и диметрии, их характеристики и правила построения.

В nanoCAD по 3D-технологии предусмотрено автоматическое построение ортогональной изометрии (см. раздел 2.4.1). Однако во многих случаях изометрия недостаточно наглядна.

В нашей работе по 3D-технологии построим более наглядную аксонометрическую проекцию, называемую *ортогональной диметрией*. Покажем ее с раз-

резом – удалением части модели для отображения ее внутренней формы. Необходимо будет задать вид с параметрами диметрии, спроецировать модель на плоскость, параллельную плоскости вида, затем перенести проекцию в плоскость чертежа.

4.4.1. Подготовка модели к построению диметрии

В 3D-модели необходимо удалить ее часть, которая закрывает внутреннее строение. Это ближняя к наблюдателю четверть модели. Для ее удаления дважды применим команду «Разрез» (рис. 4.7а).

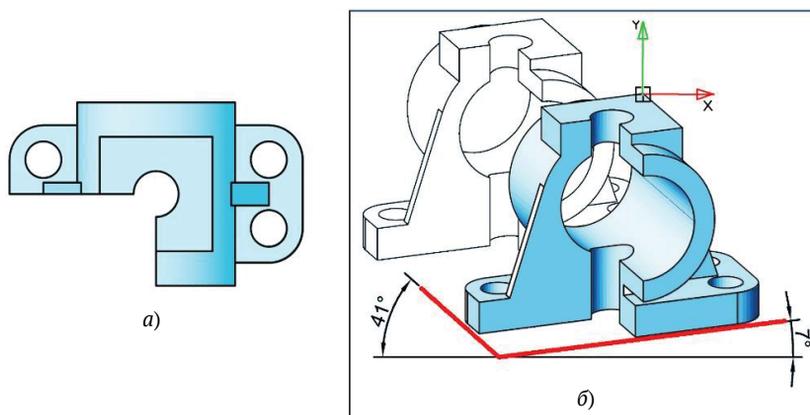


Рис. 4.7. Построение диметрии:

а – 3D-модель; б – видовое окно, оси диметрии и проецирование

- ◆ Скопируйте построенную ранее 3D-модель на свободное место.
- ◆ Убедитесь, что установлена МСК и вид сверху.

Первый разрез фронтальной плоскостью:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Разрез  \ укажите модель \ Опция ZX \ с привязкой «Центр» укажите центр вертикального отверстия \ оставьте обе части – появится линия разреза;
- ◆ укажите одну из частей и убедитесь, что модель разрезана вдоль оси X.

Второй разрез профильной плоскостью:

- ◆  \ укажите ближнюю часть модели \ Опция YZ \ с привязкой «Центр» укажите центр вертикального отверстия \ укажите точку в правой части модели – будет удалена левая ближняя часть модели.

Объедините обе оставшиеся части модели:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Булевы операции \ Объединение  \ охватите рамкой обе части модели \ укажите модель и убедитесь, что она объединена.

Для построения диметрии модель должна быть расположена так, чтобы ее длинная часть была направлена вдоль оси X системы МСК. В нашем примере

это требование выполнено при построении модели. В своих вариантах, если это требование не выполнено, примените команду «Повернуть».

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Повернуть  \ в режиме «ОРТО» поверните модель в горизонтальной плоскости на 90° .

4.4.2. Построение диметрии

Согласно ГОСТ 2.317 для получения ортогональной диметрии необходимо установить направление взгляда на модель так, чтобы длинная сторона модели была наклонена к горизонтальной стороне экрана на $7^\circ 10'$, короткая сторона к той же стороне наклонена на $41^\circ 25'$. Для этого реализуем следующий алгоритм.

- ◆ Перейдите на Лист в формате А4. Для этого укажите кнопку формата в левом нижнем углу экрана  .
- ◆ На Листе, на поле формата, начертите два горизонтальных отрезка красного цвета (см. рис. 4.7б). Один из них поверните на 7° , второй – на -41° . Это аксонометрические оси диметрии.

Создадим видовой экран, в котором из Листа отобразится пространство Модели.

- ◆ Лента \ Вид \ Видовые экраны \ Новые \ Один \ ОК \ на Листе укажите два противороложных угла видового окна (экрана) – в окне отобразятся построения из пространства Модели.
- ◆ Перейдите в пространство Модели через видовой экран (двойной клик ЛКМ по области экрана) – в окне появятся декартовы оси ПСК.

В видовом экране, применив зумирование  и панорамирование , найдем подготовленную 3D-модель с разрезом, увеличим ее изображение и поместим изображение в область осей.

- ◆ Оставаясь в окне, включите команду «Орбита» (Лента \ Вид \ Навигация  или ). Перемещая курсор, вращайте изображение модели. Добейтесь совмещения сторон модели с отрезками аксонометрических осей (см. рис. 4.7б). Вновь примените  . После этого видовой экран заблокируйте (кнопка  в строке состояния, в нижней части экрана справа).

Далее необходимо в установленном направлении вида построить проекцию на плоскость, параллельную плоскости вида (экрана). Для этого в видовом экране установить ПСК по виду и выполнить команду «2D Вид»:

- ◆ Лента \ Вид \ Координаты ;
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ 2D-виды \ 2D Вид  \ Выберите объекты: укажите модель \ опция «Модель» – в окне появится изображение проекции модели, перемещаемое курсором \ проекцию поместите в произвольной части видового экрана. Можно раздвинуть рамку экрана вниз для размещения проекции.

Осталось скопировать созданную проекцию из видового экрана на плоскость чертежа в пространство модели. Выполним копирование через буфер памяти. Предварительно проекцию необходимо отсоединить от модели. Для этого ее следует разбить на элементы.

- ◆ Временно скройте модель, если она закрывает проекцию. Для этого либо заморозьте слой с моделью, либо «Изолировать\Скрыть».
- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Разбивка  \ укажите проекцию.
- ◆ Оставаясь в видовом экране, выполните клик ПКМ по пустому месту экрана \ в контекстном меню укажите «Копировать с базовой точкой» \ Базовая точка: укажите произвольную точку проекции \ Выберите объекты: рамкой охватите все линии проекции \ **Enter** – проекция будет занесена в буфер памяти.
- ◆ Вернитесь с Листа в пространство Модели, указав кнопку «Модель» в левом нижнем углу экрана \ Восстановить МСК и вид «Сверху» .
- ◆ **Ctrl+V** – из буфера памяти появится перемещаемое курсором изображение диметрии. Установите диметрию на свободное место.
- ◆ Вращая изображение, убедитесь, что плоскость проекции диметрии совпадает с плоскостью ранее созданных проекций. Верните вид сверху.
- ◆ Восстановите изображение ранее скрытой 3D-модели.

4.4.3. Редактирование диметрии

Необходимо выполнить штриховку сечений построенного разреза, построить оси отверстий, скорректировать толщину линий (рис. 4.8).

Штриховку выполним как для деталей из металла. Начальные параметры этой штриховки – сплошные тонкие линии под углом 45° . Шаг (Интервал) = 3. Эти параметры необходимо скорректировать с учетом наклона плоскостей сечений к направлению взгляда. Корректировка определяется геометрическими построениями (см. раздел 7.6.4). Чем больше наклон плоскости, тем больше угол наклона штриховки и она плотнее, то есть меньше шаг. Расчеты для диметрии дают следующие значения. Поскольку фронтальная плоскость имеет наклон к плоскости чертежа лишь 7° (см. рис. 4.7б), то для нее корректировка незначительная: угол штриховки 49° , шаг оставим равным 3. Профильная плоскость имеет значительный наклон 41° . Для нее угол штриховки 102° , шаг 2.

Штриховка фронтального сечения

- ◆ ШТРИХ , в диалоговом окне задайте тип штриховки «Из линий», под углом 49° , Интервал 3, укажите кнопку «Добавить точки выбора» и укажите точку внутри контура штриховки \ кнопка «Просмотр» – будет показан предварительный результат \ при согласии – ОК, иначе **Esc** \ повторите настройки.

Штриховка профильного сечения

- ◆ ШТРИХ  \ Из линий \ угол 102 \ Интервал 2 \ «Добавить точки выбора» – укажите область профильного сечения (в нашем примере их две, укажите обе) \ ОК.

Необходимо учесть особенность штриховки сечений ребер жесткости. Если на основных ортогональных продольных разрезах ребра не штриховать, то в аксонометрии ребра показывают заштрихованными.

Оси отверстий

Выполняются штрихпунктирной линией. Оси проводятся из центра отверстий параллельно осям диметрии. Рационально копировать стороны проекции. Например, для осей отверстия $\varnothing 50$ скопировать отрезок 1-2 из точки 1 в центр отверстия, точку С; скопировать отрезок 3-4 из точки 3 в центр отверстия. Вертикальные оси строить в режиме «ОРТО». Построенным отрезкам придать требуемые тип линии и толщину. Необходимо учесть, что осевые линии должны выходить за границы отверстий на 3–5 мм.

Линии касания

Проекции (аксонометрические и основные виды) могут содержать линии касания граней с поверхностями цилиндрических скруглений. В нашем примере это касание цилиндрических сопряжений с боковыми гранями основания и касание ребер жесткости с горизонтальным цилиндром. Такие линии на 2D-видах система строит автоматически, отображая их толстыми сплошными. Необходимо отредактировать эти линии, оформив их как тонкие и обрезав на 2–3 мм по краям.

Толщина линий

Толщина линий контура рекомендуется 0.5...0.7. При построении проекций и их расчленении линии проекции находятся на слое «Виды» и имеют «Вес» (толщину) «по слою». Для придания им указанной толщины необходимо задать это значение в окне настройки слоев как «Вес линий».

Толщина тонких линий рекомендуется 0.3...0.4. Это толщина штриховки, осей отверстий, касательных линий. Рекомендуем для тонких линий создать новый слой с именем, например Тонкие линии, перенести линии на этот слой, задать вес линий «по слою» и на слое установить указанный вес линий.

Зеркальный вариант

Наряду с построенным вариантом диметрии (рис. 4.8а) равноценным является зеркальный вариант (рис. 4.8б), который можно создать командой «Зеркало» .

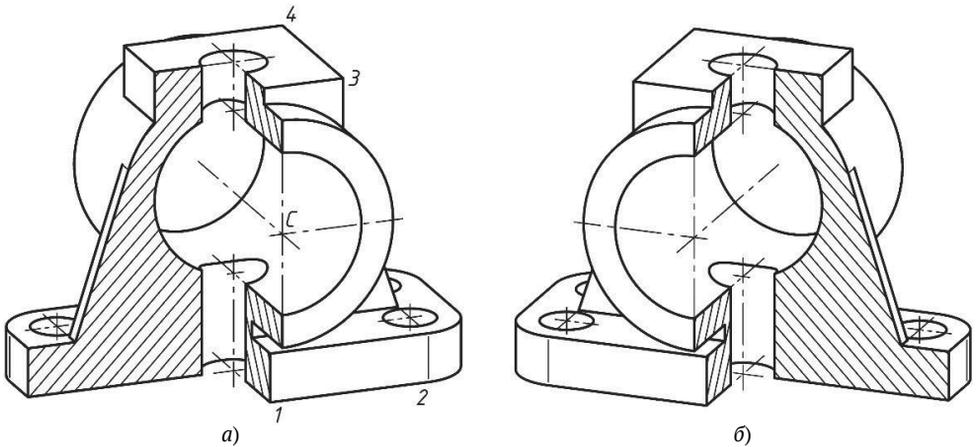


Рис. 4.8. Диметрия: а – основной вариант; б – зеркальный вариант

4.5. Формат чертежа

В рассматриваемом задании чертежи выполняются на формате А3 в масштабе 1:1. При построении чертежа необходимо соблюдать рекомендации по применению шрифта для надписей и размеров. Рассмотрим эти термины, выполним настройки, необходимые для создания формата чертежа, и создадим формат.

4.5.1. Термины и настройки: формат, стиль текста, масштаб, стандарт оформления

Формат чертежа – это набор параметров по ГОСТ 2.301-68, определяющих размеры чертежа (листа бумаги), внутреннюю рамку и основную надпись. Форматы обозначают А4, А3, А2... Формат А4 имеет размеры 297×210 мм. Остальные форматы получают удвоением предыдущего формата по его длинной стороне. Например, А3 имеет размеры 420×297.

Основная надпись (штамп) – таблица, содержащая основные сведения об изделии (наименование, материал, масса), сведения о чертеже (код чертежа, масштаб, имя разработчика, имя проверяющего). Размеры штампа, содержание и расположение на чертеже определены ГОСТ 2.104-2006.

◆ Откройте в интернете ГОСТ 2.301-68 и ГОСТ 2.104-2006 и изучите их содержание.

Текстовый стиль – набор параметров, определяющих выполнение надписей на чертеже: применяемый шрифт (конструкцию букв) и его настройки (высоту, наклон и др.). В nanoCAD по умолчанию предусмотрено два текстовых стиля: ГОСТ 2.304 и Standard. Стиль ГОСТ 2.304 предназначен для построения чертежей, в том числе наших контрольных заданий. Он содержит один из шрифтов GOST 2.304 type A, GOST type B, Gost2304.shx. Стиль Standard предназначен для особых случаев выполнения надписей. Ему можно назначить шрифт из многочисленного набора, предусмотренного для этого стиля и содержащего свыше 500 вариантов шрифта.

Настройте текстовый стиль ГОСТ 2.304 для построения чертежа.

- ◆ Лента \ Оформление \ Текст \ кнопка справа  – появится диалоговое окно «Текстовые стили».
- ◆ Задайте настройки стилю ГОСТ 2.304: Имя шрифта – один из указанных выше шрифтов, Высота 0, Коэфф. сжатия 1, Угол наклона 15.

Значение высоты 0 означает, что ее можно задавать в момент выполнения надписи, угол 15° приведет к наклону букв – это так называемый курсивный шрифт, рекомендуемый в наших работах.

Масштаб чертежа – это отношение размеров изображения на чертеже к размерам объекта, отображенного на чертеже. Например, масштаб 2:1 означает, что объект имеет малые размеры и его изображение увеличили в два раза. Это масштаб увеличения. Масштаб 1:2 означает, что модель имеет большие размеры, изображение модели не разместилось на чертеже и его уменьшили в два раза. Это масштаб уменьшения. Значения масштабов установлены по ГОСТ 2.302. В нашей работе масштабы следует выбирать из ряда: 1:1 (натуральная величина), масштабы уменьшения 1:2, 1:2.5, 1:4, 1:5, масштабы увеличения 2:1, 2.5:1; 4:1; 5:1.

- ◆ Откройте в интернете ГОСТ 2.302-68 «Масштабы» и изучите его содержание.

Стандарт оформления – это параметр, учитывающий область применения чертежа (машиностроение, строительство, особенности работы с зарубежными фирмами) и в связи с этим определяющий параметры и настройки, которые связаны с оформлением чертежа. В nanoCAD предусмотрен ряд стандартов оформления чертежа. Основные из них ЕСКД (Единая система конструкторской документации) и СПДС (Система проектной документации для строительства). Для машиностроительных чертежей и в нашем курсе необходимо установить стандарт ЕСКД или проверить, что он установлен.

- ◆ Лента \ Настройки \ Адаптация \ Настройка объектов  – появится диалоговое окно «Настройки...» \ в правом нижнем углу окна раскройте список «Стандарт» и укажите ЕСКД \ ОК.

4.5.2. Создание формата

Возможны два варианта создания формата (рамки и штампа). Первый вариант – автоматически создать формат в модуле nanoCAD «Механика»; второй вариант – загрузить формат из внешнего файла. Предварительно необходимо задать текстовый стиль и стандарт оформления конструкторской документации (см. раздел 4.5.1).

Создание формата в модуле «Механика»

В модуле «Механика» nanoCAD предусмотрено автоматическое построение многочисленных форматов чертежей. Рассмотрим построение формата А3, на котором мы выполняем чертежи нашего задания. Формат создают в том пространстве, в котором выполняют чертеж. Создадим формат в пространстве Модели.

- ◆ Перейдите в пространство Модели.
- ◆ Лента \ Механика \ Форматы  – появится диалоговое окно «Формат» \ установите тип документа: Чертеж ЕСКД \ Формат А3 \ Горизонтальный \ Граница бумаги – поставьте галочку \ ОК – возникнет формат, перемещае-мый курсор \ установите формат на свободное место.

Созданный формат автоматически устанавливается на слой ЕСКД_ФОРМАТЫ.

Формат из внешнего файла

Если задание выполняется в Платформе nanoCAD (без приложений), где автоматическое создание формата не предусмотрено, то формат следует скопировать из другого файла, где он уже создан. Таким файлом может быть любой файл, имеющий расширение .dwg.

- ◆ Откройте dwg-файл формата в Платформе nanoCAD, скопируйте формат в буфер памяти и вставьте в своем рабочем файле. Если после вставки формата шрифт основной надписи в нем отображается некорректно, то следует через окно «Свойства» установить этим надписям тестовый стиль ГОСТ 2.304.

4.5.3. Заполнение основной надписи. Масса детали

Выполните двойной клик ЛКМ по любой линии формата – появится диалоговое окно с основной надписью и выделенными строками для заполнения. Указывая строки, заполните надпись согласно образцу (рис. 4.9).

					АС-122.02.30.02.258			
						Лист	Масса	Масшт.
Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата	Модель			
Разраб.		Иванов А.Б.					2.19	1:1
Провер.		Хейфец А.Л.						
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.						ЮУрГУ		
Утв.						Кафедра графики		

Рис. 4.9. Основная надпись чертежа

Обозначение (код) чертежа: группа; номер задания по кафедральному реестру (выполняемое задание имеет № 2); вариант студента по журналу; номер работы; номер карточки с исходными данными.

Масса детали. В основную надпись требуется внести массу детали. Для формата, созданного автоматически в приложении Механика, масса также определяется автоматически. Значение определяется на момент создания формата (в килограммах) и приводится в графе «Масса» основной надписи. Принимается, что деталь выполнена из стали с плотностью $7.8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$. Например, для детали, приведенной на рис. 4.1 и 3.6б, масса, определенная автоматически, составила 2.19 кг.

В базовой платформе nanoCAD массу следует определить как произведение объема детали на плотность материала. Возможны два варианта определения объема. Первый вариант – через окно «Свойства». Второй – командой «Геометрия и масса».

Первый вариант:

- ◆ Главная \ Свойства \ ▼ \ Единицы \ задайте предельную точность измерений линейных единиц в десятичном формате, в миллиметрах, равную 0.00000000;
- ◆ укажите 3D-модель \ клик ПКМ \ Свойства \ в окне «Свойства» найдите строку «Объем, м³» – приведено значение объема в кубических метрах.

Второй вариант:

- ◆ Главная \ Утилиты \ Сведения \ Геометрия и масса  \ Выбор объектов: укажите модель \ клавиша **F2**.

Выведен список, содержащий объем в кубических миллиметрах (мм³), а также ряд характеристик модели, например координаты центра масс, моменты и радиусы инерции, – эти показатели понадобятся в прочностных расчетах по курсам сопротивления материалов и строительной механики.

Рассмотрим пример расчета массы модели (см. рис. 4.1 и 3.6б). Массу определяем для целой модели, до выполнения 3D-разреза. Принимаем, что размеры модели заданы в миллиметрах.

По первому варианту получим Объем, м³ = 0.00028105. По второму варианту Объем = 281053.92992739 мм³ = 0,0002810539 м³. В итоге для стали масса модели составляет $7.8 \times 10^5 \times 0.00028105 = 2.19$ кг.

- ◆ Видим совпадение результатов автоматического и расчетного значений массы.
- ◆ Вносим найденное значение в основную надпись.

Редактирование основной надписи. Выполните двойной клик ЛКМ по строке текста основной надписи. В открывшемся окне «Настройка текста» можно изменить текст, стиль, цвет, высоту и другие параметры надписи.

4.6. Компоновка чертежа

Компоновка заключается в размещении созданных изображений внутри рамки формата в соответствии с требованиями ГОСТ 2.305 (см. раздел 4.1). Перед компоновкой выполните редактирование каждого вида и разреза: постройте осевые линии, линии касания, придайте линиям необходимую толщину (Вес).

4.6.1. Создание блоков

После применения к 2D-видам команды «Разбивка»  проекции состоят из отдельных элементов (отрезков, окружностей и др.). Для того чтобы не нарушить изображения при перемещении, рекомендуем каждый вид преобразовать в блок. Блок – это объект, в котором объединены все элементы. Всего требуется создать четыре блока. Для создания блока:

- ◆ Лента \ Вставка \ Создание блока  \ в открывшемся окне «Определение блока» задайте имя блока, например Спереди \ найдите и укажите кнопку «Выбрать объекты» \ на экране охватите рамкой все элементы изображения, включаемые в блок \ укажите базовую точку; это может быть произвольная точка изображения, например центральная точка вида \ ОК;
- ◆ наведите курсор на преобразованное изображение – должно возникнуть сообщение «Вхождение блока»;
- ◆ создайте еще три блока из оставшихся видов: «Сверху», «Слева», «Диаметрия»;
- ◆ переместите блоки в рамку формата (рис. 4.10). Первым установите вид спереди – это «главный вид» (см. выше раздел 4.1). Виды сверху и слева установите в проекционной связи относительно вида спереди.

4.6.2. Объектное отслеживание и проекционная связь

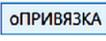
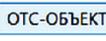
После применения команды «Разбивка»  проекционная связь между изображениями, созданными как 2D-виды, перестает поддерживаться. При перемещении изображений в рамку формата она может нарушиться. Для сохранения проекционной связи можно применять объектную привязку и вспомогательные ортогональные отрезки линий проекционной связи. Однако наиболее эффективно применение объектного отслеживания.

Объектное отслеживание – один из режимов точных построений. Режим применяется совместно с объектной привязкой. Отслеживание позволяет избежать вспомогательных построений, заменяя их трассировочными лучами, автоматически формируемыми параллельно осям текущей системы координат.

Рассмотрим два характерных примера применения объектного слежения при компоновке чертежа.

Пример 1 (рис. 4.10а). Переместить блок вида сверху и установить его в проекционной связи с предварительно установленным видом спереди.

Проекционную связь установим так, чтобы осевая линия вида сверху стала коллинеарной (выстроилась в единую прямую линию) с осью вида спереди и расстояние между видами составило 20...30 мм.

- ◆ МСК, вид сверху, .
- ◆ Задайте объектную привязку «Конточка».
- ◆ В строке состояния включите кнопки  .
- ◆ Лента \ Построения \ Редактирование \ Перемещение  \ Выбор объектов: укажите блок вида сверху или рамкой выберите все элементы перемещаемого объекта \ Базовая точка: укажите точку 1 \ перемещайте курсор к точке 2 – тянется образ перемещаемого изображения \ коснитесь курсором точки 2 и перемещайте курсор вниз – тянется вертикальный трассировочный луч m , вдоль которого перемещается образ изображения; рядом с курсором, в точке 3, открылось окно, в котором отслеживается расстояние перемещения \ на расстоянии 20...30 мм выполните клик ЛКМ и зафиксируйте положение вида сверху.

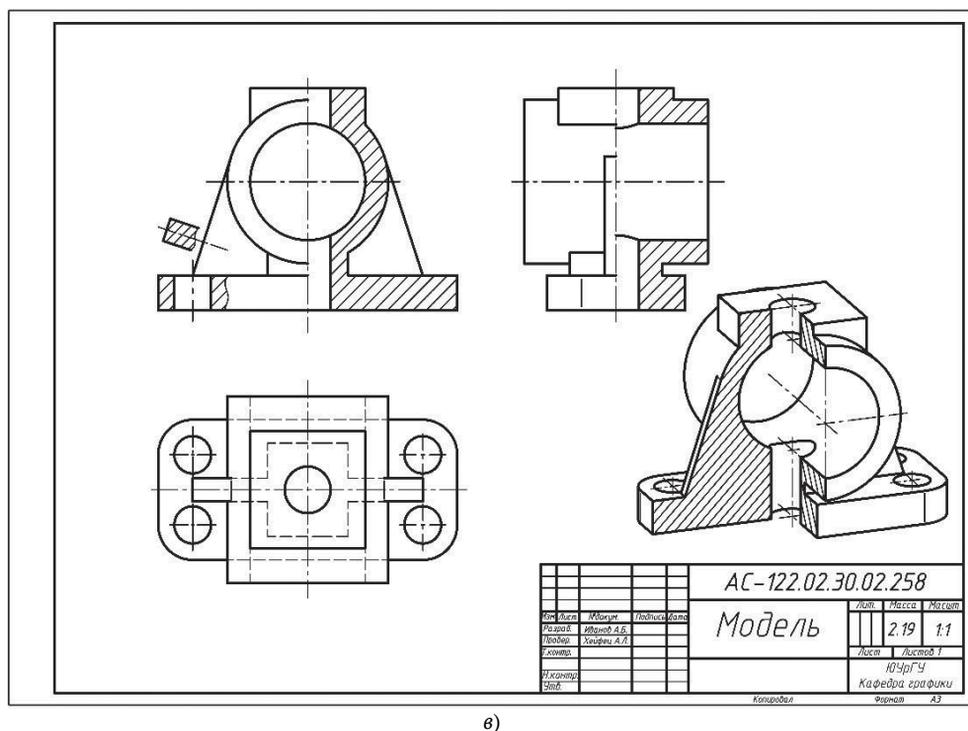
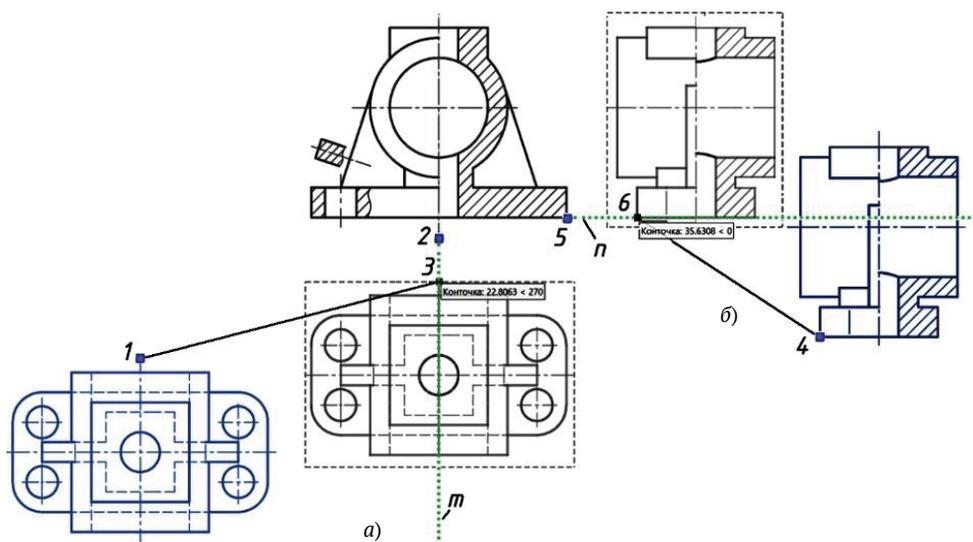


Рис. 4.10. Компонка чертежа:
 а, б – объектное отслеживание; в – результат компоновки

Пример 2 (рис. 4.10б). Переместить вид слева, установив его в проекционной связи с видом спереди.

- ◆  \ укажите перемещаемый объект \ Базовая точка: укажите точку 4 \ перемещайте курсор к точке 5 – тянется образ перемещаемого изображения \ коснитесь курсором точки 5 и перемещайте курсор – тянется горизонтальный трассировочный луч n , вдоль которого перемещается образ изображения; рядом с курсором, в точке 6, открылось окно, в котором отслеживается расстояние перемещения \ на расстоянии 20...30 мм выполните клик ЛКМ и зафиксируйте положение вида слева.

4.6.3. Рекомендации к компоновке чертежа

Выполняя компоновку чертежа, то есть размещая изображения внутри рамки формата (рис. 4.10в), соблюдайте следующие рекомендации.

- ◆ Расстояние от проекций до внутренней рамки формата должно быть не менее 20 мм. Это необходимо для последующей простановки размеров.
- ◆ Последней расположите диметрию, поместив ее справа над штампом. В особых случаях допускается уменьшить размер диметрии, применив к ней масштабирование с масштабом 0.9...0.8.
- ◆ После завершения компоновки блоки следует разбить (команда «Разбивка» ) на исходные линии. Это упрощает завершающее редактирование изображений чертежа.
- ◆ Сохраните файл.

4.7. Простановка размеров

Предварительно необходимо настроить текстовый стиль и размерный стиль. Первый определяет шрифт, которым будут выполнены размерные числа. О настройке текстового стиля см. выше раздел 4.5.1. Размерный стиль определяет параметры простановки размеров (величина стрелок, размер чисел и многие другие).

4.7.1. Размерный стиль

Настроим размерный стиль. За основу возьмем предложенный настройками пакета стиль ЕСКД. Этот стиль присутствует в чертеже, если установлен стандарт ЕСКД (см. выше раздел 4.5.1).

Рекомендуем внести в размерный стиль ЕСКД некоторые корректировки.

- ◆ Лента \ Оформление \ Размеры \ укажите кнопку справа  – откроется диалоговое окно «Размерные стили».
- ◆ В поле «Стили» укажите ЕСКД.
- ◆ Кнопка справа «Изменить» – откроются закладки размерного стиля. Выполните необходимые настройки.
- ◆ Линии \ Удлинение за размерные: 2...3 \ Отступ от объекта: 0.
- ◆ Символы и стрелки \ Величина стрелок: 4.
- ◆ Текст \ ГОСТ 2.304 \ Высота текста: 3.5.

В выполняемом задании установим точность размерных чисел до целого. В следующих заданиях она будет увеличена.

- ◆ Основные единицы \ Точность 0 \ Угловые размеры \ Точность 0.
- ◆ ОК \ Установить \ Закрыть – размерный стиль настроен и установлен как текущий стиль.

Остальные настройки размерного стиля оставьте без изменений.

4.7.2. Масштаб символов и масштаб измерений

В строке состояния (в нижней части экрана справа) найдите кнопку . Если кнопка отсутствует, выполните клик ПКМ по свободной средней части строки состояния, в открывшемся меню «Конфигурация строки состояния» найдите и активируйте кнопку «Масштаб».

- ◆ Укажите кнопку «Масштаб» – откроется список настроек масштабов.

В нижней части списка расположены режимы масштаба: «Масштаб символов» и «Масштаб измерений». Выбрав режим, нужно в верхней части списка указать его значение.

«Масштаб символов» влияет на размерные параметры (величину стрелок, высоту шрифта и др.), позволяя уменьшать или увеличивать их в сравнении со значениями, указанными в размерном стиле. Этот масштаб не влияет на значение размерного числа. Например, если размерам присвоить «Масштаб символов m2:1», то их размерные параметры (но не значение размерного числа) уменьшатся в два раза.

«Масштаб измерений» влияет только на значение размерного числа. Например, пусть изображение на чертеже или его фрагмент увеличены в два раза, то есть применен масштаб чертежа M2:1. Значения размерных чисел, представленных на таком изображении, при масштабе измерений 1:1 будут также увеличены в два раза по сравнению с размерами модели. Но если задать этим размерам масштаб измерений 2:1, значение размерных чисел для них будет уменьшено в два раза, то есть вернется к истинным значениям.

В выполняемом задании оба масштаба следует задать 1:1, поскольку весь чертеж выполняется в этом масштабе. Другие значения применяются в том случае, когда часть изображений на чертеже выполняется в масштабе, отличающемся от масштаба всего чертежа (см. раздел 10.4).

Дополнительно о масштабах прочтите в окне справок, указав кнопку в верхней части экрана.

- ◆  \ Справка папоCAD \ Пользовательский интерфейс \ Настройка рабочей среды \ Масштаб символов и масштаб измерений.

4.7.3. Нанесение и редактирование размеров

Для нанесения размеров предусмотрен ряд команд. Они расположены:

- ◆ Лента \ Оформление \ Размеры  \ ...

В нашей работе и других примерах достаточно применить одну из этих команд – «Авто». Эта универсальная команда самостоятельно определяет тип

размера (линейный, диаметральный или радиальный) и включает объектную привязку «Конточка». После этого осталось указать две конечные точки отрезка, или дугу сопряжения, на которые ставится размер, и указать положение размерной линии:

◆ Лента \ Оформление \ Размеры  \ Авто.

При простановке первого на чертеже размера автоматически создается слой ЕСКД_РАЗМЕРЫ, на который также автоматически помещаются проставленные размеры.

Редактирование размеров

Это изменение их положения, значения размерных параметров и размерного числа. Простейшее редактирование – это перемещение размерных линий и перемещение чисел вдоль размерной линии. Здесь достаточно указать размер и за возникшие ручки переместить размер или число.

Для изменения размерных параметров одновременно всех размеров чертежа следует редактировать содержание размерного стиля, которому принадлежат размеры.

Для редактирования отдельных размеров следует указать размер, выполнить клик ПКМ и изменить параметры и значение размера в окне «Свойства».

Можно редактировать параметры и значения отдельных размеров, указав эти размеры и корректируя масштаб символов и масштаб измерений.

Диалоговое окно редактирования размеров

Это универсальное средство редактирования размера. Рассмотрим его применение на примере редактирования диаметральных размеров. Эти размеры должны снабжаться знаком диаметра \varnothing и указанием количества отверстий (если отверстие не единственное). Если указать окружность, то команды простановки размера ставят этот знак автоматически. Однако диаметры цилиндров, цилиндрических и конических отверстий для повышения наглядности рекомендуется ставить не на окружности, а на изображениях, где видна длина цилиндра, или на продольных разрезах отверстий. Это требует редактирования размера.

Рассмотрим пример редактирования размера $\varnothing 16$ (рис. 4.11), который является одинаковым для четырех отверстий основания модели.

◆ Авто  \ поставьте размер 16 (рис. 4.11а).

◆ Выполните двойной клик ЛКМ по размерному числу 16 – откроется диалоговое окно редактирования размера (рис. 4.11б).

В центральном поле диалогового окна видим размерное число редактируемого размера 16. При необходимости его значение можно скорректировать как текст.

◆ Указав левое поле диалогового окна, введите символы %%с – это код знака диаметра \varnothing – знак сразу появляется на чертеже перед размерным числом.

- ◆ Указав нижнее поле, введите количество отверстий – эта надпись также сразу возникнет на чертеже под размерной линией (рис. 4.11в).

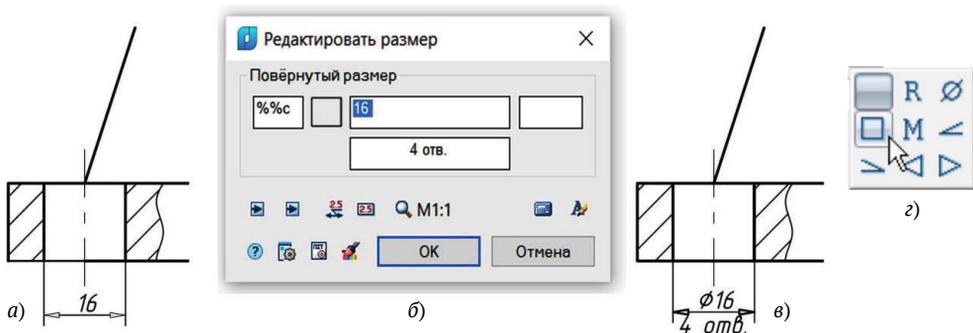


Рис. 4.11. Редактирование размеров:
 а – начальная простановка; б – окно редактирования;
 в – пример редактирования; г – символы перед размерным числом

При указании одной из стрелок  открывается возможность выбрать тип стрелки. В частности, указав по строке символов крайнее слева пустое окно, можно отключить стрелку и примыкающую к ней выносную линию. Это необходимо для односторонних размеров, в нашем примере – для размера $\varnothing 20$ (рис. 4.12).

При указании серой кнопки  открывается дополнительное окно выбора символов, указываемых перед размерным числом, в частности знак диаметра, знак квадратного сечения, М – обозначение метрической резьбы, знаки уклонов и конусности (рис. 4.11г).

4.7.4. Правила простановки размеров

Правила простановки размеров приведены в ГОСТ 2-307-2011. Отметим те из них, которые необходимо учесть в нашей работе.

1. Размеры ставим по геометрическому принципу. Это означает, что в модели выделяют геометрические фигуры и проставляют размеры, определяющие их форму и положение. Например, основание модели (рис. 4.12) – это призма, для которой необходимы минимум три размера – длина, ширина, высота, а также радиус скруглений по углам. Для крепежных отверстий основания необходимы диаметр и координаты центров отверстий. Для цилиндров – диаметры, высота и положение оси и т. д.
2. Количество размеров должно быть минимально необходимым для понимания формы модели и ее изготовления. Лишние дублирующие размеры не допускаются.
3. Размеры модели рекомендуется ставить на наиболее наглядном изображении ее элементов. В частности, размеры отверстий следует ставить на разрезах этих отверстий. Размеры цилиндров – на изображениях, где показана длина или продольная ось цилиндра (а не окружность основания). В нашем

примере диаметры крепежных отверстий ставим на местном разрезе, наглядно показывающем, что отверстия сквозные. Диаметр горизонтального цилиндра и отверстия в этом цилиндре ставим на профильном разрезе (на виде слева).

4. Размеры отверстий показывают только как диаметры \varnothing (но не радиусы) и добавляют количество одинаковых отверстий. Радиусы применяют для сопряжений и снабжают знаком R , например $R15$. Количество сопряжений не указывают.
5. Если ось отверстия, показанного в продольном разрезе, совпадает с осью совмещения вида и разреза, то ставят «половинный» размер, в котором удаляют стрелку и выносную линию со стороны вида. Примером является размер вертикального отверстия $\varnothing 20$, поставленный на виде слева (см. рис. 4.12). Если таких размеров на чертеже несколько, то для них создают специальный размерный стиль, в котором удаляют стрелку и примыкающую к ней выносную линию. В единичных случаях применяют редактирование размера, которое позволяет удалить лишнюю стрелку и линию.
6. Ставить размеры на линиях невидимого контура (скрытых линиях) допускается в исключительных случаях, если эта простановка достаточно наглядна и позволяет избежать дополнительных разрезов и сечений. В нашем примере на виде сверху на скрытых линиях проставлены размеры призмы, поддерживающей горизонтальный цилиндр.
7. На изображениях, совмещающих вид и разрез, размеры видимых элементов показывают со стороны вида, а размеры, относящиеся к разрезу, – со стороны разреза.
8. Для цилиндрических отверстий применяют знак диаметра \varnothing и указывают количество одинаковых отверстий. Для квадратного сечения применяют символ \square (см. пример на чертеже, где на виде спереди проставлен размер квадратного сечения верхней призмы). Для сферы делается надпись (например, Сфера $\varnothing 30$) или ставится символ \bigcirc (например, $\bigcirc \varnothing 30$).
9. Размеры, относящиеся к одному элементу, рекомендуется показывать на одном изображении. Пример – диаметр $\varnothing 70$ и длина 80 горизонтального цилиндра, поставленные на виде слева.
10. Расстояние от размерной линии до контура изображения, а также расстояние между параллельными размерными линиями должно быть не менее 8 мм.
11. Размерные числа на параллельных размерных линиях, если их больше двух, не следует проставлять в столбик. Необходимо числа смещать, располагая их в шахматном порядке.
12. Не допускается взаимного пересечения размерных линий, а также размерных и выносных линий.
13. Должны быть обязательно проставлены габаритные размеры всей модели.
14. Если размер является результатом простановки других размеров, он определяется как справочный (см. раздел 4.9, пункт 5).
15. Расстояние от крайних размеров до рамки формата рекомендуется не менее 15 мм.

4.7.5. Пример простановки размеров

Обозначаем размеры для чертежа симметричной модели (см. рис. 4.12). Размеры ставим по геометрическому принципу. Начнем с основания модели. На рисунке размеры основания выделены синим цветом. Параллелепипед основания:

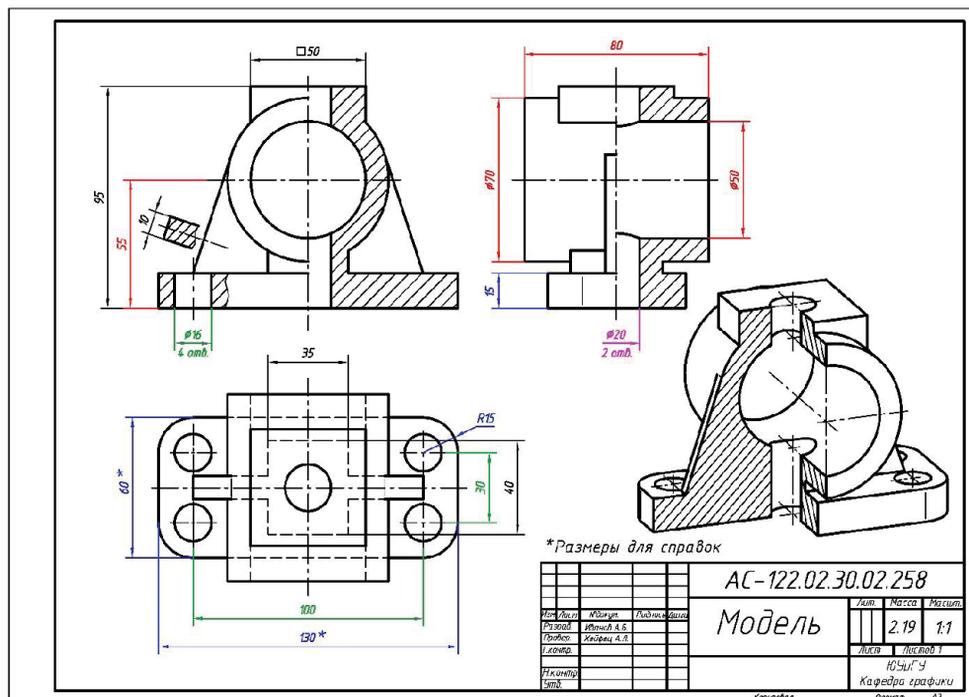


Рис. 4.12. Чертеж симметричной модели

- ◆ Длина 130; Ширина 60; Толщина 15. Скругление по углам радиусом R15. Координаты центров отверстий в основании и диаметр отверстий выделены зеленым цветом:
 - ◆ Размеры 100 и 30, $\varnothing 16$ с указанием количества отверстий. Горизонтальный цилиндр с отверстием; его размеры показаны красным цветом:
 - ◆ Размеры цилиндра $\varnothing 70$, $\varnothing 50$, его длина 80 и высота 55, на которой расположена ось цилиндра.
- Сквозное вертикальное отверстие $\varnothing 20$, его размер показан фиолетовым цветом. Поскольку отверстие разделено на две части (верхняя и нижняя части), то его рассматривают как два одинаковых отверстия и делают надпись «2 отв.». Отверстие находится на границе вида слева и разреза и показано наполовину, поэтому поставлен размер с подавлением левой стрелки и выносной линии. Подавление стрелки и надпись выполняется через окно редактирования разреза (см. рис. 4.11).

Остальные размеры:

- ◆ размеры нижней призмы 35 и 30, верхней призмы $\square 50$. Для нижней призмы размеры поставлены на линиях невидимого контура, поскольку другая простановка менее наглядна или требует дополнительного изображения – поперечного сечения этой призмы;
- ◆ размеры одного из ребер жесткости. В нашем примере требуется поставить только толщину ребра 10 на его поперечном сечении. Остальные размеры ребра определяются построением – верхняя точка определяется касанием цилиндра, нижняя – совпадением с осями отверстий в основании. В других вариантах моделей для ребра жесткости потребуется как минимум еще два размера;
- ◆ габаритные размеры всей модели. В нашем примере требуется только размер по высоте 95. Размеры по длине 130 и по глубине 80 уже проставлены. Габаритные размеры, длина и ширина, обозначены как справочные, снабжены знаком * и пояснены надписью над штампом «*Размеры для справок».

4.8. Обозначение простых разрезов

Согласно ГОСТ 2.305 обозначение разреза состоит из обозначения секущей плоскости и обозначения изображения этого разреза.

4.8.1. Плоскость и изображение разреза

Положение секущей плоскости обозначается разомкнутой линией, состоящей из двух отрезков сплошной линии, стрелок, показывающих направление взгляда, и двух букв, задающих имя разреза (рис. 4.13). Стрелки имеют длину 5 мм, что превышает длину размерных стрелок. Буквы выполняются высотой 5 мм и размещаются с наружной стороны относительно стрелок. Обозначения выполняются по порядку букв русского алфавита, то есть первый разрез А-А.

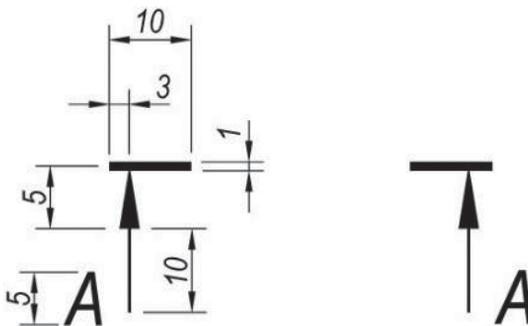


Рис. 4.13. Обозначение секущей плоскости простого разреза

Над изображением разреза выполняется надпись по типу А-А буквами высотой 5 мм. Если масштаб изображения разреза отличается от масштаба чертежа, проставленного в основной надписи, то добавляется значение масштаба.

При повороте изображения относительно положения секущей плоскости добавляется знак поворота. Например, изображение разреза $A-A$, выполненное в масштабе 1:2 и с отклонением от проекционной связи, снабжается надписью $A-A(1:2)\ominus$. Надпись располагается над изображением. При совмещении половины вида с половиной разреза надпись смещается в сторону разреза (см. рис. 4.15).

4.8.2. Обозначения при симметрии и совмещении

Согласно ГОСТ 2.305, если секущая плоскость является плоскостью симметрии и изображение разреза выполнено в проекционной связи на месте одного из основных видов чертежа, то секущая плоскость и изображение разреза не обозначаются. На этой основе в примере симметричной модели (см. выше, рис. 4.12) разрезы не обозначены, поскольку выполнены плоскостями симметрии и в проекционной связи с видами чертежа. Фронтальный разрез выполнен на виде спереди, профильный разрез – на месте вида слева.

На чертеже несимметричной модели (рис. 4.15) этому правилу отвечает продольный фронтальный разрез, поэтому его плоскость и изображение, приведенное на месте вида спереди, не обозначены. Профильный поперечный разрез $A-A$ выполнен плоскостью, не являющейся плоскостью симметрии, поэтому обозначены и секущая плоскость, и изображение этого разреза.

- ◆ Найдите на чертеже (рис. 4.15) обозначение секущей плоскости и обозначение разреза $A-A$.

Если изображение является результатом совмещения вида и разреза (как на рис. 4.15), то рекомендуется сместить надпись в сторону разреза. В примере надпись $A-A$ смещена вправо.

4.8.3. Автоматическое обозначение разреза

В базовой платформе обозначение разреза выполняется вручную с соблюдением требований (см. рис. 4.13). В модуле «Механика» имеются средства автоматического обозначения разреза. Команда «Разрезы, сечения» строит разомкнутую линию секущей плоскости. Команда «Обозначения видов, разрезов» создает буквенное обозначение разреза.

Построим разомкнутую линию.

- ◆ Лента \ Механика \ Символы \ Справа от кнопки «Виды» по стрелке ▼ раскройте список и укажите кнопку  Разрезы-сечения \ в диалоговом окне «Разрез» в поле «Номер» введите букву разреза, например A \ ОК \ с объектной привязкой в режиме «ОРТО» укажите две точки секущей плоскости – появится изображение двух секторов линии сечения \ **Enter** – ограничьтесь двумя секторами простого разреза \ курсором укажите направление стрелок как направление взгляда – будет построена разомкнутая линия секущей плоскости.

Если буквенные обозначения разомкнутой линии не появились или их необходимо отредактировать, то:

- ◆ Укажите звено линии \ клик ПКМ – откроется окно «Свойства» \ раздел «Механика» \ Высота текста: 5.

Для редактирования разомкнутой линии следует указать стрелки и перемещать линию разреза за возникшие ручки. Двойной клик ЛКМ по линии секущей плоскости или обозначению откроет диалоговое окно, в котором можно редактировать имя разреза, например ввести Б. Через окно «Свойства» можно дополнительно редактировать толщину звеньев линии и положение букв.

Для создания надписи над изображением разреза:

- ◆ Лента \ Механика \ Символы \ Справа от кнопки «Виды» по стрелке ▼ раскройте списки и укажите А-А «Обозначения видов, разрезов» – откроется окно «Виды, разрезы, сечения» (рис. 4.14) \ кнопка «Разрез» \ В поле «Буква» введите обозначение разреза, например А-А. Если необходимо, в поле «Масштаб» введите масштаб разреза \ Также при необходимости укажите знак «Повернуто» \ ОК – появится надпись, перемещаемая курсором \ укажите место надписи.

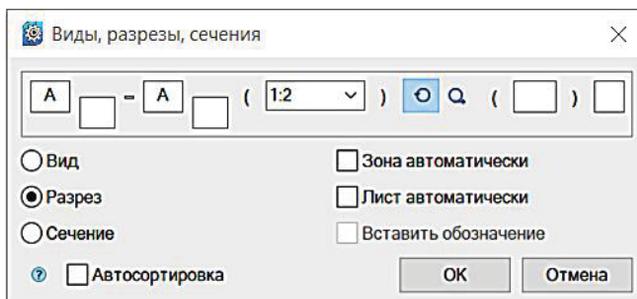


Рис. 4.14. Создание надписи к разрезу

Для редактирования надписи выполните по ней двойной клик ЛКМ.

4.9. Чертеж несимметричной модели

При построении чертежа модели (см. рис. 4.12) вследствие ее симметрии не возникла необходимость обозначения разрезов и не показан особый случай совмещения вида и разреза. Эти элементы мы рассмотрим на примере чертежа несимметричной модели (рис. 4.15), построение которой было приведено в разделе 3.8.

1. Согласно ГОСТ 2.305 для повышения наглядности чертежа плоские прямоугольные элементы рекомендуется дополнять двумя диагональными отрезками сплошной тонкой линией.
 - ◆ Найдите на чертеже (рис. 4.15) на виде спереди и слева изображения граней призматического отверстия, дополненные диагональными отрезками тонкой линией.
2. На виде слева ребро внутренней пирамиды совпадает с осью симметрии, по которой совмещены половина вида слева с половиной профильного

разреза. Чтобы подчеркнуть, что это ребро относится к разрезу, область разреза расширена и сдвинута влево, в сторону вида. Новая граница разреза очерчена волнистой тонкой линией (см. выше раздел 4.3.5 «Особые случаи совмещения вида и разреза»).

- ◆ Найдите участок совмещения вида и разреза на виде слева (см. рис. 4.15), в котором линия совмещения смещена в сторону вида.

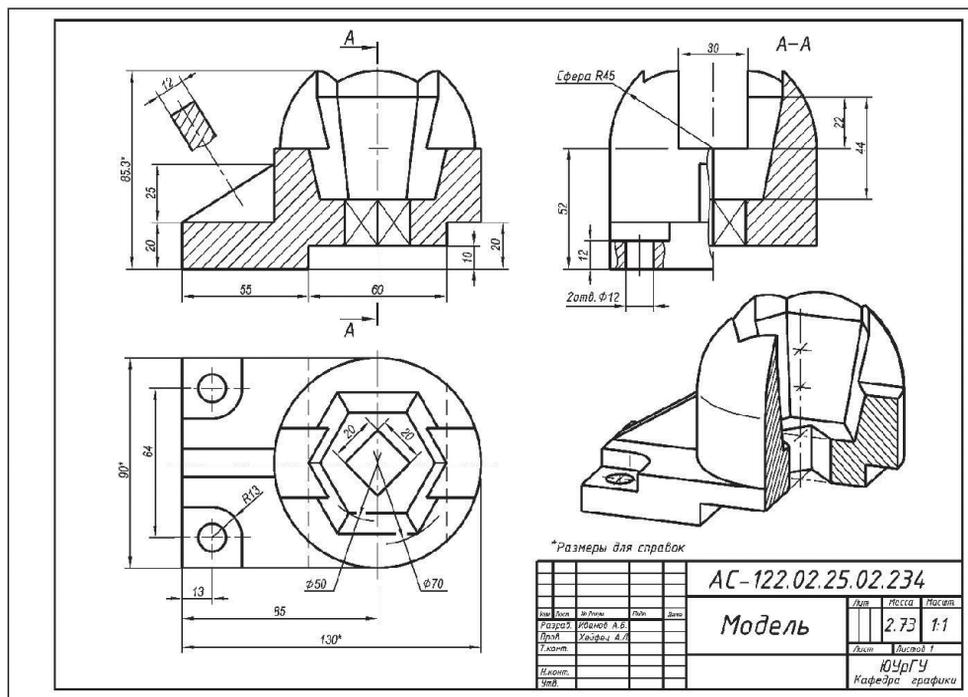


Рис. 4.15. Чертеж несимметричной модели

3. На виде слева, где вид совмещен с разрезом, размеры, относящиеся к видимой части модели (радиус сферы, уровень основания паза и размеры отверстий в основании), размещены со стороны вида. Размеры внутренних элементов показаны со стороны разреза (размер высоты и положения внутренней пирамиды).
4. При построении диметрии разрез выполнен путем удаления правой дальней четверти модели (а не ближней левой четверти, как в предыдущем примере). С этой целью оси аксонометрии на Листе необходимо зеркально отобразить относительно вертикального отрезка. Левая ось диметрии должна быть под углом 7° к горизонтальной прямой, правая – под углом 41° . В остальном алгоритм построения диметрии прежний (см. выше раздел 4.4.3, рис. 4.8).
5. На чертеже некоторые размеры могут быть обозначены как справочные. Согласно ГОСТ 2.307 справочными называют размеры, не требующие выполнения по данному чертежу и приводимые для удобства пользования

чертежом. Размерные числа этих размеров отмечают знаком *, а над штампом записывают: «*Размеры для справок». Примером справочных размеров на чертеже (см. рис. 4.15) являются габаритные размеры модели. Например, длина всей модели определяется длиной призмы 85 и радиусом сферы R45. Поэтому размер длины обозначен как справочный 130*. Высота модели 85.3* является суммой размера 52 и высоты верхней точки линии пересечения сферы и горизонтального призматического паза, имеющего ширину 30. Эта точка определяется построением. Высота всей модели определена простановкой размера.

- ◆ Найдите справочные размеры на чертеже.
6. Согласно ГОСТ 2.306-68, если линии штриховки совпадают по направлению с линиями контура, то наклон штриховки задают 30° или 60°. Поэтому наклон штриховки контура ребра жесткости не 45°, как в общем случае штриховки металлов, а задан 60°.
 - ◆ Найдите на чертеже сечение ребра и его штриховку.
 7. Обозначение секущей плоскости профильного разреза выполнено на виде спереди. Можно выполнить его на виде сверху (см. раздел 5.6, рис. 5.8) с добавлением знака .

4.10. Вывод на печать

Подготовленный чертеж необходимо распечатать на листе бумаги формата А3. Поскольку домашние принтеры не позволяют печатать в формате А3, то предварительно выполняем печать в pdf-файл. Затем pdf-файл печатаем на принтере, позволяющем вывод на формат А3.

Отобразим чертеж на весь экран:

- ◆ в строке состояния (справа внизу экрана) укажите кнопки   и поместите изображение в центре окна, затем укажите  и охватите рамкой изображение, выводимое на печать.

Если принтер предназначен для черно-белой печати, то всем элементам изображения придадим черный цвет (на белом фоне).

- ◆ Рамкой охватите все элементы чертежа \ клик ПКМ по экрану \ в контекстном меню укажите строку «Свойства» \ в окне «Свойства» в разделе «Общие» раскройте список «Цвет» ▼ и выберите логический черно-белый цвет  (черный на белом фоне, белый на черном фоне).
- ◆ Лента \ Вывод \ Печать , или введите команду ПЕЧАТЬ, или **Ctrl+P**, – откроется окно настроек печати «Печать».

В открывшемся окне выполните настройки:

- ◆ Принтер: Встроенный PDF-принтер;
- ◆ Размер и ориентация бумаги: А3, Альбомная;
- ◆ Область печати: Рамка \ на экране охватите область печати; если выбор повторный, то предварительно укажите кнопку «Новая» \ с привязкой «Кон-

точка» охватите наружную рамку формата выполненного чертежа (укажите две угловые противоположные точки рамки чертежа);

- ◆ в верхней правой части окна печати поставьте галочку в поле «Предварительный просмотр» и просмотрите выбранную область печати;
- ◆ Печать (кнопка внизу) \ укажите место для файла; можно скорректировать название файла \ Сохранить;
- ◆ найдите созданный pdf-файл и посмотрите его в программе просмотра pdf-файлов;
- ◆ выведите pdf-файл на печать и предъявите преподавателю.

По согласованию с преподавателем можно для первичной проверки печатать подготовленный чертеж на листе А4. Это позволит печатать черновой вариант чертежа на домашнем принтере.

4.11. Создание шаблона

При выполнении чертежа были выполнены многочисленные настройки: «Лимиты», «Шаг», «Единицы», тестовый стиль, размерный стиль; созданы слои, построены аксонометрические оси диметрии; в файл чертежа были помещены и отредактированы рамка и основная надпись (штамп) формата А3. Чтобы сохранить эти настройки для новых чертежей, создайте файл-шаблон.

Для создания шаблона:

- ◆ сделайте копию dwg-файла, в котором был полностью построен предыдущий чертеж. Измените имя скопированного файла, например Шаблон А3_nanoCAD.dwg;
- ◆ в новом файле-шаблоне в пространстве модели удалите построения предыдущего чертежа, включая 3D-модель и все проекции. Оставьте только рамку А3 и отредактированную основную надпись. На Листе сохраните оси диметрии;
- ◆ сохраните файл в формате .dwg – это будет ваш файл-шаблон.

Чтобы при построении нового чертежа не нарушать созданный шаблон, необходимо скопировать шаблон, дав ему имя нового чертежа. Можно открыть файл шаблона, сохранить его с новым именем и выполнять новые построения.

ГЛАВА 5

Сложный ступенчатый разрез

Разрез называют сложным, если он образован условным рассечением модели двумя или более секущими плоскостями. Сложные разрезы образуют из нескольких совмещенных простых разрезов и применяют для экономии места на чертеже.

Если секущие плоскости взаимно параллельны, разрез называют *сложным ступенчатым*. Если плоскости пересекаются, разрез называют *сложным ломаным*. Требования к выполнению сложных разрезов определены ГОСТ 2.305.

Рассмотрим построение сложного ступенчатого разреза в программе nanoCAD на примере модели (рис. 5.1).

5.1. Построение модели

Модель задана (рис. 5.1) видами сверху и спереди, местными видами *B* и *Г*, а также поперечным сечением ребра жесткости.

Требуется построить 3D-модель и на ее основе построить чертеж, содержащий сложный ступенчатый разрез *A-A*, наклонное сечение *B-B*, вид слева, совмещенный с профильным разрезом, а также диметрию с разрезом.

Построение модели выполним в режиме прямого моделирования.

- ◆ Создайте новый файл и повторите настройки, приведенные в разделе 3.4. Рекомендуется применить шаблон, созданный в предыдущей работе (см. раздел 4.11).
- ◆ В горизонтальной плоскости, в МСК, по размерам, приведенным на рис. 5.1, постройте контуры (рис. 5.2а). Из них командой «Выдавить грань»  сформируйте основание с тремя крепежными отверстиями и вертикальную призму с вертикальным сквозным пазом (рис. 5.2б).
- ◆ Добавьте вертикальный цилиндр  и ребро жесткости. Построение ребра выполните как в предыдущей работе (см. раздел 3.6.3). Созданные элементы объедините (рис. 5.2б).
- ◆ Создайте в цилиндре и основании сквозное вертикальное отверстие квадратного сечения 14×14.

- ◆ Установите ПСК на правую грань вертикальной призмы, постройте контуры двух горизонтальных отверстий, заданных местным видом *В*, выдавите эти контуры командой «Выдавить грань» . Либо командой «Выдавливание»  первоначально сформируйте две горизонтальные призмы со скруглениями, а затем вычтите  их из наружного объема (рис. 5.2в).

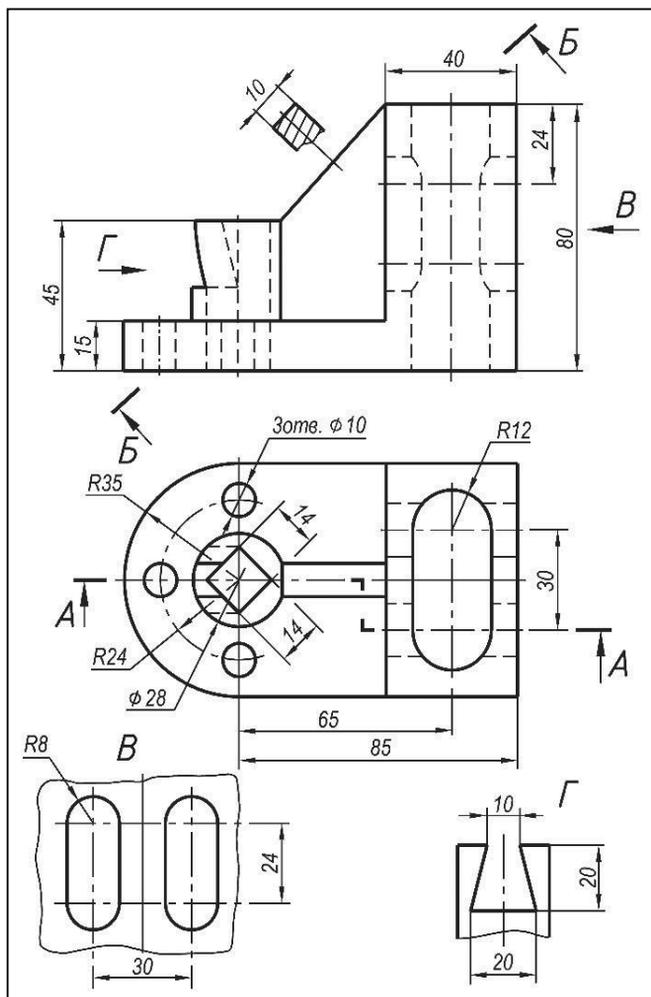


Рис. 5.1. Вариант задания «Ступенчатый разрез»

- ◆ Параллельно переместите начало координат ПСК к основанию цилиндра, постройте контур, заданный местным видом *Г*. Примените команду «Выдавить грань» или «Выдавливание» и сформируйте горизонтальный трапециевидный паз в цилиндре.

Модель построена (рис. 5.2з).

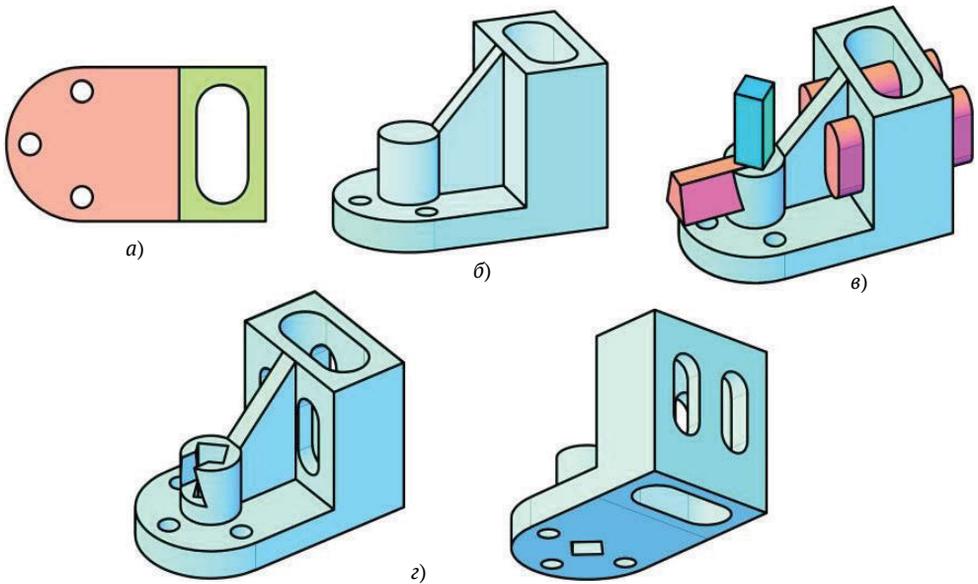


Рис. 5.2. Построение модели для ступенчатого разреза:

a – контуры основания; *б* – наружный объем; *в* – внутренние объемы; *г* – итоговая модель

5.2. Построение ступенчатого разреза

Ступенчатый разрез А-А составим из частей двух простых разрезов, выполненных взаимно параллельными плоскостями. Учитывая требования ГОСТ 2.305, линию совмещения частей простых разрезов на чертеже не показываем. Помним, что ребро жесткости в продольном разрезе показывается незаштрихованным.

- ◆ По 3D-модели командой «2D Вид»  постройте вид сверху (рис. 5.3а). В окне «Свойства» на этом виде включите отображение скрытых линий.

Включение скрытых линий на первой проекции приведет к их отображению на последующих проекциях и разрезах, что позволит на итоговом разрезе построить контур ребра жесткости.

- ◆ По точке 1 (привязка «Квадрант» или «Середина») и прямой линии *a* командой «2D разрез»  постройте первый продольный разрез (рис. 5.3б).
- ◆ По точке 2 (привязка «Центр») и прямой *b* постройте второй разрез (рис. 5.3в).
- ◆ Проведите вертикальную прямую *c*, положение которой определяется местом «ступеньки» разреза А-А.
- ◆ Оба разреза командой «Разбивка»  расчлените на элементы.
- ◆ С изображений разрезов удалите часть штриховки, по которой проходит прямая *c*.

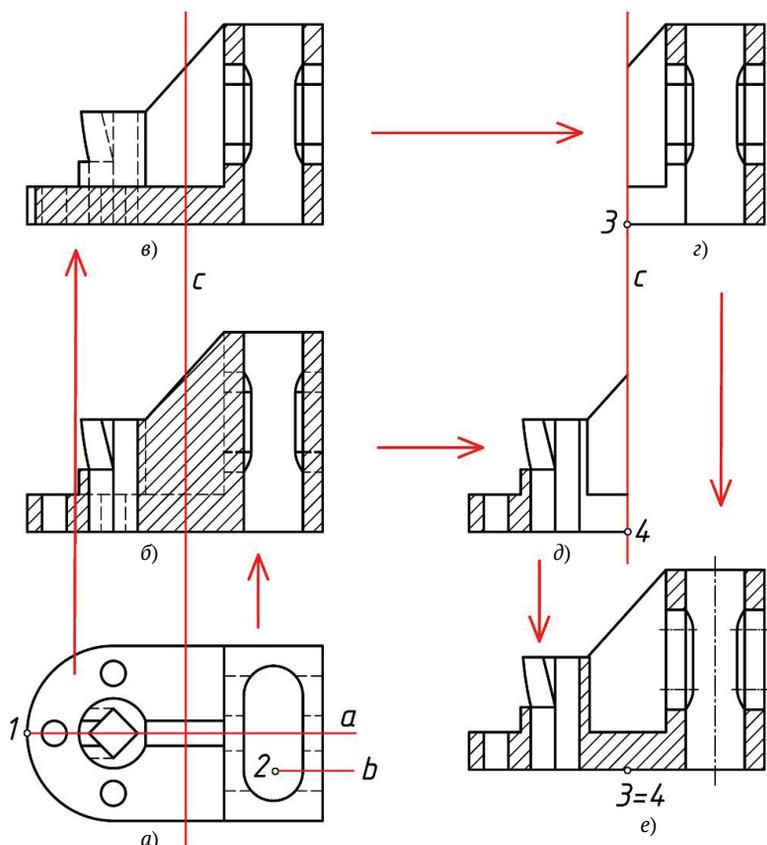


Рис. 5.3. Построение ступенчатого разреза:
 а – 2D-вид сверху; б, в – фронтальные разрезы;
 г, д – части фронтальных разрезов; е – итоговый ступенчатый разрез

- ◆ Применяя команды «Обрезать»  и «Стереть» , с разреза (рис. 5.3г) удалите левую часть, с разреза (рис. 5.3д) удалите правую часть изображений.
- ◆ По точкам 3 и 4 с объектной привязкой «Конточка» совместите  обе части (рис. 5.3е).
- ◆ На совмещенном изображении сформируйте контур ребра жесткости, для этого командой «Копирование свойств»  скрытые линии контура ребра преобразуйте в контурные.
- ◆ Выполните штриховку модели, исключая контур ребра жесткости. Постройте оси симметрии элементов модели.

Ступенчатый разрез построен.

5.3. Построение профильного разреза

Секущую плоскость поперечного профильного разреза (назовем его *B-B*) следует задать самостоятельно так, чтобы этот разрез дополнительно пояснял внутренние элементы модели и повышал наглядность чертежа. В рассматриваемом примере это будет простой разрез по оси паза вертикальной призмы. В других вариантах положение плоскости рекомендуется согласовать с преподавателем. Разрез выполняем в той же последовательности, что и в предыдущих примерах (см. раздел 4.9, рис. 4.15). Ввиду симметрии вида слева и профильного разреза совмещаем половину вида слева с половиной разреза. Учитываем, что с осью симметрии, являющейся линией совмещения, совпадает ребро призматического отверстия в цилиндре. Это ребро через трапециевидный паз отображается на виде. Поэтому линию совмещения смещаем в сторону разреза.

- ◆ По 3D-модели постройте 2D-вид сверху (рис. 5.4а) и по нему постройте проекционный вид спереди или по точкам 1, 2 постройте фронтальный 2D-разрез (рис. 5.4б).
- ◆ По виду спереди или фронтальному разрезу постройте проекционный вид слева (рис. 5.4в) и профильный 2D-разрез по точкам 3, 4 (рис. 5.4г).

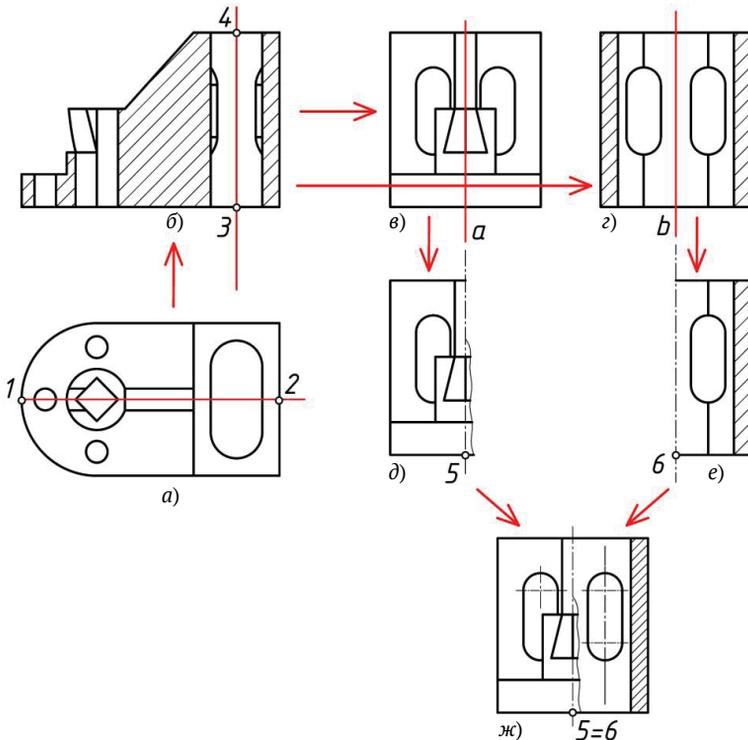


Рис. 5.4. Совмещение вида слева с профильным разрезом:
 а – 2D-вид сверху; б – фронтальный 2D-разрез; в – вид слева; г – профильный разрез;
 д, е – части разрезов; ж – совмещенное изображение

- ◆ По осям симметрии вида и разреза проведите прямые *a* и *b*.
- ◆ Изображение вида и разреза командой «Разбивка»  расчленилите на элементы.
- ◆ На виде слева проведите сплайн, расширяя область вида в сторону разреза. Командами «Обрезать»  и «Стереть»  удалите правую часть вида (рис. 5.4д).
- ◆ На разрезе (рис. 5.4е) удалите левую часть разреза.
- ◆ Подготовленные части вида и разреза совместите по точкам 5 и 6 (рис. 5.4ж). Постройте оси симметрии элементов.

Построено изображение, в котором совмещены половина вида слева и половина профильного разреза *B-B* (см. рис. 5.8).

5.4. Наклонное сечение

Сечение – это изображение, получаемое при пересечении модели плоскостью. В отличие от разреза сечение содержит только линии, расположенные в секущей плоскости. Изображение объекта, расположенное за секущей плоскостью, не показывают.

Сечение называется *наклонным*, если секущая плоскость не параллельна ни одной из плоскостей основных видов чертежа.

Правила построения сечений на чертежах определены в ГОСТ 2.305.

- ◆ Откройте в интернете ГОСТ 2.305 и изучите классификацию сечений, правила их построения и обозначения на чертежах.

В программе *AutoCAD* возможны три варианта построения наклонного сечения. Первый вариант – применение команды «Сечение». Второй вариант – применение команды «Секущая плоскость». Третий – построение командой «2D разрез».

Первые два варианта рационально применять, если секущая плоскость является плоскостью общего положения (вспомните начертательную геометрию). Третий вариант – если плоскость проецирующая, то есть перпендикулярна плоскости одного из основных видов.

5.4.1. Построение командой «Сечение»

Для выполнения команды «Сечение» необходимо на 3D-модели указать три точки секущей плоскости. Сечение создается как плоская фигура, расположенная в плоскости сечения в теле модели. Фигуру сечения можно скопировать на свободное место. Чтобы поместить сечение в плоскость чертежа, следует установить ПСК по трем точкам сечения, скопировать его в буфер памяти (**Ctrl+C**), установить ПСК в плоскость чертежа и вставить сечение из буфера (**Ctrl+V**).

Рассмотрим пример: построить сечение модели плоскостью, заданной точками 1, 2, 3, где точка 3 – середина ребра (рис. 5.5а).

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Сечение  \ укажите модель \ С объектной привязкой укажите точки 1, 2, 3 – сечение построено как объект типа «Область» и находится в теле модели (рис. 5.5а).

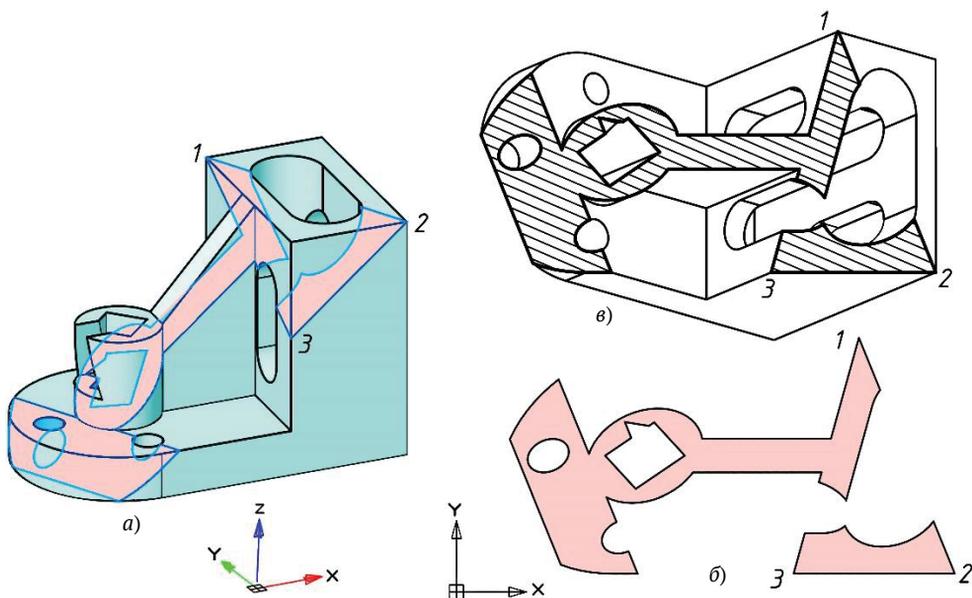


Рис. 5.5. Построение наклонных сечений:

- а* – команда «Сечение» (сечение расположено в теле модели);
- б* – совмещение с плоскостью чертежа; *в* – команда «Секущая плоскость»

Переместим сечение в плоскость чертежа (рис. 5.5а, б), то есть в плоскость ХУ системы МСК.

- ◆ Укажите контур сечения и скопируйте (вынесите)  его на свободное место.
- ◆ Установите ПСК по трем точкам пространственной фигуры сечения, скопируйте сечение в буфер.
- ◆ Восстановите МСК как плоскость чертежа и вставьте сечение из буфера (рис. 5.5б).

5.4.2. Построение командой «Секущая плоскость»

Команда «Секущая плоскость» относится к командам, создающим 2D-виды. Сечение задается тремя точками, указанными на 3D-модели (см. рис. 5.5а). Команда строит 2D-разрез и помещает его в плоскость чертежа (рис. 5.5б), точнее в плоскость ХУ текущей ПСК. Область сечения автоматически отображается заштрихованной. Направление проецирования определяется с вершины оси Z в начало координат ПСК, заданной указанными точками. Первая точка

определяет положение начала координат, вторая – направление оси X, третья – направление оси Y.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ 2D-виды \  Секущая плоскость \ 3 точки \ С объектной привязкой укажите три точки на модели, например точки 1, 3, 2 \ Модель \ на экране укажите точку для вставки изображения – создано изображение 2D-разреза (см. рис. 5.5в), помещенное в плоскость чертежа.

Этой командой предусмотрены и другие варианты задания секущей плоскости. Например, указав две точки, можно построить 2D-разрез плоскостью, проходящей через эти точки и перпендикулярной плоскости XY текущей ПСК. Указав грань модели и точку, построить сечение, параллельное грани и проходящее через точку, которое также будет помещено в плоскость XY текущей ПСК, и др.

- ◆ Изучите информацию по команде «Секущая плоскость», для этого начните выполнять команду и нажмите **F1**.

Если в изображении 2D-разреза нужно только сечение, то следует применить команду «Разбивка»  и удалить линии, расположенные за секущей плоскостью.

5.4.3. Построение командой «2D разрез»

В выполняемом задании положение секущей плоскости *Б-Б* (см. рис. 5.1) задано перпендикулярно плоскости вида спереди (фронтально-проецирующая плоскость). Сечение рационально выполнить командой «2D разрез» с последующим удалением линий, расположенных за секущей плоскостью. При построении сечения необходимо точно задать линию сечения. В нашем примере эта линия задается точками 3, 4 (рис. 5.6б) на пересечении осей отверстий с очерком вида спереди.

- ◆ По 3D-модели постройте 2D-вид сверху (рис. 5.6а) и по нему по точкам 1, 2 постройте фронтальный 2D-разрез (рис. 5.6б).
- ◆ По точкам 3, 4 (с привязкой «Середина») постройте 2D-разрез (рис. 5.6в).
- ◆ Изображение разреза командой «Разбивка» расчленили на элементы и удалили линии, расположенные за секущей плоскостью (рис. 5.6г).

Построенное сечение автоматически создается в проекционной связи с линией сечения (см. рис. 5.6в). Такое положение сечения на чертеже является предпочтительным. По условиям компоновки чертежа сечение можно перемещать, сохраняя его наклон. Если сечение не помещается на чертеже, то допускается его поворот в строго вертикальное (см. рис. 5.6з) или горизонтальное положение и размещение на свободном месте чертежа. Для поворота сечения следует применить команду «Повернуть»  с опцией «Опорный угол».

Сечение необходимо заштриховать, сохраняя ранее заданные на чертеже параметры штриховки. Если наклон линий штриховки близок к контуру сечения, то следует изменить наклон штриховки, задав его 30° или 60°.

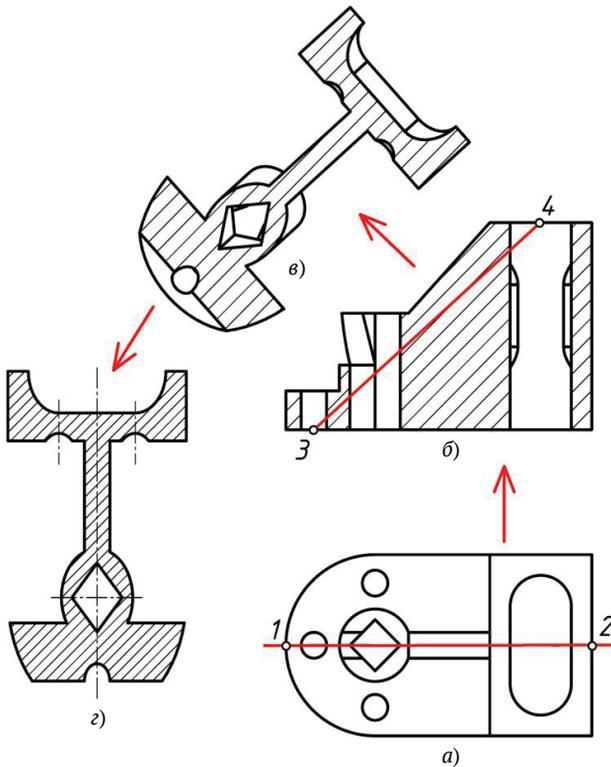


Рис. 5.6. Наклонное сечение:
a – вид сверху; *б* – фронтальный разрез;
в – 2D-разрез; *г* – законченное сечение

5.5. Диметрия ступенчатого разреза

В задании допускается строить простой аксонометрический разрез (см. раздел 4.4 и рис. 5.7*а*). Однако для повышения наглядности предпочтительно построение аксонометрии со ступенчатым разрезом (рис. 5.7*б*, *в*).

- ◆ Создайте копию 3D-модели.
- ◆ Командой «3D разрез»  постройте разрезы модели по точкам 1 и 2, 3 и 4, 5 и 6 (рис. 5.7*б*).
- ◆ Удалите части модели, расположенные перед плоскостями ступенчатого разреза.
- ◆ Оставшиеся части следует объединить .
- ◆ Повторите алгоритм редактирования диметрии, рассмотренный выше (см. раздел 4.4.3).

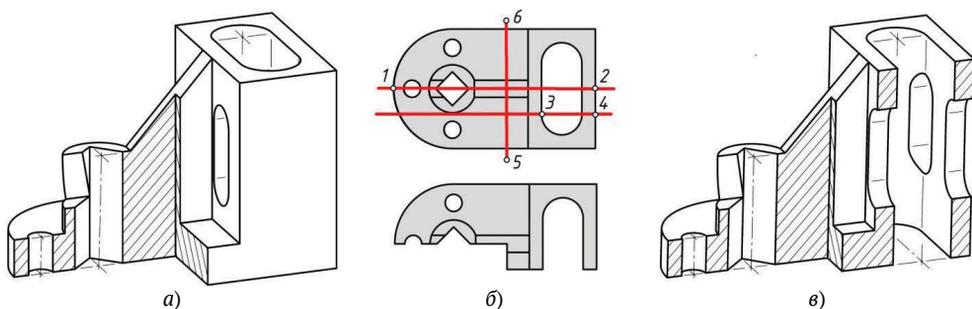


Рис. 5.7. Варианты диметрии модели ступенчатого разреза:
 а – простой разрез; б – подготовка модели, в – ступенчатый разрез

5.6. Чертеж со ступенчатым разрезом

Чертеж (рис. 5.8) выполняется в той же последовательности, что и в предыдущей работе (см. разделы 4.5–4.10).

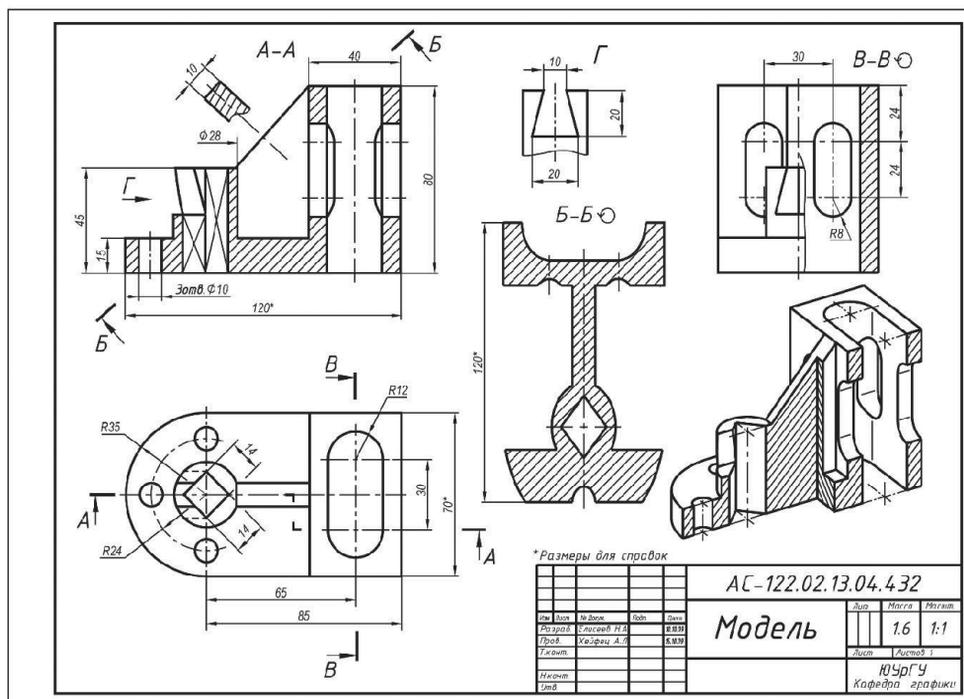


Рис. 5.8. Чертеж модели со ступенчатым разрезом

5.6.1. Последовательность построения чертежа

Чертеж формируем в пространстве Модели, в файле, в котором построена 3D-модель и выполнены необходимые настройки (см. раздел 4.2).

- ◆ Отредактируйте созданные изображения видов, разрезов и наклонного сечения, дополняя их построением осевых линий. Выберите типы и настройте параметры линий контура, осей, штриховки.
- ◆ Создайте формат А3 (см. раздел 4.5.2) и выполните компоновку чертежа (см. раздел 4.6).
- ◆ Обозначьте разрезы, наклонное сечение, местные виды. Выполните обозначения (см. ниже раздел 5.6.2).
- ◆ Проконтролируйте автоматическое определение массы модели и занесение ее в штамп или определите ее массу (см. раздел 4.5.3).
- ◆ Проставьте размеры, обозначьте размеры для справок, в том числе длину наклонного сечения.
- ◆ Заполните основную надпись (штамп).
- ◆ Выведите чертеж на печать (см. раздел 4.10).

5.6.2. Обозначение ступенчатого разреза и наклонного сечения

Сложные разрезы на чертеже всегда обозначаются. Обозначение разреза содержит ломаную линию сечения и надпись изображения. Линия сечения (рис. 5.9) имеет те же параметры, что и при обозначении простых разрезов (см. раздел 4.8, рис. 4.13). Звенья этой линии («ступеньки»), показывающие переход между плоскостями, имеют длину по 5...7 мм. «Ступенек» может быть две и более. Над изображением разреза выполняется надпись по типу А-А, размер шрифта 5...7 мм.

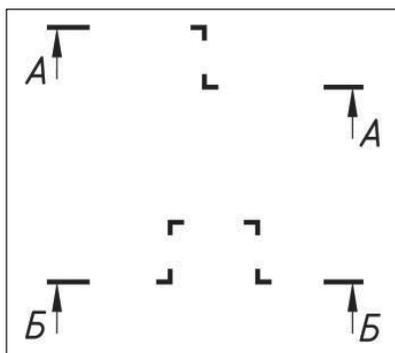


Рис. 5.9. Обозначения линии сечения ступенчатых разрезов

- ◆ Найдите на чертеже (см. рис. 5.8) обозначение секущей плоскости и изображение ступенчатого разреза А-А.

Наклонное сечение обозначается как простой разрез. Буквы проставляют с наружной стороны относительно стрелок, без дополнительного наклона. Если се-

чение по условиям компоновки поворачивают, то надпись над изображением дополняют знаком  (см. раздел 4.8, рис. 4.13).

Автоматическое обозначение разреза и сечения

Выполняется так же, как в случае с простым разрезом (см. раздел 4.8.3, рис. 4.14). Особенность ступенчатого разреза состоит в том, что при задании разомкнутой линии разреза командой  «Разрезы-сечения» следует указать дополнительные точки, воспроизводящие ступенчатую линию.

5.6.3. Местный вид

Местным называют вид ограниченной части модели, полученный, как правило, увеличением одного из основных видов. Местный вид позволяет уточнить форму какого-либо элемента модели и наглядно проставить размеры этого элемента.

Чертеж (см. рис. 5.8) содержит местный вид *Г*, показывающий форму и размеры трапециевидного паза. Этот вид является частью вида слева. Для построения этого вида необходимо заново построить 2D-проекционный вид слева всей модели, разбить  вид на элементы и оставить необходимую часть. Остальные линии следует удалить. Границы местного вида, являющиеся линиями обрыва изображения, обозначаются тонкой волнистой линией, выполняемой командой «Сплит» .

Местный вид обозначается одной стрелкой и буквой. Их размеры те же, что и при обозначении разрезов (см. раздел 5.6.2). Сверху над изображением вида ставится одна буква имени этого вида. Изображение можно размещать на свободном месте чертежа, но рекомендуется помещать его вблизи основного вида, с которого это изображение получено. Если местный вид выполняется в масштабе, отличающемся от масштаба чертежа, указанного в штампе, то рядом с именем вида ставится масштаб.

- ◆ Найдите на чертеже (см. рис. 5.8) для местного вида *Г* стрелку с буквой, изображение и надпись над изображением.

Изображение местного вида по условиям компоновки и наглядности чертежа можно повернуть, в этом случае надпись над изображением следует снабдить знаком поворота .

В модуле «Механика» предусмотрено автоматическое обозначение местного вида. Стрелку с именем вида можно проставить командой:

- ◆ Механика \ Символы \  Виды \ укажите точку вставки стрелки вида \ укажите вторую точку, определяющую направление стрелки вида, – откроется диалоговое окно «Виды, разрезы, сечения» (см. рис. 4.14) с активной кнопкой «Вид» \ в окне отмените «Автосортировку» \ в поле «Буква» внесите имя вида, например *Г* \ ОК.

Обозначение (надпись) местного вида над его изображением также можно проставить автоматически. Предварительно нужно поставить стрелку вида и в окне отменить «Автосортировку». Затем:

- ◆ Механика \ Символы \ Обозначения видов, разрезов \ в поле «Буква» внесите имя вида. Если необходимо, то в среднем поле раскройте список и задайте значение масштаба \ рядом можно указать знак поворота \odot \ ОК \ перемещайте курсор – тянется обозначение вида \ укажите точку вставки обозначения.

Для редактирования стрелки и обозначения следует выполнить по ним клик ПКМ – откроется окно создания. Если по стрелке или обозначению выполнить последовательно клик ЛКМ и ПКМ, откроется окно «Свойства», где можно настроить шрифт, например задать рекомендуемый в нашем курсе шрифт ГОСТ 2.304.

Размер обозначений и шрифта можно дополнительно регулировать, устанавливая масштаб символов (см. раздел 4.7.2).

Все параметры обозначений можно настраивать через контекстное меню:

- ◆ укажите обозначение \ клик ЛКМ и ПКМ – откроется контекстное меню \ укажите в верхнем разделе меню «Переопределить параметры».

5.6.4. Особенность аксонометрии

Как отмечалось (см. раздел 4.4), предпочтительной аксонометрией является ортогональная диметрия по ГОСТ 2.317 с расположением аксонометрических осей под углами $\approx 7^\circ$ и $\approx 41^\circ$ (см. раздел 4.4.1, рис. 4.7б). В отдельных случаях для повышения наглядности изображения допускается незначительное отклонение от указанных угловых параметров осей.

Рекомендуем первоначально построить диметрию с указанными выше углами осей (см. рис. 5.7в). Затем можно корректировать направление взгляда, то есть вращать изображение модели, добиваясь более полного отображения отдельных ее элементов. При этом необходимо сохранять вертикальное положение модели. Так, на чертеже (см. рис. 5.8) корректировка позволила показать дальнюю кромку отверстия в призме и дополнительно повысить наглядность модели. Такая аксонометрия называется *триметрией*. Измеренные после корректировки углы осей составили 16° для оси X и 38° для оси Y.

В результате корректировки изменены и параметры штриховки сечений в аксонометрии. Алгоритм определения этих параметров приведен в разделе 9.6.3.

5.6.5. Другие элементы чертежа

Простой поперечный профильный разрез *B-B* обозначен на виде сверху (см. рис. 5.8). Его изображение показано на месте вида слева с поворотом на 90° относительно направления взгляда, заданного стрелками в обозначении секущей плоскости. Поэтому надпись над изображением дополнена знаком поворота изображения \odot . Можно обозначить этот разрез на виде спереди (см. выше рис. 4.15, разрез *A-A*), при этом знак поворота не нужен.

Поскольку изображение, выполненное на месте вида слева, является результатом совмещения вида и разреза (см. рис. 5.8), то надпись *B-B* смещена в сторону разреза.

На совмещенном изображении размеры, относящиеся к разрезу (параметры паза) проставлены со стороны разреза.

Наклонное сечение *Б-Б* из-за ограничения места на чертеже выполнено с поворотом и установлено вертикально. Поэтому к обозначению изображения сечения добавлен знак \odot . На этом сечении проставлен справочный размер длины сечения, позволяющий проконтролировать правильность его построения.

Чертеж также содержит местный разрез (см. раздел 4.3.4), выполненный на виде слева, и поперечное сечение ребра жесткости (см. раздел 4.3.6).

ГЛАВА 6

Сложный ломаный 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 ломаный разрез».

В данной главе рассмотрено выполнение третьей работы задания «3D-моделирование и проекционное черчение». Целью работы является освоение 3D-алгоритма построения ломаного разреза применительно к программе nanoCAD. Необходимо построить модель своего варианта и выполнить ее чертеж. Приведен пример построения модели, форма которой характерна для применения ломаного разреза, и построения ее чертежа.

6.1. Построение модели

Модель задана видами сверху и спереди, а также дополнительным видом по стрелке *Б* (рис. 6.1). Требуется построить 3D-модель и на ее основе построить чертеж, содержащий сложный ломаный разрез *А-А*, вид слева, совмещенный с профильным разрезом, дополнительный вид по стрелке *Б*, а также диметрию с разрезом.

Построение модели выполним в режиме прямого моделирования.

Строим наружную форму модели.

- ◆ Создайте новый файл на основе шаблона, подготовленного в предыдущей работе (см. раздел 4.11), или в новом файле повторите настройки, приведенные в разделе 3.4.
- ◆ В горизонтальной плоскости, в МСК, по размерам, заданным в исходных данных на виде сверху, постройте контуры 1, 2, 3 основания модели (рис. 6.2а).
- ◆ К контурам 1, 2 примените команду «Выдавить грань»  или сформируйте из них области  и примените команду «Выдавливание» . Будут получены основание 4 и призма 5. Призму 5 зеркально отобразите  относительно продольной оси модели – получится призма 5'. Постройте цилиндр 6  и сферу 7 . Построенные объекты объедините  – это будет наружный объем модели (рис. 6.2б).

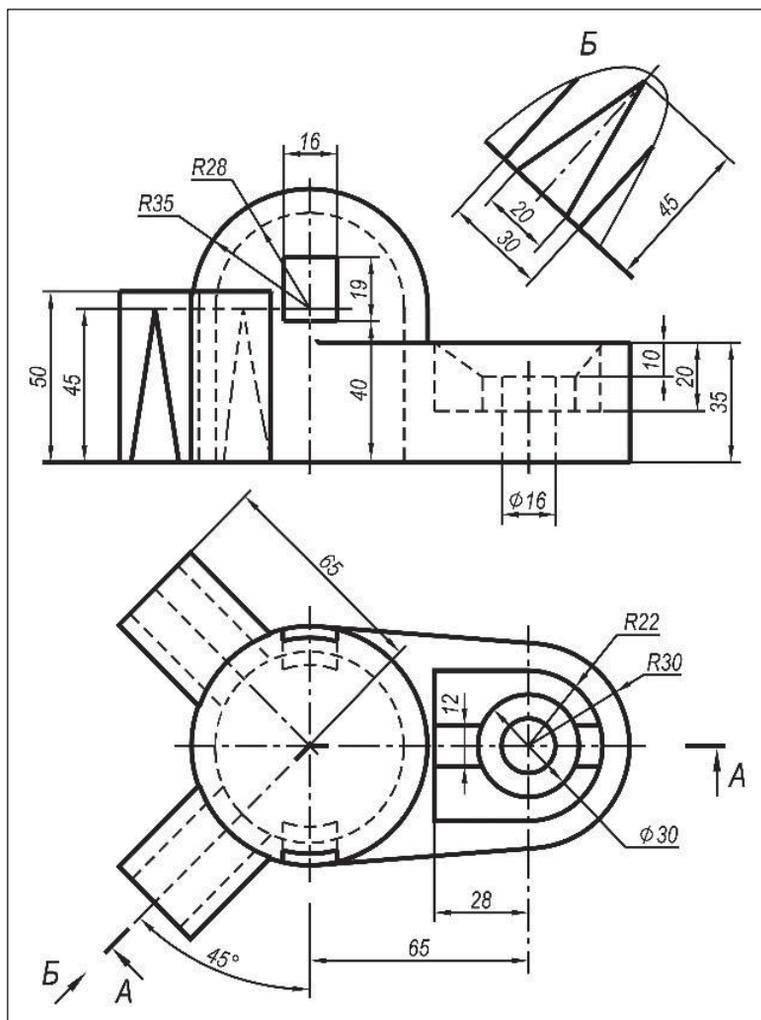


Рис. 6.1. Вариант задания «Ломаный разрез»

Переходим к построению внутренних элементов модели.

- ◆ Оставаясь в горизонтальной плоскости и МСК $\begin{matrix} y \\ x \end{matrix}$, постройте внутренние цилиндр 8 и сферу 9 (рис. 6.2в) и вычтите  их из наружного объема.
- ◆ Установите ПСК на грань  призмы 5. На грани постройте контур треугольного паза 10 (рис. 6.2г).
- ◆ Размеры контура паза 10 заданы на дополнительном виде Б (см. рис. 6.1). Линии контура объедините в область и командой «Выдавливание» сформируйте треугольную горизонтальную призму, выходящую во внутренний цилиндр. Зеркально отобразите призму относительно продольной оси модели и вычтите обе призмы из наружного объема – будут построены сквозные треугольные пазы 10 в призмах 5 и 5'.

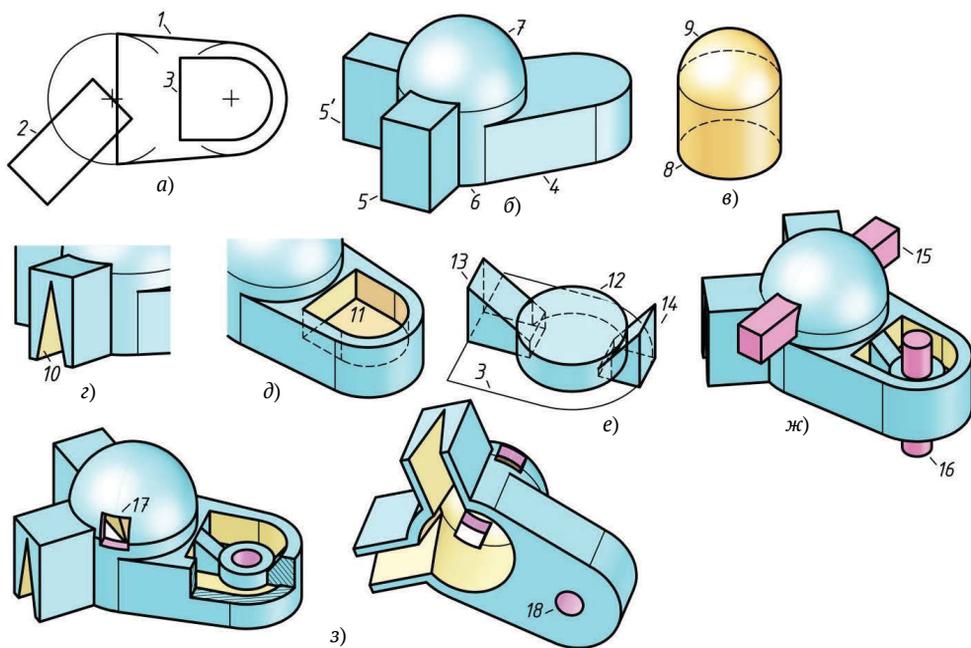


Рис. 6.2. Построение модели для ломаного разреза:

а, б – наружные элементы; *в–ж* – внутренние элементы; *з* – законченная модель

- ◆ На основе контура 3 постройте паз 11 (рис. 6.2а, д). Для этого контур 3 переместите ортогонально на верхнюю грань основания 4, величина перемещения 35 мм (см. рис. 6.1). Затем примените к контуру команду «Выдавить грань» , направление выдавливания задайте перемещением курсора вниз. Величина выдавливания 20 мм.
- ◆ Внутри паза 11 постройте цилиндр 12 и два клиновидных ребра жесткости 13 и 14 (рис. 6.2е). Для ребер примените рассмотренный ранее алгоритм построения ребер (см. раздел 3.6.3). Цилиндр и ребра объедините с наружным объемом модели.
- ◆ Установите ортогональный вид спереди  (см. раздел 2.4.2) и постройте параллелепипед 15, его основание – прямоугольник 16×19 (см. рис. 6.1, вид спереди).
- ◆ Установите ортогональный вид сверху и постройте вертикальный цилиндр 16 (рис. 6.2ж).
- ◆ Вычтите  параллелепипед 15 и цилиндр 16 из объема модели – будут получены два сквозных прямоугольных паза 17 и цилиндрическое отверстие 18 (рис. 6.2з).

Для создания пазов 17 и отверстия 18 вместо построения параллелепипеда и цилиндра можно применить команду «Выдавить грань» .

Модель построена.

6.2. Особенности выполнения ломаного разреза

Сложный разрез называется *ломаным*, если секущие плоскости этого разреза взаимно пересекаются. Это наиболее трудный в построении разрез. Отметим особенности ломаного разреза, предусмотренные ГОСТ 2.305.

1. Сечения, образованные плоскостями ломаного разреза, поворачивают до совмещения в одну плоскость. Совмещенные изображения отображают на одну из основных плоскостей проекций, принимаемую за плоскость выполняемого разреза.
2. Элементы, расположенные за секущими плоскостями, изображаются на разрезе без поворота.
3. Линии, относящиеся к элементам, рассекаемым поворачиваемой плоскостью, первоначально проецируют на эту плоскость и затем поворачивают вместе с сечением модели этой плоскостью.
4. Линия пересечения секущих плоскостей на разрезе не проводится.

Рассмотрим перечисленные особенности ломаного разреза на примере создаваемой модели (рис. 6.3). Найдите (рис. 6.3а) на виде сверху разомкнутую линию, обозначенную буквами А-А, показывающую положение двух взаимно пересекающихся плоскостей, рассекающих деталь. Правая плоскость параллельна виду спереди, разрез этой плоскостью строится в непосредственной проекционной связи с видом спереди. Левая секущая плоскость расположена под углом к правой секущей плоскости и виду спереди. Сечение этой плоскостью предварительно поворачивается вокруг линии пересечения секущих плоскостей в положение А' и только после этого по проекционной связи наносится на изображения разреза.

Проецирование точек, расположенных в плоскости поворачиваемого сечения, поясняется на примере точки 1 (см. рис. 6.3а). Горизонтальная проекция точки 1, точка 1_1 , сначала поворачивается в положение $1'_1$, затем по проекционной связи строится ее фронтальная проекция – точка $1'_2$.

Примерами элементов, расположенных за секущей плоскостью, являются прямоугольное отверстие c и линия пересечения дальнего треугольного паза с внутренней поверхностью детали – две дуги эллипсов b . Их изображения c_2 и b_2 построены без поворота.

Примерами линий, принадлежащих рассекаемым элементам и находящихся за секущей плоскостью, являются ребра ближней призмы и расположенного в ней треугольного паза, а также дуга эллипса a , возникающего при пересечении этого паза с внутренней цилиндрической поверхностью детали. Их построение на разрезе можно проследить по точке 2: точка 2_1 проецируется на левую секущую плоскость – находится точка 2_1° , затем поворотом последней находится точка $2_1^{\circ'}$ и окончательно по проекционной связи определяется проекция точки 2 на разрезе – точка $2_2^{\circ'}$.

На рис. 6.3б показана разомкнутая линия, обозначающая положение секущих плоскостей. Ее параметры те же, что у ступенчатого разреза: стрелки смещены к наружным краям линии; буквы проставляются с наружной стороны относи-

тельно стрелок; шрифт букв принимается на один номер больше, чем шрифт размерных чисел чертежа (рекомендуется шрифт 5).

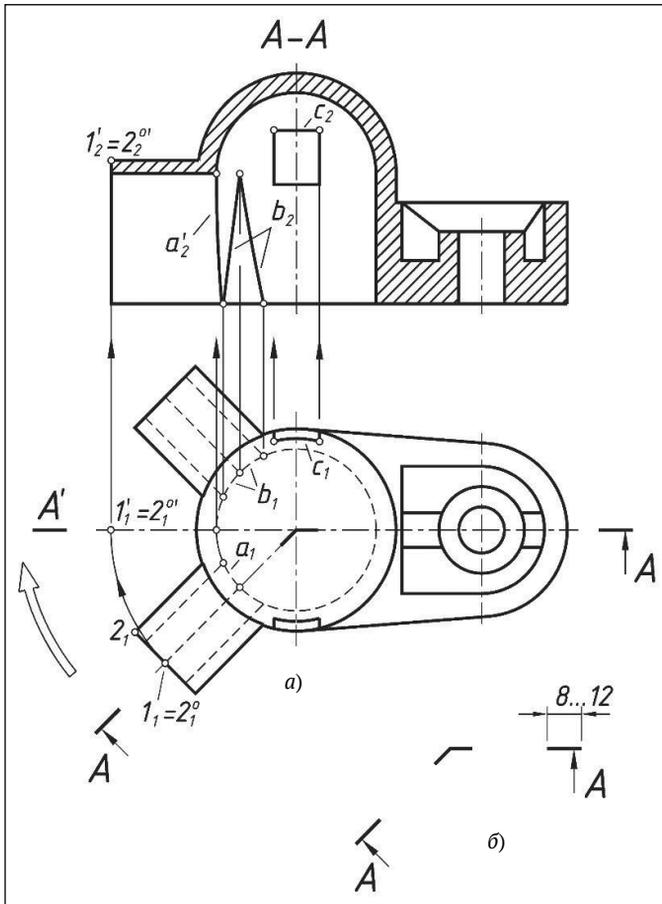


Рис. 6.3. Схема построения ломаного разреза:
а – поворот и совмещение плоскостей; б – обозначение линии разреза

6.3. Построение ломаного разреза

Ломаный разрез А-А образован двумя простыми разрезами. Первый разрез образован плоскостью 1-2, второй – плоскостью 1-3 (рис. 6.4а). Необходимо построить каждый из них, отредактировать изображения и совместить их в единое изображение. Начнем с разреза, образованного плоскостью 1-2.

- ◆ По 3D-модели постройте 2D-вид  сверху (рис. 6.4а).
- ◆ По точкам 1, 2 командой «2D разрез»  постройте первый разрез (рис. 6.4б).
- ◆ Разбейте  изображение первого разреза на элементы.

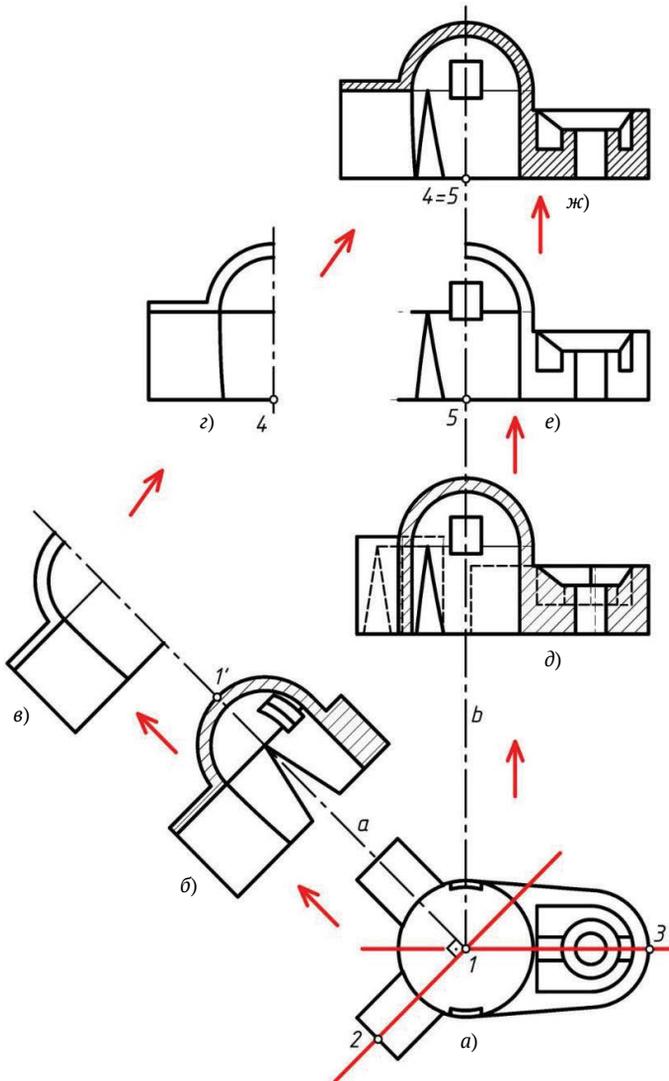


Рис. 6.4. Последовательность построения ломаного разреза:
 а – вид сверху и секущие плоскости; б–г – первый разрез;
 д, е – второй разрез; ж – совмещение разрезов

- ◆ На изображении первого разреза (рис. 6.4б) найдите точку 1' как проекцию точки 1 пересечения плоскостей, образующих ломаный разрез. По точкам 1, 1' постройте отрезок *a*. Убедитесь, что $a \perp (1, 2)$.
- ◆ Командами «Обрезать»  и «Стереть»  удалите правую часть изображения и штриховку первого разреза (рис. 6.4в).
- ◆ Удалите (см. рис. 6.4в) проекцию треугольного паза, поскольку он расположен за секущей плоскостью 1-2 и будет показан на втором разрезе в проекционной связи этого разреза.

- ◆ Командой «Повернуть»  с опцией «Опорный отрезок» поверните подготовленное изображение первого разреза в горизонтальное положение (рис. 6.4з).

Переходим ко второму разрезу, образованному плоскостью 1-3.

- ◆ По виду сверху постройте 2D-разрез плоскостью 1-3 (рис. 6.4д).

На изображении разреза включите показ скрытых линий и настройте масштаб линий.

- ◆ Клик ПКМ по изображению разреза \ произведите настройки в окне «Свойства» – Показать скрытые линии: Да, Масштаб типа линий: 2.
- ◆ Разбейте  изображение разреза на элементы.
- ◆ Из точки 1 проведите вертикальный отрезок *b*.
- ◆ Удалите левую часть изображения, кроме проекции линий треугольного и прямоугольного пазов, поскольку они расположены за секущей плоскостью 1-2 и должны быть показаны в проекционной связи без поворота (рис. 6.4е).
- ◆ Удалите штриховку. По скрытым линиям выделите контуры двух ребер жесткости и придайте этим контурам толщину линий контура (рекомендуем применить команду «Копирование свойств» .
- ◆ Совместите изображения разрезов по точкам 4, 5 (рис. 6.4ж). Выполните штриховку разреза, исключая штриховку ребер.

Ломаный разрез построен.

Обозначение секущей плоскости и изображения ломаного разреза выполняется так же, как простого и ступенчатого разрезов (см. раздел 5.6.2).

6.4. Профильный поперечный разрез

Секущая плоскость профильного разреза задается студентом самостоятельно или по рекомендации преподавателя. Этот разрез должен дополнительно пояснить внутреннюю форму модели. В нашем примере разрез зададим по оси сферы по точкам 1, 2 (рис. 6.5а).

Ввиду симметрии вида слева и профильного разреза выполняется совмещение половины вида с половиной разреза. Построение выполняется в той же последовательности, что и в предыдущих работах.

- ◆ По 3D-модели постройте 2D-вид сверху и проекционные 2D-виды спереди и слева (рис. 6.5а, б).
- ◆ По точкам 1, 2 вида спереди постройте 2D-разрез (рис. 6.5в).
- ◆ Вид и разрез разбейте на элементы. Удалите штриховку.
- ◆ Проведите отрезки *a*, *b*.
- ◆ На изображении вида удалите элементы справа от отрезка *a* (рис. 6.5г), на разрезе – слева от отрезка *b* (рис. 6.5д).
- ◆ Совместите изображения по точкам 3, 4. Выполните штриховку разреза.

- ◆ Изображение, содержащее совмещенные половину вида слева и половину поперечного разреза, построено.

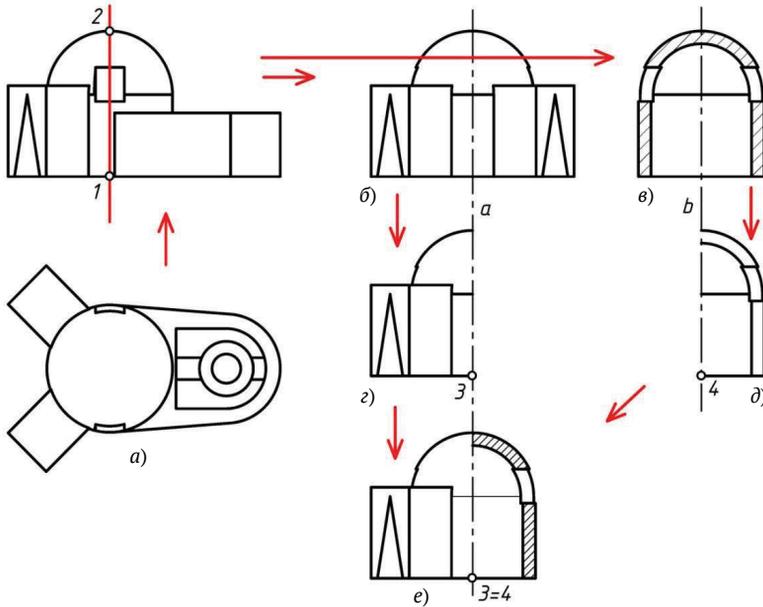


Рис. 6.5. Построение профильного разреза:

- a* – 2D-виды сверху и спереди; *б* – проекционный вид слева;
- в* – 2D-разрез по точкам 1, 2; *г* – редактирование вида слева;
- д* – редактирование разреза; *е* – совмещение вида и разреза

6.5. Диметрия модели ломаного разреза

Первоначально необходимо подготовить модель и «физически» воспроизвести ломаный разрез. В нашем примере следует дважды выполнить простые разрезы 1-2 и 1-3 (рис. 6.6*а*), удалить ближние к наблюдателю части модели, образовавшиеся в результате разрезов, и объединить оставшиеся части модели. Плоскости разрезов зададим перпендикулярными плоскостями XY системы МСК, определяя их двумя точками на виде сверху, – эта опция предусмотрена в команде «3D разрез» по умолчанию.

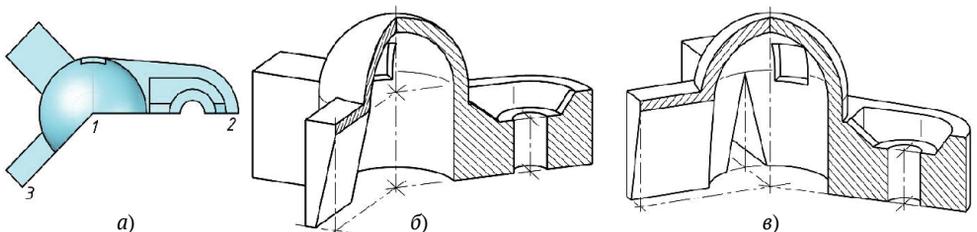


Рис. 6.6. Диметрия модели ломаного разреза:
a – подготовка модели; *б, в* – варианты диметрии

◆ Скопируйте построенную ранее 3D-модель на свободное место.

◆ Убедитесь, что установлены МСК и вид «Сверху» .

Первый 3D-разрез выполним фронтальной плоскостью по точкам 1 и 2 (см. рис. 6.6a).

◆ Разрез  \ укажите модель \ с привязкой «Центр» укажите точку 1 (центр сферы) \ с той же привязкой укажите центр отверстия или с привязкой «Середина» укажите точку 2 \ оставьте обе части – появится линия разреза.

Второй разрез выполним для ближней части модели, образовавшейся после первого разреза. Разрез зададим точками 1 и 3:

◆  \ укажите модель \ с привязкой «Центр» укажите центр сферы \ с привязкой «Середина» укажите точку 3 \ оставьте обе части – появится линия второго разреза.

◆ Удалите часть модели внутри сектора 2, 1, 3.

◆ Объедините  оставшиеся две части модели (см. рис. 6.6a).

Возможны различные варианты ортогональной диметрии. Для рассматриваемой модели приведены два варианта (рис. 6.6б, в). Оптимальным по наглядности следует считать вариант на рис. 6.6в, поскольку в нем в большей мере, чем в варианте б, раскрыты контуры треугольного и прямоугольного пазов модели.

◆ Для своей модели проанализируйте различные варианты диметрии и выберите оптимальный вариант.

Для построения диметрии следует реализовать алгоритм, рассмотренный выше для простого разреза (см. раздел 4.4). Для определения параметров штриховки можно ориентироваться на изображения (рис. 6.6б, в) или применить алгоритм точного определения параметров (см. раздел 9.6.3).

6.6. Дополнительный вид

Дополнительным называют вид в направлении, отличающемся от направления основных видов (видов спереди, сверху и др.). На чертеже дополнительный вид приводит к построению проекции на дополнительную плоскость проекций, отличающуюся от Π_1 , Π_2 , Π_3 (это обозначения плоскостей в начертательной геометрии). Дополнительные виды позволяют наглядно показать форму и размеры тех элементов модели, которые на основных видах отображаются с искажением формы. Построение дополнительного вида выполняется согласно ГОСТ 2.305.

В нашем примере (см. рис. 6.1) необходимо построить дополнительный вид по стрелке *Б*, который показывает истинный вид контура треугольного паза в призме и позволяет наглядно проставить размеры паза и призмы.

◆ Найдите на исходных данных (см. рис. 6.1) стрелку *Б*, указывающую направление дополнительного вида, и изображение этого вида, обозначенное одной буквой *Б*.

Дополнительный вид рекомендуется располагать в проекционной связи с гранью, которую этот вид дополняет. В этом случае дополнительный вид и его направление не обозначают (рис. 6.7в, з).

Изображение дополнительного вида разрешается помещать на свободное место чертежа, разрешается поворачивать. При повороте или перемещении изображения необходимо поименовать вид одной буквой, указать направление вида стрелкой с именем вида, а над изображением привести имя. При повороте вида имя необходимо дополнить знаком \odot (рис. 6.7д). На дополнительном виде допускается не показывать элементы модели, не относящиеся к уточняющему элементу. Область вида можно ограничивать линией обрыва (рис. 6.7з, д).

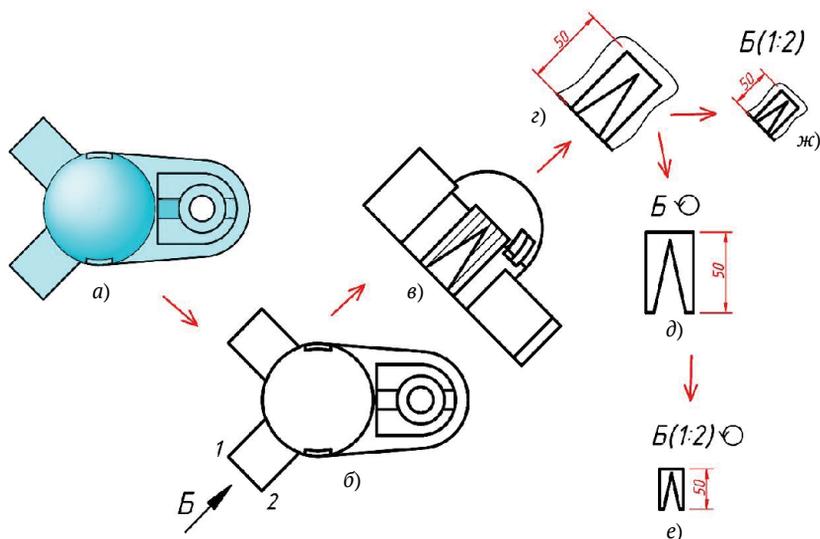


Рис. 6.7. Дополнительный вид, его изображение, обозначение и масштабирование: а – 3D-модель; б – 2D-вид сверху; в – дополнительный вид; з, д – редактирование вида; е, ж – масштабирование вида

Для построения дополнительного вида применим команду «2D разрез». Алгоритм построения дополнительного вида следующий.

- ◆ По 3D-модели постройте 2D-вид сверху (рис. 6.7а, б).
- ◆ По точкам 1, 2 (рис. 15б) постройте 2D-разрез (рис. 6.7в).
- ◆ Разбейте изображение разреза на элементы. Удалите штриховку грани 1-2. Удалите элементы, оставив контур грани и паза (рис. 6.7з).
- ◆ Командой «Сплайн»  постройте линию обрыва (рис. 6.7з).
- ◆ По условию компоновки чертежа изображение можно повернуть и переместить на свободное место чертежа (рис. 6.7д).

Дополнительный вид по стрелке Б построен.

Дополнительный вид поясняется стрелкой, указывающей его направление, и надписью над изображением (рис. 6.7). Обозначение направления и изобра-

жения дополнительного вида выполняется автоматически так же, как местного вида (см. раздел 5.6.3).

6.7. Масштабирование изображений в пространстве Модели

Напомним, что чертеж должен быть построен в истинных размерах объекта, и значение размеров также должно быть истинным. Исключение на чертеже могут составлять отдельные изображения объекта (виды, разрезы, сечения), которые при компоновке не удастся разместить в рамке формата и необходимо их уменьшить. Также возникает необходимость отдельные мелкие изображения увеличить для детального показа формы и простановки размеров. Во втором случае применяют выносной элемент (см. разделы 10.5, 10.9.4).

Для названных изображений применяют масштабирование (см. раздел 4.5.1). В nanoCAD предусмотрены два варианта масштабирования. Первый – в пространстве Модели при действительном изменении размеров изображения. Второй – масштабирование на Листе, при котором размеры изображений сохраняются истинными, но изменяется их отображение в видовых экранах (см. раздел 2.3).

Рассмотрим пример масштабирования дополнительного вида в пространстве Модели (рис. 6.7).

Пусть изображение дополнительного вида выполнено в масштабе 1:1 и на этом изображении проставлены его размеры, например размер 50 (рис. 6.7г, д). По условиям компоновки необходимо уменьшить изображение в два раза, то есть применить масштаб 1:2, сохранив истинные значения размерных чисел.

- ◆ Лента \ Главная \ Редактирование \ Масштаб  \ Выбор объектов: укажите рамкой масштабируемый вид и проставленные размеры \ Базовая точка: укажите точку, относительно которой выполните масштабирование \ Масштаб: 0.5.

Размер изображения и значения размерных чисел уменьшились в два раза, то есть значение рассматриваемого размера составило 25. Чтобы для нового изображения размеры вернуть к истинным значениям, установим «Масштаб измерений» равным масштабу изображения (о масштабе измерений см. раздел 4.7.2).

- ◆ Выберите на масштабируемом изображении ранее проставленные размеры \ в строке состояния укажите кнопку  – раскроется вертикальный список масштабов и режимов масштабирования \ укажите режим «Масштаб измерений» \ укажите масштаб 1:2 – размеры примут истинное значение.

В нашем примере выбранный размер на масштабированном изображении принял значение 50 (см. рис. 6.7е, ж).

Значение размера можно корректировать через окно «Свойства». Для этого следует задать масштаб линейных размеров, который определяется как величина, обратная масштабу измерений; в рассматриваемом примере следует задать 2.

В ряде вариантов задания ломаный разрез задан на виде спереди, его совмещенные плоскости параллельны виду сверху. Поэтому такой разрез помещают на виде сверху.

Дополнительный вид *B* помещаем на свободном месте с поворотом изображения в вертикальное положение. Направление вида указываем стрелкой *B*. Изображение вида уменьшаем с масштабом 1:2 и снабжаем надписью *B(1:2)* ☉. Для сохранения истинных значений размеров, проставляемых на этом виде, задаем для них масштаб изображений, равный 1:2 (см. выше раздел 6.7).

Обозначение разрезов и дополнительного вида выполняем в автоматическом режиме так же, как для ранее рассмотренных простых разрезов (см. раздел 4.8.3), ступенчатого разреза (см. раздел 5.6.2) и местного вида (см. раздел 5.6.3).

Для диметрии выбран вариант на рис. 6.6в. Диметрия помещена без уменьшения. Допускается по условиям компоновки уменьшить изображение до масштаба 0.8.

Проставляем размеры согласно правилам (см. раздел 4.7.4). Габаритные размеры модели обозначим как справочные, поскольку они являются следствием других размеров, проставленных на чертеже. Например, размер 113 ширины модели может быть вычислен по уравнению: $2 * (65 + 15) * \sin 45^\circ = 113.137$.

◆ Найдите на чертеже (рис. 6.8) размеры, приведенные в расчетной формуле. Масса детали составила 1.98 кг – она определена автоматически и внесена в основную надпись формата чертежа (см. раздел 4.5.3).

ГЛАВА 7

Параметрическое моделирование

В программе nanoCAD предусмотрены пять режимов 3D-моделирования (см. раздел 2.5), из которых основными являются прямое моделирование и параметрическое моделирование. Прямое моделирование мы применяли при выполнении предыдущего задания. Сейчас познакомимся с параметрическим моделированием, которое будем применять при выполнении последующих заданий нашего курса.

7.1. Сравнение прямого и параметрического моделирования

Различие между режимами прямого и параметрического моделирования проявляется в алгоритмах построений геометрических моделей. В прямом моделировании модель создается построениями из элементов: на плоскости – из отрезков, окружностей и др., в объеме – построениями из 3D-геометрических примитивов (куб, сфера, конус, цилиндр и др.), а также выполнением команд, формирующих элементы модели вращением или перемещением плоского контура.

Параметрическое моделирование – это режим построений, при котором формой управляют через набор числовых параметров и задание геометрических и размерных зависимостей взаимного положения элементов модели. Признаком параметрического моделирования является функциональная панель «История 3D Построений», показывающая последовательность создания 3D-модели (дерево построений) и позволяющая наглядно корректировать эту историю, а следовательно, форму модели.

В литературе имеются рекомендации по области применения каждого из режимов. Считается, что прямое моделирование позволяет быстрее и нагляднее построить модель, но обладает ограниченными возможностями редактирования модели. Параметрическое моделирование обладает более значительными возможностями редактирования формы через корректировку истории построения и создание зависимостей, позволяет создавать семейства однотипных моделей, однако является более сложным в реализации. Есть рекомендации

применения прямого моделирования на начальном этапе проектирования, а параметрического – при оптимизации модели.

Средствами параметрического моделирования являются «2D Эскиз», геометрическая параметризация, параметрические управляющие размеры в эскизах и 3D-моделях и дерево построений. Особыми, в отличие от прямого моделирования, являются средства построения 3D-моделей: выдавливание, вращение и др. Геометрические примитивы, характерные для прямого моделирования (параллелепипед, конус и др.), не предусмотрены – их необходимо создавать самим.

7.2. Параметрическая 2D-модель

Все действия по параметрическому моделированию выполняются в режиме:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Параметрика – открываются вкладки и группы ленты, содержащие инструменты параметрического моделирования.

7.2.1. Термины параметрического моделирования

Приведем несколько новых терминов.

2D-эскиз – режим построения плоских объектов, как правило, содержащий геометрические зависимости элементов и управляющие размеры. 2D-эскиз предназначен для создания плоских контуров для параметрического моделирования 3D-объектов. Для создания 2D-эскиза его требуется начать (добавить, открыть, создать), указать плоскость, в которой будет выполняться эскиз, выполнить геометрические построения (из отрезков, окружностей и других объектов 2D-построений), задать зависимости, проставить параметрические размеры. После построения требуется подтвердить создание или изменение эскиза командой «Закончить редактирование».

Геометрические зависимости – средство установления геометрической связи между объектами. Например, совпадение конечных или средних точек отрезков, перпендикулярность, параллельность, принадлежность отрезков одной прямой (коллинеарность) и т. д. Эти зависимости можно устанавливать вручную либо автоматически.

Параметрические размеры. В отличие от обычных размеров параметрические размеры не только отображают размер объекта, но и управляют объектом. Например, проставив параметрический размер как длину отрезка, можно, редактируя размер, изменять его длину. По этой причине такие размеры еще называют *управляющими*.

7.2.2. Параметрическая модель ромба.

Геометрические зависимости

Выполните упражнение, которое пояснит, что такое параметризация, геометрические зависимости, параметрические (управляющие) размеры.

Задача: построить ромб, расположенный в горизонтальной плоскости, стороны ромба имеют длину 155 мм, внутренний острый угол ромба 65° , угол между стороной ромба и осью OX системы координат задан 15° .

Эскиз создадим в пространстве Модели, в плоскости XY системы МСК.

- ◆ Перейдите в пространство Модели. Проверьте, что установлена МСК.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Режимы моделирования \ Параметрика \ 2D Эскиз \ Добавьте эскиз \ в командной строке укажите опцию XY.

Установлен режим построения 2D-эскиза в плоскости XY системы МСК. Лента инструментов динамически поменялась, и появились разделы «Зависимости», «Черчение» и «Редактирование» с инструментами, удобными при создании

эскиза. Слева на ленте появилась кнопка . Она позволит закрыть эскиз после завершения построений.

Выполним построения, приведенные в условиях задачи о ромбе.

- ◆ 3D-инструменты \ Черчение \ командой «Отрезок» начертите замкнутый четырехугольник, приблизительно воспроизводящий ромб (рис. 7.1а) \ Последней должна быть опция «Замкнуть», или конечную точку последнего отрезка задайте с объектной привязкой «Конточка».
- ◆ Убедитесь, что в углах четырехугольника присутствуют символы – квадратики  – это знаки совмещения конечных точек отрезков.

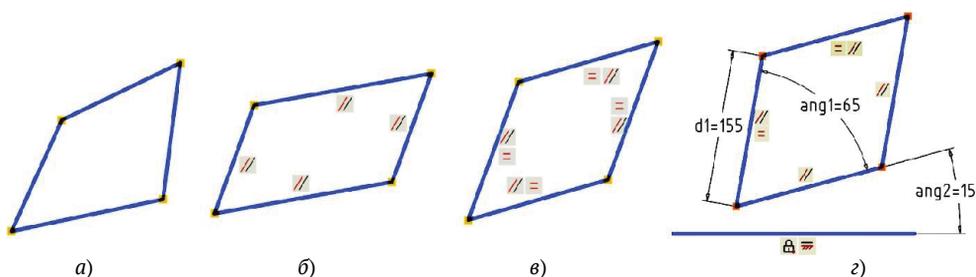


Рис. 7.1. Параметризация (упражнение):
 а – начальный четырехугольник; б – параллелограмм; в – ромб;
 г – параметрические размеры

Если квадратики не появились, то:

- ◆ Лента \ Зависимости \ Автоналожение зависимостей  \ укажите объекты, охватите их рамкой.

Если и сейчас значки не появились, то в той же вкладке найдите и выполните команду «Показать/скрыть зависимости» .

Контур ромба должен быть замкнутым. Для проверки замкнутости контура:

- ◆ укажите одну из сторон четырехугольника и потяните за одну из ее ручек – контур деформируется, но должен оставаться замкнутым.

Оставаясь в режиме 2D-эскиза, реализуем определение ромба как плоского четырехугольника, все стороны которого равны между собой, а противоположные стороны взаимно параллельны.

- ◆ Зависимости \ Геометрические \ Найдите и укажите значок параллельности  \ укажите две пары противоположных сторон – появится параллельность.

лелограмм (рис. 7.1б). Рядом с каждой стороной поставлен значок параллельности.

- ◆ Наведите курсор на один из значков – стороны, на которые наложены зависимости, подсвелятся.

Преобразуем параллелограмм в ромб, для этого присвоим всем сторонам зависимость равенства.

- ◆ Зависимости \ Геометрические \ найдите и укажите значок равенства  \ укажите все стороны параллелограмма – появится ромб (рис. 7.1в). Рядом с каждой стороной добавлен значок равенства.

7.2.3. Параметрические размеры

Реализуем требования решаемой задачи по размерам и положению ромба. Поставим угловые параметрические размеры.

Оставаясь во вкладке «Зависимости», откройте список размеров:

- ◆ Зависимости \ Параметрические размеры.

Обратите внимание, что значки размеров на ленте содержат символ «Замок». Это отличает их от обычных размеров, проставляемых на чертежах, и показывает, что размеры фиксируют положение модели, то есть являются управляющими геометрической формой элементов модели.

Зададим острый угол между сторонами ромба равным 65° . Для этого следует поставить управляющий угловой размер:

- ◆  \ укажите отрезки, принимаемые за стороны угла, – появился угловой размер *ang1* (рис. 7.1з) и открылось диалоговое окно (рис. 7.2), в котором указаны имя и текущее значение размера. Введите в окне требуемое значение 65 – будет установлен требуемый угол ромба.

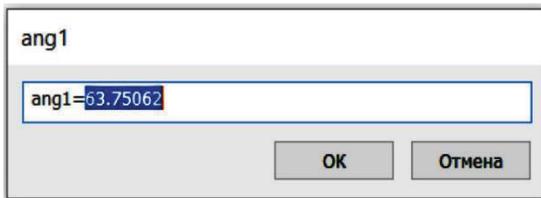


Рис. 7.2. Окно редактирования параметрических размеров

Поставьте второй угловой размер между нижней стороной и горизонтальной осью X системы ПСК.

- ◆ Рядом с ромбом постройте вспомогательный произвольный отрезок, придайте ему зависимость горизонтальности  и зафиксируйте его положение, поставив зависимость фиксации – замок  (укажите знак зависимости \ укажите отрезок – рядом с отрезком появится знак зависимости).

Поставьте угловой размер между нижней стороной ромба и горизонтальным отрезком:

- ◆  \ укажите отрезки, принимаемые за стороны угла, – появится угловой размер *ang2* и откроется окно, в котором указаны имя и значение размера.

На примере этого размера покажем, как размер управляет формой объекта. Для этого в окне размера будем редактировать значение. Изображение будет обрабатывать введенное значение, и ромб будет поворачиваться.

- ◆ Выполните по созданному размеру *ang2* клик ПКМ – повторно откроется окно его редактирования.
- ◆ Изменяя значение угла в окне редактирования, наблюдайте поворот ромба.
- ◆ Задайте в окне требуемое по условию задач значение угла 15° .

Подобным образом поставим линейные размеры. Для ромба достаточно задать длину одной из его сторон.

- ◆ Поставьте «Выровненный размер»  на одну из сторон ромба. Задайте значение 155.
- ◆ Измените значение размера – изменится размер всего ромба.

Чтобы завершить построение объекта (ромба), следует закрыть эскиз.

- ◆ Укажите кнопку на ленте слева  – значки геометрических зависимостей и управляющие размеры скрыты, на экране остается только построенный объект – ромб.

Построенный 2D-объект является параметрическим. Это означает, что можно управлять его формой, редактируя значения размеров. При этом свойства, заданные геометрическими зависимостями, сохраняются. Для редактирования эскиза достаточно выполнить по изображению двойной клик ЛКМ.

- ◆ Выполните двойной клик ЛКМ по любой линии изображения – откроется эскиз со всеми приложенными зависимостями.
- ◆ Попрактикуйтесь в изменении размерных и угловых параметров. Несколько раз отредактируйте эскиз. Наблюдайте на экране результат редактирования.
- ◆ Закройте эскиз.

7.3. Простая параметрическая 3D-модель

Построим параметрическую модель детали «Угольник», заданную на чертеже (рис. 7.3). Из чертежа следует, что основу модели составляет призма, боковые ребра которой перпендикулярны фронтальной плоскости P_2 . Поперечным сечением призмы является контур, назовем его уголком. Модель содержит горизонтальную и вертикальную полки в виде параллелепипедов. В нижней полке выполнен прямоугольный сквозной паз, в верхней – горизонтальное цилиндрическое отверстие.

Модель представим состоящей из трех элементов: угольника, прямоугольного паза в его нижней полке, цилиндрического горизонтального отверстия в вертикальной полке. Каждый элемент создается на основе эскиза с последующим

применением 3D-операций выдавливания. При создании эскизов реализуем симметричное расположение паза и отверстия на гранях модели.

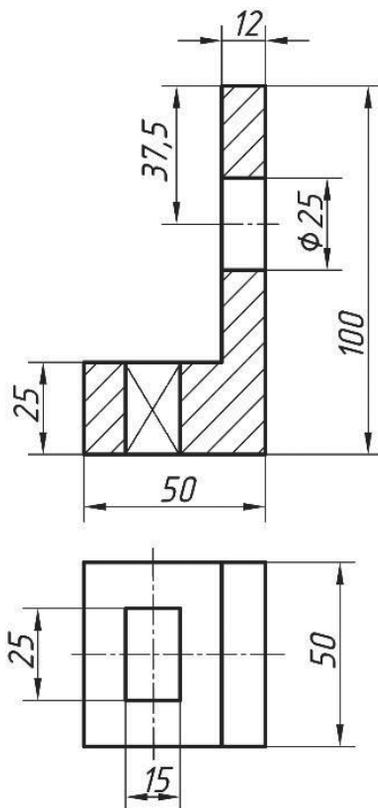


Рис. 7.3. Чертеж угольника

7.3.1. История и дерево построений

Все построения будем контролировать по функциональной панели «История построений». Эта панель отображает последовательность и содержание действий, выполненных при построении модели. В панели формируется так называемое *дерево построений*. На любом этапе можно вернуться по дереву и отредактировать ранее выполненные действия. В результате редактирования происходит перестроение всей модели. Эту возможность проверим в конце построения модели.

- ◆ Создайте новый файл и сразу сохраните его с именем детали Угольник.dwg.
- ◆ Проверьте, что активно пространство Модели .
- ◆ Лента \ Настройка \ Функциональные панели \ кнопка «История построений»  – откроется окно «История 3D Построений» (рис. 7.4). Поместите это окно на краю экрана.

- ◆ В окне раскройте папку ГСК (Главная система координат).

Возник список базовых координатных плоскостей для построения эскизов и отрезков, направленных вдоль координатных осей.

7.3.2. Выбор алгоритма построения

Для любой модели можно предложить различные алгоритмы построения. Оптимальным является алгоритм, требующий меньше операций и операции которого более просты в построении. Выбор алгоритма определяется главным образом квалификацией разработчика. Например, даже для рассматриваемой достаточно простой модели угольника можно предложить два алгоритма. **Первый алгоритм** – построить нижнюю полку выдавливанием вверх расположенного в горизонтальной плоскости прямоугольного основания, построить вертикальную стенку также выдавливанием ее горизонтального основания, построить в каждом элементе по отверстию. **Второй алгоритм** – построить во фронтальной плоскости контур угольника, выдавить контур в горизонтальном направлении, выполнить отверстия в полках угольника.

Далее применим второй алгоритм, считая его оптимальным.

7.3.3. Задание плоскости построений

Построение каждого 3D-элемента параметрической модели начинается с задания плоскости построений для 2D-эскиза. Возможны три варианта задания плоскости построений.

1. Задать координатную плоскость построений. Ее можно задать по дереву построений (см. рис. 7.4) либо как опцию команды «2D Эскиз».
2. Если эскиз выполняется на грани ранее построенной части модели, то плоскость эскиза задается указанием этой грани.
3. Если требуется другая рабочая плоскость, то для ее задания применяют команду «Добавить рабочую плоскость» . Из множества опций этой команды для создания новой рабочей плоскости применяются в основном две: «2 отрезка» и «3 точки».

Вариант задания плоскости эскиза рекомендуется предварительно проверить экспериментально. Для этого откройте эскиз и при заданной плоскости постройте в нем простой элемент, например вытянутый прямоугольник. Закрыв эскиз, убедитесь, что прямоугольник правильно расположен по отношению к осям МСК.

Если плоскость построений эскиза горизонтальная XY или профильная YZ, то ее можно задать по первому варианту. Если требуется фронтальная плоскость ZX, то первый вариант приводит к повороту эскиза и модели, осложняющему последующие построения. Поэтому в рассматриваемом примере

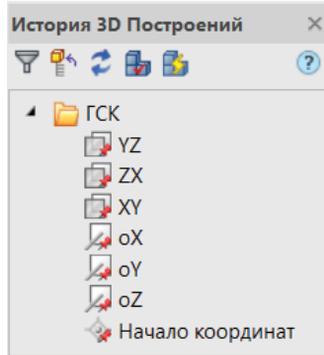


Рис. 7.4. Дерево построений. Начало

построения угольника первый эскиз, для которого требуется задать фронтальную плоскость, создадим по третьему варианту – с дополнительной рабочей плоскостью.

7.3.4. 2D-эскиз модели угольника

Создадим 2D-эскиз, в нем построим фронтальную проекцию угольника (см. рис. 7.3). Чтобы фронтальную плоскость МСК задать как плоскость эскиза, применим дополнительную рабочую плоскость. Плоскость создадим командой «Добавить рабочую плоскость» с опцией «2 отрезка». Эти отрезки укажем в командной строке как отрезки осей OX и OZ системы МСК:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Режимы моделирования \ Параметрика \ Вспомогательные \ Добавить рабочую плоскость  \ 2 отрезка \ OX \ OZ \ – в дереве построений появится строка «Рабочая плоскость».

Если после создания рабочей плоскости ее на экране не видно, то:

- ◆ выполните в дереве клик ПКМ по строке «Рабочая плоскость» \ в раскрывшемся меню укажите «Показать» – появится изображение заданной плоскости, в нашем примере это плоскость ZX системы МСК;
- ◆ повторный клик ПКМ по строке «Рабочая плоскость» \ Скрыть.

Строим 2D-эскиз угольника (рис. 7.5а):

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Параметрика \ Добавить 2D Эскиз.

Команда требует указать рабочую плоскость эскиза.

- ◆ Укажите в дереве строку «Рабочая плоскость». Если не скрыли изображение плоскости, можно указать ее изображение.

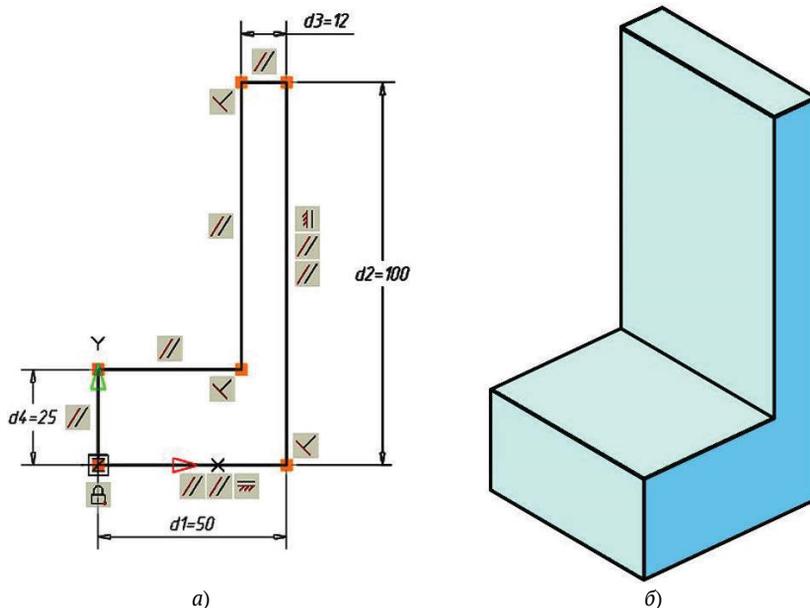


Рис. 7.5. Модель угольника: а – 2D-эскиз; б – 3D-модель

После этого открывается режим создания и редактирования 2D-эскиза, лента команд трансформируется, и в левой части ленты появляется кнопка «Закончить редактирование». Система координат эскиза  установлена параллельно экрану. В дереве построений появилась строка «2D Эскиз».

Требуемый эскиз можно строить из отрезков или командой «Полилиния». Построения рекомендуется выполнять в режиме «ОРТО» с привязкой «Конточка». Точки указывать комбинированным методом (см. раздел 1.8.4). Первую точку контура можно указать произвольно, но рационально задать ее 0,0, то есть в начале координат. Контур должен быть построен замкнутым, поэтому последнюю точку задайте опцией «Замкнуть».

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Черчение \ Отрезок  или Полилиния  \ постройте контур уголка (см. рис. 7.5a).

На изображении контура вдоль сторон автоматически проставлены значки геометрических зависимостей. Размещение значков зависит от последовательности создания эскиза и может отличаться от приведенного на рис. 7.5a. Но независимо от их размещения совместное действие зависимостей должно приводить к единому результату.

Следует убедиться в правильности построения геометрии контура: во всех углах контура проставлены квадратики, подтверждающие замкнутость контура, противоположные стороны имеют знаки параллельности, одна из сторон имеет знак горизонтальности, имеются пары взаимно перпендикулярных сторон. Проверьте действие геометрических зависимостей.

- ◆ Потяните одну из вершин или сторон контура и убедитесь, что он качественно сохраняет свою форму, то есть сохраняются параллельность сторон и прямые углы между ними.

Если при деформировании контура его форма качественно нарушается, то:

- ◆ Лента \ Зависимости \ Управление \ Удалите все зависимости .

Внесите корректировки в геометрию контура и заново присвойте зависимости в автоматическом режиме.

- ◆ Лента \ Зависимости \ Геометрические \ Автоналожение зависимостей  \ охватите рамкой контур.

Добившись качественной формы контура, проставьте параметрические размеры, управляющие его формой.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Зависимости \ Линейный размер  – задавая значения (рис. 7.5a), придайте контуру требуемые размеры.

Количество размеров должно быть минимально необходимым для однозначного задания контура. Попытка задать лишний размер приведет к сообщению «Избыточное количество зависимостей».

- ◆ Завершите редактирование, указав на ленте кнопку .
- ◆ Установите МСК и одну из аксонометрий, убедитесь, что эскиз находится в плоскости ZX системы МСК.

7.3.5. 3D-элемент модели. Команда «3D Выдавливание»

При параметрическом моделировании построение 3D-моделей преимущественно выполняется командами, осуществляющими перемещение плоского контура, созданного в режиме 2D-эскиза. Выведем эти команды:

- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Параметрическое моделирование – откроется поле, содержащее четыре команды.

В отличие от прямого моделирования эти команды имеют особенности применения и более широкие возможности. Основное применение в нашем курсе имеют первые две – «Выдавливание» и «Вращение».

Первым 3D-элементом в выполняемом упражнении является угольник, получаемый выдавливанием созданного контура. При построении угольника применим команду «3D Выдавливание».

- ◆ Убедитесь, что включена объектная привязка «Ближайшая», или включите ее.
- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Параметрическое моделирование \  – откроется диалоговое окно «3D Выдавливание» (рис. 7.6).

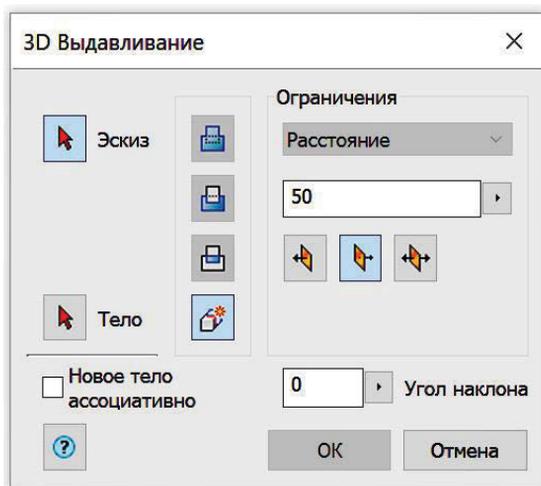


Рис. 7.6. Окно «3D Выдавливание»

- ◆ Введите длину выдавливания 50 \ по цвету кнопки «Эскиз» убедитесь, что она активна, иначе укажите ее \ на экране укажите контур выдавливания, для этого переведите курсор внутрь контура – область контура выделяется цветом, то есть контур опознан; иначе укажите контур с привязкой «Ближайшая» и переведите курсор в область контура \ в окне укажите кнопку, задающую направление выдавливания, – сейчас это средняя из горизонтального ряда кнопок \ укажите режим выдавливания – сейчас это нижняя кнопка из приведенного вертикального ряда кнопок. Эта кнопка обеспечивает выдавливание контура без дополнительных булевых операций \ ОК – будет построен первый 3D-элемент модели (см. рис. 7.5б).

- ◆ Для наглядного отображения присвойте элементу голубой (или другой светлый) цвет и задайте визуальный стиль «Концептуальный» или «Тонированный с кромками».

Создаваемые при параметрическом моделировании 3D-объекты имеют название «Параметрическое тело» (в отличие от «3D-солид» при прямом моделировании).

- ◆ Наведите курсор на объект – рядом должно появиться сообщение «Параметрическое тело».

7.3.6. Редактирование параметрических тел

Рассмотрим редактирование 3D-модели на примере созданного угольника. Обратитесь к окну «История построений». Если это окно оказалось закрытым, откройте его заново (см. выше раздел 7.3.1, рис. 7.4). В дереве построений появилась строка (папка) «Тело». Раскрыв папку (выполните по ней клик ЛКМ), видим действия, выполненные по созданию Тела: «2D Эскиз» и «Выдавливание». Выполнив клик ПКМ по строке действия, можно редактировать это действие. Это приведет к изменению модели.

- ◆ В дереве выполните клик ПКМ по строке «2D Эскиз» \ Редактировать – откроется эскиз угольника \ клик ПКМ по какому-либо размеру – появится окно редактирования размера \ введите новое значение, например уменьшите высоту нижней полки с 25 до 10 мм \ закройте эскиз, нажав на кнопку «Закончить редактирование» – модель будет перестроена.
- ◆ ПКМ по строке «Выдавливание» \ откроется окно «3D Выдавливание» \ измените длину выдавливания, например 100 \ ОК – модель будет перестроена.
- ◆ Восстановите модель отменой действий .

7.3.7. Паз в нижней полке модели

После того как построен первый (основной) элемент модели, приступаем к построению последующих элементов. Плоскости построения этих элементов зададим указанием граней ранее построенной части модели. Особенностью построения последующих эскизов является проецирование ребер ранее построенной части модели на плоскость выполняемого эскиза.

Рассмотрим пример. Построим сквозной прямоугольный паз в нижней полке угольника (рис. 7.7). Дополнительно потребуем, чтобы центр контура паза совпадал с центром верхней грани полки. Это позволит сохранить качественную форму модели при редактировании ее параметров.

- ◆ Установите визуальный стиль «2D Каркас».
- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Добавить 2D Эскиз \ укажите верхнюю грань полки – грань выделилась цветом, и установлен режим построения эскиза на этой грани. Установлена ПСК по плоскости грани и вид на эту плоскость.

Проецирование ребер на эскиз

Контур паза зададим прямоугольником. Чтобы управлять положением прямоугольника относительно ребер ранее построенной модели, ребра модели, необходимые для координации, спроецируем на плоскость эскиза. Саму модель, чтобы не мешала, скроем, применив команду «Изолировать» с опцией «Скрыть». Такой прием – проецирование ребер на плоскость эскиза и временное скрытие модели – характерен для построения эскизов последующих элементов. Проецирование ребер становится доступным при открытом эскизе.

- ◆ 3D-инструменты \ 2D Эскиз \ Спроецировать на эскиз  \ последовательно укажите четыре ребра периметра грани \ Esc.
- ◆ Укажите модель \ клик ПКМ по экрану \ Изолировать \ Скрыть – остались четыре спроецированных ребра грани. Модель скрыта (рис. 7.7а).

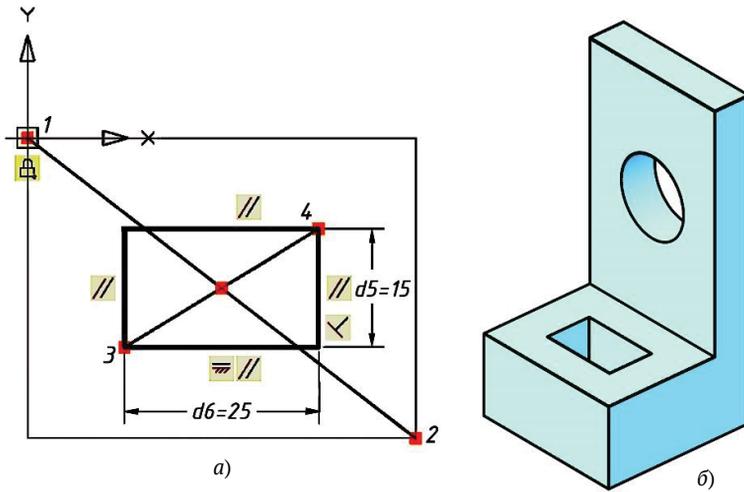


Рис. 7.7. Построение паза: а – 2D-эскиз; б – законченная модель

Симметрия контура паза

Мы по-прежнему находимся в режиме редактирования (создания) 2D-эскиза. Убедиться в этом можно по активной кнопке «Закончить эскиз». Построим прямоугольный контур паза и зададим его симметричное положение относительно грани, на которой он расположен. Для этого в прямоугольнике грани и прямоугольнике паза построим диагонали и разместим паз так, чтобы совпали средние точки диагоналей.

- ◆ Для прямоугольника грани, образованного проекциями ребер, с привязкой «Конточка» постройте отрезок диагонали 1-2 – в угловых точках появятся квадратики (см. рис. 7.7а); иначе к прямоугольнику и диагональному отрезку 1-2 примените «Автоналожение зависимостей» .
- ◆ На свободном месте – например, в стороне, рядом с контуром грани, – постройте прямоугольник с ортогональными сторонами. Постройте диаго-

наль 3-4 этого прямоугольника. Зафиксируйте размеры прямоугольника, проставив параметрические размеры длины и ширины 25 и 15.

- ◆ Для контура прямоугольника с построенной диагональю 3-4 выполните «Автоналожение зависимостей» .

Совместим центральные точки прямоугольников как средних точек диагоналей 1-2 и 3-4.

- ◆ Зависимости \ укажите кнопку «Совмещение»  \ подведите курсор к середине отрезка 1-2 – появится символ средней точки отрезка; выполните по этой точке клик ЛКМ \ подведите курсор к средней части отрезка 3-4 – также появится символ средней точки отрезка, укажите его – произойдет совмещение прямоугольников по указанным точкам (см. рис. 7.7a).
- ◆ Закройте эскиз и завершите изоляцию модели. Вращайте модель (**Ctrl+ролик**) – контур паза виден на верхней грани нижней полки модели.

Выдавливание с вычитанием

Формирование паза на основе 2D-эскиза выполняем командой «3D Выдавливание». Выше (см. раздел 7.3.5) показано ее применение для построения 3D-модели уголка. Сейчас рассмотрим дополнительные возможности этой команды.

Команда позволяет выполнить формирование нового объема одновременно с булевыми операциями (см. раздел 2.13) применительно к ранее построенному телу. То есть новый объем можно добавить, вычесть или пересечь с ранее созданным телом. В нашем примере паз нужно вычесть из объема построенного уголка.

- ◆ Включите один из наглядных визуальных стилей, например «Концептуальный» или «Точный с показом ребер».
- ◆ 3D Выдавливание  – откроется диалоговое окно «3D Выдавливание» (см. выше рис. 7.6) \ убедитесь, что активна кнопка «Эскиз» \ на модели с привязкой «Ближайшая» укажите контур паза. В нашем примере из-за диагональных линий эскиза необходимо последовательно указать четыре внутренних контура прямоугольника, пока не высветится полный контур паза \ укажите кнопку «Вырезать» (вторая сверху в вертикальном ряду кнопок) – это режим вычитания объема из указанного тела \ в горизонтальном ряду кнопок задайте направление выдавливания, в данном примере это средняя или крайняя правая кнопка \ раскройте список «Ограничения» и задайте «Насквозь» \ ОК – построен сквозной прямоугольный вертикальный паз в нижней полке угольника (рис. 7.7б).

Построение цилиндрического отверстия в вертикальной полке выполните в той же последовательности, что и при построении паза.

- ◆ Создайте эскиз на одной из граней вертикальной полки. Скопируйте ребра полки на плоскость эскиза. Постройте диагональ прямоугольника, образованного проекциями ребер. Постройте окружность $\varnothing 25$. Задайте зависимость «Совмещение»  и укажите центр окружности и среднюю точку диагонали. Выполните «Автоналожение зависимостей» .

- ◆ Выполните команду «3D Выдавливание»  для модели и окружности в режиме «Вырезать», «Насквозь».

Модель угольника построена. Она является объектом типа «Параметрическое тело».

- ◆ Наведите и задержите курсор на изображении модели. Прочтите возникшее сообщение о типе объекта.

Проверьте правильность построений модели.

- ◆ Постройте 2D-вид и фронтальный 2D-разрез созданной модели.
- ◆ Сравните построенные 2D-виды с исходным чертежом (см. рис. 7.3). Должно быть полное совпадение изображений.

Проекции, созданные по параметрической модели, являются ассоциативными (см. раздел 2.12.3, пункт 3), то есть изменяются в соответствии с корректировкой 3D-модели.

- ◆ Выполните редактирование эскизов модели, например измените высоту 25 нижней полки (см. рис. 7.1) или диаметр цилиндрического отверстия $\varnothing 25$ – на 2D-видах произошли те же изменения, что и в параметрической модели.

7.4. Редактирование параметрической модели

Редактировать параметрическую модель можно по Истории (дереву) построенный или по Менеджеру параметров.

7.4.1. Редактирование по дереву построений

Алгоритм редактирования по дереву был рассмотрен выше (см. раздел 7.3.6). Дополним его. Для наглядности переименуем в дереве названия эскизов и действий в соответствии с их назначением (рис. 7.8a).

- ◆ Откройте  дерево построений созданной модели угольника.
- ◆ Укажите строку «2D Эскиз» \ клик ПКМ \ Переименовать \ введите новое имя эскиза.
- ◆ Переименуйте названия всех строк дерева.

Для редактирования модели:

- ◆ указав строку дерева, выполните клик ПКМ. В открывшемся контекстном меню укажите «Редактировать». В зависимости от назначения строки откроется 2D-эскиз или окно «3D-операции». Внесите изменения и закройте эскиз или окно – произойдет перестроение модели.

7.4.2. Менеджер параметров

Вторым инструментом редактирования параметрической модели является Менеджер (Диспетчер) параметров. Для его открытия:

- ◆ Лента \ Зависимости \ Управление \ Диспетчер параметров  – появится окно «Менеджер параметров» (рис. 7.8б).

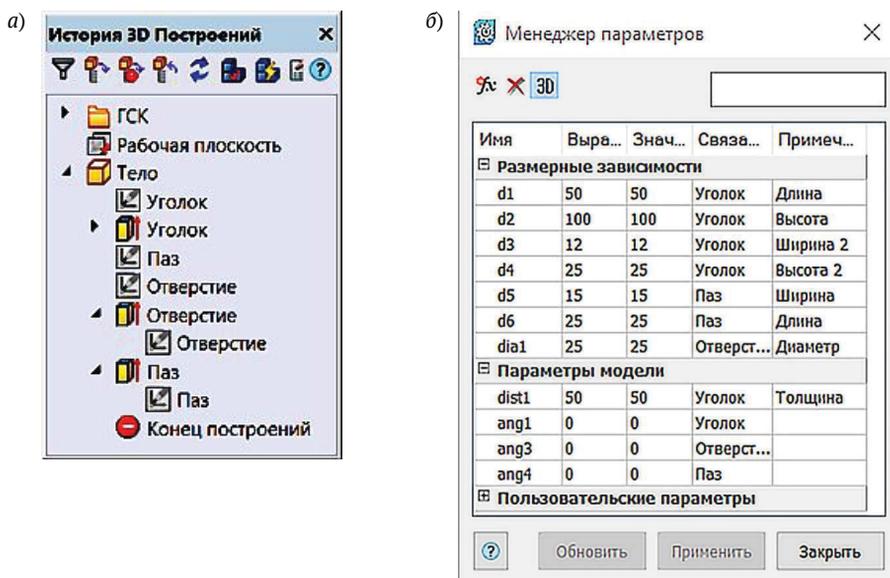


Рис. 7.8. Средства редактирования параметрической модели «Угольник»: а – История и дерево построений; б – Менеджер параметров

Менеджер параметров представляет собой таблицу, в которой приведены все размерные параметры, заданные при построении модели, и значения этих параметров. Редактируя значения, можно эффективно редактировать форму всей модели.

Рекомендуем для наглядности заполнить таблицу, то есть внести в ячейки названия элементов и параметров модели. Для редактирования модели следует внести в таблицу новое значение параметра \ **Enter** \ Применить.

- ♦ Редактированием размеров через Менеджер постройте 2-3 варианта созданной модели, например постройте модель (рис. 7.9а).

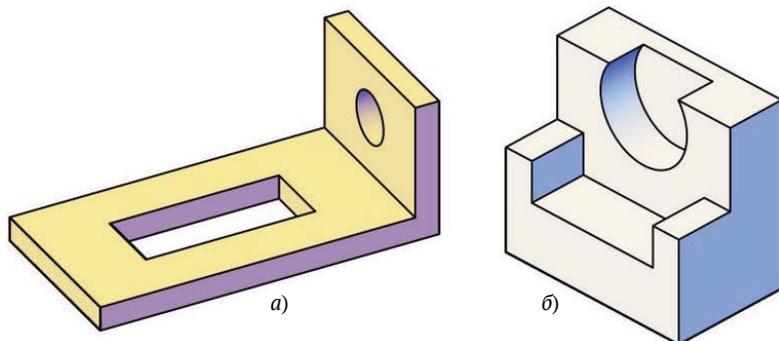


Рис. 7.9. Примеры редактирования простой параметрической модели

- ♦ Если при редактировании эскизов внести корректировки в геометрические зависимости, можно расширить диапазон редактирования. Так (рис. 7.9б),

можно задать регулируемую глубину цилиндрического отверстия (сейчас она задана насквозь), отменить симметричное расположение этого отверстия на грани и т. д.

- ◆ Обратите внимание, что при перестройке параметрической модели автоматически перестраивается параметрический чертеж модели, состоящий из ассоциативных 2D-видов.

7.5. Сложная параметрическая модель

Рассмотрим выполнение четвертой работы задания «3D-моделирование и проекционное черчение».

Дано: исходные данные модели (рис. 7.10).

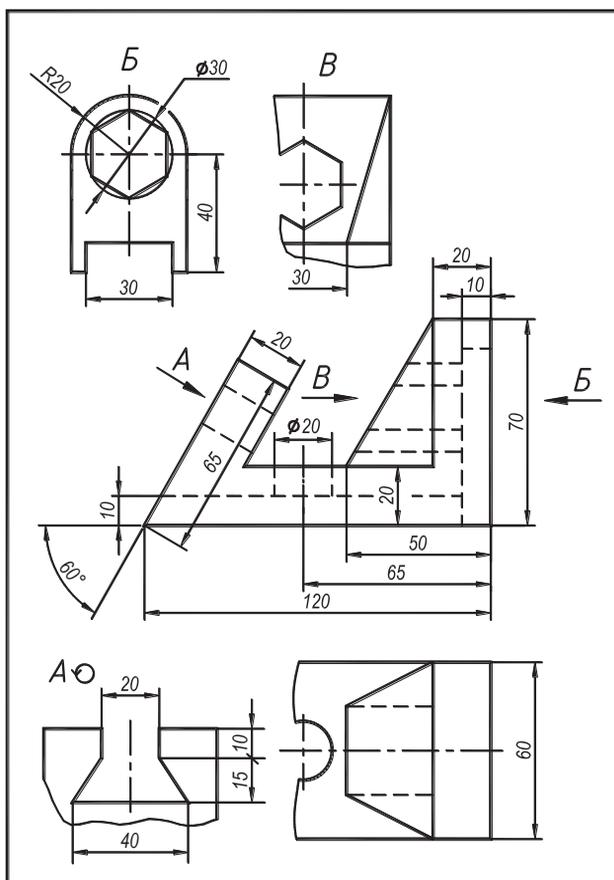


Рис. 7.10. Исходные данные для параметрической модели

Требуется построить параметрическую 3D-модель заданного варианта, два-три дополнительных варианта модели, полученных редактированием параметрической модели, и чертеж основного варианта модели.

3D-модель каждого варианта представить в отдельном dwg-файле.

Чертеж модели выполнить на формате А3 на основе примеров и методов построения, рассмотренных в трех предыдущих заданиях (см. главы 4–6).

7.5.1. Анализ формы и настройки

Форма модели (рис. 7.10) определена видом спереди, частью вида сверху, дополнительным видом А, местными видами В и В.

Модель содержит призматическое основание, содержащее вертикальную, горизонтальную и наклонную секции. Контур секций заданы на виде спереди. Длина основания 120, высота вертикальной секции и всей модели 70. Угол наклонной секции с основанием составляет 60° , ее длина 65. Все секции имеют толщину 20. Ширина основания и всей модели 60.

В вертикальной секции основания выполнена арочная ниша, форма которой задана на виде В. Глубина ниши 10. С левой стороны к вертикальной секции примыкает многогранник, одна его грань является фронтально-проецирующей, заданной размером 50 на виде спереди. Две боковые грани – профилно-проецирующие, их положение определяется на виде В размером 30.

В вертикальной секции основания и многограннике выполнен сквозной горизонтальный паз. Основание паза – шестиугольник, показанный на виде В.

В наклонной секции выполнен паз, имеющий название «ласточкин хвост». Форма и размеры паза показаны на виде А.

В основании выполнены сквозное вертикальное отверстие $\varnothing 20$ и сквозной горизонтальный прямоугольный паз, профиль которого задан на виде В. Ширина паза 30, высота 10.

Вся модель имеет фронтальную плоскость симметрии.

Выполним предварительные настройки для построения модели (см. разделы 3.4, 3.5).

- ◆ Создайте новый файл. Перейдите на Лист А3.
- ◆ Лента \ Вид \ Видовые экраны \ Прямоугольный ВЭ  \ укажите угловые точки экрана по внутренней рамке формата А3.
- ◆ Рядом на Листе вставьте рисунок исходных данных (см. раздел 3.5).
- ◆ Максимально увеличим размер видового экрана. Через видовой экран перейдем в пространство Модели. Установите МСК, вид ЮЗ изометрия .
- ◆ Лента \ Настройка \ Функциональные панели \ кнопка «История построений» .

7.5.2. Основание модели

Форма основания задана на виде спереди и на фрагменте вида сверху (см. рис. 7.10). Создаем 2D-эскиз контура основания во фронтальной плоскости (рис. 7.11). Плоскость построений этого эскиза необходимо задать как рабочую плоскость с опцией «2 отрезка».

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Вспомогательные \ Добавить рабочую плоскость  \ 2 отрезка \ первоначально укажите опцию OX \ OZ \ возникло изображение рабочей плоскости как плоскости ZX системы МСК, в дереве построений появилась строка «Рабочая плоскость».
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Параметрика \ Добавить эскиз \ Указать рабочую плоскость – плоскость эскиза будет установлена параллельно экрану .

Установлен режим создания и редактирования 2D-эскиза. В дереве построений добавлена строка «2D Эскиз».

Положение модели свяжем с началом координат МСК.

- ◆ В дереве построений укажите строку «Начало координат» – на экране возникнет маркер, показывающий начало координат МСК.
- ◆ Вид \ Координаты \ ПСК, Начало  \ Укажите начало ПСК: с объектной привязкой укажите маркер начала координат – пиктограмма осей будет перенесена в начало координат МСК. Маркер прежней точки начала координат можно удалить.

Отрезками построим фронтальный контур основания (рис. 7.11а). Начнем с ортогональных отрезков контура.

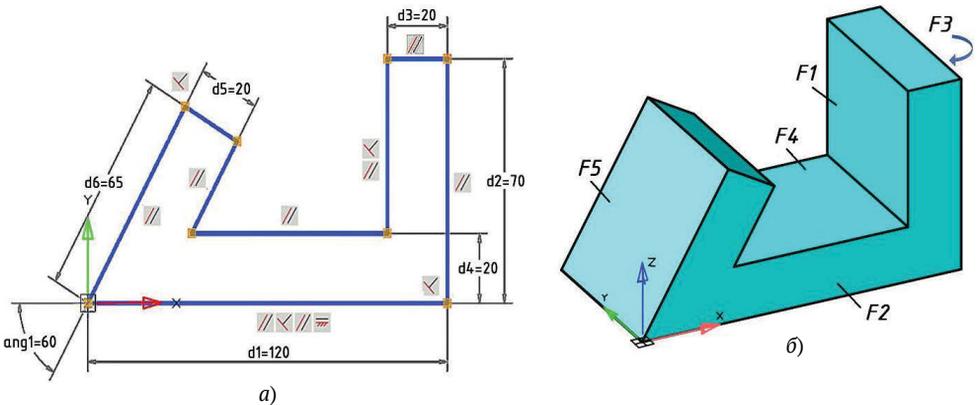


Рис. 7.11. Эскиз (а) и модель основания (б)

- ◆ Включите режим «ОРТО».
- ◆  \ 0,0 \ курсор вправо, введите 120 \ курсор вверх, 70 \ влево, 20 \ вниз, 50 \ влево, 80.

Добавляем наклонную часть контура под углом 60° . Координаты вводим в полярной системе (см. раздел 1.8.3).

- ◆  \ 0,0 \ 65<60 \ @20<-30 \ @-40<60.
- ◆ Обрезать  пересекающиеся части отрезков.

При построении эскиза автоматически устанавливаются геометрические зависимости между его элементами. Проверьте установленные зависимости.

- ◆ Совмещение концов отрезков должно быть отмечено маркерами-квадратиками. Нижний отрезок контура должен иметь горизонтальность , должны быть группы параллельных отрезков  и перпендикулярных отрезков .

Если часть необходимых зависимостей автоматически не проставлена, примените «Автоналожение зависимостей»  или проставьте их вручную.

- ◆ Проставьте управляющие параметрические размеры: линейные , выровненные  и угловые .
- ◆ Тестируем контур: при перемещении элементов контура за ручки или за квадратики контур должен оставаться неизменным. Иначе проверьте и дополните геометрические зависимости и управляющие размеры.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Закончить редактирование.

В видовом экране восстановлены аксонометрия и МСК. Важно убедиться, что контур расположен в плоскости ZX и его левая нижняя точка находится в начале координат МСК.

- ◆ В дереве построений переименуем созданный эскиз, задав, например, имя Контур основания.

Выдавливает контур основания вдоль оси OY на 60 мм.

- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Параметрическое моделирование \ Выдавливание  \ убедитесь, что в диалоговом окне (см. рис. 7.6) активна кнопка «Эскиз» \ на экране укажите контур – он будет выделен цветом \ экспериментально определите и задайте направление выдавливания \ Расстояние: 60 \ ОК – построена 3D-модель основания (см. рис. 7.11б).
- ◆ В дереве построений переименуем строку выдавливания, присвоив ей имя Основание.

7.5.3. Многогранник

Этот элемент образован двумя призмами. Первая призма $P1$ (рис. 7.12а) имеет основание в виде трапеции, расположенной на вертикальной грани $F1$ (см. рис. 7.11б). На исходном чертеже эта трапеция показана на виде B (см. рис. 7.10). Нижнее основание трапеции имеет ширину 30. Трапеция симметрична относительно ширины модели. Высота первой призмы равна 30 мм и задана размерами 50 и 20 на виде спереди. Основание второй призмы $P2$ (рис. 7.11б) расположено на фронтальной грани $F2$ модели. Многогранник образуется вычитанием второй призмы из объема первой призмы.

- ◆ Найдите указанные размеры многогранника на чертеже исходных данных (см. рис. 7.10).

Строим первую призму $P1$ (см. рис. 7.12а).

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Параметрика \ Добавить эскиз \ укажите грань $F1$ (см. рис. 7.11) – грань выделена цветом и установлен режим создания эскиза в этой плоскости.

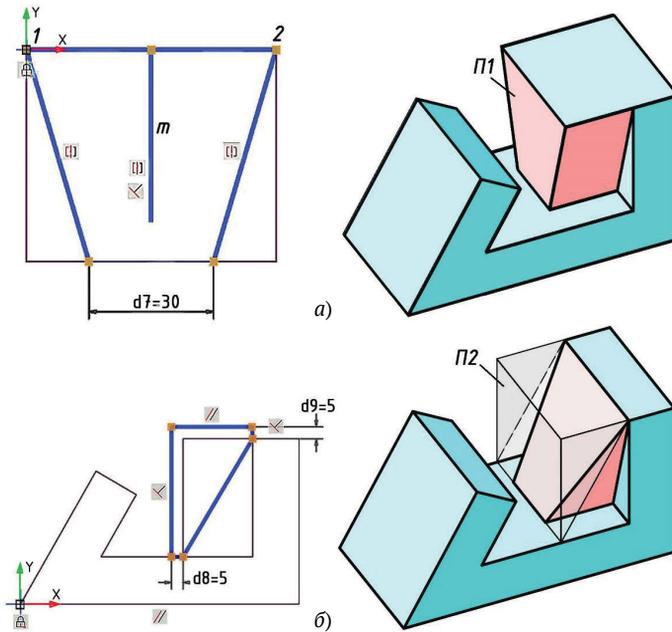


Рис. 7.12. Модель многогранника:

а – эскиз и модель первой призмы; б – эскиз и вычитание второй призмы

- ◆ Изолировать \ Скрыть \ Указать 3D-модель основания – остались прямоугольный контур грани $F1$ и пиктограмма осей X – Y . При наведении курсора на линии контура возникает сообщение, что это «Проекция на эскиз».

Построение трапеции. Ось симметрии эскиза

При разработке эскизов модели обеспечим сохранение симметрии модели при изменении ее ширины. Для этого на всех эскизах будем вводить оси симметрии и придавать элементам геометрические зависимости симметрии относительно этих осей.

Строим отрезок m оси симметрии трапеции.

- ◆ Постройте отрезок 1-2. Проведите вертикальный отрезок оси m и придайте ему зависимость относительно 1-2 или . Выполните совмещение верхней конечной точки отрезка m и средней точки отрезка 1-2. Ось симметрии построена.
- ◆ Постройте отрезки боковых сторон трапеции, присвойте им зависимость симметрии относительно оси m .
- ◆ Поставьте параметрический размер $d7=30$.
- ◆ «Закончить редактирование» – закройте эскиз.
- ◆ Выдавливание \ выдавите трапецию на 30 мм – будет создана призма $П1$.
- ◆ В дереве построений присвойте призме имя Призма по трапеции.

Строим вторую призму $P2$ (рис. 7.12б). Эскиз ее основания создадим в плоскости $F2$. Призму построим выдавливанием в режиме вычитания из тела созданной модели.

- ◆ Добавить эскиз \ укажите грань $F2$ – грань будет выделена цветом \ установлен режим создания эскиза.
- ◆ Спроецируйте на эскиз  \ укажите верхнее и левое ребра первой призмы – проекции ребер будут добавлены в плоскость эскиза.
- ◆ Отрезками постройте контур (рис. 7.12б). Сверху и слева добавьте зоны шириной 2–5 мм, необходимые для надежности операции выдавливания. Контролируйте автоматическое создание зависимостей совмещения конечных точек (квадратики), а также зависимостей  и .
- ◆ Добавьте два параметрических размера ширины зон.
- ◆ Закончить редактирование – закройте эскиз.
- ◆ В дереве построений присвойте эскизу имя Для призмы вычитания.
- ◆ 3D Выдавливание  – откроется диалоговое окно «3D Выдавливание» (см. выше рис. 7.6) \ Эскиз – на модели укажите контур основания призмы $P2$ \ укажите кнопку «Вырезать» \ раскройте список «Ограничения» и задайте «Насквозь» \ ОК.

Многогранник построен (см. рис. 7.12б).

- ◆ В дереве построений присвойте элементу выдавливания имя Многогранник.

7.5.4. Промежуточное тестирование модели

По мере создания параметрической модели при добавлении новых элементов рекомендуется тестировать промежуточные элементы модели, то есть проверять возможность и надежность ее редактирования путем изменения параметров (см. раздел 7.4). Рассмотрим примеры тестирования по дереву построений, которое на данный момент имеет вид, приведенный на рис. 7.13а. Например, элементы модели можно временно скрывать (подавлять) или удалять. При этом подавляются или удаляются все последующие элементы, построенные на его основе. Об этом система выводит предупреждение, в котором указывает удаляемые элементы. Можно редактировать параметры элементов. Приведем примеры.

- ◆ ПКМ по строке эскиза «Трапеция» \ Подавить – будет удален многогранник \ Восстановите трапецию – вновь ПКМ по строке эскиза \ Восстановить.
- ◆ Подавите эскиз «Для призмы вычитания» – будет восстановлена призма 1, то есть удалена часть многогранника, заданная призмой 2 \ восстановите эскиз.
- ◆ ПКМ по элементу «Призма по трапеции» \ Редактировать – откроется окно «3D Выдавливание», в котором можно изменить размер величины выдавливания многогранника.

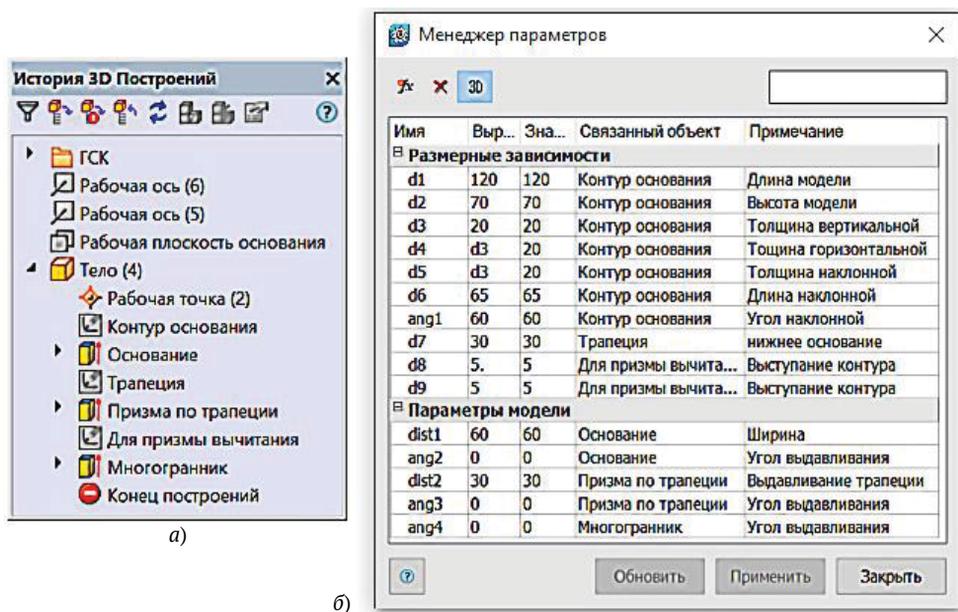


Рис. 7.13. Тестирование параметрической модели на этапе создания ее первых элементов (основания и многогранника): а – История и дерево построения; б – менеджер параметров

Более наглядным является тестирование по Менеджеру параметров. Это тестирование позволяет не только проверить модель на изменение параметров, но также задать дополнительные взаимосвязи параметров. Рассмотрим примеры редактирования модели менеджером на данный момент (см. рис. 7.12б) ее построения.

- ◆ Лента \ Зависимости \ Управление \ Диспетчер параметров – откроется окно «Менеджер параметров», в котором приведены параметрические размеры, их значения и взаимосвязи (рис. 7.13б).
- ◆ Для придания наглядности таблице менеджера заполните столбец «Примечания», указав в нем название параметров модели.
- ◆ Измените значения толщины секций, ширины модели и т. д. Для этого введите новые значения в ячейки таблицы \ **Enter** \ Применить \ Закрыть.
- ◆ После тестирования восстановите модель, выполнив отмену действий .

7.5.5. Взаимосвязи параметров модели

Предусмотрена возможность устанавливая взаимосвязи параметров, задавая параметрические размеры арифметическими выражениями. Эти взаимосвязи можно присваивать в эскизе при создании размера через окно его редактирования (см. рис. 7.2). Можно это делать и в Менеджере параметров. Простейшая взаимосвязь – это равенство параметров. Например, в Менеджере установим зависимости, придающие контуру основания постоянную ширину его частей,

равную значению размера d3. При повторении примеров следует учесть, что имена параметров система назначает согласно последовательности их присвоения. В приведенных примерах имена соответствуют рис. 7.11 и таблице Менеджера (рис. 7.13б).

- ◆ В столбце «Выражение» задайте (двойной клик ПКМ по нужной ячейке) параметрам d4 и d5 значение d3 (см. рис. 7.13б).
- ◆ Задайте d3=10 \ **Enter** \ Применить – все основание стало толщиной 10. Важно, что при этом сохранены параметры многогранника и его взаимосвязи с основанием.
- ◆ Закройте окно менеджера.
- ◆ Отмените результат тестирования кнопкой отмены действий .

Выполним тестирование созданной части модели при значительном изменении ее параметров.

- ◆ Внесите в таблицу менеджера следующие значения параметров: длина модели d1=90; высота модели d2=100; толщина основания d3=10; угол наклонной грани ang1=120; длина наклонной 30, нижнее основание трапеции d7=0.5; выдавливание трапеции dist2=60; ширина основания и всей модели dist1=100 – результат тестирования и редактирования параметров приведен на рис. 7.14.
- ◆ Отмените результат тестирования .

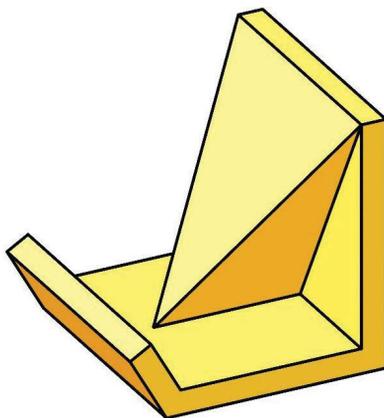


Рис. 7.14. Тестирование и редактирование модели на начальной стадии

7.5.6. Продольный паз, ниша, шестиугольное отверстие

Обратимся к исходному чертежу модели (рис. 7.10). Контуры трех указанных элементов приведены на виде *В* (вид справа) и на виде спереди. Паз в основании прямоугольный, имеет ширину 30, высоту 10 и является сквозным, то есть проходит на всю длину основания. Контур ниши образован дугой окружности R20 и двумя вертикальными отрезками, касательными дуге. Центр дуги

находится на высоте 40. Глубина ниши составляет 10 мм. Шестигранное отверстие образовано правильным шестиугольником, вписанным в окружность $\varnothing 30$, центр которой совпадает с центром дуги. Отверстие является сквозным, пересекает правую стойку основания и многогранник. Все перечисленные элементы имеют симметрию относительно ширины модели.

- ◆ Найдите указанные размеры элементов на рис. 7.10.

Единый эскиз для трех контуров

Для элементов создадим единый эскиз на правой вертикальной грани $F3$ (см. рис. 7.11). Плоскость эскиза необходимо задать как рабочую плоскость с опцией «3 точки». Начало координат зададим в середине нижнего ребра грани, ось X направим вдоль этого ребра.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Вспомогательные \ Добавить рабочую плоскость  \ 3 точки \ Укажите первую точку: с привязкой «Середина» укажите точку 1 \ Укажите вторую точку: с привязкой «Конточка» укажите точку 2 \ Укажите третью точку: укажите точку 3 – появится изображение рабочей плоскости.
- ◆ Добавить эскиз \ Укажите плоскость для эскиза: укажите рабочую плоскость.

Установлен режим создания эскиза (рис. 7.15а). Пиктограмма осей  установлена в среднюю точку нижнего ребра грани.

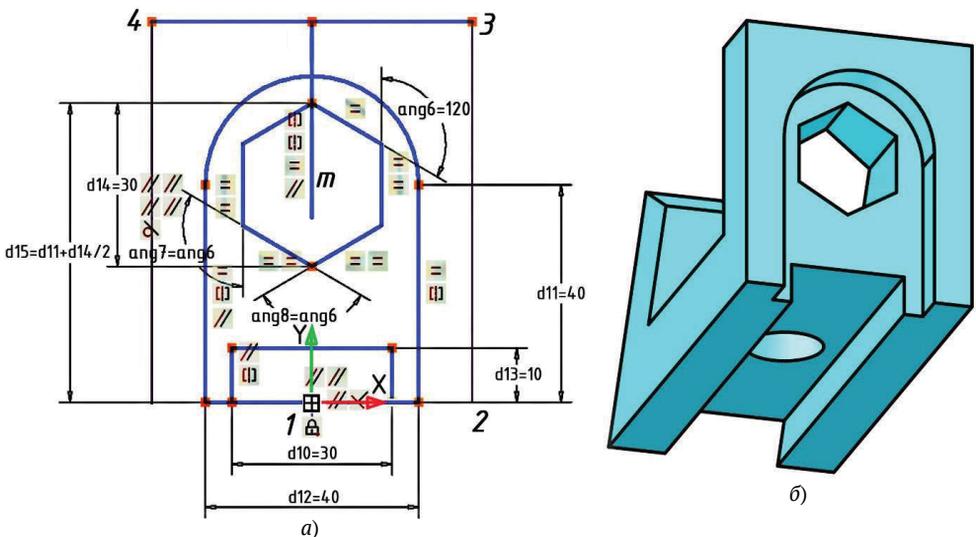


Рис. 7.15. Эскиз и модель элементов паз, ниша, шестигранное отверстие

- ◆ Скройте изображение рабочей плоскости. Проецируем на эскиз ребра грани и скрываем модель.

- ◆ Спроецировать на эскиз  \ укажите два боковых и нижнее ребра грани.
- ◆ Изолировать \ Скрыть \ Указать 3D-модель – остались проекции трех ребер грани.

Ось симметрии

Строим отрезок оси симметрии m , общей для всех элементов эскиза.

- ◆ С привязкой «Конточка» постройте отрезок 3-4. Постройте вертикальный отрезок m и придайте ему перпендикулярность  к отрезку основания 1-2 или параллельность  боковым проекциям ребер грани. Совместите  верхнюю конечную точку отрезка m со средней точкой отрезка 3-4.

Контур прямоугольного паза

- ◆ Постройте отрезками контур паза (см. рис. 7.15а), задайте симметрию его боковых сторон относительно оси m и два параметрических размера $d10=30$ и $d13=10$.

Контур ниши

Контур (см. рис. 7.15а) формируется двумя вертикальными отрезками, дугой окружности и нижним замыкающим отрезком.

- ◆ Постройте два боковых вертикальных отрезка, придайте им симметрию относительно оси m и равенство длин. Постройте нижний замыкающий отрезок. Постройте дугу окружности  (Начало, конец, угол 180). Поставьте два параметрических размера – высота центра дуги окружности $d11=40$, ширина ниши $d12=40$.

Контур шестиугольного отверстия

Контур отверстия (см. рис. 7.15а) задаем правильным шестиугольником. Для сохранения формы и положения шестиугольника при редактировании модели ему необходимо присвоить зависимости взаимного равенства всех его сторон, значение трех его произвольно выбранных внутренних углов по 120° . Согласно чертежу (см. рис. 7.10) расстояние между противоположными вершинами шестиугольника устанавливаем равным 30 мм как диаметр окружности, в которую он вписан, а также присваиваем зависимость совмещения его двух противоположных вершин с осью симметрии грани.

- ◆ Многоугольник  \ Число сторон: 6 \ Укажите центр многоугольника: укажите дугу с привязкой «Центр» \ Задайте способ построения: Вписанный в окружность \ Радиус окружности: 15.
- ◆ Присвойте сторонам шестиугольника попарно пять зависимостей равенства .
- ◆ Задайте размеры трех произвольно выбранных внутренних углов  между сторонами шестиугольника и установите между ними взаимосвязи $ang7=ang6$, $ang8=ang6$, $ang6=120$.

- ◆ Задайте совмещение  двух противоположных вершин шестиугольника с осью симметрии грани m .
- ◆ Проставьте размер $d14=30$ расстояния между вершинами.
- ◆ Проставьте размер, задающий положение верхней точки шестиугольника, определив его арифметическим выражением: $d15=d11+d14/2$, где $d11$ – высота центра дуги ниши, $d14$ – диаметр описанной вокруг шестиугольника окружности.

Шестиугольник построен.

- ◆ «Для надежности» выполните автоналожение зависимостей  на все элементы эскиза.
- ◆ Закончите редактирование эскиза.
- ◆ В дереве построений придайте эскизу имя Паз_Ниша_Отверстие.
- ◆ Отмените изоляцию модели – будет восстановлено изображение модели с построенным эскизом. Если эскиз не виден, то в дереве построений укажите эскиз \ Показать – эскиз станет видимым.

Выдавливание контуров

Формируем продольный паз в основании.

- ◆ Выдавливание  \ убедитесь, что в окне «3D Выдавливание» активна кнопка «Эскиз» \ укажите контур паза – он будет выделен цветом \ кнопка «Вырезать» \ в поле «Ограничения» задайте «Насквозь» \ ОК – паз построен (см. рис. 7.15).

Формируем нишу глубиной 10.

- ◆ Выдавливание  \ убедитесь, что активна кнопка «Эскиз» \ укажите контур ниши – он будет выделен цветом \ кнопка «Вырезать» \ Расстояние: 10 \ кнопка «Тело» – укажите модель \ ОК – ниша построена (см. рис. 7.15).

Формируем шестигранное отверстие.

- ◆ Выдавливание  \ кнопка «Эскиз» \ укажите контур шестиугольника – контур будет выделен цветом \ кнопка «Вырезать» \ Тело \ укажите модель \ в поле «Ограничения» задайте «Расстояние» 65 \ ОК – отверстие построено (см. рис. 7.15).
- ◆ В дереве построения укажите эскиз Паз_Ниша_Отверстие \ Скрыть – эскиз станет невидимым.
- ◆ В дереве построения переименуйте элементы выдавливания, присвоив им имена Паз, Ниша, Отверстие шестигранное.

Тестирование и дополнительные взаимосвязи параметров

- ◆ Откройте  Менеджер (Диспетчер) параметров (рис. 7.16), найдите в таблице менеджера новые параметры, созданные при построении ниши, паза и шестигранного отверстия.

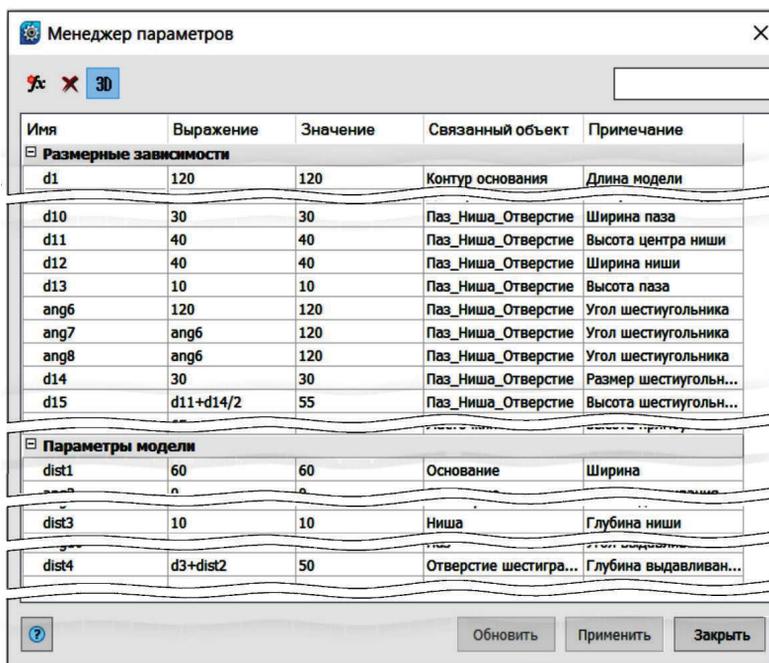


Рис. 7.16. Тестирование модели после построения ниши, паза и шестигранного отверстия

- ◆ В таблице заполните столбец «Примечание», присвоив названия новым параметрическим размерам.

Учтем, что глубина dist4 выдавливания шестигранного отверстия не должна превышать суммы значений толщины d3 правой стойки основания и высоты многогранника dist2, иначе отверстие пересечет левую стойку основания. Поэтому установим взаимосвязь параметров.

- ◆ Для размера dist4 задайте выражение $d3+dist2$, где параметры $d3+dist2$ определены в предыдущих построениях (см. рис. 7.13б).
- ◆ Тестируйте модель при изменении новых параметров, например задайте $d1=150$; $d14=20$, $d11=50$; $dist1=80$; $d12=50$ и др.

При тестировании контролируйте сохранение качественной формы модели: элементы не должны исчезать, должны сохраняться качественные взаимосвязи и геометрические зависимости, например при изменении ширины модели должна сохраняться ее симметрия.

- ◆ После тестирования восстановите  первоначальное состояние модели.

7.5.7. Сквозное вертикальное отверстие в основании

На чертеже (см. рис. 7.10) отверстие показано на виде спереди. Оно имеет $\varnothing 20$, центр расположен на продольной оси симметрии основания, на расстоянии 65 от правой грани модели.

Эскиз отверстия построим в плоскости $F4$ (см. рис. 7.11). Для задания плоскости эскиза достаточно указать грань, где расположена плоскость $F4$.

- ◆ Добавить эскиз \ Укажите плоскость для эскиза: укажите грань модели – будет установлен режим создания 2D-эскиза.
- ◆ Установите наглядное изображение модели .
- ◆ Спроецируйте  на эскиз верхнее правое ребро модели.
- ◆ Модель изолировать \ Скрыть – останутся контур грани и проекция ребра.
- ◆ Команда «План» \ Текущая – плоскость эскиза будет установлена параллельно экрану (рис. 7.17).

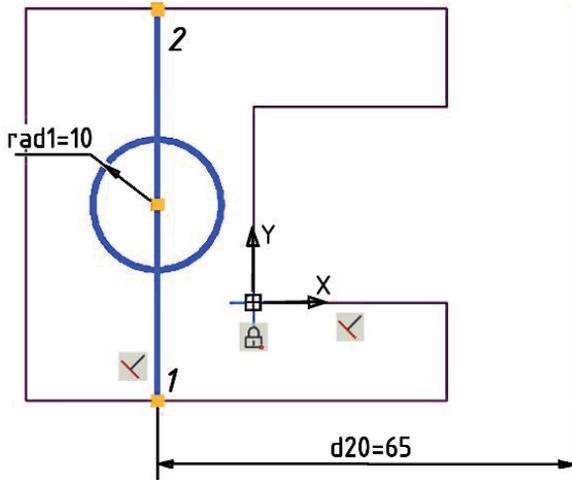


Рис. 7.17. Эскиз к отверстию в основании модели

Задаем положение центра отверстия на оси симметрии эскиза.

- ◆ Постройте отрезок 1-2. Присвойте ему перпендикулярность  к горизонтальному ребру контура или вертикальность .
- ◆ Постройте окружность. Задайте совмещение  центра окружности с серединой отрезка 1-2.
- ◆ Задайте два параметрических размера: радиус  окружности $rad1=10$ и расстояние  от центра до проекции правого ребра модели $d20=65$.
- ◆ Закончите эскиз. Завершите изоляцию модели.
- ◆ Выдавливание  \ задайте для выдавливания контур отверстия в режиме вычитания из тела модели. Расстояние выдавливания 20.
- ◆ В дереве построений переименуйте эскиз и элемент выдавливания, присвоив им имя Отверстие в основании.
- ◆ При очередном тестировании модели  задайте в Менеджере параметров равенство расстояния выдавливания и толщины основания $d3$.

7.5.8. Паз «ласточкин хвост»

Такое название имеет паз, форма которого на исходном чертеже задана видом А (см. рис. 7.10).

- ◆ Установите МСК и визуальный стиль «Концептуальный».

Для задания плоскости эскиза необходимо установить ПСК на грань F5 (см. рис. 7.11), применив опцию «По объекту», причем подводить курсор для указания грани следует, пересекая курсором одно из горизонтальных ребер грани (см. также раздел 2.9.1). Это определит положение оси X, направив ее горизонтально. После этого надо создать рабочую плоскость с опцией «3 точки».

- ◆ Вид \ Координаты \ ПСК, объект  \ наведите курсор на грань со стороны ее горизонтального верхнего ребра – грань будет выделена цветом; после этого выполните клик ЛКМ по грани – ПСК будет установлена по плоскости грани, ось X направлена вдоль верхнего ребра грани или параллельно этому ребру.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Вспомогательные \ Добавить рабочую плоскость  \ 3 точки \ С привязкой «Конточка» укажите точки 1, 2, 3 грани (рис. 7.18) – появится изображение рабочей плоскости.

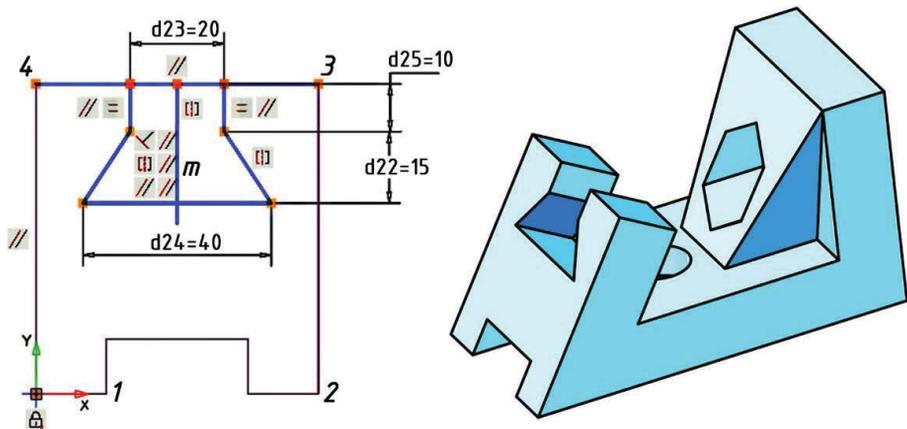


Рис. 7.18. Эскиз и модель элемента «ласточкин хвост»

- ◆ Добавить эскиз \ Укажите плоскость для эскиза: укажите рабочую плоскость – будет установлен режим создания 2D-эскиза.
- ◆ Скрыть рабочую плоскость.
- ◆ Установите наглядное изображение модели , спроецируйте на эскиз  ребра грани F5.
- ◆ Скройте модель (Изолировать \ Скрыть) – останутся проекции ребер грани.
- ◆ Командой «План» установите плоскость эскиза параллельно экрану.
- ◆ Постройте ось симметрии грани – отрезок m (см. выше раздел 7.5.6, рис. 7.15).

- ◆ Отрезками постройте контур паза и придайте отрезкам зависимости  , в том числе симметрию  контура относительно оси m .
- ◆ Восстановите отображение модели. Закончите эскиз.
- ◆ Выдавливание  задайте выдавливание контура паза в режиме вычитания паза из тела модели. Расстояние выдавливания 20.
- ◆ В дереве построений переименуйте эскиз и элемент выдавливания, присвоив им имя Ласточкин хвост.

Модель окончательно построена (рис. 7.18).

7.5.9. Завершающее тестирование модели

Вертикальное отверстие в основании и паз «ласточкин хвост» завершают построение рассмотренной параметрической 3D-модели. Осталось в Менеджере параметров  (рис. 7.19) заполнить столбец «Примечание» с названиями параметров и выполнить итоговое тестирование модели.

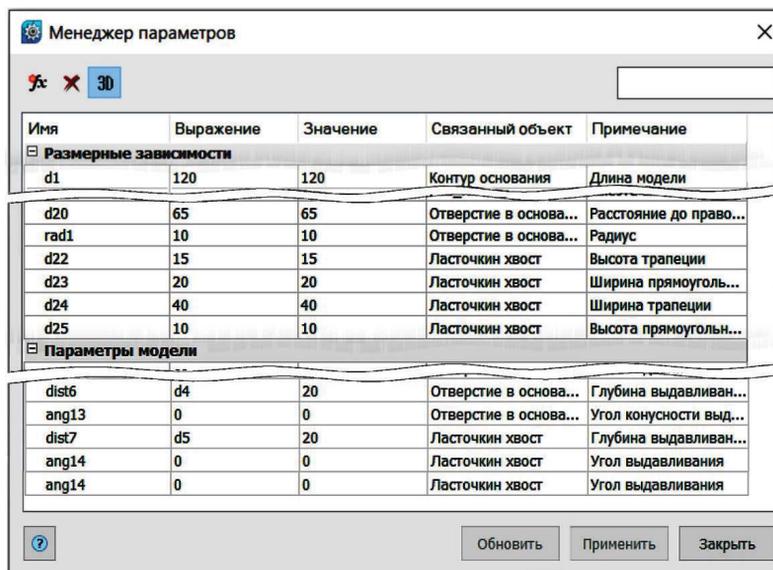


Рис. 7.19. Тестирование модели после построения отверстия в основании и паза «ласточкин хвост»

Рекомендуем по итоговому Менеджеру параметров выполнить тестирование модели при изменении параметров в широком диапазоне значений и определить границы допустимых значений, при которых сохраняется действие заданных геометрических зависимостей и взаимосвязей. Например, модель на рис. 7.20а получена при значительном увеличении толщины основания, диаметра отверстия в основании, угла наклона левой стойки, уменьшении высоты многогранника; «ласточкин хвост» преобразован в прямоугольный паз и др. Модель на рис. 7.20б имеет тонкое основание; увеличение глубины ниши при-

вело к удалению многогранника и шестигранного отверстия, увеличена длина всей модели. Значительные преобразования претерпела модель на рис. 7.20в, в которой наклон левой стойки основания задан 270° ; вместе со стойкой повернулся паз «ласточкин хвост». Продольный паз в основании превратился в паз в левой стойке. Модель на рис. 7.20г получена при значительном увеличении ширины модели до 150, уменьшении угла наклона левой стойки до 40° , преобразовании паза «ласточкин хвост» в треугольный. Эта модель показывает сохранение симметрии модели при увеличении ее ширины, что обеспечивают оси симметрии, созданные в эскизах.

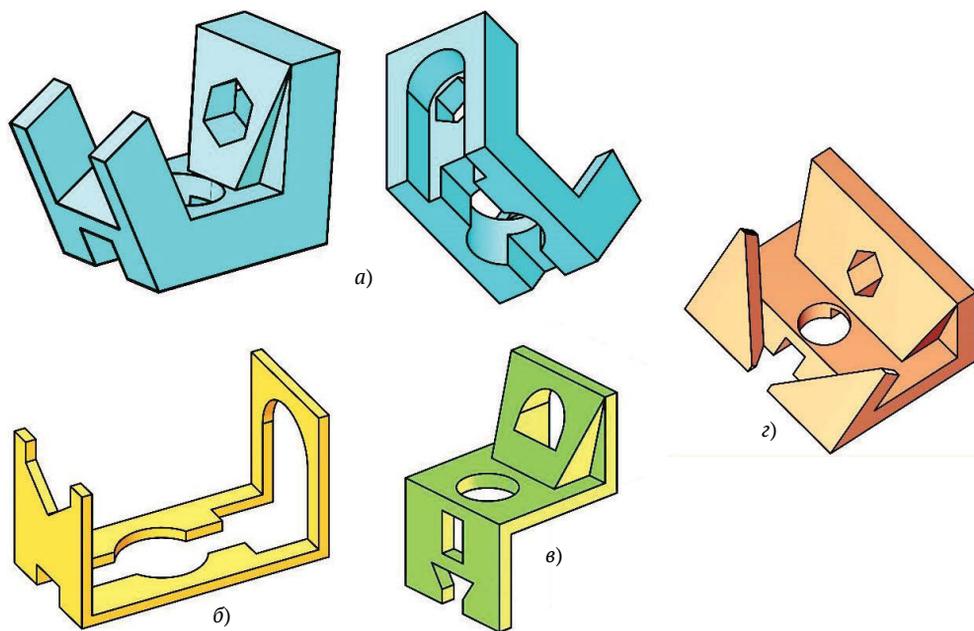


Рис. 7.20. Варианты редактирования и тестирования законченной модели

- ◆ Предложите варианты преобразования своей параметрической 3D-модели, которые показали бы надежность и диапазон действий заданных в ней геометрических зависимостей.
- ◆ Каждый вариант сохраните в отдельном dwg-файле для отчета.

7.5.10. Чертеж параметрической модели

Построение чертежа выполняется методами, приведенными в главах 4–6. Чертеж на рис. 7.21 содержит полный продольный фронтальный разрез на месте вида спереди, вид сверху, вид слева с половиной поперечного профильного разреза, дополнительный вид А и местный вид В. Местный вид В, заданный в исходных данных (см. рис. 7.10), 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

ГЛАВА 8

3D-модель узла

Построение компьютерной 3D-модели – современный метод конструирования узлов, машин и механизмов. Конструктор разрабатывает узел в виде 3D-модели. Затем на основе этой модели создают чертежи и другую документацию для узла и его деталей.

Трехмерная модель узла позволяет наглядно представить его форму, выполнить контроль собираемости узла. После согласования и уточнения формы всех деталей узла методами 3D-моделирования могут быть получены окончательный чертеж узла и рабочие чертежи входящих в него деталей.

Построение 3D-модели узла является контрольно-графическим заданием нашего курса «3D-модель машиностроительного узла». Пока студенты еще не могут конструировать, 3D-модель узла выполняется по вариантам на основе чертежа узла [10]. В этой главе рассматривается пример построения 3D-модели узла одного из вариантов.

8.1. Термины ЕСКД

Приведем термины ЕСКД, знание которых необходимо для выполнения задания «3D-модель машиностроительного узла».

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) – комплекс государственных стандартов (ГОСТ), устанавливающих правила, требования и нормы по разработке, оформлению конструкторской документации, в частности электронных (компьютерных) 3D-моделей и чертежей.

Деталь – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. К сборочным операциям относят соединения по резьбе, клепку, сварку, пайку, развальцовку, склеивание и т. п.

Сборочная единица – изделие, состоящее из нескольких деталей, соединяемых в общую конструкцию при помощи различного вида сборочных операций. Это, например, автомобиль, станок, телефонный аппарат и т. п.

Узел – сборочная единица, которая может собираться отдельно от других частей изделия и работать в изделиях только совместно с другими составными частями.

8.2. Содержание работы

Дано: чертеж узла (рис. 8.1), схема его работы, перечень деталей и техническое описание узла.

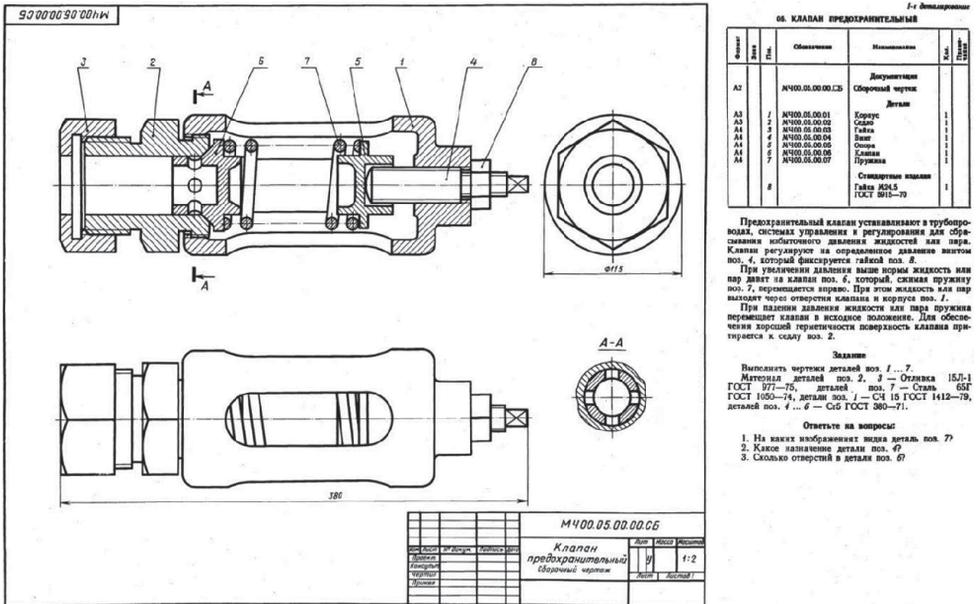


Рис. 8.1. Исходный чертёж узла

Требуется:

1. Выполнить 3D-модели всех деталей узла.
2. Собрать узел, то есть получить 3D-модель узла.
3. По 3D-модели построить аксонометрию узла.

Последовательность выполнения задания соответствует приведенным выше пунктам задания. В следующем задании курса на основе 3D-модели узла будем выполнять рабочие чертежи 3–5 деталей узла и сборочный чертёж узла.

8.2.1. Примеры и образцы моделей узлов

Прежде чем приступить к построению модели узла, рекомендуем посмотреть и изучить примеры узлов и деталей. В папке Мой компьютер перейдите по адресу: C:\Program Files\Nanosoft\nanoCAD x64 23.1\UserDataCache\Samples

Откроется папка Samples, где собраны образцы, поставляемые фирмой «Нанософт» при установке программы. Изучите содержание этой папки. Перейдите в папку Механика, затем в папку 3D. Здесь приведены файлы с примерами построения параметрических моделей деталей и папки с машиностроительными узлами. Для того чтобы файл стал доступен для изменений, его нужно скопировать в любое удобное место за пределами системной папки Program files.

Рассмотрите пример несложного узла.

- ◆ Откройте папку АБВГ.301329.001 Опора (СЕ), в ней откройте файл АБВГ.301329.001 Опора СБ.

Вместе с изображением узла появится окно «История построений» (или откройте его). При указании строк дерева построений на изображении узла цветом выделяются детали узла. При раскрытии папки какой-либо детали отображается последовательность построения этой детали. Открытый файл, содержащий 3D-модель узла, можно рассматривать как пример выполнения задания. Другие файлы этой папки – это модели деталей узла.

- ◆ Откройте файл узла и изучите Историю (дерево) построений модели узла и моделей деталей узла.
- ◆ Дополнительно рассмотрите пример сложного узла, приведенный в папке Редуктор (СЕ); в ней найдите, откройте и изучите файл сборки Редуктор_СЕ и файлы деталей редуктора.

8.2.2. Анализ конструкции узла. Метрическая резьба

Получив файл варианта узла, необходимо прочесть чертеж, то есть понять геометрическую форму узла и его деталей, а также работу узла. Для этого следует ответить на ряд вопросов по его назначению, конструкции и принципу действия. Рассмотрим эти вопросы и ответы к ним на примере узла (см. рис. 8.1).

1. Как называется узел и для чего он предназначен?

В основной надписи (в штампе) прочтите название узла. В нашем примере это «Клапан предохранительный», то есть узел автоматически открывает или закрывает подачу жидкости по магистрали. Этим клапан предохраняет магистраль от аварийного повышения давления жидкости.

2. Дать определение понятиям «узел», «деталь». Из каких деталей состоит узел вашего варианта?

Определения приведены в разделе 8.1. Названия деталей узла приведены в таблице, расположенной в правом верхнем углу листа исходных данных. В нашем примере это «Корпус», «Сфера», «Гайка» и др. Детали в таблице поделены на две группы. Верхняя группа – оригинальные детали, подлежащие изготовлению, нижняя группа – стандартные изделия, то есть детали, выполняемые по размерам, определенным в ГОСТах (государственных стандартах). Как правило, это покупные изделия.

3. Какие изображения содержит чертеж исходных данных?

На месте главного вида расположен полный фронтальный продольный разрез узла. Даны также виды сверху, слева и часть поперечного сечения узла. Чертеж выполнен в масштабе 1:2, то есть изображения уменьшены в два раза по сравнению с истинными размерами.

4. Что означает надпись «Сборочный чертеж», приведенная в штампе?

Сборочный чертеж – чертеж в ортогональных проекциях, передающий конструкцию узла, позволяющий понять принцип работы и сборки узла. В нашей учебной работе сборочный чертеж в полной мере передает форму каждой детали узла.

5. Как на сборочном чертеже отличить одну деталь от другой?

Каждая деталь имеет позиционное обозначение в виде линии-выноски с цифрой и номера позиции по таблице данных. В нашем примере (и, как правило, в других вариантах) деталь с номером 1 – корпус и т. д. Понять форму деталей можно по нескольким проекциям (минимум по двум). Чтобы найти изображение детали на различных проекциях, нужно понимать принцип работ узла и знать правило штриховки деталей. Действует правило: каждая деталь на различных разрезах заштрихована единым образом, и сопряженные детали имеют различную штриховку.

6. Как работает узел?

Краткое описание работы узла приведено в листе исходных данных ниже таблицы. Необходимо по чертежу понять работу и принцип действия узла. Например, в рассматриваемом варианте следует понять, как работает клапан; что происходит, если давление жидкости в магистрали превысит допустимое значение; чем регулируется допустимое значение давления.

7. Найти резьбовые соединения в конструкции узла.

Соединения резьбой – основной вид разъемных соединений. Как правило, часть деталей узла в нашем задании соединена по резьбе. Резьба обозначается тонкой линией, расположенной вдоль контура соединения. Например, гайка 3 навинчена на седло 2. Седло по резьбе соединено с корпусом 1. Найдите тонкие линии, изображающие указанные резьбовые соединения.

8. Дать определение резьбы. Что называется метрической резьбой? Показать и назвать детали резьбовых соединений, входящих в конструкцию узла.

Резьба – поверхность, образованная перемещением профиля по винтовой линии. Профиль может быть треугольным, прямоугольным и др. Резьба наносится на поверхность цилиндра или конуса. Может быть наружной или внутренней (в отверстиях). Основные параметры резьбы – шаг, диаметр, вид профиля. Метрическая резьба является стандартной (ГОСТ 24705-2024, 26705-2004) и наиболее распространенной, имеет профиль в виде равнобедренного треугольника. *Шаг резьбы* – расстояние между двумя витками. Резьба одного диаметра может иметь несколько значений шага. Наибольший шаг из предусмотренных называется крупным, остальные шаги – мелкие. Детали резьбовых соединений – болт, винт, гайка, шайба, шпилька.

9. Ответить на дополнительные вопросы, приведенные справа внизу на листе исходных данных.

8.3. Создание исходного файла

В отличие от предыдущего задания, которое мы выполняли в режиме прямого моделирования, это задание выполняется в режиме параметрического моделирования. С особенностями этого режима, его достоинствами вы ознакомились при выполнении упражнений в главе 7. В рамках учебного курса вы должны овладеть техникой работы в каждом из названных режимов.

8.3.1. Методика построения 3D-модели узла

Построение 3D-модели узла будем выполнять по следующей методике.

1. Создадим dwg-файл, назовем его Исходный чертеж и загрузим в него изображение заданного варианта узлового чертежа.
2. Узел будем строить в масштабе 1:1, то есть в истинных размерах. Контуры эскизов для построения параметрических моделей деталей узла в первом приближении получим, обводя линиями (отрезками, полилинией, окружностями) исходный чертеж. Для этого изображение варианта в исходном чертеже масштабируем так, чтобы размеры на этом чертеже стали истинными. При необходимости скорректируем угловое положение чертежа.
3. Для модели каждой детали создадим свой dwg-файл (файл детали). В исходном файле поверх подготовленного изображения варианта обведем контуры, необходимые для построения эскизов модели. Внесем контуры в буфер памяти. В файле детали откроем 2D-эскиз, установим плоскость построения эскиза и из буфера вставим контур в эскиз. Если модель детали требует создания нескольких эскизов, то их контуры также скопируем из исходного файла. Таким образом построим 3D-модели всех деталей.
4. Создадим новый файл, в котором будем выполнять сборку узла. Через буфер памяти скопируем модель корпусной детали в файл сборки. Затем последовательно в файл сборки скопируем модели остальных деталей и выполним их установку.
5. Проверим отсутствие дефектов выполненной сборки узла, в частности отсутствие недопустимых пересечений моделей или недопустимых зазоров между сопрягаемыми деталями. При выявлении дефектов отредактируем модели деталей и обновим сборку.

8.3.2. Приведение изображения к истинным размерам

Компьютерные 3D-модели выполняют в истинных размерах независимо от величины этих моделей и значений размеров, то есть в масштабе 1:1. Масштабирование, то есть изменение масштаба, производят при построении чертежа этих моделей. Это правило относится как к моделям крупных изделий – зданий, машин, – так и к моделям мелких изделий приборостроения. В том числе относится к узлам и деталям выполняемого задания.

Чертеж полученного варианта может иметь другой масштаб. Кроме того, при издании атласа, из которого взяты чертежи, типография внесла искажения масштаба и, возможно, повернула изображение (см. рис. 8.1). Поэтому вставленное изображение варианта приведем в горизонтальное положение и к истинному масштабу 1:1 (рис. 8.2).

- ◆ Создайте новый файл на основе ранее подготовленного шаблона и настроек пространства модели (см. раздел 3.4). Сохраните файл с именем, например Исходный чертеж.dwg.
- ◆ В новый файл вставьте jpg- или pdf-файл своего варианта (см. раздел 3.5).

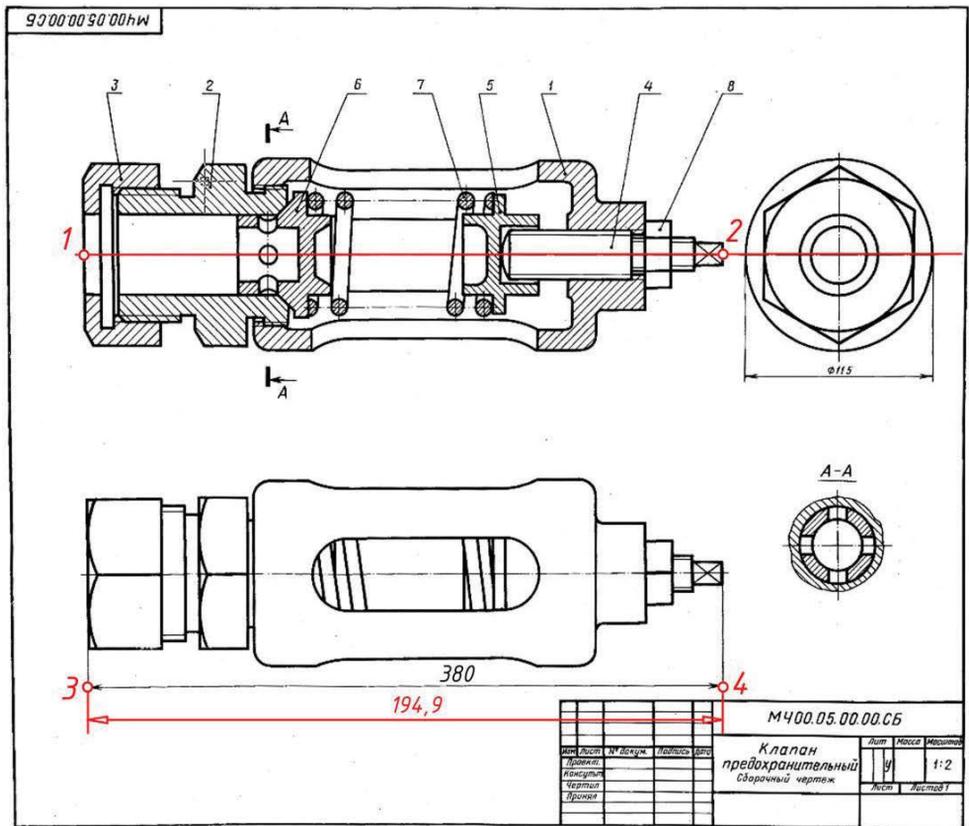


Рис. 8.2. Корректировка чертежа

Восстановите горизонтальное положение изображения. Для поворота изображения найдите на чертеже линию, которая должна быть строго горизонтальной. Это может быть ось одного из видов, например ось 1-2 (рис. 8.2).

- ◆ Команда ПОВЕРНУТЬ \ укажите вставленный чертеж \ Базовая точка – укажите точку 1 \ Опорный угол \ укажите точки 1 и 2 \ Новый угол – введите 0.

Для масштабирования найдите на чертеже один из габаритных размеров, например длину узла 380. Проставьте поверх чертежа линейный размер длины узла. Он будет отличаться от указанного на чертеже значения. Выполняем масштабирование чертежа.

- ◆ МАСШТАБ \ Указать чертеж \ Базовая точка – укажите точку 3 \ Опорный отрезок – укажите точки 3 и 4 \ Задать новую длину – введите требуемое значение размера 380.

- ◆ Сохраните файл.

Для контроля рекомендуем вновь проставить линейный размер и убедиться, что его значение равно указанному на чертеже. Можно проверить и другие габаритные размеры. После масштабирования расхождение между контрольными размерами и размерами на чертеже не должно превышать 2 мм.

Чертеж подготовлен для построения 3D-модели узла. Приступаем к построению 3D-моделей деталей узла.

8.4. Модель корпусной детали

Возможны два подхода к началу работы. Начните с построения простых моделей и двигайтесь к сложным. Однако если вы успешно выполнили построение сложной параметрической модели (см. раздел 7.5), то можно начать с построения сложной модели корпуса узла.

Познакомьтесь с образцами корпусных деталей. В папке образцов Samples (см. выше раздел 8.2.1) найдите и откройте файлы корпусных деталей, например \Samples\Механика\3D\Корпус.dwg, раскройте в каждом из них дерево построений и изучите последовательность построения модели.

Рассмотрим построение корпуса в примере узла выполняемого варианта – это деталь позиция 1 (см. рис. 8.2). По чертежу варианта задания видим, что корпус является телом вращения, контур и ось вращения определены на фронтальном разрезе. Кроме того, корпус содержит четыре поперечных сквозных паза. Контуры пазов показаны на виде сверху.

8.4.1. Рекомендации к построению контуров

Согласно методике (см. раздел 8.3.1) необходимо в исходном файле, в котором вставлен и приведен к истинным размерам чертеж варианта задания, находить и обводить контуры для создания 2D-эскизов модели. Рассмотрим эти действия на примере построения контуров корпуса (рис. 8.3).

Большинство линий контуров являются ортогональными отрезками. Поэтому построения следует вести в режиме «ОРТО». Чтобы контур выделялся на фоне чертежа, желательно для линий задать яркий цвет и вес (толщину) 1-2 мм.

Для рассматриваемого корпуса понадобится создать два эскиза и соответственно два контура. Первый контур (рис. 8.3а) предназначен для тела вращения, второй (рис. 8.3б) – для сквозных пазов.

В угловых точках первого контура имеются круговые сопряжения, характерные для литых деталей. Эти сопряжения можно выполнить при построении контура как сопряжения между отрезками или на 3D-модели. Для сопряжения отрезков в контуре применяем команду:

- ◆ Лента \ Построения \ Редактирование \ Сопряжение  \ задайте радиус сопряжения \ укажите сопрягаемые отрезки.

Если сопряжение выполняется по 3D-модели между цилиндрами и плоскостями оснований цилиндров (о сопряжениях в прямом моделировании см. раздел 3.7.5, рис. 3.7), то применяем команду:

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Элементы \ 3D Скругление  \ в диалоговом окне задайте радиус сопряжения \ укажите кромку на модели.

Сейчас применим первый вариант сопряжений, то есть первоначально построим контур из отрезков без сопряжений, затем добавим сопряжения отрезков.

Для внутренней части контура радиус сопряжения зададим 2.5, для наружной части 5 мм.

Поскольку контур предназначен для построения тела вращения, то в контур следует включить ось вращения – отрезок i .

В контур не следует включать линии пересечения элементов модели. В рассматриваемом контуре вращения такими линиями (рис. 8.3а) являются две линии m пересечения сквозного паза и цилиндрических поверхностей корпуса. Эти линии появятся на 3D-модели сами после построения пазов.

Следует обратить внимание на наличие резьбы. Корпус содержит два горизонтальных отверстия с внутренней резьбой. Участки с резьбой в этих отверстиях (см. рис. 8.3а) обозначены стрелками A и B (см. также рис. 10.5а). Резьба на чертеже обозначена условно тонкими линиями в изображениях корпуса и сопрягаемых деталей. В отверстии A сопрягаемую деталью является седло (поз. 2), в отверстии B – винт (поз. 4). Поскольку витки резьбы в отверстиях погружены в сопрягаемую деталь, то в этих участках линию контура проведем по внутреннему диаметру резьбы, то есть ее следует углубить в сопрягаемые детали на 1–2 мм.

Резьбу будем отображать условно и позднее на построенных 3D-моделях и на рабочих чертежах.

Первый эскиз модели рекомендуется установить так, чтобы его характерная точка в результате создания эскиза оказалась в начале координат МСК. Для рассматриваемой модели корпуса за характерную точку следует взять точку F (см. рис. 8.3а).

Для построения модели корпусной детали, как правило, требуется построить несколько эскизов. Если контуры эскизов изображены на одном виде исходного чертежа, то их можно копировать вместе, и в файле детали строить единый эскиз. Примером является эскиз из трех контуров для модели (см. рис. 7.15).

Если контуры расположены на разных видах чертежа, то необходимо предусмотреть координацию контуров относительно создаваемой модели. Для рассматриваемой модели корпуса, кроме контура вращения, необходимо построить контур паза (рис. 8.3б). Контуры заданы на разных проекциях исходного чертежа. Координация заключается в размещении контура паза на оси модели и задании расстояния паза до правой кромки корпуса, равного 34 мм.

Каждый контур должен быть замкнутым.

8.4.2. Построение тела вращения

По исходному чертежу обводим контур вращения, копируем его в новый файл Корпус.dwg, в нем создаем эскиз и параметрическое тело вращения этого контура.

Контур вращения

- ◆ Откройте файл Исходный чертеж.dwg, содержащий чертеж варианта задания, приведенный к истинным размерам (см. раздел 8.3.2, рис. 8.2).

- ◆ Создайте новый слой и перейдите на него.
- ◆ Задайте красный (синий, зеленый...) цвет и толщину (Вес) 1-2.
- ◆ Включите режим «ОРТО».
- ◆ Отрезок  \ постройте ось вращения i .
- ◆  \ обведите отрезками контур вращения (см. рис. 8.3а) с учетом рекомендаций по обводке участков резьбы А, Б.
- ◆ Выполните сопряжения отрезков командой «Сопряжение»  радиусами 2.5 и 5 мм.
- ◆ Постройте отрезок перпендикуляра, опущенного на ось контура из его крайней левой точки, и определите точку F как базовую точку для копирования контура.

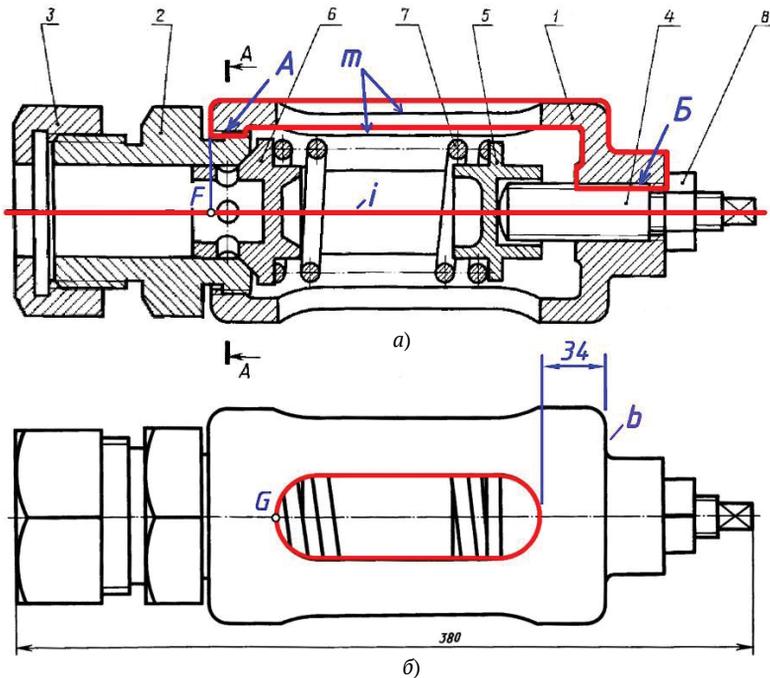


Рис. 8.3. Контур корпуса: а – контур вращения; б – контур паза

Построение эскиза. Задание рабочей плоскости

Строим эскиз контура вращения (рис. 8.4а).

- ◆ На основе шаблона создайте новый файл. Сохраните файл с именем детали Корпус.dwg.
- ◆ Лента \ Настройка \ Функциональные панели \ История построений  – откроется окно «История построений». Поместите его в боковой части экрана.

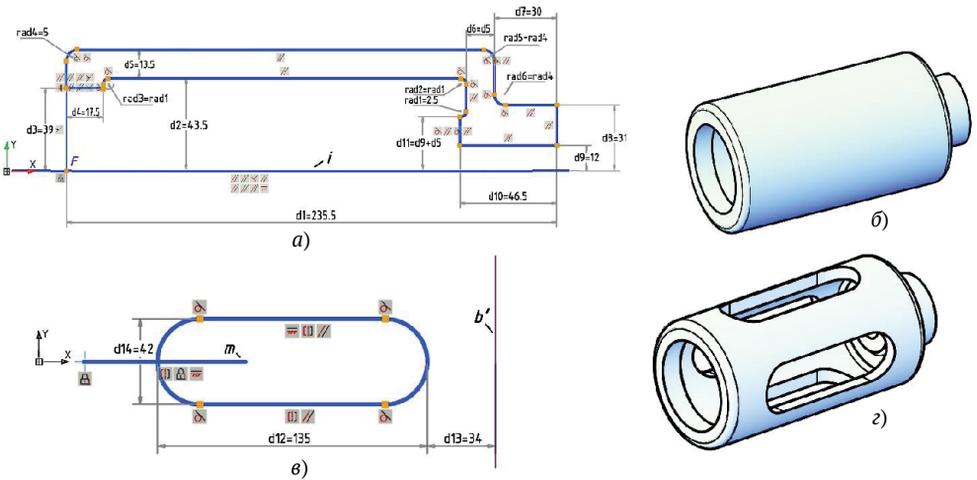


Рис. 8.4. Построение корпуса:

a – эскиз контура корпуса; *b* – модель вращения; *в* – эскиз паза; *г* – модель корпуса

Поскольку контур построен в фронтальной плоскости, следует задать плоскость построений как рабочую плоскость по осям X и Z . (Опцию ZX дерева построений применять не рекомендуем, поскольку возникает поворот эскиза, осложняющий последующие построения.)

- ◆ Установите аксонометрию , систему координат МСК.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Вспомогательные \ Добавить рабочую плоскость  \ опция 2 отрезка \ Укажите первый линейный элемент: опция OX \ Укажите второй линейный элемент: OZ – в дереве построений появится строка «Рабочая плоскость». На экране показана плоскость ZX системы МСК.
- ◆ Клик ПКМ по строке «Рабочая плоскость» или по ее изображению \ Скрыть.
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Параметрика \ Добавить эскиз \ Укажите плоскость для эскиза: в дереве построений укажите строку «Рабочая плоскость» – лента перейдет в режим создания и редактирования 2D-эскиза.

В центре экрана установлены оси координат .

Отобразим в эскизе начало координат МСК:

- ◆ Дерево построений \ ГСК \ Начало координат \ Показать – на оси X будет поставлен маркер точки $0,0,0$ системы МСК.

Из файла Исходный чертеж.dwg через буфер копируем контур в файл Корпус.dwg.

- ◆ Вернуться в исходный чертеж \ клик ПКМ по экрану – открылось контекстное меню \ Копировать с базовой точкой \ Базовая точка: с привязкой «Конточка» укажите точку F \ Скопировать контур и ось вращения i \ переходим в файл Корпус.dwg \ клик ПКМ – откроется контекстное меню \ Вставить \ с привязкой «Конточка» совместите точку F вставки контура с маркером начала координат МСК – контур вместе с осью вращения будет внесен в эскиз.

Присвоение геометрических зависимостей

- ◆ На точку вставки F поставьте зависимость фиксации . Это предотвратит осевое перемещение контура при изменении его длины.
- ◆ Лента \ Зависимости \ Геометрические \ Автоналожение зависимостей  – появятся значки геометрических зависимостей.

Ввиду погрешностей построения (ручной обводки) контура в исходном чертеже команда «Автоналожение» может не проставить все необходимые зависимости. Поэтому следует дополнительно проверить следующее:

- ◆ наличие квадратиков в точках совмещения сегментов контура;
- ◆ по концам дуг сопряжения проставлены знаки «Касание» ;
- ◆ наведите курсор на отрезок оси – высвечены значки зависимостей этого отрезка. Убедитесь, что в наборе значков присутствуют горизонтальность  и перпендикулярность .

При отсутствии необходимых зависимостей следует проставить их вручную.

Простановка параметрических размеров

После простановки каждого размера сразу редактируйте его значение (см. рис. 7.2), округляя с точностью до 0.5. Например, проставьте длину контура:

- ◆ Лента \ Зависимости \ Параметрические размеры \ Линейный размер  \ с привязкой «Конточка» укажите две крайние точки контура – откроется окно редактирования размера со значением, например, 235.3245; тогда введите значение 235.5.

Выполните тестирование контура параметров. Необходимо убедиться, что при изменении значений размеров форма контура качественно сохраняется.

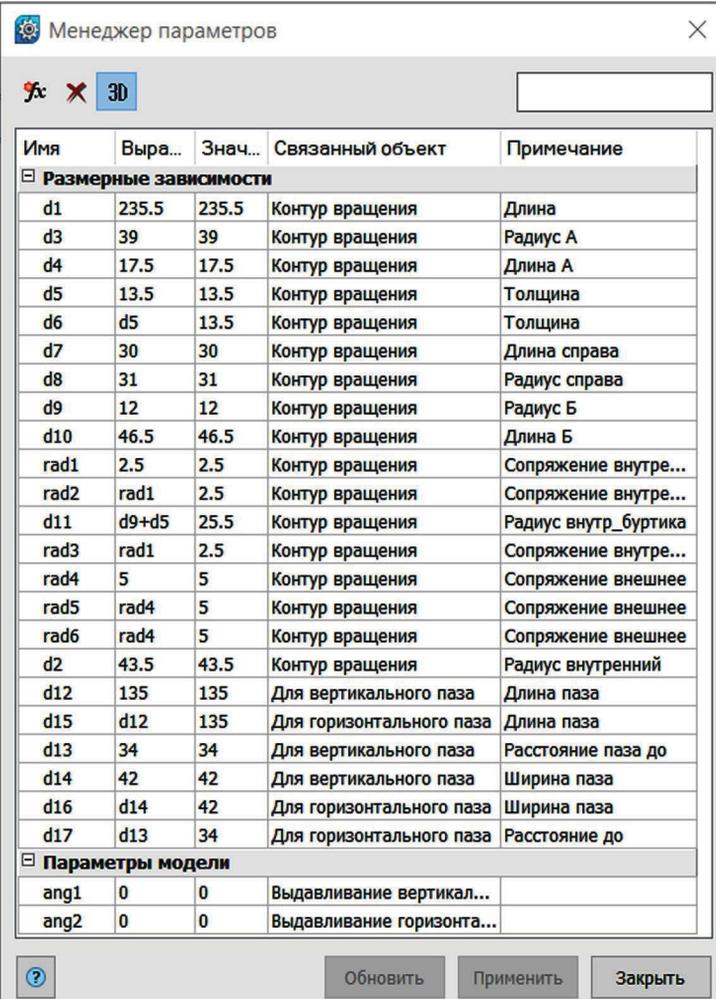
Задание взаимосвязей параметров

Присвоение взаимосвязей учитывает особенности геометрии модели (см. раздел 7.5.5). В рассматриваемом примере корпуса зададим следующие взаимосвязи: взаимное равенство всех внутренних радиусов скругления, всех наружных радиусов скругления, взаимное равенство толщины стенок контура, значение $d_{11}=d_9+d_5$. Эти взаимосвязи можно задать при редактировании размеров эскиза или редактировании таблицы Менеджера параметров.

- ◆ В режиме редактирования размеров задайте указанные или необходимые другие взаимосвязи. Для этого значение размера или арифметическое выражение необходимо записать в окне редактирования размера.
- ◆ Найдите в эскизе контура (см. рис. 8.4а) указанные взаимосвязи параметрических размеров.

Откроем Менеджер параметров. Его можно открыть, оставаясь в режиме построения эскиза, либо при повторном открытии эскиза, либо при закрытом эскизе.

- ◆ Лента \ Зависимости \ Управление \ Диспетчер параметров  – откроется окно «Менеджер параметров» (см. рис. 8.5).



Менеджер параметров

fx X 3D

Имя	Выра...	Знач...	Связанный объект	Примечание
Размерные зависимости				
d1	235.5	235.5	Контур вращения	Длина
d3	39	39	Контур вращения	Радиус А
d4	17.5	17.5	Контур вращения	Длина А
d5	13.5	13.5	Контур вращения	Толщина
d6	d5	13.5	Контур вращения	Толщина
d7	30	30	Контур вращения	Длина справа
d8	31	31	Контур вращения	Радиус справа
d9	12	12	Контур вращения	Радиус Б
d10	46.5	46.5	Контур вращения	Длина Б
rad1	2.5	2.5	Контур вращения	Сопряжение внутре...
rad2	rad1	2.5	Контур вращения	Сопряжение внутре...
d11	d9+d5	25.5	Контур вращения	Радиус внутр_буртика
rad3	rad1	2.5	Контур вращения	Сопряжение внутре...
rad4	5	5	Контур вращения	Сопряжение внешнее
rad5	rad4	5	Контур вращения	Сопряжение внешнее
rad6	rad4	5	Контур вращения	Сопряжение внешнее
d2	43.5	43.5	Контур вращения	Радиус внутренний
d12	135	135	Для вертикального паза	Длина паза
d15	d12	135	Для горизонтального паза	Длина паза
d13	34	34	Для вертикального паза	Расстояние паза до
d14	42	42	Для вертикального паза	Ширина паза
d16	d14	42	Для горизонтального паза	Ширина паза
d17	d13	34	Для горизонтального паза	Расстояние до
Параметры модели				
ang1	0	0	Выдавливание вертикал...	
ang2	0	0	Выдавливание горизонта...	

Обновить Применить Закрыть

Рис. 8.5. Таблица менеджера параметров модели корпуса

- ◆ Найдите в таблице Менеджера (см. рис. 8.5) размеры с присвоенными взаимосвязями.
- ◆ Изменяя значения параметров в эскизе или в таблице Менеджера параметров, проверьте сохранение качественного вида контура вращения при изменении его длины в интервале $d1=200...250$ мм, изменении внутреннего радиуса $d2=42...50$, радиусов резьбовых отверстий А и Б и т. д.
- ◆ Отмените изменения , внесенные при тестировании модели. Закройте эскиз.

- ◆ 3D-инструменты \ на ленте слева укажите кнопку «Закончить редактирование».
- ◆ В дереве построений появится строка «2D Эскиз». На экране остается контур эскиза, расположенный в плоскости ZX системы МСК.
- ◆ В дереве построений (рис. 8.6) присвойте эскизу имя Контур вращения.

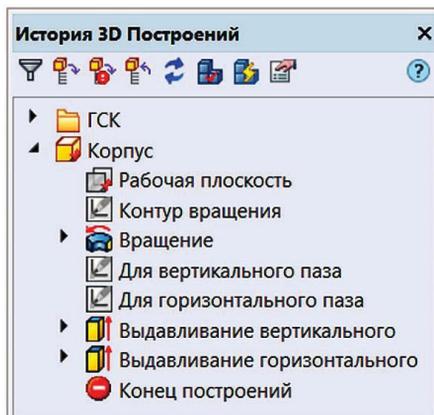


Рис. 8.6. Дерево построений модели корпуса

Вращение контура

- ◆ 3D-инструменты \ Параметрическое моделирование \ Команда «3D-вращение»  – откроется диалоговое окно «3D-Вращение» \ убедитесь, что активна кнопка «Эскиз», и на экране укажите контур вращения – контур будет подсвечен бордовым цветом \ кнопка «Ось» – укажите ось вращения \ ОК – будет построена модель корпуса как тело вращения (рис. 8.4б).
- ◆ Наведите курсор на модель – рядом с курсором возникнет сообщение «Параметрическое тело».

8.5. Копирование и массив эскизов.

Сквозные пазы

Если модель содержит одинаковые элементы, то возможны три варианта их построения. Первый – каждый элемент строить самостоятельно. Второй – применить копирование элементов. Третий вариант – если расположение элементов позволяет, то построить массив элементов. Рассмотрим эти варианты на примере построения пазов корпуса.

Корпус содержит вертикальные и горизонтальные сквозные пазы. Пазы имеют одинаковый контур, эскизы и последовательность действий по построению. Очевидно, что дублирование построений в сравнении с двумя другими наименее эффективно. Поэтому построим первый паз – пусть это будет вертикальный паз. Затем рассмотрим, как в параметрической модели этот паз скопировать или размножить применением массива.

8.5.1. Вертикальный паз

- ◆ Вернитесь в файл Исходный чертеж.dwg, в котором подготовлен чертеж с вариантом задания (см. рис. 8.3б).
- ◆ На виде сверху чертежа постройте контур паза как прямоугольник со скруглениями.
- ◆ Скопируйте контур в буфер памяти, указав в качестве базовой точку G.

- ◆ Перейдите в файл Корпус.dwg.

Поскольку на исходном чертеже контур паза задан на виде сверху (см. рис. 8.3б), то эскиз построим в плоскости XY.

- ◆ Установите визуальный стиль «2D Каркас».
- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Добавить эскиз \ Укажите плоскость для эскиза: XY.

Установлен режим создания эскиза . Видны контуры модели. Из буфера вставляем контур паза.

- ◆ Вставить контур из буфера памяти (**Ctrl+V**) – появится контур паза, перемещаемый курсором \ установите контур, задав его положение приблизительно, ориентируясь на контуры модели.

Для координации контура паза с моделью спроецируем на эскиз правую вертикальную грань корпуса b (см. рис. 8.3б) и построим отрезок осевой линии m (рис. 8.4в).

- ◆ Спроецировать на эскиз  \ укажите правую грань b – появится отрезок b' проекции грани \ **Esc**.
- ◆ Чтобы модель не мешала построениям эскиза, ее следует «Изолировать \ Скрыть».
- ◆ Отрезок  \ Первая точка: с привязкой «Узел» укажите начало координат ПСК \ Укажите следующую точку: в режиме «ОРТО» отведите курсор вправо на 80 мм – будет построен отрезок m .
- ◆ Для линий контура и отрезка оси выполните «Автоналожение зависимостей»  – появятся значки геометрических зависимостей контура и отрезка оси.
- ◆ Проверьте выполненную автоматическую простановку значков: совмещения конечных точек отрезков и дуг (квадратики), зависимостей касания , параллельности сторон , горизонтальности сторон  и отрезка оси. Отрезку оси дополнительно задайте фиксацию . При отсутствии какого-либо значка добавьте зависимость вручную.
- ◆ Задайте симметрию  горизонтальных сторон контура относительно отрезка m – контур будет размещен симметрично отрезку m .
- ◆ Проставьте параметрические размеры (см. рис. 8.4в) длины 135, ширины паза 42 мм и размер 34, задающий положение паза на оси модели.
- ◆ Проверьте, чтобы отрезок m не пересекал полностью контур паза. Иначе в следующей операции, при выдавливании, контур распадется на две части, что затрудняет операцию выдавливания.
- ◆ Тестируйте контур паза, открыв диспетчер параметров . Редактируйте размеры и положение контура, проверяя сохранение геометрии контура паза.

Закройте эскиз:

- ◆ 3D-инструменты \ Закончить редактирование.

На экране остались контур паза и отрезки проекций контура, расположенные в плоскости XY системы МСК. Восстановите изображение модели.

- ◆ Клик ПКМ по экрану \ Изолировать \ Завершить изоляцию объектов.
- ◆ В дереве построений переименуйте созданный эскиз, задав имя, например Для вертикального паза.

Выдавливает контур паза в обе стороны с вычитанием из модели корпуса, то есть насквозь:

- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Параметрическое моделирование \ 3D Выдавливание  \ откроется окно «3D Выдавливание» \ убедитесь, что активна кнопка «Эскиз», и укажите контур паза – контур будет выделен цветом \ кнопка «Тело» \ кнопка «Вырезать» \ в поле «Ограничения» задайте «Насквозь» \ ОК.

Построен двусторонний сквозной вертикальный паз в корпусе (рис. 8.4z).

8.5.2. Копирование эскиза (горизонтальный паз)

Горизонтальный паз имеет тот же контур, что и предыдущий вертикальный паз. Отличие – в плоскости построения эскиза. Она должна быть вертикальной. Эту плоскость зададим по Рабочей плоскости, ранее созданной для контура вращения корпуса. Контур паза скопируем из предыдущего эскиза и вставим в плоскость нового эскиза.

- ◆ Укажите в дереве строку предыдущего эскиза «Для вертикального паза» \ Редактировать – появится контур паза (см. рис. 8.4в).
- ◆ В режиме копирования с базовой точкой скопируйте в буфер контур паза с размерами и отрезком оси. Базовая точка копирования – начало координат.
- ◆ Закончить редактирование (закройте эскиз).

Создадим новый эскиз.

- ◆ Укажите в дереве строку «Рабочая плоскость» \ клик ПКМ по этой строке \ в контекстном меню укажите «Создать 2D Эскиз» – будет установлен режим построения эскиза .
- ◆ Вставьте из буфера контур паза. Конечную точку отрезка оси совместите с началом координат ПСК. Ось зафиксируйте .
- ◆ Спроецируйте на эскиз  правую грань b модели – появится отрезок (рис. 8.4в) \ **Esc**.
- ◆ Поставьте параметрический размер 34 как расстояние контура до проекции грани b .
- ◆ Закончить редактирование.
- ◆ В дереве построений переименуйте созданный эскиз, присвоив ему имя Для горизонтального паза (см. рис. 8.6).

Выдавливает контур горизонтального паза:

- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Параметрическое моделирование \ 3D Выдавливание  – откроется окно «3D Выдавливание» \ кнопка «Эскиз» – укажите контур паза; контур будет выделен цветом \ кнопка «Тело» \ кнопка «Вырезать» \ в поле «Ограничения» задайте «Насквозь» \ ОК.

Модель корпуса построена (рис. 8.4z).

- ◆ Окончательно отредактируйте названия строк в дереве построений (см. рис. 8.6).
- ◆ Откройте таблицу Менеджера параметров  созданной модели корпуса (рис. 8.5). Завершите заполнение столбца примечаний. Протестируйте созданную модель при совместном изменении параметров корпуса: параметров вращения и создания пазов.

8.5.3. Массив элементов (пазов в корпусе)

Рассмотрим построения пазов в корпусе с применением кругового массива. Массив позволит одной командой построить произвольное количество пазов.

Геометрия и расположение пазов в корпусе позволяют построить их как круговой массив элементов. Команда «3D Круговой массив» для каждого элемента дублирует все действия, включая копирование эскиза, операцию выдавливания с вычитанием и равномерное размещение элементов по круговой траектории. Количество элементов является редактируемым параметром массива, отображаемым в менеджере построений.

Для построения массива следует построить один его элемент и применить к нему команду «3D Круговой массив». Пусть построено тело вращения корпуса как параметрическая модель (см. рис. 8.4б) и контур вертикального паза (рис. 8.4в). Выдавливания паза еще не выполнено. (Для восстановления этого состояния модели достаточно в дереве построений удалить действие выдавливания паза.)

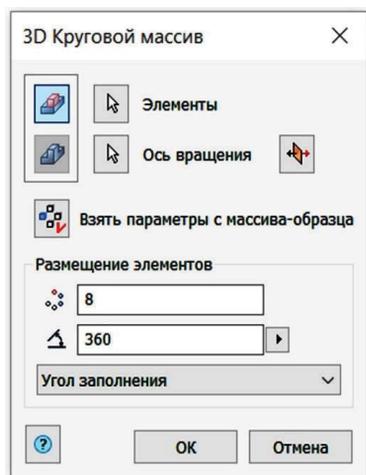
Строим единичный паз как базовый элемент массива. Для того чтобы паз был единичный, а не двусторонний, как построенный вертикальный паз (см. выше раздел 8.5.1), необходимо при выдавливании задать режим одностороннего выдавливания.

- ◆ 3D Выдавливание  \ откроется окно «3D Выдавливание» \ кнопка «Эскиз» – с привязкой «Ближайшая» укажите контур паза; контур будет выделен цветом \ укажите кнопку одностороннего выдавливания (любую) \ кнопка «Тело» – укажите модель корпуса \ кнопка «Вырезать» \ в строку «Ограничения» введите «Насквозь» \ ОК – будет построен один сквозной паз.

Строим круговой массив пазов.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Параметрика \ Массивы \ 3D Круговой массив  – откроется окно «3D Круговой массив» (рис. 8.7a) \ кнопка «Элементы» – укажите контур паза, построенный командой «Выдавливание» \ Ось вращения – укажите цилиндрическую поверхность корпуса модели; появится ось корпуса как ось массива \ Размещение элементов – введите ко-

личество элементов, например 8 \ ОК – построено восемь сквозных пазов в модели корпуса (рис. 8.7б).



а)

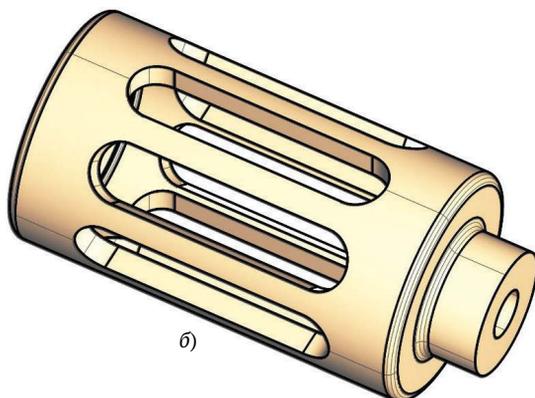


Рис. 8.7. Круговой массив параметрической модели корпуса: а – окно создания кругового массива; б – восемь пазов в корпусе

8.6. Псевдоразрез

Для контроля формы модели применим команду «Секущая плоскость». Команда позволяет построить разрез модели произвольной плоскостью. Плоскость можно задать либо по трем точкам, указанным на модели, либо указанием координатной плоскости в дереве построений, например XY, или указанием предварительно созданной рабочей плоскости.

Возможны два варианта действия команды. Первый – построение 2D-разреза, помещаемого на плоскость чертежа. Этот вариант мы рассмотрели при построении наклонного сечения (см. раздел 5.4.2). Вторым вариантом действия команды «Секущая плоскость» – построение наглядного объемного разреза модели, называемого *псевдоразрез*. «Псевдо-» означает, что разрез временный, условный, его можно отменить и восстановить модель.

Построим псевдоразрез корпуса, задав секущую плоскость по дереву построений как ранее созданную фронтальную рабочую плоскость контура вращения корпуса (см. выше раздел 8.4.2).

- ◆ 3D-инструменты \ 2D-виды \ Секущая плоскость  \ в дереве построений (см. рис. 8.6) укажите строку «Рабочая плоскость» \ Показать – появится изображение выбранной плоскости (рис. 8.8а).
- ◆ Укажите изображение секущей плоскости \ клик ПКМ по изображению секущей плоскости \ в открывшемся контекстном меню укажите строку «Свойства» \ в открывшемся окне свойств найдите строку «Псевдоразрез» и задайте «Да» – будет построен псевдоразрез модели (см. рис. 8.8а). Сечение разреза автоматически заштриховано.

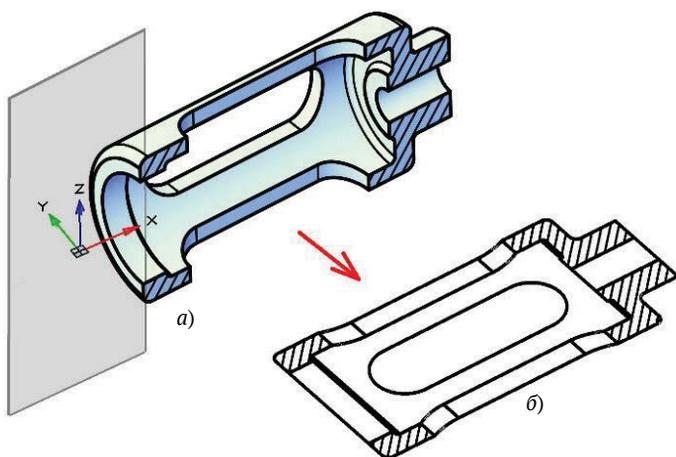


Рис. 8.8. Действие команды «Секущая плоскость»: а – псевдоразрез корпуса; б – 2D-разрез корпуса

Для отключения псевдоразреза и восстановления модели следует указать секущую плоскость, оторвать окно «Свойства» и на строке «Псевдоразрез» указать «Нет».

Добавим 2D-разрез, задав прежнюю секущую плоскость.

- ◆ 3D-инструменты \ 2D-виды \ Секущая плоскость  \ в дереве укажите строку «Рабочая плоскость» – появится изображение выбранной плоскости \ опция «Модель» \ курсором укажите положение возникшего изображения на плоскости чертежа – будет построен 2D-разрез модели, установленный на плоскость чертежа (рис. 8.8б). Наведя курсор на изображение, увидим, что тип объекта «2D Вид». В дереве построений появилась дополнительная строка «Сечения».
- ◆ Для своей модели корпусной детали постройте псевдоразрез и 2D-разрез.
- ◆ Отключите псевдоразрез.

Изучив пример построения корпусной детали, переходите к модели корпуса своего варианта.

8.7. Детали типа гайки. Седло

Типовыми называют детали, имеющие общие элементы в своей геометрической форме и общее применение. Это приводит к общим алгоритмам построения моделей. Примером являются детали типа гайки.

8.7.1. Особенности деталей типа гайки

«Типа гайки» будем называть детали, содержащие цилиндрические поверхности с резьбой и шестигранную поверхность, напоминающую гайку. Гайка позволяет применять гаечный ключ для вращения детали и ее перемещения по резьбе. Такие детали имеют названия шуццер, резьбовая крышка, резьбовая

пробка и др., они встречаются в каждом варианте выполняемого задания. Особенностью построения моделей этих деталей является формирование шестигранной поверхности для захвата гаечным ключом; задание диаметра цилиндрических поверхностей с учетом того, что на них нарезана резьба; наличие фасок и резьбовых проточек.

В рассматриваемом варианте (см. рис. 8.1) узел содержит три детали типа гайки. Это деталь «седло», поз. 2; гайка (специальная), поз. 3, и гайка (стандартная), поз. 8.

Построим модель детали «седло» (поз. 2). Деталь содержит две цилиндрические поверхности с наружной резьбой и двумя проточками (канавками), продольное сквозное цилиндрическое отверстие. Наружная поверхность этой детали содержит шестигранную призму с конической фаской, воспроизводящую по форме гайку (см. также раздел 2.13).

Применим алгоритм построения модели, который воспроизводит технологию изготовления таких деталей. Вначале на токарном станке вытачивают цилиндрическую заготовку, затем на фрезерном станке формируют шестигранную поверхность, удаляя часть цилиндрической заготовки. Поэтому для модели первоначально построим тело вращения. Контур вращения скопируем с фронтального разреза узла. Затем построим цилиндр с шестигранным отверстием, «наденем» этот цилиндр на тело вращения и вычтем его объем из тела вращения.

Ответственными элементами деталей типа гайки являются резьбовые проточки (канавки). Назначение канавок – обеспечить плотное, до упора, заворачивание детали в резьбовое отверстие сопрягаемой детали. Канавки имеют сложный профиль, позволяющий сохранить прочность детали. На данном этапе при построении 3D-модели форму канавок воспроизведем упрощенно, задав их профиль прямоугольным, как он показан на исходном сборочном чертеже (см. рис. 8.1). В следующем задании при построении рабочих чертежей форму этих элементов приведем в соответствии с их реальным профилем, определяемым требованиями ГОСТ 10549-80.

Построение проточек отражает характерный подход к моделированию, при котором элементы малой формы первоначально, при проектировании узла, воспроизводят упрощенно, затем уточняют при доработке модели и построении рабочих чертежей. Кроме проточек к элементам, которые первоначально строят упрощенно, относятся фаски, скругления, резьбовые отверстия малых размеров. Так же в два этапа будем воспроизводить резьбу. Первоначально размеры цилиндрических поверхностей, на которых нарезается резьба, зададим упрощенно, как на исходном чертеже, затем при построении рабочих чертежей уточним эти размеры согласно ГОСТ 10549-80.

8.7.2. Построение тела вращения

Создаем и копируем контур детали «седло» из исходного файла (рис. 8.9а), соблюдая приведенные выше требования к его построению (см. выше раздел 8.3.1).

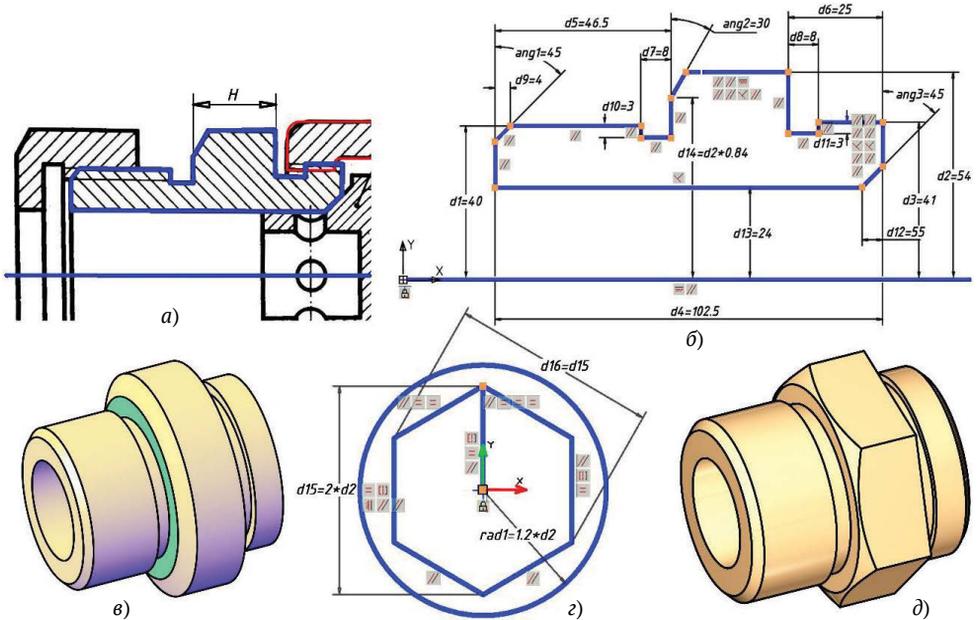


Рис. 8.9. Построение модели детали «седло» (поз. 2):
 а – копирование контура вращения; б – эскиз контура вращения;
 в – тело вращения; г – эскиз выдавливания; д – готовая модель

Копирование контура из исходного файла

- ◆ Откройте файл Исходный чертеж.dwg.
- ◆ Задайте цвет, отличающийся от цвета других контуров (например, синий), и толщину (вес) 1...2. Включите режим «ОРТО».
- ◆ Отрезок \ построите ось вращения.
- ◆ Командами «Отрезок» или «Полилиния» обведите контур вращения.
- ◆ Скопируйте контур и ось в буфер памяти.

При обводке контура обратите внимание на два участка резьбы. В этом месте контур детали «седло» должен перекрывать контур ранее созданного корпуса (см. рис. 8.9а). Это соответствует правилу построения чертежей резьбового соединения, согласно которым контур модели с наружной резьбой закрывает контур модели с внутренней резьбой. Седло имеет наружную резьбу, корпус – внутреннюю. Соблюдение этого правила позволит позднее правильно построить разрез узла и сборочный чертеж.

Эскиз контура вращения

- ◆ На основе шаблона создайте новый файл с именем детали, в нашем примере Седло поз_2.
- ◆ Откройте окно «История построений» .

На исходном чертеже контур модели задан во фронтальной плоскости (на виде спереди). Однако построение эскиза в этой плоскости требует задания дополнительной рабочей плоскости (см. выше пример с корпусом, раздел 8.4.2). Для тела вращения эскиз можно создать в горизонтальной плоскости, применив опцию ХУ дерева построений, которая, в отличие от ZX, не приводит к осложнениям в последующих действиях.

- ◆ В дереве построений раскройте папку ГСК и сделайте клик ПКМ по папке ХУ \ в открывшемся контекстном меню укажите «Создать 2D Эскиз» – установлен режим создания 2D-эскиза в плоскости ХУ системы МСК.
- ◆ Из буфера памяти в эскиз вставим контур вращения. Совместим ось контура с осью X системы ПСК – контур внесен в 2D-эскиз (рис. 8.9б).
- ◆ Примените команду «Автонанесение зависимостей»  – появились значки геометрических зависимостей. Проверьте наличие квадратиков в местах сопряжения линий, параллельность линий и другие зависимости.
- ◆ Проставьте параметрические управляющие размеры.

Значения размеров при их простановке через окно редактирования (см. рис. 7.2) следует округлить до десятых. Рекомендуем также установить взаимосвязь параметра, определяющего величину фаски на поверхности гайки: $d_{14}=d_2*0.84$ (см. рис. 8.9б).

Вращение контура

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Параметрика \ 3D-Вращение  – откроется диалоговое окно «3D-вращение» \ укажите кнопку «Эскиз» и укажите контур вращения – контур будет подсвечен бордовым цветом \ кнопка «Ось» – укажите ось вращения \ ОК – будет построено тело вращения гайки (рис. 8.9в).

8.7.3. Шестигранная часть модели

Установим плоскость эскиза на кольцевую грань тела вращения и откроем новый эскиз.

- ◆ Установите на экране вид ЮЗ изометрия сверху.
- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Добавить эскиз \ укажите кольцевую грань (рис. 8.9в) – грань выделится цветом, будет установлен режим построения 2D-эскиза. Плоскость эскиза установлена по кольцевой грани. Начало координат ПСК – в центре кольца.

В плоскости эскиза строим контур, содержащий шестиугольник, отрезок вертикальной оси и внешнюю окружность.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Черчение \ кнопка  \ Число сторон: 6 \ Укажите центр многоугольника – укажите начало координат ПСК \ Задайте способ построения: Вписанный в окружность \ Радиус окружности: с привязкой «Квадрант» укажите верхнюю точку окружности модели – построен шестиугольник (рис. 8.9г).
- ◆ Модель «Изолировать \ Скрыть» – остался шестиугольник.

- ◆ Постройте вертикальный отрезок, соединив верхнюю вершину шестиугольника и начало координат ПСК.
- ◆ Задайте геометрические зависимости для шестиугольника: попарную параллельность противоположных сторон шестиугольника, попарное равенство сторон, вертикальность отрезка оси, симметрию двух сторон относительно оси (см. также раздел 7.5.6, контур шестиугольного отверстия).
- ◆ Постройте внешнюю окружность  с центром в начале координат.
- ◆ Поставьте три параметрических размера, связующих шестиугольник, внешнюю окружность и ранее построенную модель вращения. Для этого значения размеров задайте в зависимости от размера d2 контура вращения.
- ◆ Откройте Менеджер параметров  и редактируйте значение размера d2. Убедитесь, что геометрия эскиза при изменении размера качественно сохраняется.
- ◆ Завершить эскиз – в дереве построений появится строка нового эскиза.
- ◆ Восстановите отображение ранее скрытой модели – на экране видна модель и созданный эскиз. Если эскиз не отображается, то в дереве построений укажите строку эскиза \ Показать.
- ◆ 3D Выдавливание  \ открылось окно «3D Выдавливание» \ кнопка «Эскиз»: укажите область между окружностью и шестиугольником – область будет выделена цветом \ Режим: укажите кнопку «Вырезать»  \ Направление выдавливания: укажите кнопку «Вправо» \ Длина выдавливания 35 \ ОК – шестигранник гайки построен.

Длина выдавливания была измерена по исходному чертежу как величина H простановкой линейного размера, значение которого 31.5 (см. рис. 8.9а), и задана с запасом.

В завершение постройте фаску на правом патрубке штуцера.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Параметрика \ Элементы \ 3D Фаска  – открылось окно «3D Фаска» \ кнопка «Ребро» – укажите кромку цилиндра \ в окне введите расстояние 3 – фаска построена.
- ◆ Установите наглядное изображение и МСК.

8.7.4. Контроль и тестирование модели

- ◆ Для контроля модели постройте 2D-виды сверху и спереди. Убедитесь, что проекции построенной модели те же, что на исходном чертеже.

Модель построена (рис. 8.9д).

- ◆ Отредактируйте название строк в дереве построений (рис. 8.10а).
- ◆ В таблице параметров  (рис. 8.10б) в столбце «Параметры» внесите названия параметров модели.
- ◆ Редактируя параметры в таблице, постройте варианты созданной параметрической модели.

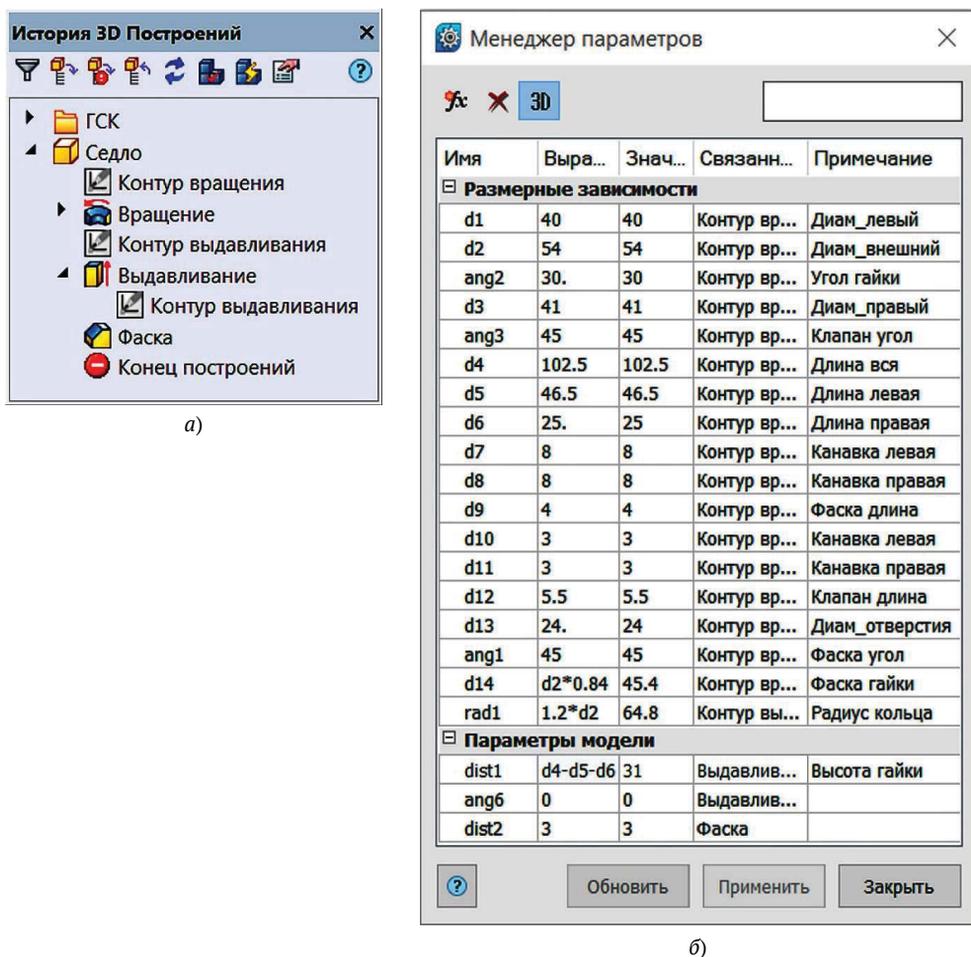


Рис. 8.10. История (а) и таблица параметров (б) модели детали «седло» (поз. 2)

Если модель построена с приданием необходимых геометрических зависимостей, управляющих размерами и их взаимосвязей, то ее редактирование позволит не только внести количественные изменения формы. Можно построить качественно разнообразные модели. Например, в модели переходника (рис. 8.11а) шестигранник выполнен погруженным в цилиндр. В модели пробки (рис. 8.11б) удалены внутреннее отверстие и левый патрубок фланца вместе с канавкой. В модели наконечника (рис. 8.11в) удалены фаска шестигранника и канавка левого патрубка.

Для удаления элементов достаточно в таблице Менеджера присвоить параметрам этого элемента значения, близкие к нулю (присвоение значений, равных 0, приводит к нарушению построений). Например, для построения пробки (см. рис. 8.11б) следует в таблицу внести следующие изменения (имена размеров приведены согласно их простановке на эскизе, см. рис. 8.9б): d3=45; d4=90; d5=5; d6=52; d7=0.1; d9=4; d10=0.1; d11=3; d12=0.1; d13=0; dist1=27.

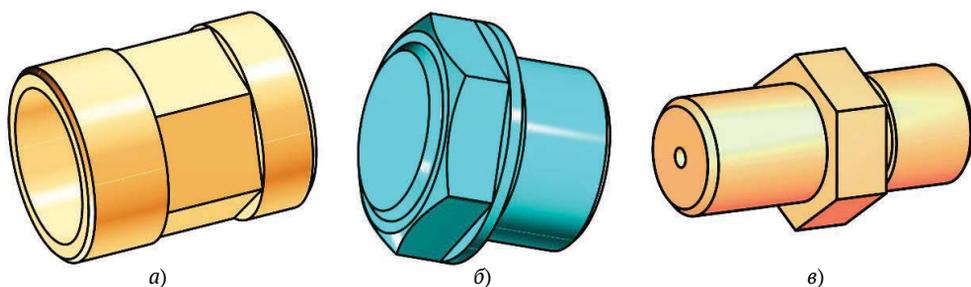


Рис. 8.11. Варианты редактирования параметрической модели «седло»: а – переходник; б – пробка; в – наконечник

8.8. Стандартная гайка. База элементов

В рассматриваемом варианте узла (см. рис. 8.1) деталь позиция 8 является стандартной гайкой. Термин «стандартная» означает, что форма и размеры детали определены в ГОСТе (государственном стандарте). В других вариантах также содержатся стандартные резьбовые детали. Многочисленные 3D-модели стандартных деталей приведены в приложении nanoCAD «Механика» в разделе «База элементов». В частности, имеются 3D- и 2D-модели стандартных гаек. Изучим работу с Базой элементов на примере построения модели стандартной гайки.

- ◆ Создайте новый файл на основе шаблона.

Открываем Базу элементов. Возможны два варианта доступа к Базе. Первый вариант:

- ◆ введите с командной строки команду «Вкладка» – над командной строкой откроется список вкладок \ укажите «База_элементов» – откроется окно «База элементов» (рис. 8.12а).

Второй вариант:

- ◆ временно перейдите на классический интерфейс  (кнопка в правом верхнем углу экрана) \ правый клик по любому значку классического интерфейса \ в открывшемся контекстном меню укажите «Функциональные панели» \ База элементов – откроется окно «База элементов» (рис. 8.12а).

Выполняем поиск в Базе элементов:

- ◆ в верхней части окна «База элементов» включите кнопки 4, 5, 6 (отсчет кнопок слева направо). Наводя курсор, прочтите назначение этих кнопок.

В рассматриваемом варианте требуется «Гайка М24.5 ГОСТ 5915-70» (см. чертеж узла рис. 8.1, таблицу перечня деталей, раздел «Стандартные изделия», поз. 8). Найдем эту гайку в Базе элементов.

- ◆ Последовательно укажите папки Детали крепления, Общее машиностроение, Гайки, Шестигранные – раскроется список стандартов на построение гаек (см. рис. 8.12а). Укажите строку требуемого стандарта ГОСТ 5915-70.
- ◆ Переместите курсор на экран (в графическую область программы) – появится и соответственно переместится изображение гайки.

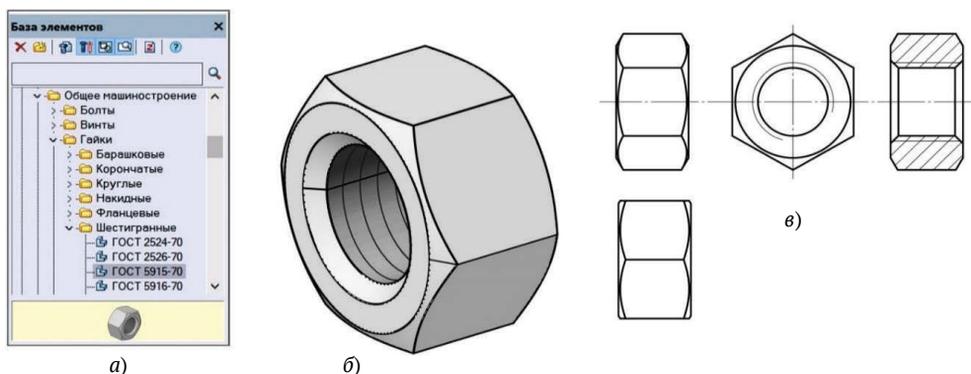


Рис. 8.12. Построение стандартной гайки:
 а – база элементов; б – 3D-модель; в – 2D-виды и 2D-разрез

- ◆ Укажите или введите точку вставки, например 0,0, – откроется диалоговое окно параметров гайки.
- ◆ Введите диаметр резьбы 24, изучите приведенные в окне параметры гайки: шаг резьбы, материал, класс прочности, покрытие, исполнение. Прием значения параметров, предложенные в этом окне, по умолчанию \ OK – модель гайки построена (рис. 8.12б).

3D-модель гайки и других резьбовых деталей (болтов, винтов, шпилек) формируется с условным изображением резьбы в виде винтовой спирали, параметры которой определены параметрами гайки, заданными при ее построении. На изображении гайки (см. рис. 8.12б) спираль видна на ее внутренней поверхности. Наиболее наглядно спираль гайки отображается в визуальном стиле «2D Каркас».

- ◆ Установите визуальный стиль «2D Каркас» и осмотрите винтовую линию резьбы.

Если по стандартной 3D-модели построить 2D-виды и 2D-разрез гайки, то резьба автоматически изображается тонкой линией согласно ГОСТ 2.3011-68. На плане (виде слева) это дуга, разорванная на одну четверть. Обратите внимание, что на плане окружность фаски не отображается, поскольку она закрывает дугу резьбы. Это предусмотрено ГОСТ 2.3011. На разрезе резьба показана тонкими линиями вдоль контура поверхности (рис. 8.12в).

- ◆ По созданной 3D-модели постройте два 2D-вида  и фронтальный 2D-разрез  гайки. Найдите на виде слева и на разрезе изображение резьбы.

На вкладке «Свойства» диалогового окна приведено обозначение гайки согласно выбранным параметрам. Для построенной гайки приведено обозначение: Гайка М24-6Н.5.139 ГОСТ 5915-70. Это обозначение вносят в спецификацию сборочного чертежа или в поле названия детали в основной надписи (штампа) чертежа. Расшифруем это обозначение.

Гайка исполнения 1, это исполнение подразумевается, поскольку оно не указано в обозначении гайки. Возможны другие исполнения как варианты конструкции гайки. Их можно посмотреть в правой части окна свойств.

M24 – метрическая резьба с номинальным диаметром 24 мм.

6H – поле допуска размеров гайки. Это кодированное обозначение допускаемых отклонений размеров при изготовлении гайки. Задается конструктором в зависимости от назначения гайки. Значения отклонений приведены в ГОСТ 16093-2004. Например, для внутреннего диаметра резьбы M24 при крупном шаге резьбы поле 6H означает допуск в диапазоне: нижняя граница 24.000; верхняя граница 24.375 мм.

5 – класс прочности материала. По этому параметру подбирают материал для изготовления гайки.

139 – тип и толщина покрытия гайки. Покрытие выполняется для придания поверхности специальных свойств, например коррозионной стойкости, или декоративных. Первая цифра – тип покрытия (1 – никелевое), 39 – толщина покрытия в микронах.

Подобным образом формируются и расшифровываются обозначения других крепежных деталей: болта, винта, шпильки, гайки, шайбы.

Построенные 2D-виды и 2D-разрез являются ассоциативными, то есть автоматически изменяются при редактировании параметров гайки. Для редактирования гайки выполните клик ПКМ по изображению гайки, далее измените значения параметров гайки. Будут перестроены 3D-модель и 2D-виды.

8.9. Стандартные резьбовые изделия

Наиболее распространенным видом разъемных соединений в машиностроительных узлах являются *резьбовые соединения*. Рассмотрим детали резьбовых соединений, которые встречаются в вариантах узлов выполняемого задания. Это болт, гайка, шайба, винт, шпилька. Все детали являются стандартизованными и внесены в Базу элементов nanoCAD. Для каждой детали приведена параметрическая 3D-модель, по которой можно построить ее проекции как 2D-виды и 2D-разрезы. Приведена таблица параметров, по которой можно задать необходимые значения многочисленных параметров крепежной детали.

Выше была рассмотрена стандартная гайка (см. раздел 8.8). Построим модель распространенного варианта стандартного болта.

- ◆ База элементов (см. выше, раздел 8.8) \ Детали крепления \ Общее машиностроение \ Болт \ С шестигранной головкой – откроется список болтов.
- ◆ В верхней части окна включите кнопки 4, 5, 6.
- ◆ Укажите вариант болта по ГОСТ 7798-70.
- ◆ Переместите курсор на экран – переместится и 3D-изображение болта.
- ◆ Укажите точку вставки – откроется диалоговое окно параметров болта.
- ◆ Введите диаметр резьбы 10, изучите приведенные в окне параметры болта: шаг резьбы, материал, класс прочности, покрытие, исполнение. Задайте размер под ключ 17, поле допуска 6g, Материал «Сталь углеродистая», без покрытия, класс прочности материала 5.8, Исполнение 1. В нижнем поле прочтите и, если необходимо, скопируйте обозначение созданного болта \ ОК.
- ◆ В командную строку введите длину стержня болта 32.

Осмотрите модель болта в визуальном стиле «Оттенки серого» (рис. 8.13а). Болт содержит шестигранную головку, предназначенную для поворота болта гаечным ключом. Расстояние между параллельными гранями шестигранника называют *размер под ключ*. Содержит стержень с метрической резьбой, которая может быть нарезана на всю длину или ее часть. Длина стержня болта называется *длиной болта* (то есть высота головки болта не учитывается).

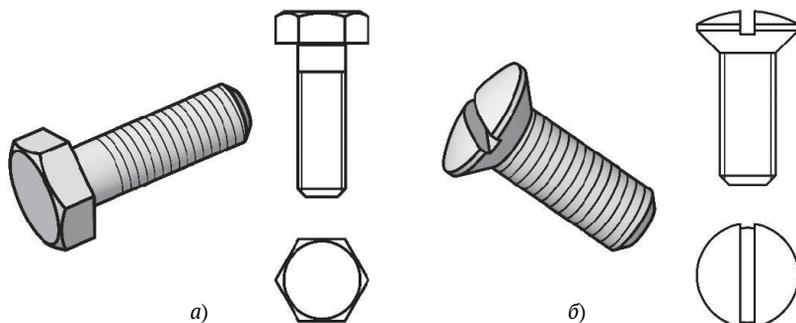


Рис. 8.13. 3D-модели и ассоциативные 2D-виды болта (а) и винта (б)

Обозначение построенного болта, приведенное в окне параметров: Болт М10-6g×32.58 ГОСТ 7798-70. Читается: «Болт, исполнение 1, с метрической резьбой М10, шаг резьбы крупный, поле допуска на размеры резьбы 6g, длина болта 32 мм, класс прочности 5.8, без покрытия».

- ◆ Постройте 2D-виды болта: вид спереди и сверху (см. рис. 8.13а). Обратите внимание на изображение резьбы.

Построим модель винта.

- ◆ База элементов \ Детали крепления \ Общее машиностроение \ Винт \ С потайной головкой \ ГОСТ-17474-80 \ Переместите курсор и укажите точку вставки изображения винта \ в диалоговом окне введите указанные ниже параметры винта \ введите длину винта.

В визуальном стиле «Оттенки серого» осмотрите модель винта (рис. 8.13б). Форма головки винта может быть разной: цилиндрическая, полукруглая (сферическая), полупотайная, потайная и др. В нашем примере представлен винт с полупотайной головкой. В отличие от болтов, рассчитанных на вращение гаечным ключом, в головках винтов содержится паз под отвертку (шлицевой паз) или под специальный ключ. Головка винта при его полном заворачивании в деталь может быть снаружи или погружена в деталь полностью или частично. Стержень винта содержит метрическую резьбу, нарезанную на всю длину стержня или ее часть. Длина винта определяется суммарной длиной стержня и погруженной части головки.

Приведенное в окне параметров обозначение созданного винта: Винт А.М10-6g×28.48.099 ГОСТ 17474-80. Читается: «Винт с полупотайной головкой по ГОСТ 17474-80, класс точности А, с метрической резьбой М10, шаг резьбы крупный, поле допуска 6g, длина винта 28 мм, класс прочности материала 4.8, покрытие цинковое (тип 0), толщина покрытия 99 мкм».

- ◆ Постройте 2D-виды созданного винта. Редактируя его 3D-модель, убедитесь, что 2D-виды являются ассоциативными.
- ◆ Изучите формы винтов с другими формами головок. Все они содержатся в Базе элементов nanoCAD. Эти винты также встречаются в конструкциях узлов выполняемого задания.
- ◆ По Базе элементов самостоятельно постройте 3D-модель и 2D-виды шпильки и шайбы согласно обозначениям: Шпилька М10х1,25-6х30.34. Бр.АМц9-2 ГОСТ 22039-76; Шайба 10.65Г.016 ГОСТ 10462-81. Расшифруйте и прочтите эти обозначения.
- ◆ Постройте 3D-модели стандартных резьбовых деталей для своего варианта в соответствии с их обозначением в таблице исходного чертежа, в разделе «Стандартные изделия».

8.10. Пружина сжатия

В рассматриваемом варианте узла содержится пружина – деталь позиция 7 (см. рис. 8.1). Это пружина сжатия, она установлена в узел в сжатом вдоль своей оси состоянии. Упругая сила, направленная на восстановление начальной длины, приводит к прижатию клапана к седлу (поз. 6 и 2). Пружины сжатия являются распространенными деталями узлов, в том числе содержатся в ряде вариантов нашего контрольного задания.

Пружины сжатия являются, как правило, стандартными деталями. Однако 3D-модели таких пружин в Базе элементов nanoCAD «Механика» версии 24.0 отсутствуют. Поэтому выполним построение сами. На данном примере изучим построение 3D-моделей при перемещении контура по пространственной кривой.

8.10.1. Построение гелисы

Для модели узла пружину построим в рабочем состоянии, то есть ее длину зададим в сжатом положении. Истинные размеры пружин приводят на рабочих чертежах, где длина определяется по специальным расчетным формулам.

3D-модель рассматриваемой пружины образуется перемещением окружности по винтовой линии (гелисе). Ось гелисы и всей пружины направим вдоль оси X. Края пружины, как это предусмотрено конструкцией узла, срежем плоскостями, перпендикулярными оси пружины. Эти срезы обеспечивают равномерное давление пружины на примыкающие к ней детали.

- ◆ Откройте исходный файл, содержащий чертеж узла в истинных размерах.
- ◆ На чертеже нанесите размеры, отражающие параметры пружины: диаметр проволоки, диаметр гелисы, шаг пружины, рабочую длину (рис. 8.14а).

В рассматриваемом примере диаметр проволоки 10 мм, шаг 17 мм, диаметр гелисы 62 мм, рабочая длина пружины 110 мм.

- ◆ Создайте новый файл на основе шаблона.
- ◆ В дереве построений укажите папку YZ \ в открывшемся контекстном меню укажите «Создать 2D Эскиз» – откроется режим построения эскиза в указанной плоскости построений.

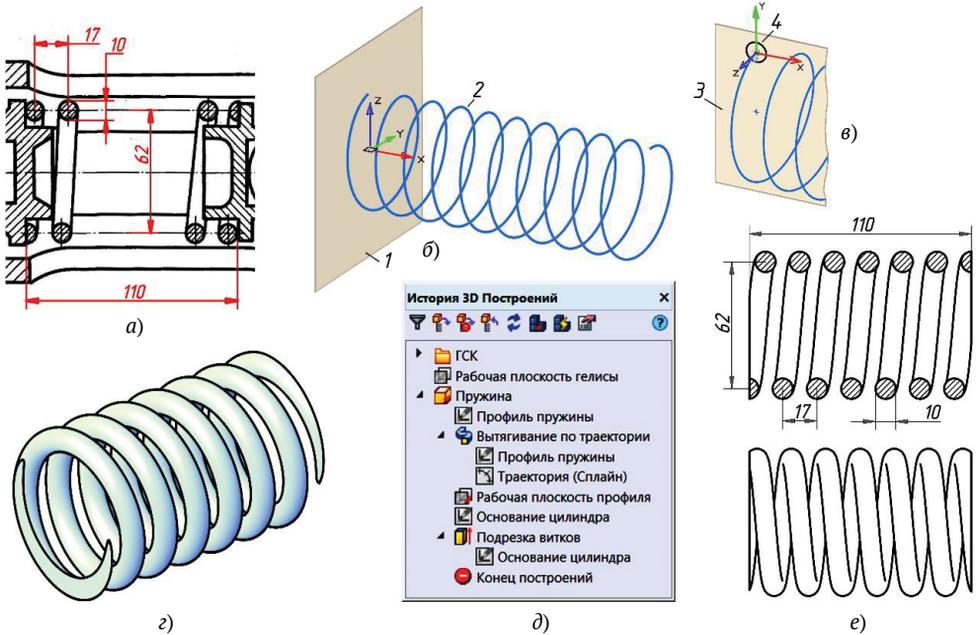


Рис. 8.14. Пружина:

a – исходный чертеж (фрагмент); *б* – построение гелисы; *в* – построение профиля; *г* – готовая модель; *д* – дерево построений; *е* – 2D-вид и 2D-разрез

- ◆ В дереве построений укажите строку YZ \ клик ПКМ \ Показать – появится изображение плоскости построений (поз. 1, рис. 8.14б).

Строим гелису. Предварительно определим количество витков. Для этого вычислим количество рабочих витков и добавим один-два витка с каждой стороны. Полученное значение округляем до целого. В нашем примере $(110 : 17) + 4 = 10.47 \approx 10$.

- ◆ Лента \ Построение \ Черчение \ Спираль  \ Центральная точка основания: 0,0,0 (задайте три координаты x, y, z , иначе спираль формируется на плоскости) \ Радиус основания: 31 \ Радиус верхнего основания: 31 \ опция «Витки» \ Число витков: 10 \ Высота витка \ Расстояние между витками: 17.
- ◆ Параметры гелисы можно отредактировать в окне «Свойства».
- ◆ Закончить редактирование – будет построена гелиса (поз. 2, см. рис. 8.14б).

8.10.2. Построение профиля и его перемещение

Строим профиль поперечного сечения пружины – это окружность сечения проволоки, из которой навита пружина. Для построения установим рабочую плоскость в конечную точку гелисы перпендикулярно ей.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Вспомогательные \ кнопка  «Добавить рабочую плоскость» \ Укажите объект для определения рабочей плоскости: с при-

вязкой «Ближайшая» укажите гелису \ Нормально к кривой \ с привязкой «Конточка» укажите конечную точку гелисы – появится изображение плоскости для построения поперечного сечения пружины (поз. 3, рис. 8.14в) и строка «Рабочая плоскость» в дереве построений.

- ◆ Добавить эскиз \ укажите рабочую плоскость по ее изображению или строку в дереве построений – откроется эскиз для построения контура проволоки. Начало координат ПСК  находится в указанной конечной точке гелисы.
- ◆ Построения \ Окружность  \ Центр: 0,0 \ Радиус 5 – построена окружность 4, помещенная в конечную точку гелисы (см. рис. 8.14в).
- ◆ Закрыть эскиз – на экране останутся гелиса и окружность (см. рис. 8.14в).

Перемещаем профиль по траектории:

- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Параметрическое моделирование \ укажите кнопку «Вытягивание по траектории»  – откроется окно «3D вытягивание по траектории» \ Эскиз – укажите окружность сечения – контур выделен цветом \ Траектория – укажите гелису \ ОК – пружина построена.

8.10.3. Подрезка крайних витков

Формируем (срезаем) края пружины. Для этого установим рабочую плоскость параллельно координатной плоскости YZ на расстоянии от нее, равном длине 1...2 шагов пружины, примем расстояние 25. Построим цилиндр, соосный с пружиной, имеющий диаметр, превышающий диаметр пружины, например $\varnothing 90$. Длину цилиндра зададим равной рабочей длине пружины 110. Применим 3D-выдавливание в режиме «Пересечение»; это выделит общую часть цилиндра и пружин. Внешние витки будут удалены, а края пружины срезаны основаниями цилиндра.

- ◆ 3D-инструменты \ Вспомогательные \ Добавить рабочую плоскость  \ опция «Смещение от плоскости» \ Укажите планарный элемент: в дереве укажите YZ \ Укажите знаковое смещение: 25 – возникнет изображение рабочей плоскости. В дереве построений появилась строка «Рабочая плоскость».
- ◆ Укажите строку «Рабочая плоскость» в дереве и выполните клик ПКМ – откроется контекстное меню \ в меню укажите строку «Добавить 2D Эскиз» – лента перейдет в режим построения эскиза.
- ◆ Окружность  \ Центр: 0,0 \ Радиус: 45 – построено основание цилиндра.
- ◆ 3D Выдавливание  \ Эскиз: укажите окружность – выделится круг окружности \ Тело: укажите пружину \ Расстояние: 110 \ укажите кнопку «Пересечение»  (третья сверху) и задайте (подберите) направление выдавливания \ ОК – края пружины будут срезаны основаниями цилиндра (рис. 8.14з).

Вместе с пружиной на экране присутствует траектория ее построения – гелиса. Она понадобится при установке пружины в узел. Сейчас гелису можно временно скрыть.

- ◆ В дереве построений (рис. 8.14д) укажите строку «Траектория» \ клик ПКМ, в контекстном меню укажите «Скрыть» – изображение гелисы скрыто.

- ◆ В дереве построений отредактируйте названия эскизов и элементов в соответствии с их назначением.
- ◆ Для контроля выполненных построений создайте 2D-види 2D-фронтальный разрез пружины (рис. 8.14e). Проставьте размеры и убедитесь, что они являются заданными, то есть пружина построена верно.

Пружина построена.

Итак, созданы 3D-модели характерных деталей узла: корпусной детали, детали типа гайки, пружины и модели стандартных резьбовых деталей. Для выполнения задания необходимо по аналогии построить модели остальных деталей узла.

ГЛАВА 9

Сборка узла.

Аксонометрия узла

Для всех деталей узла созданы 3D-модели. Модели являются параметрическими телами. Если модели или часть из них были созданы в прямом моделировании, то есть являются не параметрическими моделями, а 3D-солидами, можно выполнять сборку узла и с такими моделями, применяя рассмотренные ниже команды для сборки. Однако это является нарушением требований к заданию, и возможности редактирования сборки будут значительно более ограниченными.

Сборку узла рекомендуем начать с подготовки файлов деталей (см. раздел 9.1), затем создаем новый файл – файл сборки, в который копируем корпусную деталь и фиксируем ее. Далее в файл сборки добавляем остальные детали и, согласно конструкции узла, устанавливаем их относительно корпусной детали, то есть собираем 3D-модель узла. Каждая установка выполняется с применением специальных команд, обеспечивающих точность и упрощающих процесс сборки. Возможно создание промежуточных сборок из групп деталей с последующей установкой групп в корпус.

9.1. Подготовка файлов деталей для сборки

- ◆ В файле каждой детали, принадлежащей сборке, в ее дереве построений переименуйте обобщенное имя модели Тело в название детали согласно чертежу выполняемого варианта, например Корпус, Седло и т. д. Для этого укажите строку «Тело», выполните по ней двойной клик ЛКМ и введите новое имя.
- ◆ На рабочем месте создайте папку для деталей узла и поместите в нее подготовленные dwg-файлы деталей узла. Имена файлам дайте те же, что и названия деталей с добавлением номера позиции детали на чертеже узла, например 1_Корпус.dwg; 2_Седло.dwg и т. д. Присвоение позиций упорядочит расположение файлов в папке.
- ◆ Создайте новый файл на основе шаблона и сохраните его с именем, например, Сборка узла.dwg. Перейдите в пространство Модели. Проверьте, что установлена МСК и открыто окно «История построений».

В файл сборки будем через буфер памяти вставлять модели деталей и устанавливать их в необходимое взаимное положение. Взаимное положение будем задавать специальными командами, расположенными на вкладке «3D-инструменты» в группах «Манипуляции» и «Зависимости». Команды сборки действуют как в прямом, так и в параметрическом моделировании. Мы будем выполнять сборку в режиме параметрического моделирования. Все операции сборки будут отражаться в дереве построений и могут быть отредактированы через редактирование дерева построений. Это позволит быстро исправлять ошибки сборки.

9.2. Установка корпусной детали

Первым в файл сборки следует вставить корпусную деталь. После вставки следует убедиться, что расположение модели корпуса относительно координатных осей МСК то же, что на исходном чертеже. Иначе будут сложности при построении рабочих чертежей деталей и сборочного чертежа (это следующие задания нашего курса). Если это условие не выполняется, то есть модель корпуса была выполнена при неправильном задании плоскости построений, то следует применить команду «3D Поворот» . Следует также применить команду «3D Перемещение»  и совместить характерную точку модели с началом координат.

- ◆ Откройте файл корпусной детали \ убедитесь, что установлена МСК \ Укажите модель \ клик ПКМ \ Копировать или **Ctrl+C** – модель внесена в буфер памяти.
- ◆ Перейдите в файл сборки \ клик ПКМ \ Вставить или **Ctrl+V** – модель из буфера вставлена в файл сборки.
- ◆ 3D Перемещение  – переместите модель, задав положение характерной точки корпуса с началом координат. В нашем примере центр окружность левой грани корпуса следует совместить с точкой 0,0.
- ◆ Убедитесь в правильном положении модели корпуса. Для этого установите ортогональный вид спереди и сравните изображение с видом спереди исходного чертежа. При несовпадении примените команду «3D Поворот» и установите корпус в положение согласно виду спереди исходного чертежа.

В дереве построений появилась папка с именем вставленной модели Корпус. Раскрыв эту папку, видим все операции построения корпуса. То есть после вставки модели сохраняется возможность в файле сборки, процессе сборки редактировать модели и устранять вероятные ошибки построения модели или выполнять ее корректировку.

Модель корпусной детали после установки ее в необходимое положение следует зафиксировать, то есть исключить возможность ее перемещения и вращения в процессе сборки.

- ◆ Укажите папку модели корпуса \ клик ПКМ \ в контекстном меню укажите «Фиксация» – положение корпусной модели зафиксировано.

В дереве построений у значка папки Корпус появился «якорь» . Для снятия фиксации, если это необходимо для корректировки положения, вновь укажите папку в дереве и в контекстном меню укажите «Дефиксация».

9.3. Зависимости сборки

Предусмотрены пять специальных команд (3D-зависимостей) для сборки моделей в узел. В отличие от обычных команд редактирования («Вращение», «Перемещение» и др.) специальные команды уменьшают количество операций при сборке, приводят модели в необходимое взаимное положение и после этого ограничивают или исключают их взаимное перемещение. Действие специальных команд отображается в дереве построений. Разъединение собранных моделей или корректировка взаимного положения выполняются через дерево построений.

Изучите информацию по командам сборки. Откройте окно справочной системы nanoCAD.

- ◆ Справка  \ Платформа nanoCAD \ Моделирование и визуализация в трехмерной среде \ 3D Модуль \ 3D \ 3D-зависимости – приведены заголовки пяти команд 3D зависимостей: «Совмещение», «Вставка», «Угол», «Касание», «Симметрия».
- ◆ Открывая указанные разделы справки, изучите назначение и применение команд.

Рассмотрим применение 3D-зависимостей на типовом примере установки седла (рис. 9.1а) в корпус (рис. 9.1б).

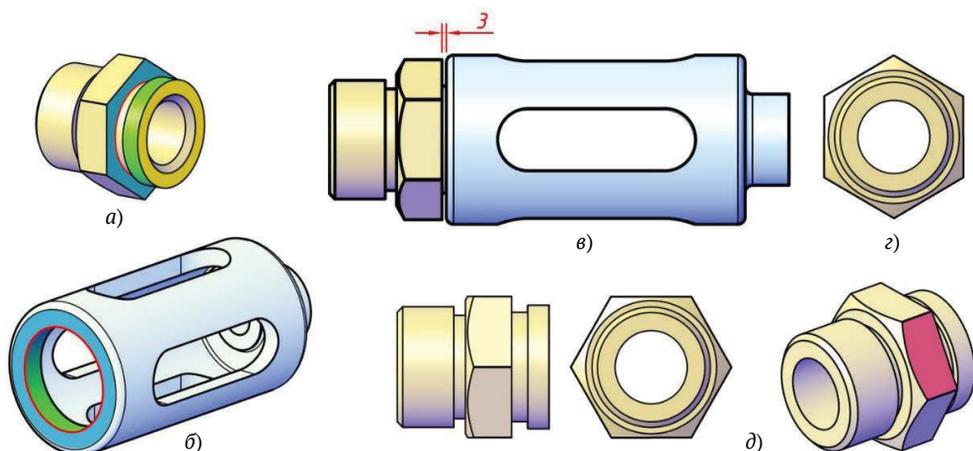


Рис. 9.1. 3D-зависимости сборки:

а, б – модели для сборки; в, г – собранные модели;
д – поворот гайки применением углового совмещения

9.3.1. Совпадение по ребрам моделей. Команда «3D-вставка»

Команда «3D-вставка» совмещает модели на основе совпадения их ребер. Ребрами могут быть только окружности или дуги окружностей. Под действием

команды плоскости этих ребер и их центры будут совмещены. Дополнительно можно задать расстояние между плоскостями. Первая из указанных моделей или модель с фиксацией останется на месте, вторая модель переместится в положение совмещения.

В нашем примере для совмещения седла и корпуса в качестве ребер необходимо указать окружности, принадлежащие этим моделям, показанные на каждой модели красным цветом (см. рис. 9.1а, б). Поскольку был зафиксирован корпус (см. выше раздел 9.2), то перемещаться будет модель «седло». Затем по запросу команды вводится расстояние между плоскостями. В нашем примере необходим зазор 3 мм (рис. 9.1в).

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Зависимости \ 3D-вставка  \ Выберите первую геометрию: с привязкой «Ближайшая» укажите окружность первой модели (седло – окружность, показанную красным цветом) \ Выберите вторую геометрию: укажите окружность второй модели (корпус – окружность, показанную красным цветом) \ Введите расстояние: введите величину зазора 3 мм – седло установлено в корпус с заданным зазором (см. рис. 9.1в).

В дереве построений в папке каждой модели появилась строка «Вставка». Указав эту строку, можно выполнить редактирование вставки, например изменить величину зазора.

- ◆ Откройте в дереве построений папку Корпус, найдите и укажите строку «Вставка» \ В контекстном меню укажите «Редактировать строку» – вдоль строки появилось поле с заданной величиной редактируемого параметра – сейчас это 3. Изменяя в этом поле значение, можно регулировать величину зазора. Те же действия по редактированию можно выполнить, открыв папку Седло.

После выполнения команды «3D-вставка» сохраняется возможность вращения совмещенных моделей вокруг общей оси ребер. В нашем примере сохраняется возможность вращения седла относительно корпуса. Для устранения этой степени свободы можно применить команду «Угловое совмещение» (см. ниже раздел 9.3.3).

9.3.2. Совмещение по поверхностям моделей.

Команда «3D-совмещение»

Второй вариант сборки моделей – это применение команды «3D-совмещение». Команда задает взаимное положение на основе совмещения поверхностей. Совмещать можно цилиндрические поверхности и плоские грани. Модель, указанная второй, или модель с фиксацией, остается неподвижной.

Если для совмещения указаны две цилиндрические поверхности, то модели устанавливаются в положение, при котором оси цилиндров совпадают (модели становятся соосными). По запросу команды можно задать смещение осей в направлении оси X системы ПСК, установленной по неподвижной модели.

При указании двух плоских граней произойдет совпадение плоскостей этих граней или установлено необходимое расстояние между плоскостями.

Если указана цилиндрическая поверхность и грань, то грань модели становится касательной плоскостью к цилиндру. Дополнительно может быть задан зазор между плоскостью и цилиндром.

В рассматриваемом примере совмещения седла и корпуса команду «3D-совмещение» необходимо применить дважды. Первый раз совместить цилиндрические поверхности моделей, второй раз совместить торцевые плоскости моделей.

- ◆ Отмените предыдущее совмещение, выполненное командой «3D-вставка».
- ◆ 3D-инструменты \ Зависимости \ 3D-совмещение  \ поочередно укажите цилиндрические поверхности, показанные на рисунке зеленым цветом (см. рис. 9.1а, б), при указании поверхности она выделяется цветом \ Расстояние: 0 – цилиндрические поверхности моделей стали соосными.
- ◆ После первого действия сохраняется возможность осевого перемещения модели седла и ее вращение. (Напомним, что корпус неподвижен, поскольку при вставке был зафиксирован.)

Выполняем второе действие – совмещение торцевых граней.

- ◆ 3D-совмещение  \ поочередно укажите плоскости совмещаемых граней, выделенные синим цветом (см. рис. 9.1а, б), – плоскости совпали \ введите значение расстояния между плоскостями – в нашем примере 3 – модели совмещены с заданным зазором.

После выполнения команды «3D-совмещение» в дереве построений в папках моделей появляются по две строки каждого совмещения с возможностью регулирования расстояния между плоскостями (величины зазора).

9.3.3. Угловое совмещение. Команда «Угловая 3D зависимость»

Команда «Угловая 3D зависимость» позволяет задать требуемую величину угла между плоскостями моделей в узле. При выполнении команды необходимо указать грани на различных моделях и задать угол между ними. Модель, предварительно зафиксированная или указанная первой, останется на месте, а вторая модель устанавливается в требуемое положение. Рассмотрим пример.

Необходимость применения углового совмещения может возникнуть при неправильном положении гайки или детали с элементами гайки. По правилам выполнения чертежей на главном виде чертежа (виде спереди) должны быть отображены три грани гайки, при этом одна из них должна быть параллельна плоскости чертежа (рис. 9.1в, з). Однако при сборке вследствие неправильно заданной плоскости построений гайки или ошибок сборки гайка может быть повернута вдоль своей оси. В частности, на виде спереди отображаются лишь две ее грани (рис. 9.1д).

Для поворота гайки и ее фиксации следует применить угловое совмещение плоскости грани гайки с одной из координатных плоскостей дерева построений или с любой другой плоскостью, параллельной виду спереди. Например, можно задать совмещение грани, выделенной красным цветом (рис. 9.1д), с координатной плоскостью ZX. Для углового совмещения:

- ◆ в дереве построений раскройте папку ГСК (Главные системы координат) – открылись папки координатных плоскостей;
- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Параметрика \ Зависимости \ Угловая 3D зависимость  \ укажите грань первой модели: в модели «седло» укажите грань, показанную красным цветом \ укажите грань второй модели: в дереве построений укажите папку плоскости ZX \ угол между плоскостями: задайте 0 – выполнен поворот гайки в требуемое положение (рис. 9.1в, г).

9.3.4. Совмещение касанием. Команда «Зависимость 3D касание»

Команда «Зависимость 3D касание» приводит модели в положение, при котором поверхности этих моделей, указанные курсором, становятся взаимно касательными. Касательными парами могут быть грань многогранника (например, куба) и поверхность конуса, поверхности многогранника со сферой или цилиндром. Возможны пары конус и сфера, два конуса, две сферы и др. Касание может произойти в области контакта поверхностей или на их продолжении. По этой причине действие совмещения касания должно быть дополнено командами, уточняющими взаимное положение моделей.

Рассмотрим пример. В создаваемой модели узла (рис. 9.2а) внутренняя кольцевая грань модели «опора» (поз. 5, рис. 9.2а, б) и сферическая поверхность винта (поз. 4, рис. 9.2а, в) должны касаться в точке А. Кроме того, эти модели должны быть соосны.

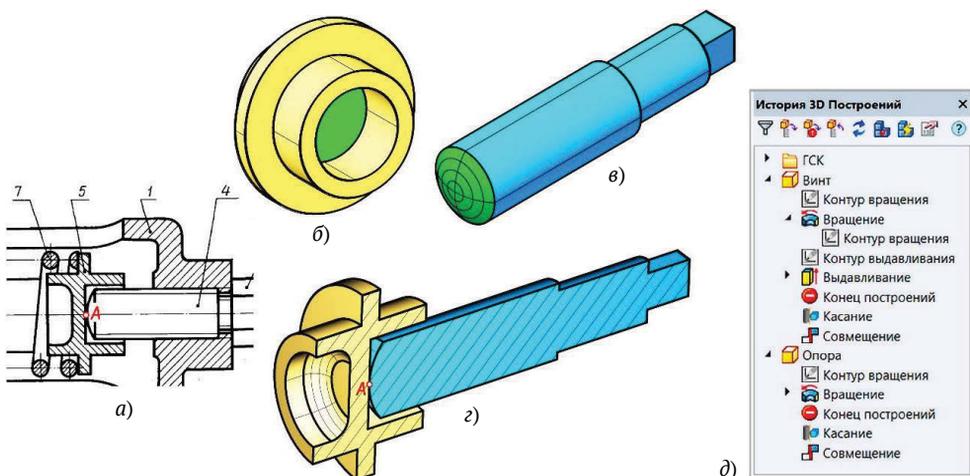


Рис. 9.2. Совмещение касанием:

а – фрагмент исходного чертежа; б – модель «Опора», в – модель «Винт»;
г – контроль совмещения (псевдоразрез); д – история построений

Пусть модели загружены в общий файл сборки, находятся на некотором расстоянии друг от друга. Открыто окно «История 3D построений».

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Зависимости \ Зависимость 3D касание  \ Выберите первую геометрию: укажите кольцевую внутреннюю грань опоры – грань будет выделена цветом (рис. 9.2б) \ Выберите вторую геометрию: укажите сферическую поверхность винта – поверхность будет выделена цветом (рис. 9.2в) \ Введите расположение: касание «Снаружи».

Реализовано касание сферы и плоскости грани. Касание происходит со смещением осей. Возможно даже, что касание происходит вне модели «опора», на продолжении плоскости указанной грани. Необходимо дополнительно обеспечить соосность моделей.

- ◆ Лента \ 3D-инструменты \ Зависимости \ 3D-совмещение  \ поочередно укажите цилиндрические поверхности совмещаемых моделей, при указании поверхностей они выделяются цветом \ Расстояние: 0 – цилиндрические поверхности моделей стали соосными.

Для контроля совмещения построим сечение и псевдоразрез моделей.

- ◆ Проверьте, что плоскость ZX системы МСК является фронтальной плоскостью симметрии и может быть принята за секущую плоскость. Иначе переместите  модели в указанное положение либо задайте необходимую рабочую плоскость.
- ◆ Установите стиль визуализации «Концептуальный».
- ◆ 3D-инструменты \ 2D-виды \ Секущая плоскость  \ в дереве построений раскройте папку ГСК и укажите строку ZX – появится изображение выбранной плоскости \ Модель – появится изображение сечения, помещенное в плоскость XY системы МСК.

Построенное сечение уже позволяет сделать вывод о выполненном совмещении моделей. Но для повышения наглядности построим псевдоразрез (см. раздел 8.6) моделей.

- ◆ Укажите изображение секущей плоскости \ клик ПКМ \ в открывшемся контекстном меню укажите строку «Свойства» \ в открывшемся окне свойств найдите строку «Псевдоразрез», раскройте список ▼ и задайте «Да» – будет построен псевдоразрез модели (см. рис. 9.2з). Сечение псевдоразреза автоматически заштриховано.
- ◆ Для отмены псевдоразреза в окне свойств в строке «Псевдоразрез» задайте «Нет».

В дереве построений (рис. 9.2д) раскройте папки с названием моделей. Найдите в каждой из них добавленные строки «Касание» и «Совмещение», при указании которых можно редактировать эти операции.

9.4. Установка пружины

Установка пружины имеет особенности. Рассмотрим их на примере установки в узел пружины сжатия (см. рис. 8.14а и 9.3). Пружину необходимо надеть на цилиндрический фланец клапана до упора в кольцевую поверхность клапана. Для этого требуется выполнить два условия. Первое – совместить поверхность

среза пружины с кольцевой поверхностью клапана. Эту часть совмещения реализует команда «3D-совмещение». Второе условие – установить пружину соосно с клапаном. Это условие 3D-зависимостями реализовать не удастся, поскольку на модели пружины нет цилиндрических участков.

Рассмотрим альтернативный алгоритм установки пружины. Совместим плоскости среза пружины с плоскостью клапана. Построим ось пружины. Переместим пружину так, чтобы ось пружины прошла через центр окружности клапана.

- ◆ Примените команду «3D-совмещение»  и совместите плоскость среза пружины и кольцевую плоскость клапана (рис. 9.3а, б, плоскости зеленого цвета).

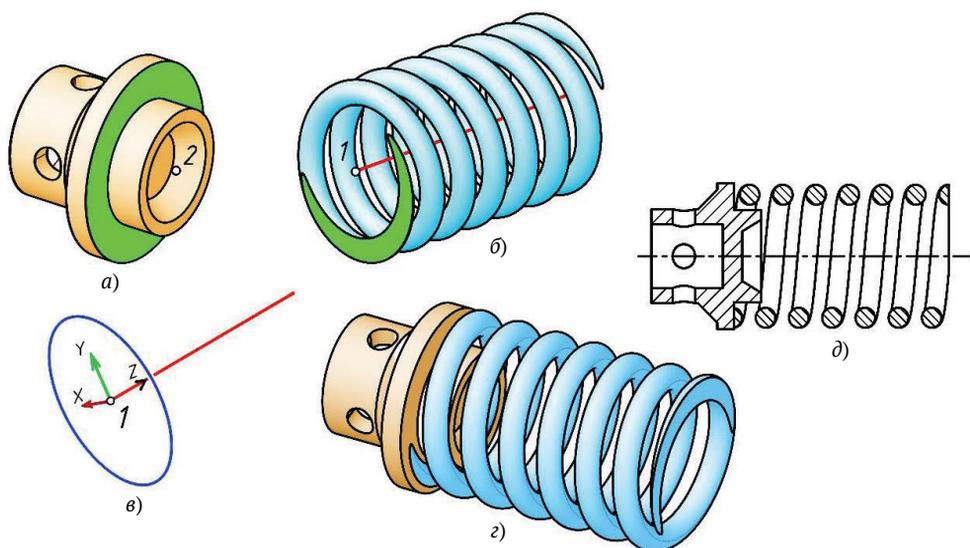


Рис. 9.3. Установка пружины:

а – клапан; б – пружина; в – построение оси пружины;
 з – собранные модели; д – 2D-разрез сборки

Сейчас пружина зафиксирована только относительно плоскости совмещения, но может перемещаться в этой плоскости. Требуется обеспечить соосность моделей и фиксацию пружины. Строим ось пружины.

- ◆ В дереве построений откройте папку Пружина, найдите строку эскиза «Основание цилиндра», в котором была построена окружность основания цилиндра, осуществляющего подрезку витков пружины (см. раздел 8.10.3, рис. 8.14д).
- ◆ Клик ПКМ по указанной строке эскиза \ Редактировать эскиз – появится окружность основания цилиндра (рис. 9.3в).
- ◆ Скрыть тело пружины, чтобы не мешала (клик ПКМ \ Изолировать \ Скрыть) \ Установите наглядное изображение – останется окружность. Начало координат ПСК расположено в центре этой окружности.

- ◆ Отрезок  \ 0,0,0 \ 0,0,120 – построен отрезок оси пружины, направленный вдоль оси Z.
- ◆ Закройте эскиз. Восстановите изображение пружины (ПК \ Изолировать \ Закончить изоляцию) – останется пружина и ее ось (см. рис. 9.3б).

Точка 1, являющаяся конечной точкой созданной оси, находится в плоскости среза пружины. Перемещаем пружину и ось так, чтобы эта точка совпала с центром окружности клапана, точкой 2.

- ◆ Укажите пружину и ось \ Перемещение  \ Базовая точка: с привязкой «Конточка» укажите точку 1 \ Вторая точка перемещения \ с привязкой «Центр» укажите точку 2.

Пружина установлена в требуемое положение (рис. 9.3г). Однако пружина не зафиксирована от перемещения в плоскости, заданной командой «3D-совмещение». При дальнейшей сборке это может привести к нарушению установленного положения пружины.

Чтобы зафиксировать пружину, объединим модели пружины и клапана в блок. О создании блока см. раздел 4.6.1. Блок позволяет работать с входящими в него моделями как с единой моделью.

- ◆ Создайте блок из пружины и клапана .
- ◆ Продолжайте сборку узла, рассматривая блок как единую модель.

Чтобы восстановить модели (извлечь их из блока), следует применить команду «Разбивка» . Это может понадобиться после завершения 3D-сборки узла, например для контроля сборки, построения разрезов или сборочного чертежа.

Для контроля установки пружины следует убедиться в том, что подрезанный виток пружины упирается в поверхность клапана и что модели соосны. Для этого, разбив блок, можно выполнить 2D-разрез (рис. 9.3д), который подтверждает правильность выполненной установки.

9.5. Контроль сборки

После создания 3D-модели узла необходимо проверить точность моделей и всего узла. Проверку выполним в три этапа.

9.5.1. Совмещение изображения модели с исходным чертежом

Эта проверка позволяет выявить грубые ошибки построения и сборки узла. Построим проекции узла и сравним их путем наложения с проекциями, приведенными на заданном (исходном) чертеже. Проекции узла построим как 2D-виды или 2D-разрезы в зависимости от содержания заданного чертежа. В большинстве вариантов задания требуется сравнить по два изображения: виды спереди или фронтальные разрезы и виды сверху или горизонтальные разрезы.

Алгоритм сравнения.

- ◆ Откройте файл исходного чертежа, в котором были созданы контуры для построения 3D-моделей деталей узла. Контуры скройте или удалите.

- ◆ Перейдите в файл сборки и командами «2D Вид» и «2D разрез» постройте 2D-изображения узла, повторяющие изображения в исходном чертеже (рис. 9.4а).
- ◆ 2D-изображения построенного узла разбейте на линии командой «Разбивка» . Линиям изображений присвойте красный цвет.
- ◆ Каждое изображение поочередно скопируйте в буфер памяти, перейдите в файл исходного чертежа, вставьте изображение из буфера и совместите с соответствующим изображением исходного чертежа. Вставку выполните как блок.
- ◆ Сравните наложенное изображение с изображением заданного чертежа и выявите грубые ошибки.

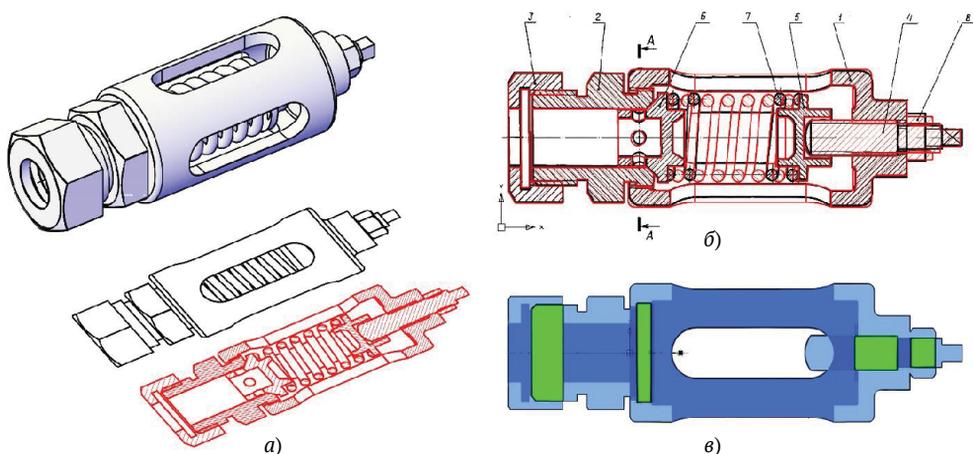


Рис. 9.4. Проверка точности сборки узла:

а – модель узла, 2D-вид и 2D-разрез; б – совмещение исходного и полученного изображений разрезов; в – проверка пересечений деталей узла

Грубыми ошибками будем считать несовпадение линий более чем на 1 мм. В случае грубых ошибок необходимо редактировать 2D-эскизы моделей, в которых они допущены. Редактирование можно выполнить, оставаясь в файле сборки. При значительных ошибках следует перейти в файл модели, выполнить ее редактирование и заново установить в сборку узла.

После редактирования выполнить повторную проверку узла.

В нашем примере достаточно проверить совпадение фронтальных разрезов построенной модели узла и заданного чертежа (рис. 9.4б). Проверка выявила погрешности, не превышающие 1 мм, которые можно считать допустимыми.

9.5.2. Проверка отсутствия взаимных пересечений

Эта проверка выявляет недопустимые участки, где модели пересекаются («врезаются» одна в другую). Исключение составляют участки резьбовых соединений, в которых диаметр вала с резьбой должен превышать диаметр отверстия

с резьбой (см. раздел 8.4.1, рис. 8.3). На первом этапе построения модели узла превышение задается условно 1...2 мм. При уточнении моделей диаметры будут скорректированы с учетом параметров резьбы по ГОСТ 2.311-68 (см. раздел 10.8.2). То есть в резьбовых соединениях пересечение участков резьбы является признаком правильного построения модели узла.

Проверка на пересечение выполняется командой «Анализ перекрытий 3D-тел».

- ◆ 3D-инструменты \ Сервис \ Анализ перекрытий 3D-тел  \ Выберите первый набор объектов: рамкой выбрать весь узел \ Только один набор – появятся диагностическое изображение модели узла (рис. 9.4в) и диагностическое окно «Проверка взаимодействия».

Расшифруем диагностическое изображение. Если в наборе, то есть в построенном узле, не обнаружено участков пересечения, то диагностическое изображение не образуется.

Если в наборе часть моделей пересекается, то пересекающиеся модели отображаются голубым цветом, участки пересечения выделяются зеленым цветом, а непересекающиеся модели не отображаются. Появляется окно «Проверка взаимодействий», в котором приведен параметр «Взаимодействует пар», значение которого равно количеству выявленных участков пересечений.

В нашем примере (см. рис. 9.4в) в диагностическом изображении не отобразились модели двух деталей – пружина и клапан, поскольку их модели не имеют пересечений с другими моделями, то есть построены и установлены верно. Остальные модели показаны в синих тонах, поскольку имеют взаимные пересечения. Участки пересечений выделены зеленым цветом – это четыре резьбовых участка, где, как указано выше, пересечение является признаком правильного построения моделей. В окне «Проверка взаимодействий» значение параметра «Взаимодействует пар» равно 4.

Выявленные участки пересечения, кроме участков резьбы, должны быть устранены редактированием моделей. Редактирование можно выполнить в файле сборки. Пример редактирования приведен ниже (раздел 9.5.3).

9.5.3. Устранение недопустимых зазоров.

Редактирование сборки

Кроме взаимного пересечения моделей, возможны ошибки построения в виде недопустимых зазоров в местах сопряжения моделей. Рассмотрим пример.

В нашем примере узла (рис. 9.5а) при построении разреза узла был выявлен недопустимый зазор между внутренним диаметром седла (поз. 2), равным 48, и наружным диаметром клапана (поз. 6), равным 47 мм. Зазор показан по стрелке А. Для надежной работы узла зазор должен находиться в пределах 0.01...0.05 мм. При меньших значениях будет затруднено движение клапана, при больших значениях клапан не будет надежно устанавливаться по оси седла и перекрывать канал рабочей жидкости. Поэтому зазор в 1 мм является недопустимым. В учебной работе принимаем, что рассматриваемый зазор должен отсутствовать, то есть диаметры деталей в месте сопряжения должны быть

равны. Для устранения зазора было решено скорректировать диаметр клапана (поз. 6) и задать его равным 48 мм.

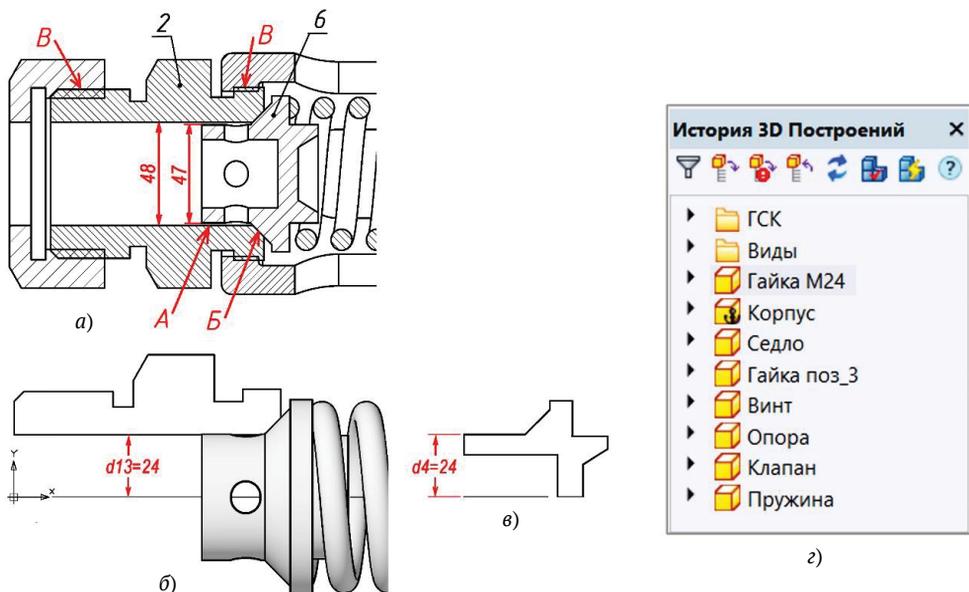


Рис. 9.5. Контроль точности сборки (продолжение):

а – выявление недопустимых зазоров; *б, в* – корректировка эскизов и устранение зазоров; *з* – История и дерево построений

Рассмотрим, как выполнить корректировку моделей в файле сборки. В дереве построений файла сборки откроем эскизы сопрягаемых деталей «седло» и «клапан». Первоначально убедимся, что радиус отверстия в модели «седло» $d_{13}=24$ (см. рис. 9.5б).

- ◆ Командой «Изолировать» на экране оставьте только модели корректируемых деталей.
- ◆ В дереве построений (рис. 9.5з) откройте папку Седло \ укажите строку «2D Эскиз» тела вращения \ клик ПКМ – в контекстном меню укажите «Редактировать» – откроется эскиз контура вращения детали (см. рис. 8.9б).
- ◆ Покажите значки геометрических зависимостей . Если зависимости эскиза не были заданы, обязательно их поставьте в автоматическом режиме, применив команду «Автоналожение зависимостей» .
- ◆ Проверьте значение параметрического размера d_{13} . При необходимости исправьте значение, задав его 24 мм.
- ◆ Закончить редактирование.

Повторите алгоритм корректировки для второй модели – «клапан». Откройте эскиз этой модели для редактирования и исправьте размер радиуса отверстия, задав его также равным 24 (рис. 9.5в). Завершите редактирование и посмотрите 2D-разрез узла. Зазор должен быть устранен. Если 2D-разрез был построен

ранее, то ввиду ассоциативности 2D-разрезов он автоматически перестроен по новым параметрам эскизов, то есть зазор устранен и на разрезе.

Из других деталей следует проверить сопряжение конических поверхностей клапана и седла, поскольку эти поверхности перекрывают поток рабочей жидкости при закрывании клапана. При проверке пересечений (см. выше, рис. 9.4в) эти детали не отображены, следовательно, недопустимых пересечений их поверхностей нет. На изображении разреза (рис. 9.5а) по стрелке *В* можно увидеть, что сопряжение конических поверхностей клапана и седла выполнено без зазора, то есть выполнено верно.

По стрелкам *В* (см. рис. 9.5а) показаны два резьбовых соединения. На их изображениях видно, что диаметр поверхности с наружной резьбой перекрывает поверхности с внутренней резьбой. Если это условие не выполнено, то в каждом соединении следует отредактировать диаметр одной из поверхностей. Вследствие перекрытия штриховка участка резьбы автоматически формируется крестиком. При построении сборочного чертежа узла штриховка участков резьбы подлежит корректировке (см. ниже раздел 11.3).

Корректировка моделей в файле сборки не приводит к перестройке файлов этих моделей. Поэтому после завершения редактирования узла рекомендуем через буфер памяти скопировать каждую отредактированную модель в новый файл. Модель переходит в новый файл вместе со своим разделом дерева построений.

9.5.4. Контроль дерева построений

По требованиям задания все модели должны быть выполнены в режиме параметрического моделирования. При выполнении этого требования все модели, входящие в узел, являются параметрическими. В дереве сборки (рис. 9.5г) каждая модель должна быть показана как папка. При раскрытии папки должны быть видны все операции построения указанной модели. Папкам должны быть присвоены имена деталей согласно их названию в перечне деталей заданного чертежа. Если модель была построена в режиме прямого моделирования, то в дереве она отображается как Непараметрическая модель. Это указывает на нарушение требований учебного задания.

9.6. Аксонометрический разрез узла

Аксонометрический разрез предназначен для наглядного отображения конструкции узла, особенно его внутреннего строения, и является формой отчетности по этому заданию.

Алгоритм построения аксонометрического разреза.

1. Выполнить 3D-разрез модели узла.
2. Построить аксонометрическую проекцию узла и выполнить в ней штриховку деталей узла.
3. Выполнить цветовое дизайн-решение – присвоить моделям деталей цвет и задать источники света.
4. Построить совмещенное изображение проекции и 3D-модели.

9.6.1. Построение 3D-модели разреза

Имеется 3D-модель узла, выполнена ее проверка и внесены необходимые корректировки формы. Требуется построить 3D-разрез модели.

Выполнение 3D-разреза узла в nanoCAD является сложной операцией, поэтому для построения разреза скопируйте файл сборки и по мере построения разреза выполняйте промежуточные сохранения файла (см. раздел 1.12).

- ◆ Скопируйте файл сборки, присвойте ему имя, например Аксонометрия узла.dwg, и откройте его.

Поскольку модель узла проверена, то в дальнейшем редактировании ее средствами параметрического моделирования нет необходимости. Поэтому перейдем в режим прямого моделирования, в котором построение 3D-разреза узла выполняется значительно проще.

- ◆ Командой «Разбивка»  преобразуйте параметрическую модель узла в набор солид-моделей. Для этого при выполнении команды рамкой охватите весь узел.

В результате разбивки все модели становятся 3D-солидами и помещены на слой 0». Дальнейшие построения выполняем в режиме прямого моделирования.

Разрез выполняем командой «Разрез» . В большинстве вариантов (и в рассматриваемом варианте тоже) выполнением разреза следует удалить ближнюю к наблюдателю четверть узла. Для этого каждую модель (деталь) узла необходимо разрезать дважды. Первый разрез выполнить для всего узла вертикальной плоскостью. Второй разрез выполнить горизонтальной плоскостью для образовавшейся после первого разреза ближней к наблюдателю половины узла. После разреза в каждой модели удалить лишнюю четверть и объединить оставшиеся три четверти.

Возможны два варианта задания плоскостей разреза. Первый – указанием координатных плоскостей МСК. Если положение узла не позволяет задать координатные плоскости как режущие, то переместите или поверните весь узел так, чтобы плоскости МСК можно было указать как плоскости разреза.

Второй вариант применяется, если сложно реализовать первый вариант. Здесь секущие плоскости задают как Рабочие плоскости (3D-инструменты \ Вспомогательные \ ) , применив многочисленные опции этой команды. В этом варианте при выполнении команды «Разрез» следует указать опцию «Плоский объект».

В нашем примере применим первый вариант, то есть разрез координатными плоскостями.

- ◆ Убедитесь, что координатные плоскости МСК могут быть заданы как режущие, иначе скорректируйте положение узла.
- ◆ Определите и согласуйте с преподавателем содержание разреза: какую часть узла удалять, какие модели оставить неразрезанными.

Не подлежат разрезу модели стандартных крепежных деталей (болты, гайки, шайбы...), шарики, сплошные валы и оси при разрезе вдоль их оси. Для исклю-

чения из разреза временно скройте такие объекты узла. В нашем примере не подлежит разрезу винт (поз. 4, см. рис. 8.1) и стандартная гайка (поз. 8).

- ◆ Клик ПКМ по экрану \ контекстное меню «Изолировать \ Скрыть объекты» \ Укажите модели, не подлежащие разрезу. В нашем примере укажите винт и гайку.

Первый разрез выполняем вертикальной плоскостью ZX.

- ◆ Установите ЮЗ изометрию, убедитесь, что активна МСК .
- ◆ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Разрез  \ Выберите объекты для разрезания: охватите рамкой весь узел \ Начальная точка режущей плоскости или: укажите ZX \ Укажите точку на ZX-плоскости $\langle 0,0,0 \rangle$: 0,0 \ Выберите сторону, которую необходимо оставить: Обе \ **Enter** – повторяйте **Enter** до прекращения действия команды. В нашем примере потребуется повтор шесть раз (по количеству разрезаемых моделей) – будет выполнен разрез всех выбранных моделей, на моделях деталей возникнут линии вертикального разреза.

Второй разрез нужно выполнить горизонтальной плоскостью XY системы МСК. Разрезать ближнюю к наблюдателю половину узла. Предварительно следует установить вид, позволяющий рамкой выбрать все необходимые для разреза модели. В нашем примере это вид слева.

- ◆ Установите вид слева на узел. По-прежнему должна быть активна МСК .
- ◆  \ рамкой выберите правую часть узла \ XY \ 0,0 \ Обе \ **Enter** – повторяйте **Enter** до прекращения команды – на моделях правой половины узла образовалась горизонтальная линия разреза.
- ◆ Восстановите ЮЗ изометрию (или установите другую наглядную аксонометрию).
- ◆ Удалите ближнюю верхнюю четверть всех моделей. Удалять следует последовательно по одной модели, наблюдая за раскрытием узла. Если обнаружена модель, не подлежащая разрезу, ее четверть не удалять.
- ◆ Объедините оставшиеся части моделей. Для этого примените булеву операцию . Объединяйте последовательно, каждую модель отдельно.
- ◆ Завершите изоляцию, то есть восстановите скрытые модели, ранее исключенные из разреза.
- ◆ Установите визуальный стиль «Концептуальный» или «Тонированный с кромками».

Построена 3D-модель узла в разрезе (рис. 9.6a). Модели всех деталей являются 3D-солидами и расположены на слое 0.

9.6.2. Построение аксонометрической проекции разреза

Построим аксонометрическую проекцию узла с выполненным 3D-разрезом. Построение проекции необходимо для выполнения штриховки сечений аксонометрического разреза и более наглядного отображения контурных линий создаваемого изображения. Для этого нужно на Листе создать видовой экран,

перейти через экран в пространство Модели, установить наглядное изображение 3D-модели узла, создать проекцию и вынести ее на Лист.

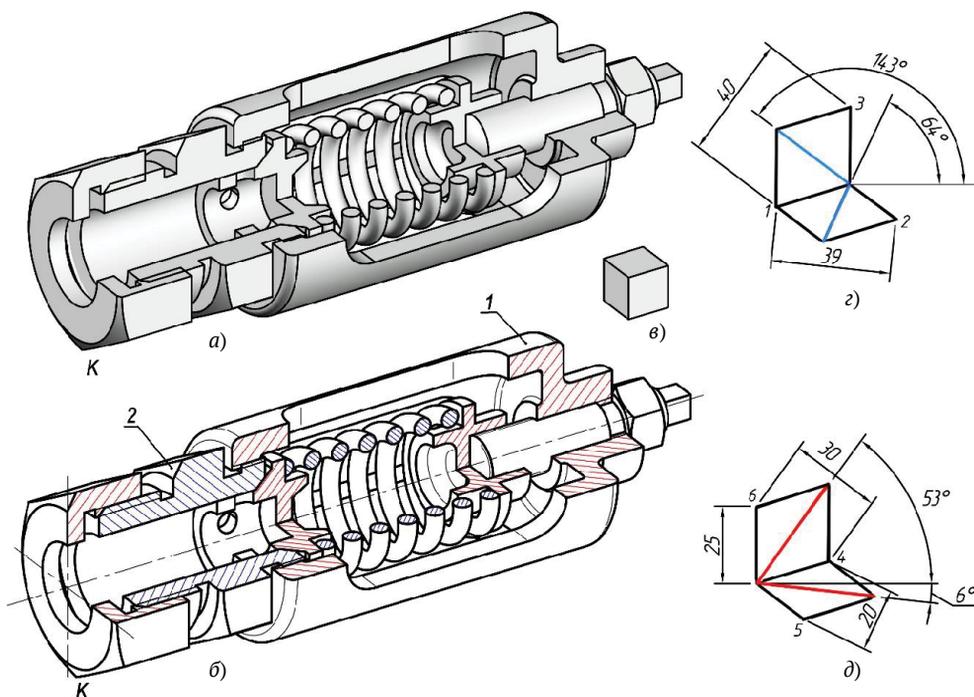


Рис. 9.6. Разрез узла в аксонометрии:
 а – 3D-модель узла; б – проекция узла;
 в–д – геометрический расчет параметров штриховки

- ◆ В левом нижнем углу укажите закладку Листа А3 – произошел переход в пространство Листа.
- ◆ На Листе создайте формат А3 (о создании формата см. раздел 4.5.2).
- ◆ Создайте новый слой для видового экрана.
- ◆ Создайте на Листе видовой экран: Лента \ Вид \ Видовые экраны \ Новые \ Один \ ОК \ на Листе укажите два противоположных угла видового окна (экрана) как угловые точки внутренней рамки формата А3 – в окне появится отображение объектов из пространства Модели – то есть узел с 3D-разрезом.
- ◆ Перейдите в пространство Модели через видовой экран (двойной клик ЛКМ по области видового экрана).

В видовом окне требуется установить наглядное изображение 3D-модели узла с выполненным разрезом. Рекомендуется первоначально установить ортогональную диметрию (см. раздел 4.4.2). Затем можно корректировать изображение для повышения наглядности. Применение изометрии не рекомендуется. В нашем примере оптимальным является изображение (рис. 9.6а). По сравне-

нию с ортогональной диметрией здесь в большей мере раскрыто внутреннее строение узла и его горизонтальное сечение.

- ◆ Оставаясь в видовом окне, вращайте, перемещайте и изменяйте размер (зумируйте) изображения модели. Для вращения рекомендуем применить команду «Зависимая орбита» . Зумированием  и панорамированием  обеспечьте заполнение формата А3.
- ◆ При вращении модели контролируйте положение вертикальных ребер деталей и сечений – они должны оставаться вертикальными.
- ◆ Согласуйте с преподавателем установленное оптимальное положение и размер изображения узла.
- ◆ Видовой экран с настроенным изображением следует заблокировать (кнопка  в строке состояния, справа в нижней части экрана).

Строим проекцию узла. Для этого в видовом окне установите ПСК по виду и выполните команду «2D Вид». Проекция автоматически помещается на слой «ЕСКД_Виды».

- ◆ Лента \ Вид \ Координаты \ кнопка «Вид»  – система координат установлена по плоскости видового экрана .
- ◆ 3D-инструменты \ 2D-виды \ 2D Вид  \ рамкой охватите весь узел \ опция «Модель» – в окне появилось изображение проекции узла, перемещаемое курсором \ проекцию поместите в произвольной части видового окна. Можно расширить видовой экран, сдвинув вниз его границу.
- ◆ Если узел закрывает проекцию, его следует временно скрыть. Для этого заморозьте слой 0, на котором помещена модель узла.

Далее следует из пространства Модели видового экрана перенести проекцию на Лист. Поскольку 2D-вид связан с моделью, то необходимо разорвать эту связь. Затем перемещение выполнить через буфер памяти.

- ◆ Разбивка  \ Указать проекцию – проекция отсоединена от модели и разбита на линии.
- ◆ Оставайтесь в видовом экране \ клик ПКМ по пустому месту окна \ охватите рамкой проекцию \ опция Вырезать – проекция удалена из пространства модели и внесена в буфер памяти.
- ◆ Выйдите из пространства Модели на Лист (двойной клик ЛКМ по внешней части видового экрана) – в левом углу экрана появилась пиктограмма .
- ◆ Клик ПКМ по экрану \ в контекстном меню укажите Вставить как блок – из буфера памяти появилось перемещаемая курсором проекция узла. Установите проекцию на свободное место Листа в стороне от видового экрана – проекция помещена на Лист (рис. 9.66).
- ◆ В видовом экране восстановите изображение ранее скрытой 3D-модели. Для этого разморозьте слой 0, на который она была автоматически помещена при разбивке параметрической модели.

9.6.3. Штриховка аксонометрического разреза узла

Полученную аксонометрическую проекцию узла, расположенную на Листе, необходимо дополнить штриховкой сечений, уточнить изображение резьбовых соединений, выдержать толщину линий, построить аксонометрические оси.

Правила штриховки узла в аксонометрии

1. Штриховка сечений выполняется прямыми линиями, которые в истинном виде сечения имеют наклон $\pm 45^\circ$ и шаг в интервале 2...4 мм.
2. Угол наклона штриховки и шаг на изображениях зависят от положения плоскости сечения. С увеличением наклона плоскости сечения к плоскости экрана шаг снижается (то есть штриховка становится плотнее).
3. Значения угла наклона и шага в аксонометрии определяются геометрическими построениями (см. ниже).
4. Штриховка сопрягаемых деталей должна быть различной и отличаться углом наклона и величиной шага штриховки.
5. Сечения единой детали, выполненные пересекающимися плоскостями, должны иметь встречное направление штриховки (штриховка «елочкой»).

Наиболее просто штриховка выполняется в ортогональной изометрии. В этих проекциях углы наклона линий штриховки в координатных плоскостях составляют $\pm 60^\circ$ к горизонтальной оси. Шаг штриховки в плоскостях сечений одинаков. Для ортогональной диметрии значения углов и шагов штриховки приведены в разделе 4.4.3.

Геометрический расчет параметров штриховки в аксонометрии

Для аксонометрии узла, как правило, требуется триметрия, то есть аксонометрия, отличающаяся от рассмотренных ранее изометрии и диметрии. Для триметрии параметры штриховки (угол и шаг) определяются геометрическим расчетом (см. рис. 9.6в–д), который основан на отображении диагоналей, построенных на гранях куба.

- ◆ В пространстве Модели, в МСК, в режиме «ОПТО» рядом с узлом постройте солид-куб  произвольных размеров (см. рис. 9.5в). Грани куба должны быть параллельны координатным плоскостям МСК.
- ◆ В видовом окне рядом с проекцией узла постройте проекцию куба как 2D-вид  на плоскость вида .
- ◆ Проекцию куба разбейте  и через буфер вынесите на Лист, расположив рядом с проекцией узла. От проекции куба оставьте нижнюю и заднюю грани. Остальные ребра удалите.
- ◆ Сделайте копию граней на Листе для двух вариантов штриховки (рис. 9.6г, д).

Каждую деталь в разрезе можно штриховать в двух направлениях, назовем их «синяя штриховка» и «красная штриховка». Для каждой штриховки нужно определить углы наклона и соотношение шагов в гранях.

- ◆ Постройте диагонали синей штриховки (см. рис. 9.6з) и красной штриховки (см. рис. 9.6д). Проведите горизонтальные отрезки оси X и проставьте угловые размеры диагоналей к этой оси. Эти углы определяют наклоны штриховки.

Для каждой штриховки определим отношение шага штриховки в горизонтальной плоскости к шагу во фронтальной плоскостях сечений. Эти отношения определяются дополнительными диагоналями граней куба.

- ◆ Для синей штриховки (рис. 9.6з) определите отношение диагоналей $k_1=(1-2):(1-3)$. Для красной штриховки (рис. 9.6д) определите отношение $k_2=(4-5):(4-6)$.

При найденных значениях k_1 , k_2 , задав шаг во фронтальной плоскости сечения, определим шаг в горизонтальной плоскости.

Рассмотрим наш пример. В МСК построен куб со стороной 25 мм (рис. 9.6в). В видовом окне построена проекция куба на плоскость проекции узла. Проекция вынесена на Лист, из нее выделены нижняя и задняя грани куба. Проставлены значения углов и размеры длины дополнительных диагоналей синей и красной штриховки. Для синей штриховки отношение шагов составило $k_1=39:40\approx 0.98$. Для красной штриховки $k_2=20:30\approx 0.66$. Задав для синей штриховки во фронтальной плоскости шаг 4, получим для штриховки горизонтальной плоскости шаг $4\times 0.98\approx 3.9$. Для красной штриховки при фронтальном шаге 4 получим шаг в горизонтальной плоскости: $4\times 0.66\approx 2.6$.

- ◆ Рассчитайте шаг горизонтальной штриховки своего варианта для синей и красной штриховки при значениях фронтального шага 4, 3, 2. Эти значения понадобятся при штриховке деталей проекции узла.

Пример штриховки детали поз. 2 (седло, рис. 9.6б). Штриховку фронтальной плоскости выполним как синюю штриховку под углом 143° . Шаг этой штриховки назначим 4 мм. При этом в горизонтальной плоскости той же детали штриховку необходимо выполнить под углом 64° с шагом 3.9 мм.

Пример штриховки детали поз. 1 (корпус). Штриховку фронтальной плоскости выполним красной штриховкой под углом 53° . Шаг назначим 4 мм. В горизонтальной плоскости угол штриховки 6° ; шаг 2.6 мм.

- ◆ Определив для своего узла параметры штриховки, приступайте к ее построению на аксонометрической проекции разреза узла.

Изображение и штриховка резьбовых соединений

Резьбу показывают тонкой линией вдоль контура вала или резьбового отверстия. Расстояние от линии резьбы до контура 1.5–2 мм. На виде или в сечении, перпендикулярном оси детали, резьба показывается дугой окружности (в аксонометрии – дугой эллипса), разорванной на одну четверть.

При выполнении разреза резьбового соединения в аксонометрии действует правило: деталь с наружной резьбой закрывает участок детали с внутренней резьбой. При этом участок (полоску) между линией резьбы и контуром детали показывают заштрихованным.

- ◆ Найдите изображение резьбы и ее штриховку на рис. 9.6б и 9.7.

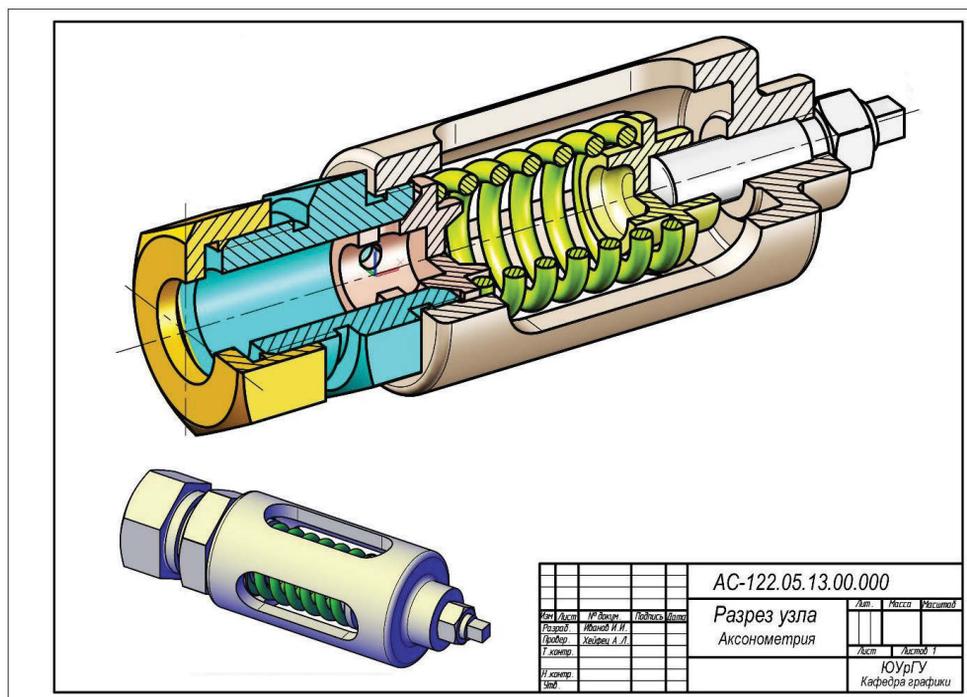


Рис. 9.7. Разрез узла – комбинированное изображение

Для завершения проекции необходимо построить аксонометрические оси и придать линиям толщину (вес) в соответствии с их назначением (см. раздел 4.4.3).

9.6.4. Совмещение вида и проекции

Проекцию узла необходимо поместить поверх изображения модели. Модель с 3D-разрезом находится в видовом экране в пространстве Модели, ей придано оптимальное положение. Проекция находится на Листе. В проекции выполнена штриховка, построены аксонометрические оси, линиям придана необходимая толщина. Выполним совмещение проекции и вида.

- ◆ На Листе скопируйте проекцию в буфер памяти. При выборе объектов рамкой охватите проекцию вместе со штриховкой и осями. Копирование выполните с базовой точкой. В качестве базовой точки с объектной привязкой укажите характерную точку проекции, например точку *K* (рис. 9.6б).
- ◆ Оставаясь на Листе, вставьте проекцию из буфера как блок – появится образ проекции, перемещаемый курсором. Переместите проекцию и с объектной привязкой укажите точку *K* модели (рис. 9.6а) – проекция, оставаясь на Листе и объединенная в блок, в общей точке совмещена с моделью, находящейся в видовом окне.
- ◆ Примените масштабирование  блока проекции относительно общей точки, масштабирование выполните с опцией «Опорный отрезок» и окончательно совместите проекцию с изображением модели.

9.6.5. Цветовое решение. Свет

- ◆ Перейдите в пространство Модели.
- ◆ Придайте деталям различный цвет. При назначении цвета избегайте ярких цветов. Применяйте индексированные 256 цветов, выбирая их преимущественно из нижней половины окна «Выбор цвета», где расположены мягкие пастельные цвета.
- ◆ Создайте два-три источника света (см. раздел 2.11), добываясь контрастного освещения модели, с полутонами, с бликами света на криволинейных поверхностях.
- ◆ Добавьте второй видовой экран (рис. 9.7), в котором отобразите узел без разреза. Как это сделать – решите самостоятельно. Можно еще повысить информативность работы, добавив на свободное место формата дополнительные изображения модели.
- ◆ Скройте рамки видовых экранов. Для этого следует заморозить слой, на котором видовые экраны были созданы.
- ◆ Работу представьте на формате А3, но на печать можно вывести в формате А4. Размеры и компоновка изображений должны обеспечить заполнение формата. В основной надписи масштаб не указывайте.

9.6.6. Презентация в растровом формате

NanoCAD позволяет редактировать растровые изображения: регулировать яркость, контрастность, цвет, насыщенность, подрезать контуры, добавить фон и др. Познакомимся с этими возможностями на примере создания растрового изображения ранее построенного изображения 3D-модели узла с разрезом.

Вставка растра

- ◆ Перейдите на Лист, где создано комбинированное изображение.
- ◆ Максимально отобразите изображение до границ графической зоны.
- ◆ Примените инструмент «Ножницы»  (Стандартное приложение Windows) и прямоугольной рамкой охватите изображение.
- ◆ В приложении «Ножницы» сохраните изображение как jpg-файл с именем, например, Акс_разрез.jpg.
- ◆ Вернитесь в dwg-файл, на Лист.
- ◆ Лента \ Растр \ Файл \ Вставка растра  – откроется окно «Вставка изображения» \ Обзор \ Найти файл \ ОК \ появится изображение, перемещаемое курсором; изображение вставьте на Лист, на свободное место.

Подрезка растра

Вставленный растр можно обрезать по прямоугольному контуру или по контуру изображения. Для обрезки по прямоугольному контуру:

- ◆ Лента \ Растр \ Изменения \ Обрезка растра \ Обрезка по прямоугольнику .

Мы выполним обрезку растра по контуру изображения:

- ◆ Лента \ Вставка \ Ссылка \ Границы показа \ Границы показа растра  \ укажите растровое изображение \ Новый контур \ Многоугольный \ укажите точки контура обрезки \ Замкните контур – растровое изображение будет обрезано по контуру.

Контур обрезки по умолчанию имеет цвет, заданный в свойствах растрового изображения. Контур можно скрыть, задав изображению растра белый цвет в окне «Свойства».

Корректировка растра

Изучите возможности корректировки цвета, яркости, контрастности, резкости и насыщенности растрового изображения. Для этого можно применить команды:

- ◆ Лента \ Растр \ Обработка \ Яркость – Контрастность ;
- ◆ Лента \ Растр \ Фильтры \ Контурная резкость ;
- ◆ Лента \ Растр \ Визуализация \ Регулировка растра .

Создание фона

- ◆ Выполните в интернете поиск «Фон для презентации». Выберите понравившийся фон и вставьте его как растровый файл в файл аксонометрии.
- ◆ Применив команду «Масштаб» , согласуйте размеры изображений и поместите фон на задний план композиции (рис. 9.8) (контекстное меню \ Порядок следования \ на задний план).

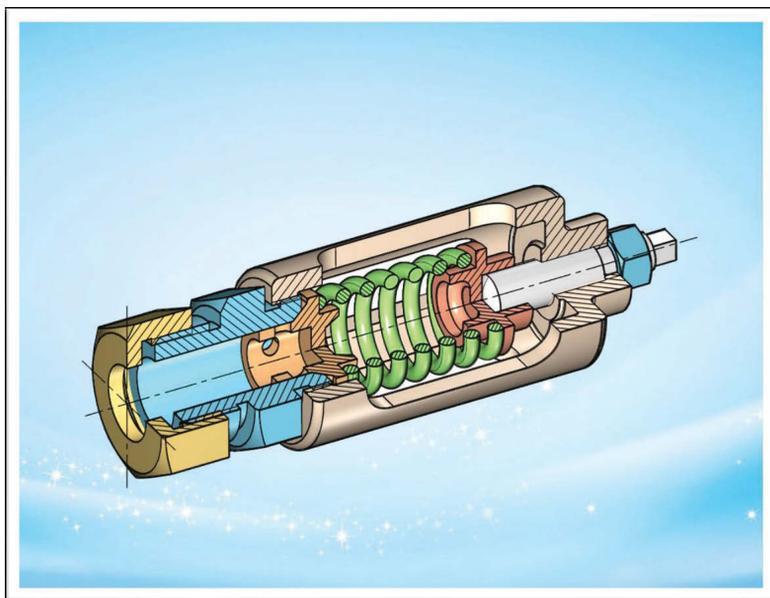


Рис. 9.8. Разрез узла – растровый формат

- ◆ Презентацию сохраните как pdf-файл и распечатайте на глянцевой бумаге формата А4 для альбома семестровых работ.

9.7. Разнесенный вид

Разнесенный вид – это схематичное изображение узла, в котором детали показаны слегка раздвинутыми, с целью пояснить порядок сборки или разборки узла. Чертеж в разнесенном виде используется в каталогах деталей, руководствах по сборке и техническому обслуживанию и других учебных материалах. В нашем курсе построение разнесенного вида показывает понимание студентом конструкции и принципа работы узла.

- ◆ Найдите в интернете примеры построения разнесенного вида в различных программах САПР. Для этого выполните поиск по ключевым словам «разнесенный вид».

Рассмотрим пример и последовательность построения разнесенного вида в nanoCAD (рис. 9.9).

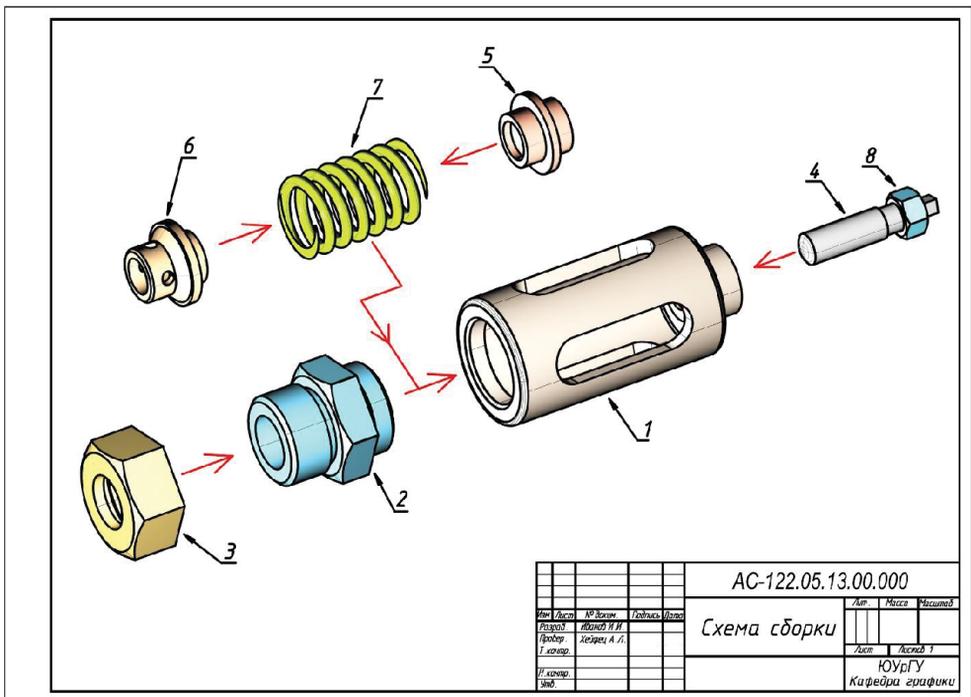


Рис. 9.9. Схема сборки узла (разнесенный вид)

- ◆ Создайте новый файл, в который скопируйте подготовленную 3D-модель узла. Применив к узлу команду «Разбивка» , преобразуйте модель из параметрической в набор 3D-солоидов. Это позволяет снять фиксацию моделей в сборке, заданную командами 3D-зависимостей.

- ◆ Перейдите на Лист А3. Создайте формат А3 и видовой экран по размерам внутренней рамки формата.
- ◆ Перейдите через экран в пространство Модели. Установите МСК, концептуальный вид, режим «ОРТО», наглядный аксонометрический вид узла.

Сборка узла является операцией, обратной его разборке. Поэтому выполним разборку узла, отделяя от корпуса и перемещая присоединенные или вложенные в него детали.

- ◆ Оставляя неподвижной модель корпусной детали, перемещайте остальные модели в режиме «ОРТО». Формируйте группы промежуточной сборки-разборки.
- ◆ Выполнив разборку узла, скомпонуйте изображение в границах экрана и заблокируйте экран.

Осталось построить стрелки, показывающие направление сборки, и проставить позиционные обозначения. Эти построения выполним на Листе.

- ◆ Перейдите на Лист. Постройте линии-выноски позиционных обозначений. Для них примените команду «Универсальная выноска» (Лента \ Механика \ Символы \ Универсальная выноска ). Номера позиций назначайте согласно исходному чертежу (см. рис. 8.1).

Положение линий-выносок редактируйте ручками. Параметры линий-выносок (тип и размер стрелки, шрифт) можно редактировать через окно «Свойства».

- ◆ Оставаясь на Листе, постройте стрелки, указывающие перемещение деталей при сборке. При построении применяйте объектную привязку, которая с Листа «захватывает» точки из пространства Модели.

Для повышения качества работы постройте комбинированное изображение с наложением поверх видового экрана контура, созданного командой «2D Вид» (см. раздел 9.6.4). Создайте один-два источника света (см. раздел 9.6.5). Для максимального качества создайте растровое изображение (см. раздел 9.6.6).

- ◆ Разнесенный вид сохраните как pdf-файл и распечатайте на глянцевой бумаге формата А4 или А3 для альбома семестровых работ.

По созданному разнесенному виду узла студент должен уметь объяснить последовательность его сборки. Рассмотрим пример для узла (см. рис. 9.9).

Гайку (поз. 8) по резьбе наверните на винт (поз. 4). Винт 4 с гайкой 8 по резьбе верните в корпус (поз. 1). Клапан (поз. 6) и опору (поз. 5) вставьте внутрь пружины (поз. 7). Группу деталей (поз. 6, 5, 7) вставьте в корпус до упора в стержень винта (поз. 4). Седло (поз. 2) вверните в корпус, оставив зазор 3...5 мм (см. рис. 8.1). Винт 4 вверните в корпус, обеспечив прижатие клапана 6 к седлу 2 и сжатие пружины 7. Положение винта зафиксируйте гайкой 8, навернув ее на винт 4 до упора в корпус 1.

ГЛАВА 10

Рабочий чертеж

Чертеж узла и созданная по нему 3D-модель показывают конструкцию и позволяют понять принцип работы узла. Примером являются рассмотренный узел (см. рис. 8.1, главы 8, 9) и его модель. Но чертеж и модель узла не позволяют изготовить этот узел, поскольку не содержат размеров деталей и указаний по их изготовлению. Эти данные содержат рабочие чертежи деталей узла, которые создают после и на основе 3D-модели узла.

В нашем курсе построение рабочих чертежей студенты изучают при выполнении задания «Рабочие чертежи деталей узла по 3D-технологии построения».

10.1. Цель и содержание задания

1. Изучить требования, предъявляемые к рабочим чертежам согласно ГОСТ 2.109-73.
2. Освоить построение рабочего чертежа детали на основе предварительно созданной 3D-модели узла в программе nanoCAD.
3. Изучить правила и методы изображения и обозначения резьбы, шероховатости, построения выносных элементов на рабочих чертежах.
4. Выполнить три-пять рабочих чертежей деталей узла.

10.2. 3D-технология построения рабочего чертежа. Ассоциативность

Современные технологии позволяют по 3D-модели детали изготовить ее в металле, минуя этапы построения чертежей деталей. Однако роль чертежа как основы конструкторской документации изделия в настоящее время и в ближайшем будущем сохраняется. По-прежнему актуальна крылатая фраза: «Чертеж – язык техники». Поэтому в нашем курсе изучаем как построение 3D-моделей, так и построение чертежей.

Рабочий чертеж – составная часть конструкторской документации изделия, содержащая необходимые данные о форме детали, ее размерах и требованиях к изготовлению. Этот чертеж создают для каждой детали после построения чертежа узла и 3D-модели узла. «Рабочий чертеж – чертеж для рабочего».

Современная технология создания рабочих чертежей заключается в автоматизированном построении проекций (видов, разрезов, сечений) детали по предварительно созданной 3D-модели этой детали. Эти проекции составляют основу чертежа. САПР-программы (системы автоматизированного проектирования), включая nanoCAD, имеют базы данных, содержащие готовые изображения стандартных элементов. Автоматизировано выполнение многих операций по оформлению чертежа, например простановка размеров, изображение резьбы, нанесение знаков шероховатости, обозначение разрезов и многое другое. Однако творческая основа, прежде всего содержание чертежа, грамотная простановка размеров, – это работа конструктора, создающего рабочий чертеж.

В nanoCAD в режиме параметрического моделирования (а также в других современных САПР) между 3D-моделью и проекциями устанавливается прямая связь: изменения, внесенные в 3D-модель, автоматически переносятся в содержание ранее построенных проекций. Есть и обратная связь: корректировка 2D-эскизов приводит к перестроению 3D-модели. Это свойство чертежа автоматически обрабатывать изменения в 3D-модели называется *ассоциативностью*, а чертеж, содержание которого следует за 3D-моделью, называют *ассоциативным*.

Ассоциативность позволяет конструктору при доработке изделия сосредоточиться на конструкции изделия, на его 3D-модели, не отвлекаясь на корректировку чертежа. Поэтому уровень САПР-программы и создаваемого на ее основе чертежа определяется степенью ассоциативности чертежа.

В nanoCAD ассоциативность реализуется частично на начальном этапе построения чертежа. Последующее применение команды «Разбивка», необходимое для завершения чертежа, отменяет ассоциативность, превращая чертеж в набор линий, не связанных с 3D-моделью.

10.3. Последовательность построения рабочего чертежа

1. Рабочие чертежи рекомендуем выполнять в модуле nanoCAD «Механика», в котором содержатся многочисленные команды и базы данных для построения чертежей.
2. Поскольку чертеж создаем на основе 3D-модели, то следует проверить и при необходимости дополнить модель. Дополнение может заключаться в построении элементов, пропущенных при создании модели узла: фасок, скруглений в литых деталях, канавок (проточек), в уточнении резьбовых отверстий и др.

Можно дополнить 3D-модель, применив команду «3D Резьба» (3D-инструменты \ Элементы \ 3D Резьба) к резьбовым поверхностям валов и отверстий. Команда условно отобразит резьбу на модели в виде винтовой линии и автоматически нанесет изображение резьбы на чертеже (см. ниже раздел 10.7).

3. Определяем содержание чертежа как наличие необходимых видов, разрезов, сечений. Для этого находим изображения детали на исходном чертеже узла. Они необходимы для выявления формы детали, и следует повторить эти изображения на чертеже. Но могут понадобиться и дополнительные изображения, уточняющие форму детали.
4. Уточняем содержание необходимых изображений на рабочем чертеже, руководствуясь следующими требованиями:
 - ◆ количество изображений на чертеже должно быть минимально необходимым, но достаточным для понимания формы детали и простановки размеров;
 - ◆ изображения, содержащие одни окружности, как правило, являются избыточными (лишними). Такие изображения показывают, что деталь является телом вращения. Для передачи формы достаточно поставить линейные размеры со знаком диаметра на другом изображении этой детали;
 - ◆ главный вид (он же вид спереди) детали относительно основной надписи (штампа) рекомендуется расположить так же, как на исходном чертеже узла;
 - ◆ если деталь содержит шестигранник «под ключ», то на главном виде (виде спереди) следует показать три его грани.
5. Создаем и располагаем проекции (т. е. выполняем компоновку, см. раздел 4.6) в пространстве Модели и там же проставляем истинные размеры детали.
6. Следует руководствоваться следующим правилом: построение проекций выполняется в пространстве Модели в истинных размерах независимо от размеров детали. Масштабирование изображения для размещения в рамке формата выполняется отображением чертежа на Листе через видовой экран, задавая масштаб видовой окна. Исключением может быть чертеж, выполняемый в масштабе 1:1. Его можно полностью выполнять в пространстве Модели.
7. Определяем необходимость построения выносных элементов для увеличения изображений проточек (канавок) резьбовых деталей, а также дополнительных увеличенных изображений других мелких элементов формы. Построение этих изображений рассматривается ниже, в разделе 10.5.
8. С учетом сложности модели и ее чертежа следует выбрать предварительный формат чертежа. Отобразить формат в пространстве Модели. Размещая проекции, выполненные в истинных размерах, в рамке формата, определить необходимость масштабирования чертежа. Если все проекции с проставленными размерами помещаются в рамку формата и заполняют ее, то чертеж рекомендуется завершать в пространстве Модели в масштабе 1:1.
9. При необходимости масштабирования чертеж завершают в пространстве Листа. На Листе располагают формат, по внутренней рамке формата создают видовой экран. Проекция из пространства модели через видовой экран

отображают на Лист в необходимом масштабе. Масштаб чертежа задается как масштаб видового экрана. При этом проекции в пространстве Модели остаются в истинных размерах. Вводится масштаб символов, позволяющий сохранить величину размерных параметров (величину стрелок, высоту текста и др.)

10. В пространстве Модели проставляют знаки шероховатости. Шероховатость «неуказанных поверхностей» проставляют автоматически (см. раздел 10.6).
11. Следует заполнить основную надпись (штамп) чертежа, при необходимости оформить технические требования к изготовлению детали. Проконтролировать автоматическое определение массы детали и внесение ее в основную надпись.

10.4. Определение и задание масштаба чертежа. Выбор формата

О том, что называется масштабом чертежа, какие предусмотрены масштабы, см. выше раздел 4.5.1. Масштаб создаваемого чертежа следует определять после того, как в пространстве Модели в истинных размерах построены все изображения, необходимые для чертежа. Рассмотрим последовательность действий для определения масштаба.

- ◆ Перейдите в пространство Модели.
- ◆ Загрузите формат А4. Автоматическая загрузка формата чертежа (см. раздел 4.5.2).
- ◆ Выполните в пространстве Модели предварительную компоновку чертежа на формате А4. Рекомендации по компоновке – см. раздел 4.6.
- ◆ Если проекции, построенные в истинных размерах, не размещаются в формате А4, то загрузите формат А3 и проверьте возможность компоновки в этом формате.

Если в этих форматах проекции размещаются, можно применить масштаб 1:1 и продолжать построения и завершение чертежа в пространстве Модели.

Если проекции не входят в рамку, то требуется уменьшение масштаба. И наоборот, если в рамке формата остается много свободного места, то требуется масштаб увеличения.

Если предыдущими действиями выявлена необходимость масштабирования чертежа, его увеличения или уменьшения, переходите к компоновке чертежа на Листе.

- ◆ Выйдите на Лист А4; если рамка формата отсутствует, то создайте этот формат.
- ◆ На Листе создайте видовой экран, совместив его угловые точки с рамкой формата, – появится изображение чертежа из пространства Модели.
- ◆ Применяя зумирование  и панорамирование , разместите изображение в рамке видового экрана.

- ◆ В строке состояния найдите поле «Масштаб видового экрана» и, раскрыв список ▼, подберите стандартный масштаб чертежа. Окончательно панорамируйте изображения. После этого видовой экран с выбранным стандартным масштабом заблокируйте .
- ◆ Если формат А4 в сочетании с подбором масштаба не позволил разместить и скомпоновать чертеж, то перейдите на Лист А3, создайте формат А3 и проверьте возможность построения в этом формате. Другие форматы в нашем курсе не требуются, но при необходимости они могут быть созданы по рассмотренному алгоритму.

Для заполнения и редактирования основной надписи (штампа) выполните двойной клик ЛКМ по любой линии формата – появится диалоговое окно для заполнения и корректировки текста (см. выше, раздел 4.5.3).

10.5. Выносной элемент

Выносной элемент (в папoCAD назван «Выносной вид») – это увеличенное изображение части модели, выполняемое с целью подробного изложения ее формы, простановки размеров и других требований к изготовлению. В нашем задании понадобятся выносной элемент для отображения резьбовых проточек (канавок) и резьбовых гнезд. Правила выполнения выносных элементов приведены в ГОСТ 2.305-2008.

10.5.1. Резьбовая проточка (канавка)

Резьбовые проточки на валу (внешние проточки, канавки) выполняют для заворачивания гайки на винт (или винта в гайку) до упора. Ту же роль выполняют проточки в отверстиях (внутренние канавки). Проточки уменьшают сечение детали и создают концентрацию напряжений при нагружении детали. В месте проточек возрастает опасность разрушения детали. Поэтому проточки имеют особый сложный профиль, уменьшающий эту опасность.

Профиль проточек необходимо подробно отобразить на чертеже и проставить размеры. Ввиду малых размеров на основных видах рабочего чертежа и на чертеже узла проточки показывают упрощенно, с прямоугольным профилем. Для раскрытия истинной формы и размеров на рабочем чертеже изображение увеличивают в виде дополнительного изображения, то есть выполняют выносной элемент.

Форма и размеры резьбовых проточек определяются в зависимости от шага резьбы, по ГОСТ 10549-80 или по ГОСТ 27148-86. Профиль внешней и внутренней проточки для одного шага резьбы практически одинаков. В модуле папoCAD «Механика» имеется база данных на проточки (канавки), в которой приведены изображения проточек. Для построения выносного элемента проточки ее профиль возьмем из базы, изображение увеличим и дополним линиями обрыва, проставим размеры.

Рассмотрим пример построения выносного элемента внешней проточки (канавки) по ГОСТ 10549-80 для метрической резьбы с шагом 3 мм. Изображение выполним в масштабе 2.5:1 в пространстве Модели.

- ◆ Перейдите в пространство Модели.
- ◆ Механика \ Стандартные  \ Стандартные – откроется диалоговое окно «Выбор детали» \ База элементов \ Валы \ Канавки \ Канавка ГОСТ 10549... \ укажите тип канавки по изображению справа в окне \ На экране укажите точку вставки и курсором укажите направление вставки (в нашем примере справа налево) – откроется диалоговое окно «Табличные параметры» \ По списку «Шаг резьбы» укажите 3 \ закладка «Свойства» \ Исполнение 1 – появится изображение внешней канавки на валу в истинных размерах (рис. 10.1а) \ Применить \ ОК.
- ◆ Разбейте  изображение и оставьте только контур канавки.
- ◆ Примените команду «Масштаб»  и увеличьте изображение в 2.5 раза.
- ◆ Дополните изображение до варианта внешней проточки (рис. 10.1б).
- ◆ Проставьте размеры. Поскольку размеры ставим на увеличенном изображении в масштабе 2.5:1, то установите масштаб измерений 2.5:1 (см. раздел 4.7.2) для всех размеров элемента (охватите изображение рамкой). Размеры принимают истинные значения. Масштаб символов (для работы в пространстве Модели) оставьте прежний, то есть 1:1 (см. раздел 4.7.2).
- ◆ Добавьте линию обрыва и линию сопряжения.
- ◆ Если выносной элемент из пространства Модели отображается на Листе через видовой экран, то масштаб символов для размеров, проставленных в пространстве модели, следует задать равным масштабу видowego экрана.

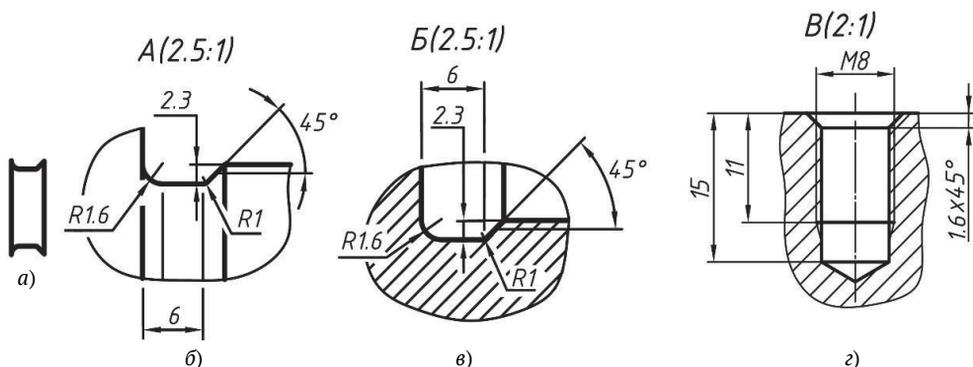


Рис. 10.1. Выносной элемент:
 а – канавка из базы данных; б – внешняя канавка;
 в – внутренняя канавка; з – резьбовое гнездо

Построенное изображение внешней проточки (канавки) по форме и размерам (рис. 10.1б) соответствует ГОСТ 10549-80, шаг резьбы 3 мм, проточка тип 1, нормальная.

Изображение внутренней проточки получим из того же контура. Добавим линию обрыва и штриховку. Размеры внутренней проточки те же, что для внешней проточки. Исключение составляет глубина проточки, которая рассчитывается отдельно для каждого диаметра резьбы. В учебной работе примем, что

глубина внутренней проточки та же, что для наружной проточки. Для приведенного примера (рис. 10.1в) размеры соответствуют ГОСТ 10549-80, шаг резьбы 3 мм, проточка тип 1, узкая.

Для обозначения выносного элемента примените команду:

◆ Механика \ Символы \ Виды ▼ \ Выносные виды .

Примеры построения и обозначения проточек приведены в разделе 10.9.4. Дополнительно изучите пример построения проточек.

◆ Откройте файл, содержащий выносные элементы двух внешних проточек:
C:\Program Files\Nanosoft\nanoCAD x64 23.0\UserDataCache\Samples\
Механика\2D\Вал насоса.dwg

10.5.2. Резьбовое гнездо

Резьбовое гнездо (отверстие под резьбу) – элемент резьбового соединения для вворачивания винтов или шпилек (реже болтов). Гнездо содержит (рис. 10.1з) цилиндрическое отверстие с внутренней резьбой. Имеет коническую фаску «на входе», участок резьбы и конечный участок отверстия без резьбы (недорез). Отверстие завершается конусом, который при вершине имеет угол 120° .

Размеры гнезда определяются диаметром резьбы d и материалом вворачиваемого винта. Например, из условий прочности резьбового соединения стальные винты вворачивают на глубину, равную диаметру резьбы. Глубина нарезки резьбы для стальных винтов делается с запасом и составляет $(1.2...1.3) \times d$. Поскольку нарезать резьбу на всю глубину отверстия не удается, то полная глубина отверстия с учетом недореза составляет $(1.4...1.6) \times d$. Параметры резьбовых соединений (сбеги, недорезы, проточки и др.) определяются по ГОСТ 10549-80.

◆ Откройте в интернете ГОСТ 10549-80 и изучите его содержание.

В примере (рис. 10.1з) глубина нарезки равна 11 мм, глубина отверстия равна 15 мм, то есть недорез равен 4 мм.

На чертежах узлов резьбовые гнезда показывают упрощенно или условно. Упрощенное изображение может не содержать фаску и участок недореза. При условном изображении резьбовое гнездо может быть показано лишь отрезком осевой линии.

Для рабочего чертежа требуется показать резьбовое гнездо со всеми его элементами: тонкими линиями показать резьбу, толстой линией показать границу резьбы, показать коническое окончание отверстия, обязательную фаску, необходимую для вворачивания винта. Необходимо проставить обозначение резьбы, размеры глубины отверстия, глубины нарезки резьбы, размер фаски. Угол при вершине конуса не обозначают, поскольку он определяется стандартной заточкой сверла и по умолчанию равен 120° .

Для отображения формы резьбового гнезда и его размеров выполняют выносной элемент.

◆ На рис. 10.1з найдите названные выше элементы резьбового гнезда.

В базе данных nanoCAD «Механика» содержатся чертежи резьбовых соединений. Рассмотрим пример построения выносного элемента резьбового гнезда,

взяв за основу заготовку из базы данных. Резьба М8, выносной элемент выполним в масштабе 2:1 (см. рис. 10.1z).

- ◆ Механика \ Проектирование \ Болтовое соединение  \ в режиме «ОРТО» укажите две точки, задающие вертикальную ось отверстия, – откроется окно «Болтовое соединение» \ Укажите Винт ГОСТ 8676-2013 – появится изображение резьбового соединения, содержащее винт, шайбу и резьбовое гнездо.
- ◆ Удалите (или скройте) винт и шайбу – осталось резьбовое гнездо.
- ◆ Двойной клик ЛКМ по любой линии гнезда – откроется окно «Табличные параметры».
- ◆ Укажите диаметр резьбы 8 мм.
- ◆ Укажите закладку «Свойства». В поле «Длина» задайте длину резьбы 11 мм; вариант – «Обычный вид»; в нижней части окна задайте «Масштаб 2:1» \ Применить \ ОК.
- ◆ Дополните изображение (см. рис. 10.1z), проведя линию обрыва и выполнив штриховку.
- ◆ Проставьте размеры: обозначение резьбы, глубины отверстия, глубины нарезки резьбы, размер фаски.

Размеры первоначально проставляются по величине изображения. Поскольку изображение выполнено в масштабе 2:1, то значения размеров будут в два раза больше истинных. Выберите все размеры рамкой и задайте масштаб измерений 2:1, масштаб символов 1:1. Размеры примут истинные значения. Поскольку масштаб символов установлен 1:1, то размерные параметры (стрелки, шрифт и др.) соответствуют установленному размерному стилю ЕСКД.

10.6. Шероховатость поверхности

Шероховатость поверхности – наличие на поверхности микронеровностей. Шероховатость измеряется в микрометрах (микронах). Оценивается по высоте этих неровностей. Параметрами шероховатости являются: Ra – среднее арифметическое отклонение неровностей от средней линии поверхности, Rz – максимальные отклонения выступов и впадин и др.

Шероховатость влияет на работоспособность деталей, на условия контакта с другими деталями: трение, износ влияет на прочность, коррозионную стойкость, на стоимость детали. Учитывая все факторы, на рабочем чертеже детали конструктор указывает требования к шероховатости поверхностей. Требования указывают простановкой на чертеже знаков шероховатости. Параметры знаков, требования к их простановке, а также рекомендуемые значения определены ГОСТ 2.309-73.

В нашем учебном курсе будем проставлять шероховатость по параметру Ra с учетом следующих рекомендаций: для поверхностей, работающих на трение, Ra 0.4 или Ra 0.8. Для поверхностей, находящихся в неподвижном плотном контакте с другими поверхностями, Ra 1.6 или Ra 3.2. Для «свободных» поверхностей после механической обработки Ra 6.3, Ra 10, Ra 12.5; Ra 25. Чем

больше численное значение Ra , тем выше допускаемые микронеровности поверхности, то есть поверхность более грубая.

Основу знака шероховатости составляет равносторонний треугольник с увеличенной правой стороной и полкой (рис. 10.2а). Для знаков, проставляемых на поле чертежа, высота треугольника h равна высоте шрифта размерных чисел на чертеже. Шрифт параметров шероховатости тот же, что и чисел на чертеже. Высота знака $H = 1.5 h$. Толщина линий знака равна половине толщины основной линии чертежа (контурной линии изображений).

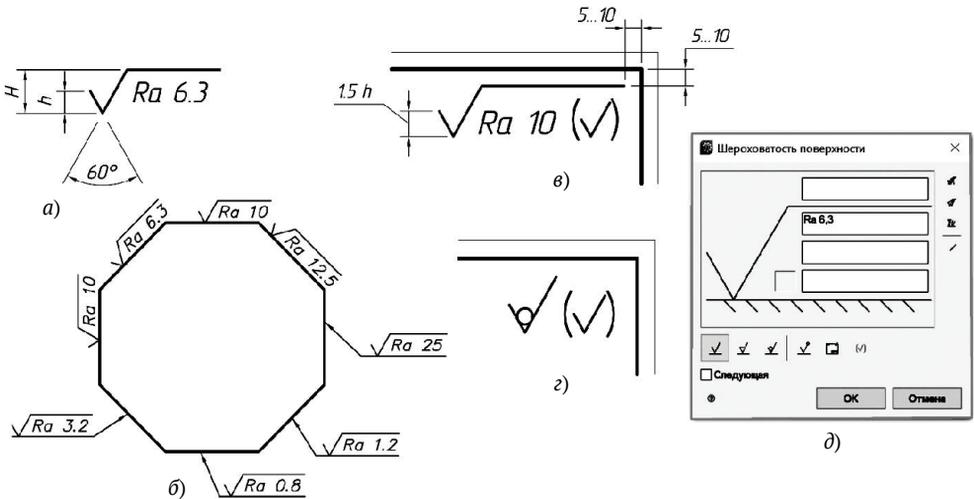


Рис. 10.2. Шероховатость поверхности:

- а – параметры знака шероховатости; б – расположение знака относительно поверхности; в – знак для «неуказанных поверхностей»; г – для «неуказанных поверхностей» без механической обработки; д – окно задания и настройки знака

В зависимости от положения поверхности (рис. 10.2б) знак может быть расположен на линии поверхности, на выносной линии размера (предпочтительно) этой поверхности или на полке выносной линии. Направление знака, проставленного на поверхности, – со стороны условного режущего инструмента, то есть острие знака расположено на поверхности, а отрезки угла воспроизводят профиль режущего инструмента (токарного резца). Знак на полке выноски располагается горизонтально. Между острием знака и линией поверхности, линией размера или выноски не должно быть зазора.

Если большинство поверхностей имеет одинаковую шероховатость, то для них знак следует проставить в правом верхнем углу (рис. 10.2в). В нем к значению шероховатости добавляется знак в скобках. При этом на поле чертежа шероховатость таких поверхностей не указывается («неуказанные поверхности»). Размеры знака, проставленного в углу чертежа, в 1.5 раза больше, чем на поле чертежа. Размеры знака в скобках те же, что на поле чертежа. Например, знак (см. рис. 10.2в) означает, что шероховатость поверхностей, на которых на поле чертежа шероховатость не указана, задана 10 мкм.

Если все поверхности детали имеют одинаковую шероховатость, то для них знак ставится в правом верхнем углу без добавления знака в скобках.

Для поверхностей, не подлежащих обработке со снятием слоя металла (литые поверхности, поверхности штампованных или кованных деталей), предназначен знак (см. рис. 10.2з), который может быть проставлен на поле чертежа или в углу чертежа. Если все поверхности детали без дополнительной обработки, то знак в углу чертежа одиночный, если он относится к части поверхностей, то добавляется значок в скобках (см. рис. 10.2з). Например, знак (см. рис. 10.2з) означает, что поверхности детали, полученной литьем или штамповкой, для которых на чертеже не указан знак шероховатости, не подлежат механической обработке.

В модуле nanoCAD «Механика» содержится команда «Шероховатость» для простановки знаков шероховатости. Знак можно поставить на поверхность или на полку, выбрать тип знака.

- ◆ Лента \ Механика \ Символы \  \ с применением объектной привязки «Ближайшая» укажите точку на поверхности \ движением курсора уточните положение знака относительно поверхности \ если знак располагается на поверхности без линии-выноски, нажмите **Пробел**, иначе отведите курсор и укажите положение полки линии-выноски – откроется диалоговое окно «Шероховатость поверхности» (рис. 10.2д) \ в окне по умолчанию предложен тип знака (см. рис. 10.2а) иначе в нижней строке окна укажите кнопку выбора типа знака, в правой строке окна можно настроить параметры линии выноски \ укажите строку под полкой знака и выполните клик ПКМ – откроется контекстное меню, в котором выберите параметр Ra, – появится таблица значений шероховатости \ укажите требуемое значение \ ОК – знак проставлен.

Для редактирования проставленного знака, изменения его формы и параметров выполните по знаку двойной клик ЛКМ и в открывшемся окне (см. рис. 10.2д) введите новые параметры.

Для простановки знака в правом верхнем углу формата (см. рис. 10.2в, з):

- ◆ укажите рамку формата чертежа, сгенерированного приложением Механика \ клик ПКМ \ в контекстном меню укажите «Редактировать» – откроется окно настройки формата \ в строке, расположенной в левом нижнем углу окна, укажите знак шероховатости – откроется окно задания знака (см. рис. 10.2д) \ укажите кнопки параметров знака \ введите значения параметров \ ОК – знак (см. рис. 10.2в, з) будет построен в правом верхнем углу формата.

Можно создать знак для поверхностей с неуказанной шероховатостью непосредственно командой «Шероховатость» без указания рамки формата. Для этого:

- ◆ Шероховатость  \ укажите точку на пустом месте \ **Пробел** – откроется окно (см. рис. 10.2д), в нижней строке окна укажите кнопку «Для неуказанных поверхностей» \ затем укажите кнопку «Знак в скобках» \ ОК – появится знак (рис. 10.2в, з) \ переместите знак в правый верхний угол чертежа, соблюдая требования «по 5...10 мм от рамки формата».

Для простановки шероховатости изучите приведенные ниже примеры рабочих чертежей (см. рис. 10.6, 10.7, 10.8).

Если чертеж выполняется с Листа через видовой экран, знаку необходимо придать значение масштаба символов, равное масштабу видового экрана.

10.7. Автоматическое изображение резьбы. Команда «3D Резьба»

В nanoCAD предусмотрено автоматическое изображение резьбы на 3D-моделях и на чертежах. Выполняет это команда «3D Резьба». Пользователь указывает цилиндрическую поверхность 3D-модели, команда анализирует диаметр поверхности и предлагает ряд вариантов резьбы для этой поверхности. По принятому пользователем варианту команда условно в виде винтовой линии отображает резьбу на 3D-модели и также условно отображает резьбу на 2D-видах и 2D-разрезах.

Важно, что резьба, условно показанная на 3D-модели, автоматически отображается на чертеже в соответствии с требованиями ГОСТ 2.311-68. Команда действует в режиме как прямого, так и параметрического моделирования. При параметрическом моделировании изображение резьбы на чертеже является ассоциативным, то есть корректировка резьбы на 3D-модели приводит к соответствующей корректировке резьбы на чертеже.

Резьбовые детали должны иметь фаски (конические элементы), позволяющие без затруднений вернуть цилиндр с резьбой (винт) в отверстие с резьбой или навернуть гайку на болт с резьбой. Размер фаски определяется по 10549-80 в зависимости от шага резьбы, который определяется по ГОСТ 26705-2004.

Рассмотрим применение команды «3D Резьба» для построения резьбы с фаской, их изображение и обозначение. Алгоритм действий практически одинаков как для прямого, так и параметрического моделирования.

10.7.1. Наружная резьба (резьба на стержне)

Зададим наружную резьбу на цилиндрической поверхности. Цилиндр может быть построен как в прямом, так и параметрическом режиме. Например, в прямом моделировании строим цилиндр диаметром 20 и высотой 50 (рис. 10.3а).

- ◆ 3D-инструменты \ Прямое моделирование \ Цилиндр  \ Центр основания: 0,0 \ Радиус 10 \ Высота 50 – построен цилиндр.
- ◆ Независимо от режима моделирования откройте окно «История построений». В зависимости от режима в окне появилась строка «Непараметрическое тело» или «Тело».

Наносим изображение резьбы на цилиндр. Это должна быть метрическая резьба с крупным шагом (о метрической резьбе и ее параметрах см. раздел 8.2.2, пункт 8). Зададим длину участка резьбы от верхнего основания равным 30 мм.

- ◆ Визуальный стиль «Оттенки серого».

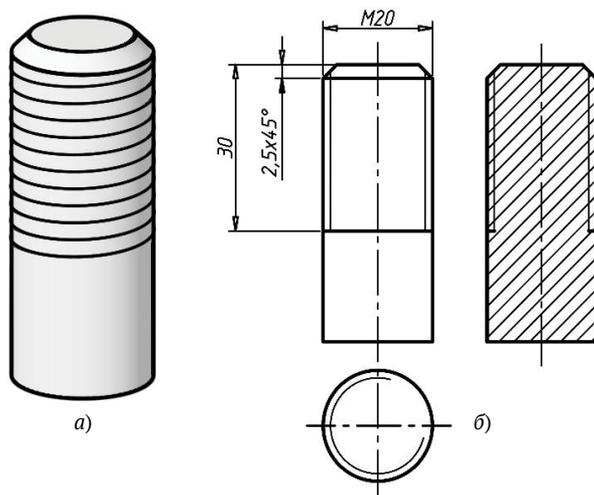


Рис. 10.3. Автоматическое построение резьбы на стержне:
 а – условное изображение резьбы на 3D-модели;
 б – автоматическое нанесение резьбы на чертеже

- ◆ 3D-инструменты \ Элементы \ Резьба  – откроется диалоговое окно «3D Резьба» \ убедимся, что активна кнопка «Грань наложения резьбы», иначе активируем эту кнопку \ Выберите грань резьбы: укажите поверхность цилиндра – на поверхности на всю длину будет нанесена винтовая линия \ Стандарт: Метрическая \ Шаг – в списке установить 2.5 \ В поле «Обозначение» появится обозначение резьбы «М20» \ погасите выделение «На всю длину» \ Глубина: задать 30 – участок резьбы ограничен заданной длиной \ Если участок резьбы образован не с нужной стороны цилиндра, то укажите кнопку «Передняя грань» и с привязкой «Ближайшая» укажите окружность основания со стороны резьбы \ ОК – закройте окно – на поверхности цилиндра будет нанесена винтовая линия, условно изображающая резьбу (см. рис. 10.3а).

- ◆ В дереве построений появилась строка « Резьба (М20)».

Резьба, предлагаемая в окне «3D Резьба», является стандартной, соответствующей ГОСТ 26705-2004. Если для цилиндра диаметром, например, 19 мм, стандартная резьба не предусмотрена, то в окне «3D Резьба» выводится сообщение «Стандартная резьба не может быть построена на выбранной цилиндрической поверхности», и предлагаются варианты ближайшей стандартной резьбы. В этом случае необходимо отредактировать размер цилиндра, задав его равным диаметру предложенной резьбы. Если резьба строится в отверстии (см. ниже раздел 10.5.2, 10.7.2), то откройте ГОСТ 26705-2004, определите внутренний диаметр предложенной резьбы и задайте его равным диаметру отверстия, в котором задается резьба.

Если нанесенную на цилиндр резьбу необходимо отредактировать, то в дереве построений укажите строку резьбы и выполните по ней клик ПКМ – откроется окно «3D Резьба» для редактирования параметров резьбы.

Резьбу можно удалить:

- ◆ в дереве укажите строку резьбы \ клик ПКМ \ Удалить.

В поле «Обозначение» диалогового окна «3D Резьба» было приведено обозначение создаваемой резьбы. Его следует запомнить для последующей простановки размера резьбы. При необходимости прочесть обозначение нанесенной резьбы откройте окно «3D Резьба» как при редактировании резьбы или прочтите обозначение в дереве построений.

Дополнительные примеры редактирования резьбы приведены в разделах 10.8.2, 10.9.2.

Построение фаски

При задании резьбы в окне «3D Резьба» приводится шаг резьбы. Определив шаг резьбы, в интернете откройте ГОСТ 10549-80. По таблице 1 для шага 2.5 видим размер фаски, равный также 2.5 мм.

Строим фаску на верхнем основании цилиндра. О построении фаски в прямом моделировании командой «Фаска кромки» см. раздел 3.7.5. Сейчас применим команду «3D Фаска», которая является универсальной для прямого и параметрического моделирования.

- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Элементы \ 3D Фаска  – откроется диалоговое окно «3D Фаска» \ Расстояние: введите 2.5 \ Выберите ребра: укажите кромку отверстия для фаски – ребро подсвечено \ ОК – фаска построена (см. рис. 10.3а).

Построим проекции (2D-виды) цилиндра и его продольный профильный разрез (2D-разрез) с нанесенной резьбой.

- ◆ 3D-инструменты \ 2D Вид  \ укажите цилиндр с резьбой \ Модель \ переместите курсор и укажите место для вида сверху \ переместите курсор и укажите вид спереди – будут построены изображения цилиндра с резьбой (рис. 10.3б).
- ◆ 3D-инструменты \ 2D разрез  \ укажите вид спереди \ на виде спереди с объектной привязкой «Середина» укажите две точки плоскости разреза – будет построен профильный разрез.
- ◆ Проставим размеры, обязательные для резьбы на стержне: размер резьбы, в нашем примере М20, длина участка резьбы 30, размер фаски 2.5.

В построенных изображениях наружная резьба нанесена автоматически в соответствии с правилами ее изображения на чертеже по ГОСТ 2.311-68. Отметим важные моменты изображения резьбы, реализованные при ее автоматическом построении (см. рис. 10.3б).

1. На виде и разрезе, параллельном оси цилиндра (на виде спереди и слева), резьбу показывают тонкими линиями с двух сторон вдоль контура цилиндра. Линии резьбы проводят приблизительно на расстоянии 1.5 мм от контура изображения. Линии резьбы выходят приблизительно на середину линии фаски.
2. Границу резьбы показывают отрезком прямой линии толщиной, равной толщине линий контура.

3. На виде, перпендикулярном оси цилиндра (на виде сверху), резьбу показывают дугой окружности, разорванной приблизительно на одну четверть (см. рис. 10.3б). Чтобы изображение фаски не закрывало изображение резьбы, окружность фаски не изображают.
4. В разрезе (профильный разрез на виде слева) штриховка доходит до контура изображения и перекрывает область резьбы.

10.7.2. Внутренняя резьба (резьба в отверстии)

Построим внутреннюю резьбу номинальным диаметром 24 мм в сквозном отверстии, выполненном в детали толщиной 50 мм. Резьба нарезана на глубину 30 мм. Резьба метрическая, шаг резьбы крупный. Модель построим в режиме параметрического моделирования.

Определяем диаметр отверстия, в котором нарезаем внутреннюю резьбу M24. Этот диаметр должен быть равен внутреннему диаметру нарезаемой резьбы. Значение внутреннего диаметра резьбы M24 с крупным шагом определяем по ГОСТ 24705-2004 (откройте в интернете). Значение равно 20.752 мм. Там же определяем значение крупного шага резьбы M24. Шаг равен 3 мм.

Строим модель в виде параллелепипеда с вертикальным отверстием $\varnothing 20.752$.

- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ 2D Эскиз \ постройте прямоугольник с угловыми точками $-40, -30$ и $40, 30$ \ постройте окружность диаметром 20.752 с центром в $0, 0$ \ закройте эскиз.
- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Выдавливание  \ на экране укажите точку внутри эскиза – указанная область эскиза будет выделена цветом \ Расстояние: 50 \ ОК – будет построен параллелепипед с отверстием (рис. 10.4а).

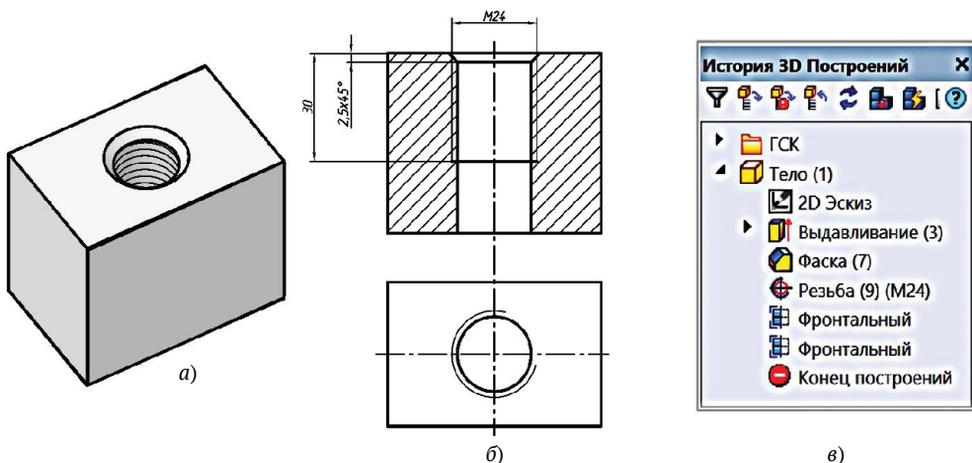


Рис. 10.4. Автоматическое построение резьбы в отверстии:
 а – условное изображение резьбы на 3D-модели;
 б – автоматическое нанесение резьбы на чертеже;
 в – История и дерево построений

- ◆ По ГОСТ 10549-80, таблица 2, найдите размер фаски для шага 3. Размер равен 2.5 мм.

Построим фаску:

- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Элементы \ 3D фаска  – откроется диалоговое окно «3D Фаска» \ Расстояние: введите 2.5 \ с привязкой «Ближайшая» укажите кромку отверстия для фаски – ребро будет подсвечено \ ОК – фаска построена.

Нанесите резьбу на внутреннюю поверхность отверстия.

- ◆ Визуальный стиль «Оттенки серого».
- ◆ 3D Резьба  – откроется диалоговое окно \ укажите точку на внутренней поверхности отверстия \ Стандарт: Метрическая \ Шаг 3 \ погасите «На всю длину» и введите глубину нарезки 30 \ ОК – на внутренней поверхности отверстия будет нанесена винтовая линия как условное изображение резьбы (см. рис. 10.4а).
- ◆ Постройте 2D-вид и фронтальный 2D-разрез по оси отверстия (рис. 10.4б).
- ◆ Нанесите размеры, обязательные для чертежа резьбы в отверстии.

Изучите полученное изображение резьбы в отверстии (рис. 10.4б). Найдите отрезки тонкой линии резьбы на виде спереди и дугу окружности на виде сверху. Дуга составляет три четверти от окружности. Обратите внимание, что штриховка в разрезе перекрывает область резьбы и доходит до внутреннего контура отверстия, найдите линию, обозначающую границу резьбы. Важно, что размер внутренней резьбы проставлен по конечным точкам линий резьбы. На виде сверху не показана окружность фаски, поскольку она закрывает дугу окружности.

10.7.3. Редактирование резьбы

Ассоциативность 2D-видов распространяется и на изображение резьбы, построенной командой «3D Резьба». Изменения параметров, внесенные при редактировании резьбы на 3D-модели, автоматически отражаются на 2D-видах этой модели. Это относится как к наружной, так и внутренней резьбе при прямом и параметрическом редактировании. Во всех случаях редактирование выполняется через дерево построений. В полной мере резьба редактируется в параметрической модели.

Например, для параметрической модели внутренней резьбы (см. рис. 10.4а) изменим резьбу с М24 на М20. Обе резьбы с крупным шагом. Для этого:

- ◆ в интернете по ГОСТ 24705-2004 определим внутренний диаметр резьбы М20, он равен 17.294 мм;
- ◆ в дереве (рис. 10.4в) укажите 2D-эскиз \ клик ПКМ \ Редактировать \ поставьте управляющий размер диаметра окружности и задайте диаметр 17.294 \ Закончить редактирование.

В результате редактирования диаметра отверстия произошла перестройка 3D-модели с резьбой и фаской, а также 2D-вида сверху и 2D-разреза. Они тоже перестроены на резьбу М20.

В качестве второго примера:

- ♦ выполните редактирование глубины нарезки резьбы, задав в дереве: Резьба \ На всю длину – резьба будет показана по всей длине отверстия.

10.7.4. Определение параметров стандартной резьбы

При построении узла размеры 3D-моделей деталей узла определялись приближенно путем обвода контура по чертежу узла (см. раздел 8.3.1). При этом погрешности чертежа и погрешности построения контура неизбежно приводят к погрешностям моделей, в том числе и погрешностям построения и изображения резьбы. Устранение погрешностей является обязательным.

Поскольку работа над узлом выполняется в режиме параметрического моделирования, то погрешности каждой модели устраняются редактированием 3D-модели на основе дерева построений. Принципы редактирования следующие:

- ♦ на деталях, образующих резьбовое соединение, должна быть одна резьба, наружная или внутренняя, одного типа (метрическая), с единым значением диаметра и шага;
- ♦ если резьба задана на исходном чертеже как размер или в таблице деталей узла, то эту резьбу необходимо задать и на моделях деталей;
- ♦ если резьба в исходном чертеже не задана, то ее следует задать самим как резьбу стандартную.

Рассмотрим пример определения параметров стандартной резьбы. Пусть необходимо задать резьбу для соединения, в котором по исходному чертежу диаметр вала (стержня, цилиндра) был определен равным 21 мм.

Возможны два алгоритма действий. Первый – применением команды «3D Резьба» (см. выше раздел 10.7.1). Вызовите команду, укажите цилиндрическую поверхность 3D-модели для резьбы. В окне «3D Резьба» для диаметра 21 мм появляется сообщение, что такая резьба не предусмотрена, и предлагается заменить ее на ближайшую стандартную M20 с указанием параметров предлагаемой резьбы. Выбираем крупный шаг резьбы 2.5 мм, для которой приведен внутренний диаметр резьбы 17.294 мм.

Второй вариант – подобрать резьбу по ГОСТ 24705-2004 (в интернете). По этому стандарту также видим, что стандартной резьбы для диаметра 21 мм нет. Ближайшая стандартная резьба M20 или M22. Выбираем резьбу M20 с крупным шагом 2.5 мм. По строке таблицы 1 находим внутренний диаметр этой резьбы, равный 17.294 мм.

Из параметров стандартной резьбы M20 следует, что диаметр вала (стержня, цилиндра) в месте нарезания наружной резьбы должен быть равен 20 мм. Диаметр отверстия под внутреннюю резьбу должен быть 17.294 мм. Выбрав другой (мелкий) шаг резьбы, получим другой диаметр отверстия под резьбу. Например, при шаге 1.5 мм диаметр отверстия под резьбу должен быть увеличен до 18.376 мм.

Выполняем редактирование моделей в соответствии с параметрами стандартной резьбы M20. Примеры редактирования резьбы для деталей нашего узла приведены ниже (см. разделы 10.8.2, 10.9.2).

10.8. Рабочий чертеж корпусной детали

Последовательность построения рабочего чертежа любой детали приведена выше, в разделе 10.3. Рассмотрим пример построения чертежа корпуса (см. рис. 8.1, поз. 1).

10.8.1. Определение необходимых изображений на чертеже

В разделе 8.4 был представлен анализ формы корпуса применительно к построению его 3D-модели. Сейчас выполним анализ формы применительно к построению рабочего чертежа.

На исходном чертеже (см. рис. 8.1) корпус показан в трех проекциях – на виде сверху, на фронтальном разрезе и на виде слева. Эти изображения позволили построить 3D-модель корпуса, то есть их было *достаточно* для понимания формы. Корпус не содержит мелких элементов, требующих дополнительного увеличения применением выносных элементов. Следовательно, этих изображений достаточно и для рабочего чертежа корпуса.

Определим *необходимые* изображения. Их количество и содержание на рабочем чертеже могут отличаться от изображений на исходном сборочном чертеже. Следует учесть требования наглядности рабочего чертежа и условия простановки размеров. В нашем примере вид слева на корпус будет содержать одни окружности, поэтому является лишним. На его месте рационально построить поперечный разрез, наглядно показывающий расположение четырех пазов в корпусе. Можно исключить вид сверху, поскольку для корпуса он повторяет вид спереди, но это снизит наглядность чертежа. Итак, решаем, что чертеж корпуса в нашем примере должен содержать вид сверху, фронтальный продольный разрез на месте главного вида (вида спереди) и поперечный профильный разрез на месте вида слева.

После консультации с преподавателем следует в первом приближении определить технологию изготовления корпуса. Это необходимо для простановки знаков шероховатости. В нашем примере корпус выполнен литьем с последующей механической обработкой – нарезанием резьбы в двух осевых отверстиях и выполнением пазов фрезерованием.

Чертеж будем строить в том же файле, где находится 3D-модель корпуса.

10.8.2. Корректировка 3D-модели (нанесение 3D-резьбы и фасок)

По приведенному алгоритму (см. выше разделы 10.7.3, 10.7.4) выполним корректировку 3D-модели корпуса. В нашем примере она сводится к нанесению стандартной резьбы и фасок двух отверстий *A* и *B* (рис. 10.5а).

- ◆ Создайте копию файла 3D-модели корпуса и откройте этот файл.
- ◆ Установите визуальный стиль «Оттенки серого».

Отверстие А. При построении радиус этого отверстия был $d_3=39$ (см. рис. 8.4а).

- ◆ 3D-инструменты \ Элементы \ 3D Резьба  \ укажите внутреннюю поверхность отверстия А (рис. 10.5а) – система анализирует поверхность и предлагает резьбу М80х2 с указанием, что эта резьба не стандартная, то есть не рекомендуется. Других предложений не приводится \ Отмена (то есть не соглашаемся).

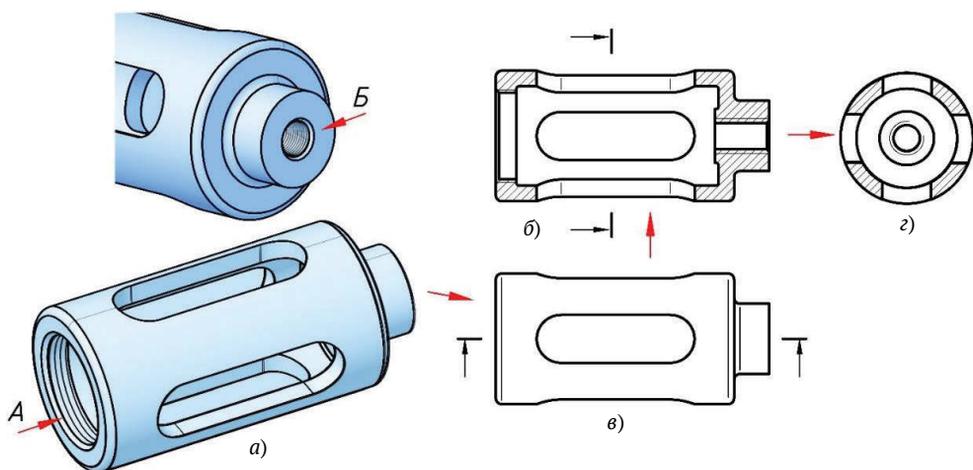


Рис. 10.5. Корректировка модели и схема построения рабочего чертежа детали «корпус»: а – нанесение 3D-резьбы и 3D-фаски; б – 2D-вид сверху; в – фронтальный 2D-разрез; г – профильный 2D-разрез

Открываем ГОСТ 24705-2004, таблица 1. Для резьбы М80 возможно увеличение шага до значений 3, 4, 6 мм. Примем значение шага равным 4 мм. Для этой резьбы и шага 4 внутренний диаметр равен 75.670 мм. Принимаем это значение как диаметр отверстия под резьбу и редактируем эскиз модели, задав указанный диаметр отверстия.

- ◆ В дереве построений корпуса (см. рис. 8.6) укажите эскиз «Контур вращения» \ Редактировать \ Задайте значение размера $d_3=37.835$ (то есть $75.670:2$) \ Завершите редактирование.

Повторно задаем резьбу для отверстия А при новом значении размера d_3 .

- ◆ 3D Резьба  \ вновь укажите внутреннюю поверхность отверстия А – система диагностирует поверхность и предлагает резьбу М80×4, то есть требуемую резьбу с шагом 4 \ ОК – установлена резьба.

В дереве построений добавлена строка  Резьба (М80×4)»

Добавляем фаску.

- ◆ Определяем размер фаски для внутренней резьбы с шагом 4. Открываем (в интернете) ГОСТ 10549-80 и по таблице 2 для шага 4 находим значение фаски, равное 3 мм.
- ◆ 3D-инструменты \ Параметрика \ Элементы \ 3D фаска  – открылось диалоговое окно «3D Фаска» \ Расстояние: введите 3 \ Ребра \ укажите кромку отверстия (окружность) для фаски – ребро подсвечено \ ОК – фаска построена.

В дереве построений добавлена строка « Фаска».

Отверстие Б (рис. 10.5а). На эскизе (см. рис. 8.4а) радиус отверстия задан размером $d_9=12$. Определим резьбу, предлагаемую системой.

- ◆ 3D Резьба  \ укажите внутреннюю поверхность отверстия Б – открылось диалоговое окно «3D Резьба» \ система предлагает резьбу M25×1, но при этом выводится сообщение, что это резьба нестандартная, то есть не рекомендуемая к применению \ поэтому «Отмена».
- ◆ Принимаем решение задать резьбу M28×2. По ГОСТ 24705-2004 находим, что для резьбы M28×2 внутренний диаметр резьбы должен быть 25.835 мм.
- ◆ По дереву построений (см. рис. 8.6) редактируем эскиз «Контур вращения» и задаем размер $d_9=12.9175$ (то есть $25.835:2$), при котором диаметр отверстия будет равен внутреннему диаметру резьбы.
- ◆ Окончательно для отверстия Б задаем резьбу M28×2.
- ◆ По ГОСТ 10549-80 для шага 2 определяем размер фаски, равный 2 мм.
- ◆ Строим фаску размером 2 мм.

В дереве построений появились дополнительные строки « Резьба (M28×2)» и « Фаска».

Резьба и в целом 3D-модель корпуса отредактированы.

10.8.3. Построение видов и разрезов

Исходный чертеж узла (см. рис. 8.1) выполнен на формате А3 в масштабе 1:2. Сохраним эти параметры и для чертежа корпуса. Чертеж будем строить в пространстве Модели в истинных размерах и отображать на Листе через видовой экран в масштабе 1:2.

- ◆ Оставаясь в пространстве Модели, постройте проекции: командой «2D Вид» постройте вид сверху (рис. 10.5б), на его основе командой «2D разрез» постройте продольный фронтальный разрез (рис. 10.5в), по этому разрезу командой «2D разрез» постройте поперечный профильный разрез (рис. 10.5г).
- ◆ Выходим на Лист А3, убедимся, что установлен стандарт ЕСКД, и создадим формат А3 (см. раздел 4.5.2).
- ◆ По внутренней рамке формата создайте видовой экран (см. раздел 2.3) – в экране отобразились объекты из пространства Модели.

Убедитесь, что изображения не помещаются в видовом окне, то есть масштаб 1:1, в котором построены изображения, следует уменьшить. Выбираем следующий стандартный масштаб чертежа – это 1:2.

- ◆ Укажите рамку видовой экран и в строке состояния (справа в нижней части экрана) задайте масштаб видовой экран 1:2 – это будет масштаб чертежа.
- ◆ Перейдите через экран в пространство Модели, установите положение проекций (выполнить компоновку чертежа, см. раздел 4.6) и заблокируйте видовой экран .

10.8.4. Простановка размеров

- ◆ Установите стандарт ЕСКД или проверьте, что он ранее был установлен (см. раздел 4.5.1).
- ◆ Размеры ставим в пространстве Модели. Простановку размеров выполняйте размерным стилем ЕСКД, в который рекомендуем внести следующие коррективы (см. раздел 4.7.1): высота шрифта 3.5, отступ чисел от размерной линии 1, удлинение за размерные 2, точность 0 (до целых чисел).
- ◆ Для того чтобы размерные параметры (стрелки, высота шрифта и др.) при масштабировании видового экрана сохранили свои значения и не были масштабированы вместе с изображениями чертежа, необходимо установить «Масштаб символов» (см. раздел 4.7.2) равным масштабу чертежа, то есть 1:2.
- ◆ Поскольку размеры должны сохранить истинные значения, то «Масштаб измерений» (см. раздел 4.7.2) сохраняем равным 1:1.
- ◆ Проставьте размеры, соблюдая рекомендации (см. раздел 4.7.3).

Обратите внимание на простановку размера резьбы. Размер резьбы в отверстии проставляется по конечным точкам линии резьбы. Размер резьбы на стержне – по контуру стержня. Редактированием размера (см. рис. 4.11) следует добавить тип резьбы (М – метрическая резьба) и шаг (если он мелкий).

10.8.5. Простановка знаков шероховатости

Простановку знаков шероховатости выполняем командой «Шероховатость» (см. раздел 10.6), знаки проставляем в том пространстве, в котором построены изображения (виды, разрезы...), в нашем примере – в пространстве Модели. Знаки ставятся на поверхность, на выносных линиях размеров, на полках линии-выноски (см. рис. 10.2б). Значения шероховатости следует задавать согласно рекомендациям (см. раздел 10.6).

Корпус является литой деталью (жидкий металл заливают в форму). Большинство поверхностей в таких деталях оставляют без дополнительной обработки. Для них знак указывается в правом верхнем углу с соблюдением требований к положению и размеру знаков (см. рис. 10.2з). Этот знак можно проставить автоматически.

- ◆ Клик ПКМ по рамке формата \ Редактировать – открылось окно «Формат» \ в окне «Формат» укажите кнопку  – открылось окно «Шероховатость поверхности» (см. рис. 10.2д) \ в нижней части окна укажите кнопки  и  – в итоге в правом верхнем углу формата проставлен знак , который читается так: «Поверхности, для которых на чертеже не проставлен знак шероховатости, выполняются без дополнительной обработки».
- ◆ Проставьте знаки шероховатости на обрабатываемые и необрабатываемые (литьевые) поверхности корпусной детали (см. рис. 10.6).

10.8.6. Обозначение разрезов и сечений

Правила и автоматическое обозначение разрезов и сечений были рассмотрены в разделе 4.8. В чертеже корпуса (см. рис. 10.5 и 10.6) необходимо выполнить

два простых разреза. Первый – продольный фронтальный разрез плоскостью симметрии, расположенный на месте главного вида в проекционной связи с видом сверху. Такие разрезы, включая секущую плоскость и изображение, не обозначаются.

Второй разрез поперечный профильный. Он обозначен А-А. Для него необходимо указать секущую плоскость, задать имя и обозначить изображение разреза.

Для обозначения секущей плоскости и изображения разреза следует применить команду «Разрезы, сечения» . Команда строит разомкнутую линию секущей плоскости, стрелки направления взгляда и буквенные обозначения (см. раздел 4.8.3).

10.8.7. Заполнение основной надписи. Материал детали

Для заполнения основной надписи (см. раздел 4.5.3):

- ♦ выполните двойной клик ЛКМ по любой линии формата, автоматически созданного в приложении «Механика», – появилось диалоговое окно редактирования основной надписи с выделенными строками для заполнения. Указывая строки, заполните надпись согласно образцу (рис. 10.6).

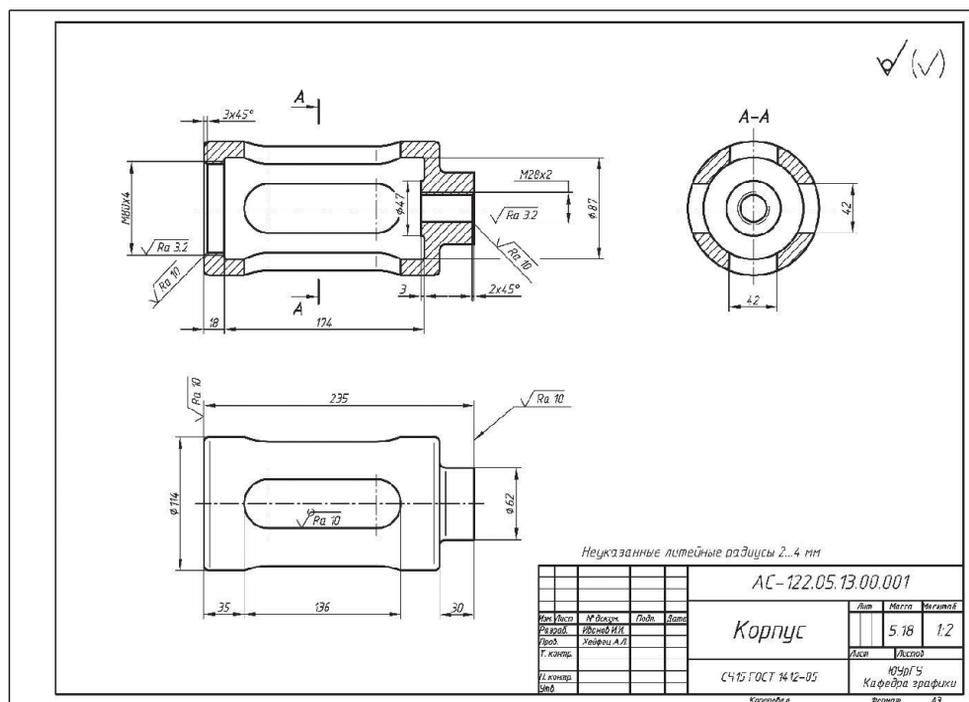


Рис. 10.6. Рабочий чертеж детали «корпус»

В основной надписи необходимо указать марку материала, из которого изготовлена деталь. Для этого следует найти материал в таблице, на исходном

чертеже (см. рис. 8.1). Материал корпуса – серый чугун марки СЧ15 ГОСТ 1412. Предусмотрена возможность автоматического внесения материала в основную надпись.

- ◆ Откройте окно редактирования основной надписи, в правой части поля для материалов найдите и укажите кнопку  – открылась «База элементов» \ откройте: Материалы черные \ Чугуны \ ГОСТ 1412-85 \ Марка СЧ 15 \ ОК – материал внесен в основную надпись.
- ◆ Внесите в поисковик интернета марку материала и прочтите расшифровку названия материала, его свойства и химсостав. Для «СЧ 15 ГОСТ 1412-85» приведено: СЧ – серый чугун с прочностью на разрыв 15 Мпа. Посмотрите химсостав чугуна. Найдите определение, что такое серый чугун.

В основную надпись необходимо внести массу детали. Предусмотрено автоматическое и уточненное определение массы (см. раздел 4.5.3). Для автоматического определения необходимо в файле законченной 3D-модели заново создать формат. В момент создания значение массы автоматически будет внесено в основную надпись. Оно рассчитано на плотность $7.8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ условного материала «сталь». Для уточненного значения необходимо выполнить расчет для плотности заданного материала, которое можно найти в интернете.

Для детали «корпус» автоматическое определение массы дало значение 5.9 кг.

Для уточненного расчета по интернету определена плотность СЧ15, равная $6.8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$. Объем, приведенный в окне «Свойства», равен 0.00076171 м^3 . Масса как произведение плотности на объем составляет $5.17963 \approx 5.18 \text{ кг}$.

- ◆ Определите массу детали своего варианта и внесите ее значение в основную надпись.

10.8.8. Технические требования

Технические требования (ГОСТ 2.316-2008) – это текстовая информация на чертеже, содержащая данные, указания и разъяснения, которые невозможно или нецелесообразно выразить графически. Это могут быть требования к форме модели, технологии ее изготовления и др. В нашем курсе примером технических требований является указание диапазона допустимых значений литейных радиусов – скруглений углов между литыми поверхностями, которые образуются при изготовлении (отливке) этих деталей. На чертеже размеры литейных радиусов не ставят, а значения указывают в виде надписи, содержащей диапазон допустимых значений, например «Неуказанные литейные радиусы 2...4 мм». Технические требования располагают над основной надписью чертежа.

В nanoCAD предусмотрена команда для оформления технических требований.

- ◆ Механика \ Форматы \ Тех. требования  – открылось поле «Технические требования» \ введите текст технических требований \ ОК \ Переместите текст, расположив его над основной надписью (штампом) чертежа.
- ◆ Для редактирования содержания текста технических требований выполните клик ПКМ по тексту – открылось окно «Технические требования» для редактирования.

- ◆ Редактирование шрифта и цвета и других свойств текста технических требований выполняется через окно «Свойства».

10.8.9. Завершение чертежа детали «корпус»

До настоящего момента все изображения были ассоциативными, то есть для их редактирования достаточно было скорректировать 3D-модель. Для завершения чертежа, как правило, возникает необходимость разбить изображения на элементы. Это позволит выполнить окончательное редактирование, не предусмотренное параметрическими изображениями 2D-вид и 2D-разрез. При разбиении следует соблюдать обратный порядок указания – от конечных изображений к предыдущим – или выбрать одновременно все изображения. То есть порядок разбиения в нашем примере: профильный разрез, фронтальный разрез, вид сверху. Если начать разбиение с вида сверху, то последующие изображения исчезнут.

Как правило, необходимость разбиения параметрических изображений на рабочем чертеже вызвана требованиями корректировки линий сопряжения, линий резьбы, толщины линий чертежа.

Согласно ГОСТ 2.305 линии сопряжения (линии плавного перехода) рекомендуется показать тонкими, не доведенными до линий контура на 1–2 мм.

Линии резьбы, выполненные командой «3D Резьба», при мелком шаге резьбы могут оказаться близко расположенными к линиям контура и при печати сливаться с ними. В этом случае после разбивки изображения их следует переместить, обеспечив расстояние до контура 1–2 мм. Если на эти линии проставлен размер резьбы, то его следует корректировать, сохранив требуемое положение и истинное значение.

Следует обратить внимание на толщину линий и типы линий, выдержав требования ГОСТ 2.303. На чертеже, включая основную надпись (штамп), должны быть лишь две толщины линий: толстые линии 0.5...0.7 мм и тонкие линии 0.3...0.4 мм. Длина штрихов в штриховых линиях 3...5 мм, в штрихпунктирных линиях 8...15 мм.

Шрифт размерных чисел и надписей в технических требованиях выполнить по ГОСТ 2.304 (курсивный). Высота шрифта размерных чисел 3.5...5 мм, высота шрифта обозначений разрезов, сечений видов 5...6 мм.

Для печати на черно-белом принтере необходимо предварительно придать всем линиям и символам черный цвет.

- ◆ Сделайте копию файла чертежа.
- ◆ Разбивка  \ укажите все изображения, подлежащие разбивке, или охватите все изображения рамкой.
- ◆ Выполните завершающее редактирование чертежа согласно приведенным рекомендациям.
- ◆ Распечатайте файл чертежа (см. раздел 4.10).

10.9. Рабочий чертеж детали «седло»

Деталь «седло» (см. рис. 8.1, поз. 2) относится к деталям типа гайки (см. раздел 8.7), имеет два цилиндрических патрубка с наружной резьбой. Патрубки с двух сторон примыкают к шестиграннику, предназначенному для вращения детали гаечным ключом. В местах примыкания выполняются кольцевые проточки (резьбовые канавки). Проточка *A* (рис. 10.7) обеспечивает полное до упора вворачивание детали «седло» в деталь «гайка» (см. рис. 8.1, поз. 3). Проточка *B* – вворачивание детали в корпус (см. поз. 1). Учитываем, что седло вворачивается в корпус по резьбе, параметры которой определены при разработке корпуса. Это резьба с мелким шагом М80×4 (см. рис. 10.6). Деталь «седло» получают токарной обработкой с последующим фрезерованием граней шестигранника.

◆ Найдите указанные элементы модели (рис. 10.7).

10.9.1. Определение необходимых изображений на чертеже

На исходном чертеже узла (см. рис. 8.1) деталь «седло» показана фронтальным разрезом на месте главного вида (вида спереди) и видом слева, поясняющим шестигранник. Есть изображение этой детали на виде сверху. Для передачи формы детали «седло» достаточно первых двух изображений. Дополнительно необходимо передать форму проточек (резьбовых канавок), выполнив для них выносные элементы в увеличенном масштабе.

Учтем общие рекомендации к построению рабочего чертежа (см. раздел 10.3) и к построению разрезов (см. раздел 4.3.2).

1. Поскольку ось модели «седло» на чертеже узла расположена горизонтально, точнее параллельно основной надписи формата, то и на рабочем чертеже ось расположим так же (рис. 10.7).
2. На главном виде (виде спереди), где должно быть наиболее полное представление о модели, отобразим три грани шестигранника (как и на чертеже узла).
3. Поскольку главный вид и фронтальный разрез симметричны и ось модели горизонтальна, то на месте этого вида выполним совмещенное изображение половины вида с половиной разреза, причем половину вида расположим в верхней части изображения, половину фронтального разреза – в нижней (рис. 10.7).

10.9.2. Корректировка 3D-модели детали «седло»

Перед выполнением чертежа требуется корректировка 3D-модели: нанесение 3D-резьбы, создание или корректировка фасок, согласование и корректировка размеров модели с учетом ее сопряжения с другими моделями узла.

Выполним корректировку модели «седло» (см. рис. 10.7). Требуется проверить и редактировать два патрубка. Редактируем патрубок *A*.

◆ Откройте файл 3D-модели детали «седло». Выведите на экран окно «История построений». Убедитесь, что активны пространство модели и МСК.

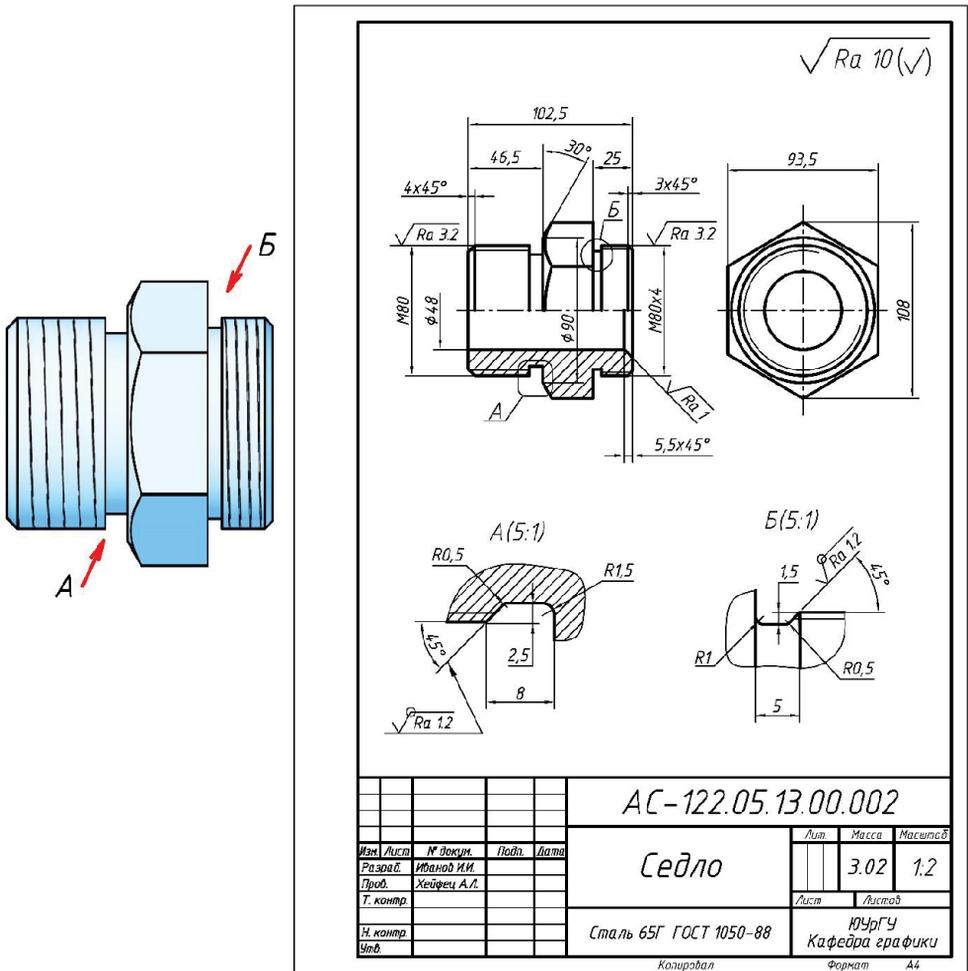


Рис. 10.7. Модель и рабочий чертеж детали «седло»

Командой «3D Резьба»  определяем возможность нанесения стандартной резьбы на патрубок А.

- ◆ В дереве построений (рис. 8.10а) открываем эскиз «Контур вращения». Видим (см. рис. 8.9б), что диаметр патрубка задан радиусом $d1=40$ (то есть диаметр 80).
- ◆ Выполняем команду «3D Резьба», указываем патрубок, команда предлагает резьбу М80 и набор значения шага резьбы. Выбираем резьбу с крупным шагом 6 мм и наносим ее на патрубок.
- ◆ По ГОСТ 10549-80 (таблица 1) определяем, что для наружной резьбы с шагом 6 мм размер фаски составляет 4 мм.
- ◆ Поскольку на патрубок А (см. рис. 8.9) фаска была задана при построении эскиза «Контур вращения» и ее размер $d9=4$, делаем вывод, что фаска нанесена верно, и ее не редактируем.

Редактируем патрубок *Б*. Необходимо задать резьбу такую, как в отверстии корпуса, в которую этот патрубок вворачивается, то есть М80×4 (см. рис. 10.6). Наружный диаметр этой резьбы равен ее номиналу, то есть 80 мм.

В дереве построений (см. рис. 8.10а) открываем эскиз «Контур вращения». Радиус патрубка задан размером $d_3=41$ (то есть диаметр задан 82). Редактируем этот размер и задаем $d_3=40$ (диаметр 80 мм). После этого командой «3D Резьба» задаем резьбу М80×4. Далее по ГОСТ 10549-80 (таблица 1) определяем размер фаски для шага резьбы 4 мм. Необходимый размер фаски равен 3 мм. В дереве построений (см. рис. 8.10а) открываем элемент «Фаска». Видим, что размер фаски задан 3 мм, то есть фаска задана верно.

На том же эскизе управляющими размерами редактируем ширину проточек, которую определяем по ГОСТ 10549-80 (таблица 1). Для шага 6 мм (патрубок А) ширина проточки должна быть 8 мм. Видим, что на эскизе ее ширина задана $d_7=8$, то есть верно. Для шага 4 мм (патрубок *Б*) ширина проточки должна быть 5 мм, но ее значение задано $d_8=8$, поэтому редактируем значение размера, задав $d_8=5$. Дальнейшее редактирование проточек (уточнение контуров и размеров профиля проточек) на 3D-модели ввиду малых размеров проточек не рационально. Покажем профили проточек на выносных элементах чертежа (см. ниже раздел 10.9.4).

10.9.3. Построение чертежа детали «седло»

С учетом приведенных выше рекомендаций (см. раздел 10.9.1) выполним комбинированное изображение, содержащее половину вида спереди и половину фронтального разреза (см. рис. 10.7). Ось изображения расположим горизонтально. Вид расположим в верхней части изображения, разрез – в нижней.

- ◆ Сделайте копию файла 3D-модели и откройте его.
- ◆ По 3D-модели последовательно создаем 2D-вид сверху, 2D-вид спереди, 2D-разрез фронтальный, проекционный 2D-вид слева.
- ◆ Разбейте изображения на элементы.
- ◆ Комбинируем изображения и создаем совмещение половины вида спереди с половиной фронтального разреза. О построении комбинированных изображений см. раздел 4.3.2, 4.3.3.
- ◆ Выходим на Лист А4; загружаем формат А4; создаем видовой экран по внутреннему контуру формата. Видим, что изображения можно разместить на этом формате, лишь применив масштаб уменьшения. Проверяем, что достаточно формата уменьшения 1:2. Устанавливаем это значение как масштаб видового экрана.
- ◆ В видовом окне в пространстве модели проставляем размеры. Поскольку значения размеров проставляем истинные, то масштаб измерений 1:1. Масштаб символов задаем равным масштабу видового окна, то есть 1:2, как для ранее проставленных, так и вновь проставляемых размеров.
- ◆ В пространстве модели ставим знаки шероховатости. Знаки и значения шероховатости на поле чертежа проставляем согласно разделу 10.6 и образцу

чертежа (см. рис. 10.7). Знак в правом верхнем углу чертежа ставим на Листе, указав рамку формата (см. раздел 10.8.5).

- ◆ Добавляем к чертежу выносные элементы проточек *A*, *B* (см. ниже раздел 10.9.4).
- ◆ Экран блокируем.
- ◆ В основной надписи укажем материал детали (см. раздел 10.8.7). В нашем примере это Сталь 65Г ГОСТ 1050-88. Прочтем (см. интернет) обозначение материала: сталь, содержит 0.65 % углерода, Г – указывает содержание марганца в стали около 1 %. Найдите определение, что такое сталь.
- ◆ Определяем массу детали «седло» (см. раздел 4.5.3). Плотность стали 65Г (см. интернет) равна 7.82 г/см³. Объем детали по окну «Справка» равен 0.00038633 м³. Масса $7.82 \times 1000 \times 0.00038633 \approx 3.02$ кг. Можно определить массу автоматически и сравнить с расчетным значением. Значение, определенное автоматически, равно 3.01 кг.
- ◆ Заполняем основную надпись (см. рис. 10.7).

10.9.4. Построение и обозначение проточек (резьбовых канавок)

Проточки изображаем выносными элементами на чертеже. Построения выполняем в пространстве Модели по методике, приведенной в разделе 10.5.1. Проточку *A* (см. рис. 10.7) отобразим выносным элементом разреза, проточку *B* – выносным элементом вида. Выбор вида или разреза для выносного элемента является произвольным. Построения проточек выполняем единым алгоритмом, применив его дважды, задавая лишь различную ширину в соответствии с корректировкой модели, приведенной в разделе 10.9.2.

- ◆ Установите пространство Модели, МСК.
- ◆ Механика \ Стандартные  \ Стандартные – откроется диалоговое окно «Выбор детали» \ список «База элементов» \ Валы \ Канавки \ укажите тип канавки по изображению (справа в окне) – Канавка ГОСТ 10549... \ на экране укажите точку вставки и курсором укажите направление вставки (в нашем примере для канавки *A* слева направо, для канавки *B* – справа налево) – откроется диалоговое окно «Табличные параметры» \ По списку «Шаг резьбы» укажите для проточки *A* шаг 6 мм, для проточки *B* шаг 4 мм – появится изображение внешней канавки *A* или *B* на валу, в истинных размерах, соответствующих заданному шагу резьбы.
- ◆ Разбейте  изображение.
- ◆ Оставьте нужную часть изображения: для проточки *A* – нижнюю, для проточки *B* – верхнюю.
- ◆ Простановкой размера проверьте, что ширина проточки равна требуемой, то есть для *A* ширина равна 8 мм, для *B* – 5 мм. Иначе масштабируйте изображение с опцией «Опорный отрезок», придав проточке *A* ширину 8 мм, проточке *B* – 5 мм. Изображения проточек приняли истинный вид.

- ◆ Выбираем масштаб выносного элемента 5:1. Масштабируем  каждое изображение с выбранным масштабом.
- ◆ Удалите лишние линии, добавьте линию обрыва (сплайн). Для проточки А выполните штриховку. Шаг и наклон штриховки должен быть тем же, что и для фронтального разреза.
- ◆ Для простановки размеров зададим Масштаб измерений 5:1, при котором размеры на выносных элементах должны стать истинными. Масштаб символов при построении выносных элементов оставим 1:1, а после выхода на Лист установим 1:2. Проставим размеры согласно примеру (см. рис. 10.7).
- ◆ Построенные изображения выносных элементов разместим на поле чертежа.

Для обозначения выносных элементов примените команду:

- ◆ Механика \ Символы \ раскройте список «Виды» ▼ \ Выносные виды  \ укажите точку на основном виде (в нашем примере на виде спереди), изображение вокруг точки будет увеличено выносным видом \ перемещая курсор, охватите место увеличения возникшей окружностью или прямоугольником \ перемещая курсор, укажите положение линии выноски и полки с обозначением выносного элемента – откроется диалоговое окно «Виды, разрезы, сечения» \ в левое верхнее поле окна введите имя выносного элемента, например А; введите масштаб выносного элемента, выбрав его из раскрывающегося списка, например 5:1 \ ОК – на экране появятся перемещаемое курсором изображение увеличенной части вида и обозначение этого вида, например А(5:1) \ укажите точку временной простановки изображения и обозначения.

Построенное изображение необходимо в том случае, если геометрия проточки полностью воспроизведена на 3D-модели. Но в нашем примере изображение проточки построено независимо от модели. Поэтому созданное командой «Выносные виды» изображение следует удалить. Оставить буквенное обозначение элемента и поместить над ранее созданным изображением выносного элемента (см. рис. 10.7).

Для редактирования линии-выноски достаточно указать эту линию и перемещать ее за ручки. Для редактирования обозначения двойным кликом ЛКМ указать линию или обозначение – откроется диалоговое окно для редактирования.

10.10. Рабочий чертеж детали «клапан»

Деталь представляет собой тело вращения с четырьмя поперечными отверстиями (рис. 10.8). Деталь получают токарной обработкой с последующим сверлением отверстий. На исходном чертеже (см. рис. 8.1, поз. б) на главном виде приведен продольный фронтальный разрез клапана. Также приведено поперечное сечение клапана А-А, поясняющее положение поперечных отверстий. Эти изображения необходимы и достаточны для рабочего чертежа.

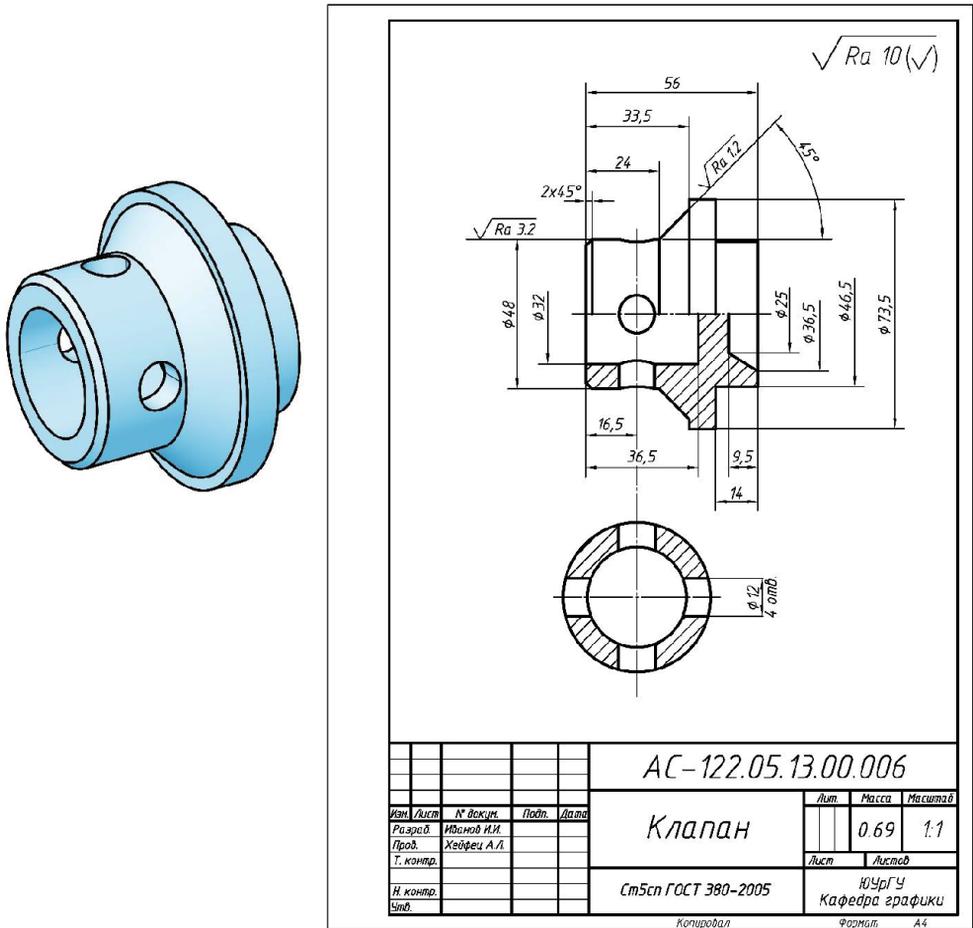


Рис. 10.8. Модель и рабочий чертеж детали «клапан»

Корректировка 3D-модели клапана была выполнена при контроле точности сборки узла (см. раздел 9.5.3, рис. 9.5). Дополнительно:

- ◆ зададим 3D-фаску , которая необходима для установки клапана в седло. Размер фаски зададим 2 мм.

Построение чертежа (рис. 10.8).

- ◆ Чертеж строится в файле, в котором создана 3D-модель.
- ◆ По 3D-модели последовательно постройте 2D-вид сверху, 2D-вид спереди, 2D-фронтальный разрез, 2D-поперечный профильный разрез.
- ◆ Разбейте изображения на элементы.
- ◆ Ввиду симметрии вида спереди и фронтального разреза на месте вида спереди выполните комбинированное изображение как совмещение половины вида спереди с половиной фронтального разреза. Ось комбинированного изображения расположите горизонтально, как на исходном чертеже. Половину вида расположите в верхней части, а половину разреза – в нижней.

- ◆ Из профильного 2D-разреза постройте сечение. Для этого удалите внешние окружности на профильном разрезе.

Выполняемое сечение называется вынесенным. Особенностью чертежа (см. рис. 10.8) является совмещение вертикальной оси сечения с осями поперечных отверстий. При этом секущая плоскость не обозначается, а подразумевается. Не обозначается и само сечение.

Учтена еще одна особенность построения сечений: «Если секущая плоскость проходит по оси поверхности вращения, то сечение в месте разрыва показывают замкнутым, как на разрезе». В нашем примере секущая плоскость проходит по осям четырех отверстий, поэтому за секущей плоскостью показаны окружности как контуры наружного и внутреннего цилиндров модели.

- ◆ На изображении сечения (см. рис. 10.8) найдите дуги окружностей, замыкающие отверстия, попадающие в секущую плоскость.
- ◆ Согласно рекомендациям (см. раздел 10.4) определите масштаб чертежа. Построения показали, что чертеж клапана можно выполнить в масштабе 1:1 полностью в пространстве Модели.
- ◆ Оставаясь в пространстве Модели видового окна, проставьте размеры. Помним правило: «При комбинированном изображении размеры видимой части детали ставим со стороны вида, размеры внутренних элементов – со стороны разреза». В нашем примере размеры внешней формы проставлены над изображением. Размеры внутренней формы – под изображением.

При обозначении шероховатости наименьшее значение, равное Ra 1.2, назначим поверхности конуса, обеспечивающей перекрытие потока рабочей жидкости или газа. Для цилиндра, перемещаемого внутри седла, зададим Ra 3.2, что обеспечит свободное перемещение клапана внутри седла; шероховатость остальных поверхностей зададим Ra 10.

- ◆ Проставьте знаки шероховатости (см. разделы 10.8.5, 10.8.6).
- ◆ В основную надпись внесите материал детали (см. раздел 10.8.7). Для клапана в исходном чертеже задан материал сталь Ст5сп ГОСТ 380-2005. В интернете найдите расшифровку марки материала.
- ◆ Определите массу детали (см. раздел 4.5.2). Объем детали 0.00008837 м^3 ; плотность стали 7850 кг/м^3 . Масса $7850 \times 0.00008837 = 0.693704 \text{ кг}$. Автоматическое определение массы дало результат 0.69 кг. Внесите значение в основную надпись.

10.11. Корректировки остальных 3D-моделей узла

Выше рассмотрены три характерных примера рабочих чертежей. Для каждого из них потребовалось уточнение – доработка 3D-модели. Следующее задание – построение сборочного чертежа – потребует доработки всех деталей узла. Только после этого сборку можно считать законченной и по ней строить сборочный чертеж. В нашем примере узла такая доработка была выполнена. Приведем некоторые пояснения.

Корректировка модели «гайка»

Это нестандартная деталь (рис. 8.1, поз. 3) и названа так по наличию в ней шестигранника для вращения гаечным ключом. Гайка наворачивается по наружной резьбе М80 на левый патрубок детали «седло» (см. раздел 10.9.2). Для построения отверстия с внутренней резьбой М80 и крупным шагом для этой резьбы по ГОСТ 24705-2004 определен крупный шаг, равный 6 мм, и внутренний диаметр резьбы, равный 73.505 мм. По этому диаметру построено отверстие под указанную резьбу.

Построена фаска для внутренней резьбы. По ГОСТ 10549-80 (таблица 2) размер фаски внутренней резьбы М80 для шага 6 равен 4 мм.

Скорректирована ширина проточки. Согласно ГОСТ 10549-80 (таблица 2) для внутренней резьбы М80 для шага 6 ширина проточки задана 12 мм.

Корректировка модели «винт»

Деталь (рис. 8.1, поз. 4) содержит два участка с внешней резьбой. Один из них – для вворачивания винта в корпус. Для этого участка винта задана резьба М28×2 в соответствии с резьбой отверстия в корпусе (см. рис. 10.6).

Второй участок резьбы для наворачивания гайки с резьбой М24 (см. рис. 8.12). Здесь у винта добавлена фаска. По ГОСТ 24705-2004 определено значение крупного шага этой резьбы, равное 3 мм. Для этого шага, согласно ГОСТ 10549-80, размер фаски равен 2.5 мм.

◆ Выполните корректировку всех моделей вашего узла.

ГЛАВА 11

Сборочный чертеж узла

В главе рассмотрено выполнение задания «Сборочный чертеж по 3D-технологии». Согласно ГОСТ 2.109-73 *сборочный чертеж* – это графический документ, содержащий изображения узла и позволяющий понять конструкцию узла, принцип его работы, сборки и контроля.

В выполняемом задании исходный чертеж (см. рис. 8.1), выданный как вариант задания, является примером сборочного чертежа. Требуется построить такой же сборочный чертеж или близкий к нему на основе созданной 3D-модели узла, то есть по 3D-технологии построения чертежа.

Цель работы – изучить требования к оформлению сборочного чертежа и технику его построения в программе nanoCAD.

В практике конструкторской работы сборочный чертеж выполняется после разработки конструкции узла. В нашем курсе сборочный чертеж также выполняется на последнем этапе работы, после корректировки 3D-моделей всех деталей узла. Поэтому сборочный чертеж отражает точность выполненных построений 3D-модели узла.

11.1. Последовательность построения сборочного чертежа

1. Выполните корректировку всех 3D-моделей узла и с учетом корректировки перестройте 3D-сборку. Примеры корректировки и редактирования сборки см. в разделе 9.5.
2. Определите содержание сборочного чертежа. Как правило, чертеж должен повторить содержание исходного чертежа, выданного в качестве варианта задания, но с учетом выполненной 3D-модели узла и корректировки моделей деталей.
3. Предложите и согласуйте с преподавателем дополнения к содержанию чертежа относительно исходного чертежа, связанные с учебным характером работы.

Например, на сборочном чертеже могут быть выполнены выносные элементы резьбовых соединений. Упрощенные изображения деталей резьбовых соединений (головки болтов, винтов, гайки) должны быть заменены на точные изображения. Могут быть выполнены дополнительные и местные виды и разрезы, уточняющие и поясняющие конструкцию узла.

В нашем примере (см. рис. 8.1 и 11.2) следует заменить упрощенное изображение стандартной гайки (поз. 8) на ее точное изображение. В разрезе А-А ограничим изображение, показав только клапан (поз. 6), и для наглядности увеличим масштаб изображения разреза.

1. Изучите особенности выполнения разрезов на сборочном чертеже, обратив внимание на изображение резьбовых соединений.
2. В файле, где выполнена итоговая 3D-сборка узла, в пространстве Модели в истинных размерах, то есть в масштабе 1:1, постройте необходимые для сборочного чертежа 2D-виды и 2D-разрезы.
3. Выполните компоновку чертежа, ориентируясь на расположение изображений на исходном чертеже.
4. Разбейте изображения на элементы, добавьте осевые линии. Постройте линии выноски с позиционными обозначениями. Обозначьте разрезы, сечения и выносные элементы. Проставьте необходимые для сборочного чертежа истинные размеры узла.
5. Установите толщину («Вес») линий. Для линий контура и линий секущей плоскости разрезов задайте вес 0.7...0.9, для остальных (штриховки и осевых линий) задайте вес 0.3...0.4.
6. Чертеж выполняемого задания выполняется на формате А3. На Листе А3 создайте рамку и основную надпись формата А3, по контуру внутренней рамки формата создайте видовой экран. Задайте масштаб отображения видового экрана равным масштабу исходного чертежа. Установите масштаб измерений 1:1, масштаб символов установите равным масштабу видового экрана.
7. Окончательно выполните компоновку чертежа и заблокируйте видовой экран.
8. Заполните основную надпись (штамп).
9. На Листе (можно рядом с чертежом) создайте спецификацию и заполните ее.
10. Выведите на печать сборочный чертеж на формате А3 и спецификацию на формате А4.

11.2. Штриховка в разрезах и сечениях на сборочном чертеже

Рассмотрим основные требования к штриховке на сборочном чертеже.

1. Большинство деталей узлов выполняемого задания изготовлены из металла. Согласно ГОСТ 2.306-68 штриховка сечений таких деталей выполняется тонкими прямыми линиями под углом 45°. Рекомендуем применять штриховку «из линий». Шаг штриховки следует задавать в интервале 2...4 мм.
2. На всех изображениях сборочного чертежа, где детали показаны в разрезе или в сечении, штриховка детали должна быть единой. То есть, если деталь показана на фронтальном, профильном, местном и др. разрезах, ее штриховка на этих разрезах должна быть единой.

3. Штриховки сопрягаемых деталей должны отличаться направлением или шагом.
4. Штриховка неметаллов (как правило, это уплотнительные прокладки для герметизации, изготовляемые из резины или пластмассы) выполняется с указанием в окне «Штриховка» настроек: Тип – «Из линий», Угол и масштаб – «Крест-накрест».
5. Сечения малых размеров, менее 2–3 мм, можно выполнять сплошной заливкой: Тип штриховки – «Стандартный», «SOLID».
6. В продольных разрезах, согласно ГОСТ 2.109, не подлежат штриховке сплошные валы, оси, сплошные шарики, тонкие элементы (ребра жесткости) и крепежные детали (болты, винты, гайки и др.).

Команда «2D разрез» не поддерживает приведенные требования к штриховке деталей узла в разрезе. Например, штриховка сопряженных деталей может оказаться одинаковой, или болты и сплошные валы, разрезанные вдоль своей оси, будут показаны заштрихованными и др. Это вызывает необходимость корректировки штриховки в разрезах. Рассмотрим примеры.

11.3. Особенности штриховки в резьбовых соединениях

При построении разреза следует обратить внимание на изображение резьбы в соединениях деталей узла. На сборочном чертеже должно быть выполнено требование ГОСТ 2.311-68, заключающееся в том, что в разрезе резьбового соединения «в отверстии показывают только часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня». Другими словами, в разрезе резьбового соединения деталь с наружной резьбой должна закрывать деталь с внутренней резьбой. Это относится и к продольным, и к поперечным разрезам соединений.

Рассмотрим пример (рис. 11.1а) построения продольного разреза резьбового соединения деталей «седло» (поз. 2) и «гайка» (поз. 3). При построении и корректировке моделей резьба в соединении названных деталей была задана М80 (см. раздел 10.11). Параметры резьбы определены по ГОСТ 24705-2004. Поскольку шаг резьбы в обозначении не указан, он крупный и равен 6 мм. Седло как деталь с наружной резьбой имеет в месте соединения диаметр 80 мм, равный наружному диаметру резьбы (см. рис. 10.7). Отверстие в гайке в месте соединения для шага 6 равно внутреннему диаметру резьбы М80 и составляет 73.505 мм (см. раздел 10.11).

Диаметр резьбового отверстия в гайке меньше диаметра седла. Поэтому в разрезе произошло перекрытие участков резьбы. Автоматическая штриховка разреза узла командой «2D разрез» выполняется автономно для каждой детали, в результате произошло наложение штриховок и контуров резьбовых деталей (рис. 11.1б). Для соблюдения требований ГОСТ 2.311-68 необходимо выполнить корректировку разреза в месте резьбового соединения. При корректировке контур и направление штриховки детали «седло» как детали с наружной резьбой сохраняются. Корректировка сводится к изменению контура и штриховки

детали «гайка» как детали с внутренней резьбой: ее контур в месте резьбового соединения отображается тонкой линией как линия резьбы, из штриховки удаляется участок, закрытый штриховкой седла.

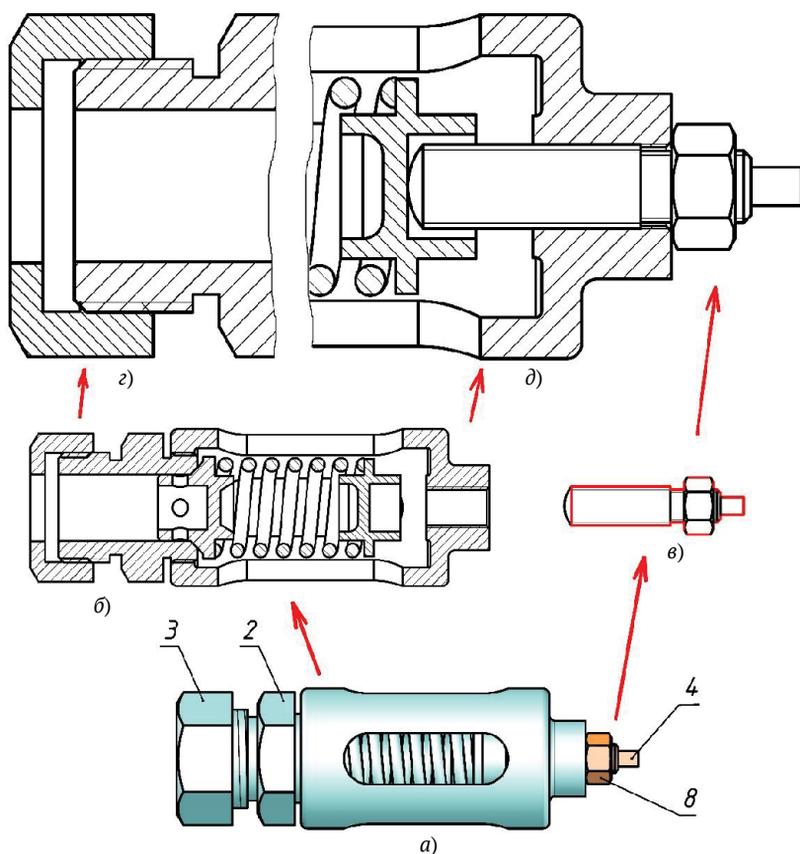


Рис. 11.1. Схема построения разреза на сборочном чертеже:

а – 3D-модель узла; *б* – разрезаемые детали узла; *в* – детали, не подлежащие разрезу, с наложением маски; *г* – изображение резьбы; *д* – изображение с наложенной маской

Алгоритм корректировки следующий.

- ◆ Созданное изображение 2D-разреза разбейте на элементы. Штриховку гайки удалите и повторно выполните в новых границах за вычетом контура детали «седло» (поз. 2). Наклон новой штриховки задайте противоположным относительно штриховки детали с наружной резьбой. Можно изменить шаг штриховки.
- ◆ Линии резьбы в месте соединения сделайте тонкими.
- ◆ Если разрез соединения полный, то повторите корректировку для части резьбы, симметричной относительно оси соединения.

Если контур штриховки имеет сложную форму и происходит нарушение штриховки (выход линий штриховки за границы контура), то при выполнении

команды «Штриховка»  рекомендуем следующие варианты задания контура. Варианты следует применять последовательно, до получения требуемой штриховки.

1. Предварительно увеличьте контур модели и определяемый контур штриховки до границ графической зоны экрана; при выполнении команды в окне «Штриховка» укажите кнопку «Добавить точки выбора»; на экране укажите внутреннюю точку контура; выполните «Просмотр» и «ОК».
2. В окне «Штриховка» укажите кнопку «Добавить: выбрать объекты», на экране укажите отрезки и линии контура до образования замкнутого контура, при этом допускается пересечение линий \ Просмотр \ ОК.
3. Предварительно обведите контур штриховки замкнутой полилинией, укажите кнопку «Добавить: выбрать объекты» и укажите полилинию в качестве контура штриховки. После выполнения штриховки полилинию можно удалить. Этот вариант применяется в наиболее сложных случаях.

11.4. Изображение деталей, не подлежащих разрезу на сборочном чертеже

При построении разрезов на сборочных чертежах некоторые детали (см. раздел 11.2, пункт 6) не подлежат разрезу и должны быть показаны как видимые, без штриховки. В частности, если разрез выполняется по резьбовому соединению, в котором деталь с наружной резьбой должна остаться видимой (неразрезанной), то на изображении разреза она должна закрыть и участок резьбы. Например, в рассматриваемом узле (см. рис. 8.1) детали «винт» (поз. 4) и «гайка» (поз. 8) показаны не разрезанными, причем винт закрывает резьбу в отверстии корпуса (поз. 1).

Такие действия командой «2D разрез» не предусмотрены. То есть все детали узла после применения указанной команды получаются рассеченными и заштрихованными.

Чтобы правильно выполнить разрез узла, возможны два варианта действий. Первый вариант – после выполнения разреза удалить штриховку, автоматически нанесенную на детали, не подлежащие разрезу; удалить часть штриховки деталей на участках, закрываемых видимыми деталями, самостоятельно восстановить изображение видимых деталей. Такой алгоритм в сложных узлах, особенно в учебной работе, может привести к ошибкам.

Второй вариант – построить 2D-вид деталей, не подлежащих разрезу, и поместить его над 2D-разрезом узла. Между 2D-видом и разрезом установить непрозрачный экран – маску, созданную по внешнему контуру 2D-вида. Маска создается командой «Маскировка».

Рассмотрим пример. В чертеже узла (см. рис. 11.1а) из продольного разреза следует исключить винт (поз. 4) и гайку (поз. 8).

- ◆ Изолировать \ Скрыть детали, подлежащие исключению из разреза.
- ◆ Из оставшихся деталей постройте 2D-разрез узла (рис. 11.1б). Скрытые детали на нем не будут показаны.

- ◆ Восстановите изображение скрытых деталей (Завершить изоляцию объектов).
- ◆ Установите визуальный стиль «2D Каркас».
- ◆ На свободном месте постройте 2D-вид деталей, не подлежащих разрезу (рис. 11.1в). Для этого при выполнении команды «2D Вид» укажите только эти детали.
- ◆ Установите контрастный цвет для контура маски (красный).
- ◆ Включите объектную привязку «Конточка» и «Ближайшая».
- ◆ Лента \ Главная \ Черчение ▼ \ команда «Маскировка»  \ указывая наружные конечные точки, обведите контур 2D-вида, закончите обводку опцией «Замкнуть» – вид будет закрыт созданной маской.

Переместим маску под изображение вида.

- ◆ В строке состояния укажите кнопку «Выбор объектов»  (или **Ctrl+W**) и укажите какую-либо линию совмещенных контуров 2D-вида и маски \ в открывшемся меню «Выбор объектов» укажите 2D-вид – вид будет выделен \ клик ПКМ по свободному месту экрана \ в контекстном меню укажите «Порядок следования» \ На передний план – вид будет вынесен на передний план и закроет маску.
- ◆ Вновь выберите 2D-вид и разбейте  его на линии, тем самым отделив его от 3D-модели.
- ◆ Лента \ Вставка \ Создание блока  \ создайте блок из всех линий вида и маски. Проверьте, что при наведении курсора объект опознается как «Вхождение блока».
- ◆ Переместите вставку блока и с применением объектной привязки установите вставку в изображение разреза (рис. 11.1д) – видимые изображения винта и гайки закроют изображение разреза.
- ◆ Для дальнейшей корректировки линий разреза вставку блока разбейте  на линии.
- ◆ Выполните окончательную корректировку толщины линий построенного изображения (см. рис. 11.1д).

11.5. Размеры на сборочном чертеже

Согласно ГОСТ 2-109.73 на сборочном чертеже проставляют габаритные, присоединительные, монтажные и ряд других размеров в зависимости от конструкции и назначения узла. В нашей работе, как и в исходном чертеже, проставим габаритные размеры. Дополнительно поставим присоединительный размер $\varnothing 50$, определяющий диаметр магистрали, к которой присоединяется клапан.

Размеры должны быть истинными, проставлять их рекомендуем в пространстве Модели. При отображении чертежа с проставленными размерами через видовой экран на Листе необходимо задать значение масштаба символов равным масштабу чертежа (в нашем примере 1:2), масштаб измерений оставить 1:1.

Численные значения габаритных размеров следует округлить до целых значений. Значения проставляемых размеров могут отличаться на несколько единиц (не более) от заданных на исходном чертеже. В нашем примере (рис. 11.2) габаритный размер по длине узла составил 382 мм, диаметр корпуса 114 мм. Соответствующие размеры на исходном чертеже были 380 и 115 мм. Такое расхождение значений следует считать допустимым. Оно вызвано погрешностями исходного чертежа, погрешностями создания контуров по этому чертежу, результатом корректировки 3D-моделей.

11.6. Нанесение позиционных обозначений

Все детали на сборочном чертеже, согласно ГОСТ 2.109, нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации, то есть первоначально составляют спецификацию (см. ниже раздел 11.8), затем в соответствии с ней присваивают номера позиций на чертеже. Номера позиций проставляют на полках линий-выносок, проводимых от изображений этих деталей. Линия-выноска начинается с точки, которая должна быть видна на чертеже. Полки располагают параллельно основной надписи чертежа и группируют в строки или столбцы. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже, то есть 5–7 мм.

В nanoCAD «Механика» имеется команда простановки позиционных обозначений.

- ◆ Лента \ Механика \ Символы \ Универсальная выноска  \ Укажите точку на объекте: указать – появится динамичная линия-выноска \ Опция «Точка» – на конце линии возникнет точка \ курсором укажите положение полки – откроется диалоговое окно «Универсальная выноска» \ введите номер позиции \ ОК – линия-выноска с обозначением позиции построена.

Для редактирования линии-выноски ее следует указать – появятся ручки управления. Далее за ручки перемещать начало или полку. Указав цифру позиции, можно редактировать число и другие параметры шрифта.

11.7. Результат построения сборочного чертежа

На чертеже (рис. 11.2) учтены все приведенные выше требования к построению учебного сборочного чертежа. Обратите внимание на штриховку фронтального разреза. Сопряженные детали имеют различную штриховку. Сплошной винт (поз. 4) и стандартная гайка (поз. 8) показаны неразрезанными. В трех резьбовых соединениях детали с наружной резьбой закрывают детали с внутренней резьбой. Линии-выноски позиционных обозначений имеют точку в начале. Полки позиций расположены в ряд.

В основной надписи (штампе) в конце шифра добавлено «СБ», а в ячейке с названием узла под ним добавлено «Сборочный чертеж», причем размер шрифта этой фразы должен быть меньше, чем размер шрифта названия.

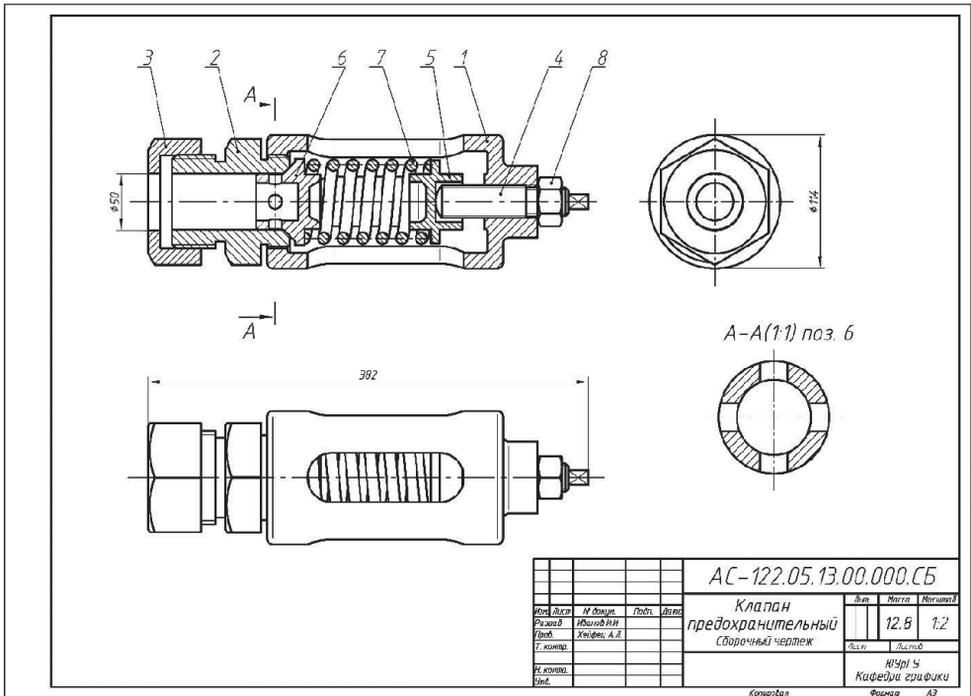


Рис. 11.2. Сборочный чертеж узла

Отметим особенность изображения пружины (поз. 7). По ГОСТ 2.401-68 витки пружины сжатия следует показывать отрезками прямых линий, причем лишь по два-три витка с каждой стороны. Так показана пружина на исходном чертеже (см. рис. 6.1). Это правило было сформулировано для ручной техники построения чертежа. В действительности витки пружины на чертеже имеют синусоидальные очертания, как проекции поверхности, образованной движением окружности по винтовой линии. Синусоидальную форму витков видим на разрезе, выполненном по 3D-модели пружины (см. рис. 11.2). Такое изображение пружины является допустимым и соответствующим современной практике построения чертежа.

11.8. Построение спецификации

Спецификация – текстовый документ, являющийся обязательным приложением к сборочному чертежу. Оформляется в виде таблицы, размеры и содержание которой определены ГОСТ 2. 106-2019.

Формирование спецификации выполняется в приложении «Механика». Спецификацию можно строить в пространстве Модели или на Листе. Перечень спецификаций приведен в Базе элементов.

- ◆ Откройте Базу элементов (см. раздел 8.8).
- ◆ Погасите кнопку «Использовать 3D-модели...» (в верхнем ряду четвертую слева) \ по списку вниз – откройте папку Спецификации \ Найдите и ука-

жите строку «СПЕЦИФИКАЦИЯ (первый лист шрифт 3.5)» – появится таблица спецификации, перемещаемая курсором \ укажите точку вставки на экране.

- ◆ Если при открытии Базы элементов был переход на классический интерфейс, то верните ленточный интерфейс, повторно указав кнопку .

Для заполнения спецификации следует выполнить двойной клик ЛКМ по какой-либо линии спецификации – откроется окно «Редактирование таблицы» \ для внесения записи в ячейку таблицы выполните по ячейке клик ЛКМ и введите запись – появится текст, показанный вспомогательным шрифтом \ для завершения записи выполните **Enter** – произойдет переход на следующую ячейку \ Для выхода из редактора таблиц нажмите **Esc** – запись автоматически переформатирована шрифтом по ГОСТ 2.304 высотой 3.5.

Спецификация содержит ряд разделов, из которых в нашем примере узла потребуются разделы «Документация», «Детали», «Стандартные изделия» (рис. 11.3). Для других вариантов может быть добавлен раздел «Материалы». Каждый раздел имеет заголовок, который следует подчеркнуть и отделить пустыми строками. Названия деталей в спецификации выполняют по убыванию сложности детали, то есть заполнение начинается с корпусной детали.

11.9. Масса узла. Таблица объемов деталей

В основной надписи (штампе) сборочного чертежа требуется привести массу узла.

Автоматическое определение массы узла

Наиболее простой вариант – автоматическое определение массы по 3D-модели узла. Модели могут быть параметрическими или солидами.

- ◆ Откройте файл 3D-сборки узла, на основании которой выполнен сборочный чертеж. В файле не должны находиться «посторонние» 3D-модели.
- ◆ Создайте формат чертежа, можно А4, А3 и др. В момент создания формата автоматически определяется масса всех 3D-моделей и вносится в штамп.

В рассматриваемом примере узла (см. рис. 8.1) масса, определенная автоматически, составила 12.81 кг.

Подготовка модели к построению таблицы

В nanoCAD есть средства табличного представления данных и работы с таблицами. В качестве примера составим таблицу значений объемов деталей узла. Модели узла при построении таблиц, в том числе в рассматриваемом примере, должны быть параметрическими.

Для того чтобы в таблице выполнить сортировку по позициям деталей, в файле узла создадим новые слои и каждую деталь узла поместим на слой, имя которого должно начинаться с номера позиции детали в узле и содержать ее название, например 1 Корпус, 2 Седло и т. д.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			АС-122.05.13.00.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
A3	1		АС-122.05.13.00.001	Корпус	1	
A4	2		АС-122.05.13.00.002	Седло	1	
A4	3		АС-122.05.13.00.003	Гайка	1	
A4	4		АС-122.05.13.00.004	Винт	1	
A4	5		АС-122.05.13.00.005	Опора	1	
A4	6		АС-122.05.13.00.006	Клапан	1	
A4	7		АС-122.05.13.00.007	Пружина	1	
				<u>Стандартные изделия</u>	1	
	8			Гайка М24.5 ГОСТ 5915-70	1	
			АС-122.05.13.00.000			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Иванов А.А.			10.05.23	Лит.	Лист
Пров.	Хейфец А.Л.			15.05.23		Листов
Н. контр.					ЮУрГУ Кафедра графики	
Утв.						
Клапан предохранительный						
Копировал				Формат А4		

Рис. 11.3. Оформление спецификации

Создадим слои с именами и позициями деталей.

- ◆ Откройте файл 3D-сборки узла. Перейдите на Лист, вставьте на Лист чертеж своего варианта узла (см. раздел 3.5, см. рис. 8.1). Создайте видовой экран и перейдите через экран в пространство Модели.
- ◆ Лента \ Главная \ Слои  или  \ в открывшемся окне «Слои» укажите слева вверху кнопку  \ в строке «Слой 1» задайте имя нового слоя, например 1 Корпус.
- ◆ Создайте все слои с именами деталей узла, в нашем примере – восемь слоев по количеству деталей узла.

Переместим модели на слои с их именами.

- ◆ Перейдите в пространство Модели. Укажите модель, откройте окно «Свойства» и присвойте модели слой с ее именем: например, модель Корпус поместите на слой 1 Корпус.
- ◆ Перенесите все модели на слои с их именами.

Создание таблицы

Таблица создается командой «Таблица nanoCAD». Команда выбирает из файла сборки объекты заданного типа и вносит в таблицу заданные параметры этих объектов. В рассматриваемом примере определения объема деталей в настройку таблицы включим два типа объектов: «Параметрическое тело» – модели узла, созданные параметрическим моделированием, и «Параметрический объект» – стандартные модели, взятые из Базы элементов; в нашем примере это стандартная гайка М24. В качестве параметров, вносимых в таблицу, зададим «Объем» и «Слой». Создаем таблицу.

- ◆ Перейдите в пространство Модели.
- ◆ Лента \ Оформление \ Таблицы \ Таблица nanoCAD  – откроется окно «Создание таблицы» \ кнопка «Отчет по выборке объектов» \ в поле «Наименование» введите название таблицы, например «Объем деталей узла» \ кнопка «Выбрать» – появится окно «Быстрый выбор» \ Укажите тип объекта ▼ – раскроется список выбора \ укажите строку «Параметрическое тело» – прочтите на строке сообщение о количестве выбранных тел, в нашем примере «Выбрано 7» \ в конце списка укажите строку «Укажите тип объекта ▼», позволяющую продолжить выбор объектов в таблицу \ вновь раскройте список и укажите «Параметрический объект» \ прочтите сообщение о количестве выбранных объектов (в нашем примере 1) \ ОК \ укажите параметры, вносимые в таблицу, – отметьте «Объем» и «Слой», остальные параметры должны быть погашены, иначе в таблицу будет добавляться информация по ним \ ОК \ укажите на экране точку вставки таблицы – предварительный вариант таблицы в виде двух столбцов построен.

Редактирование таблицы

Созданную таблицу необходимо редактировать. Выполним следующие операции редактирования: расположим ячейки в столбцах по возрастанию но-

мера позиции детали; столбец с номерами позиций поставим первым, суммируем значения объемов деталей узла; отформатируем положение текста в ячейках.

- ◆ Для редактирования таблицы выполните двойной клик ЛКМ по ее контуру – откроется окно «Редактирование таблицы».
- ◆ Выберите все ячейки столбца «Слой» с номерами позиций \ в меню таблицы укажите кнопку «Сортировать по возрастанию»  – ячейки столбца расположатся по возрастанию позиции в имени слоя.
- ◆ Переместите столбец «Слой» с позициями, сделав его первым. Для этого выделите весь столбец и в меню укажите стрелку «Передвинуть столбец влево» .

Выполним автосуммирование значений.

- ◆ В режиме редактирования таблицы укажите нижнюю строку \ Раскройте меню «Строки» \ Добавить строку – откроется окно «Добавление строк» \ введите количество добавляемых строк 1 – добавлена пустая строка снизу.
- ◆ В столбце «Объем» \ укажите нижнюю пустую ячейку; если в ней сохранился результат предыдущего суммирования, то очистите ячейку нажатием **Delete** \ при активной нижней ячейке в меню укажите кнопку «Автосуммирование»  – в ячейке появится запись =summ(B7:B14), что означает суммирование в столбце B по строкам с 7-й по 14-ю \ **Enter** – в ячейке будет выведен результат суммирования значений в ячейках столбца, то есть объем узла.

Задайте расположение текста в ячейках таблицы.

- ◆ В режиме редактирования таблицы выделите все ячейки \ в меню укажите кнопку «Выравнивание текста» , раскройте список и укажите «По середине по центру».

В нашем примере объем узла составил 0.00164224 м^3 , масса узла, определенная для стали, имеющей плотность 7.8×10^3 , равна $12.8095 \text{ кг} \approx 12.8 \text{ кг}$. Значение массы узла внесите в основную надпись сборочного чертежа (см. рис. 11.2).

Если узел содержит детали из неметаллических материалов, то требуется определить плотность материала (по интернету) и, зная объем детали, определять массу каждой детали в отдельности. После этого можно выполнить автосуммирование.

Изучите дополнительные возможности работы с таблицами:

- ◆ Справка nanoCAD  \ Содержание \ Платформа nanoCAD \ Средства оформления чертежей \ Таблицы.

Таблицу объемов распечатайте на формате А4 и включите в альбом работ по курсу (см. рис. 11.4).

ГЛАВА 12

Дифференцированный зачет

Курс компьютерной графики завершается дифференцированным зачетом. К зачету студент должен предоставить альбом и файлы работ, выполненных в семестре. Основная форма зачета – собеседование по выполненным работам. Оценка за зачет определяется с учетом оценок за выполненные в семестре работы, а также по результатам собеседования. В отдельных случаях студенту предлагается выполнить зачетную работу.

12.1. Вопросы для самоконтроля и к дифференцированному зачету

Предлагаемый список вопросов распределен по главам учебника, в которых можно найти ответы.

Вопросы по главе 1

1. Раскрыть содержание терминов «модель объекта», «3D- и 2D-моделирование и проектирование», «3D- и 2D-технология построения чертежа». Назначение программы nanoCAD. Фирма-разработчик программы.
2. Что называется интерфейсом? Варианты интерфейса nanoCAD. Настройка интерфейса.
3. Назвать основные свойства объектов nanoCAD. Их задание и методы редактирования.
4. Объектная привязка, ее определение, назначение и настройка.
5. Слои, дать определение. Создание слоев, их назначение и свойства.
6. Режимы построений: «ШАГ», «СЕТКА», «ОРТО», полярное отслеживание «ОТС-ПОЛЯР». Их назначение и применение.
7. Варианты задания координат с командной строки.
8. Настройки, необходимые для начала построения модели и чертежа.
9. Что такое шаблон файлов и как его создать?
10. Форматы файлов nanoCAD. Сохранение и восстановление файлов.

Вопросы по главе 2

1. Дать определение терминам «пространство Модели» и «пространство Листа». Назначение и настройки каждого из этих режимов.

2. Видовые экраны в пространстве Листа. Их создание и свойства.
3. Дать определение видов в nanoCAD: виды в ПСК, виды в МСК, ортогональные виды. Их назначение и применение. Команда «План» и ее назначение.
4. Что называется изометрией? Изометрические виды и проекции. Как формируется их название?
5. Прямое и параметрическое моделирование в nanoCAD. Особенности и характеристики режимов моделирования.
6. Что называется 3D-солид-моделями? Геометрические примитивы прямого моделирования.
7. Как создать контур для объектов прямого моделирования?
8. Команды построения объектов прямого моделирования.
9. Команды редактирования 3D-объектов при прямом моделировании.
10. Геометрические измерения при 3D-построениях.
11. Что называют мировой и пользовательской системой координат? Зачем нужно преобразование систем координат и как его реализовать?
12. Информация, отображаемая пиктограммой осей координат. Управление пиктограммой осей.
13. Источники света в nanoCAD. Виды источников, их свойства и настройка.
14. 3D-технология построения чертежа. 2D-виды и их назначение и свойства. Ассоциативность.
15. Что такое булевы операции? Назвать виды операций и команды их реализации.

Вопросы по главам 3, 4

1. В каких размерах и в каком масштабе выполняется построение 3D-модели?
2. Как построить призматическое основание модели с цилиндрическими отверстиями и скруглениями по углам?
3. Как построить цилиндр с цилиндрическим отверстием, если их оси перпендикулярны виду спереди?
4. Возможности и команды редактирования solid-моделей. Примеры редактирования 3D-модели в прямом моделировании.
5. Дать определения терминам: «ГОСТ», «ЕСКД», «СПДС». Примеры ГОСТов для построения чертежа.
6. Назвать основные виды ортогонального чертежа. Их расположение на чертеже. Дать определения: главный вид, проекционная связь.
7. Что называется масштабом чертежа? Назвать масштабы и примеры их применения. Обозначение масштаба на чертеже.
8. Что такое формат чертежа? Назвать основные форматы и их размеры. Создание формата на чертеже в nanoCAD.
9. Какой элемент детали называют ребром жесткости? В чем особенность его изображения? Чем она вызвана? Как построить поперечное сечение ребра?

10. Типы линий на чертеже, их назначение, параметры, задание и редактирование.
11. Разрез – определение, классификация. Построение разрезов средствами nanoCAD.
12. Какие разрезы называют простыми? Правила их обозначения и построения на чертеже.
13. Штриховка разрезов. Ее выполнение и параметры.
14. Совмещение вида и разреза. В каких случаях и с какой целью выполняют совмещение? Правила совмещения. Особые случаи совмещения.
15. Что означает простановка размеров по геометрическому принципу? Привести примеры. Как выполняется редактирование размеров в nanoCAD? Как проставить линейный размер диаметра, размер с односторонней стрелкой?
16. Размерный стиль. Его содержание и настройка. Размерные параметры и их величина. Рекомендуемый шрифт.
17. Справочный размер. Определение. Привести пример. Обозначение на чертеже.
18. Аксонометрия: назначение на чертеже, отличие от ортогональных видов, варианты аксонометрии.
19. Ортогональная диметрия: параметры, назначение. Как в nanoCAD построить ортогональную диметрию 3D-модели?
20. Как определить массу детали на основе ее 3D-модели?

Вопросы по главам 5, 6

1. Сложные разрезы, их назначение, виды сложных разрезов, правила построения и обозначения на чертеже.
2. Назначение ступенчатого разреза, особенности его выполнения.
3. Назначение и особенности построения ломаного разреза.
4. Местный и дополнительный виды. Определение. Назначение. Построение и обозначение.
5. Автоматическое обозначение секущих плоскостей и изображений видов, разрезов и сечений.
6. Сечение: определение, классификация. Построение. Чем отличается сечение от разреза?
7. Наклонное сечение. Варианты его построения. Размещение на чертеже и обозначение.
8. Линии невидимого контура. Назначение, условие отображения на чертеже. Включение-отключение. Регулирование длины штрихов.
9. Масштабирование в пространстве Модели. Особенности простановки размеров. Дать определения: «Масштаб символов» и «Масштаб измерений». Назначение и применение масштабов. Пример применения и обозначения.

Вопросы по главе 7

1. История и дерево построений. Их создание, содержание и назначение.
2. Что называется 2D-эскизом? Его создание и назначение.
3. Задание плоскости построения 2D-эскиза.
4. Рабочая плоскость. Ее назначение и создание.
5. Геометрические зависимости, их создание и назначение.
6. Параметрические размеры, их создание и назначение.
7. Как построить параметрическую модель наклонной призмы, усеченной неправильной пирамиды, тела вращения?
8. Как при параметрическом моделировании выполнить отверстие или паз произвольного профиля?
9. Менеджер параметров параметрической модели. Его назначение и возможности.
10. Методы редактирования параметрической модели.
11. Задание взаимосвязей параметров. Привести примеры.
12. Как выполнить операции сложения, вычитания и пересечения при параметрическом моделировании?

Вопросы по главам 8, 9

1. Узел, деталь. Дать определение. Привести примеры. Объяснить работу узла своего варианта.
2. Как скопировать 2D-эскиз? Построение массива эскизов.
3. Построение псевдоразреза 3D-модели.
4. Последовательность построения параметрической модели корпусной детали. Привести пример из своего варианта.
5. Последовательность построения параметрической модели типа гайки с шестигранником «под ключ». Привести пример из своего варианта. Редактирование модели.
6. Резьба и резьбовые соединения. Определение. Назначение. Изображение и обозначение резьбы. Примеры из своего варианта. Правила построения 3D-моделей в резьбовых соединениях.
7. Что такое фаска? Назначение и обозначение на чертеже. Как ее построить на 3D-модели?
8. Охарактеризуйте признаки резьбовых стандартных деталей: болт, гайка, винт. Какие параметры входят в обозначение указанных деталей? Привести пример из своего узла.
9. Стандартные резьбовые изделия. Определение. Создание и редактирование в nanoCAD. База элементов.
10. Построение 3D-модели пружины сжатия.
11. Подготовка файлов деталей для сборки. Установка корпусной детали.

12. Зависимости сборки. Привести примеры применения зависимостей из своего варианта.
13. Методы контроля 3D-сборки узла. Редактирование 3D-модели узла.
14. Последовательность построения аксонометрического разреза узла.
15. Правила штриховки узла при выполнении аксонометрического разреза. Геометрический расчет параметров штриховки в аксонометрии.
16. Элементы растровой графики paпoCAD. Презентация в растровом формате.
17. Построение разнесенного вида узла. Его назначение.

Вопросы по главе 10

1. Рабочий чертеж детали. Определение. Назначение. Содержание.
2. Как выбрать и задать масштаб и формат чертежа?
3. Выносной элемент. Назначение. Построение в программе paпoCAD. Пример выносного элемента для резьбовой проточки и резьбового гнезда.
4. Шероховатость поверхности деталей. Влияние на работоспособность детали. Единицы измерения. Знак шероховатости. Обозначение на чертеже.
5. Автоматическая простановка знаков шероховатости на поле чертежа и для «неуказанных поверхностей».
6. Автоматическое построение резьбы на чертеже в программе paпoCAD. Прочсть обозначение резьбы на рабочих чертежах своего варианта.
7. Метрическая резьба. Определение. Параметры. Изображение и обозначение на чертеже. Область применения.
8. Задание материала детали на рабочем чертеже в paпoCAD.

Вопросы по главе 11

1. Сборочный чертеж. Определение, требования к содержанию. Назначение.
2. Правила штриховки в разрезах и сечениях на сборочном чертеже.
3. Особенность штриховки в резьбовых соединениях.
4. Требования к изображению деталей, не подлежащих разрезу на сборочном чертеже. Методика реализации этих требований.
5. Размеры и позиционные обозначения на сборочном чертеже.
6. Автоматическая простановка позиционных обозначений.
7. Спецификация сборочного чертежа. Назначение. Построение. Порядок заполнения и редактирования.
8. Определение массы узла.
9. Таблица свойств узла, ее создание и редактирование. Пример построения таблицы объемов деталей узла.

12.2. Перечень работ, предоставляемых к зачету

К зачету предоставляются два вида отчетности.

1. Альбом с титульным листом и распечатанными чертежами, принятыми преподавателем в течение семестра с поставленной оценкой.

2. Файлы выполненных семестровых работ. Файлы должны содержать все построения, выполненные студентом. Для каждой работы должно быть два dwg-файла: файл 3D-модели и файл, с которого выполнена распечатка чертежа.

Работы подразделяются на обязательные и дополнительные. Дополнительные работы отражают интерес студента к курсу и способствуют повышению оценки за зачет. Перечень работ приведен в табл. 12.1.

Таблица 12.1. Перечень работ к дифференцированному зачету

Задание	Работа	Глава, раздел	Чертеж, формат, кол-во	Файлы, кол-во
Вводные задания	Компьютерный дизайн*	Раздел 1.10	A4 (1–2)	1–2
	Тесты для самоконтроля*	Раздел 2.14	A4 (1–2)	1–2
	Плоский контур*	Раздел 1.9	A4 (3–4)	3–4
3D-моделирование и проекционное черчение	Виды, простые разрезы, аксонометрия	Главы 3, 4	A3	2
	Ступенчатый разрез	Глава 5	A3	2
	Ломаный разрез	Глава 6	A3	2
	Сложная параметрическая модель и ее варианты*	Раздел 7.5	A3	2–4
3D-модель машиностроительного узла	3D-модель машиностроительного узла	Главы 8, 9	—	1
	Аксонометрический разрез узла	Раздел 9.6	A3	2
	Разнесенный вид*	Раздел 9.7	A3	2
Рабочие чертежи деталей узла по 3D-технологии построения	Рабочие чертежи трех-пяти деталей	Глава 10	A4, A3	3–5
Сборочный чертеж по 3D-технологии	Сборочный чертеж	Раздел 11.7	A3	2
	Спецификация	Раздел 11.8	A4	1
	Таблица объемов деталей*	Раздел 11.9	A4	1

* Дополнительное задание.

Библиографический список

1. Хейфец А. Л. Инженерная 3D-компьютерная графика. NanoCAD: учеб. пособие для инженер. и строит. специальностей. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. 135 с. URL: http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=00490252k.
2. Хейфец А. Л. Компьютерно-графическая подготовка элитной группы студентов-строителей в ЮУрГУ // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Т. 21. № 4. С. 73–84.
3. Инженерная 3D-компьютерная графика. Т. 1. Учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева / под ред. А. Л. Хейфеца. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд.-во Юрайт, 2018. 328 с.
4. Инженерная 3D-компьютерная графика. Т. 2. Учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева / под ред. А. Л. Хейфеца. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд.-во Юрайт, 2018. 279 с.
5. Компьютерная графика для строителей: учебник для вузов по арх.-строит. направлениям / А. Л. Хейфец, В. Н. Васильева, И. В. Буторина / под ред. А. Л. Хейфеца. – Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2015. 197 с. URL: http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000535420.
6. 3D-технология построения чертежа. AutoCAD: учебное пособие / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, Е. П. Дубовикова / под ред. А. Л. Хейфеца. 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 245 с.
7. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика AutoCAD. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 336 с.
8. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD: опыт преподавания и широта взгляда. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. 427 с.
9. Боголюбов С. К. Индивидуальные задания по курсу черчения. – М.: Высшая школа, 1994. 368 с.
10. Боголюбов С. К. Чтение и детализирование сборочных чертежей. Альбом: учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1986. 84 с.

11. Аксарин П. Е. Чертежи для детализования: учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1978. 140 с.
12. Кувишинов Н. С. NanoCAD Механика. Инженерная 2D- и 3D-компьютерная графика: учеб. пособие. – М.: ДМК Пресс, 2020. 528 с. / САПР-ПЛАТФОРМА nanoCAD.
13. Кувишинов Н. С. Проектирование в платформе nanoCAD с модулями «Механика» и «3D»: учеб. пособие. – М.: ДМК Пресс, 2023. 384 с. / САПР-ПЛАТФОРМА nanoCAD.

Просим уделить 2 минуты вашего времени и оставить отзыв об учебнике.

<https://clck.ru/3DxwVF>



Минимальные системные требования определяются соответствующими требованиями программ Adobe Reader версии не ниже 11-й либо Adobe Digital Editions версии не ниже 4.5 для платформ Windows, Mac OS, Android и iOS; экран 10"

Учебное электронное издание

Хейфец Александр Львович

ИНЖЕНЕРНАЯ 3D-КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Платформа nanoCAD

Учебник для академического бакалавриата

Главный редактор *Д. А. Мовчан*

Корректор *Л. А. Абросимова*

Верстка *А. А. Чаннова*

Дизайн обложки *М. В. Геращенко*

Подписано к использованию 01.11.2024

Формат 15,0×22,5 см

Гарнитура PT Serif

Издательство «ДМК ПРЕСС»

115487, г. Москва, проспект Андропова, 38

Телефон: +7 (499) 322-19-38

Сайт: <https://dmkpress.com>

Эл. почта: dmkpress@gmail.com

Электронное издание данной книги подготовлено
Агентством электронных изданий «Интермедиатор»

Сайт: <https://www.intermediator.ru>

Телефон: (495) 587-74-81

Эл. почта: info@intermediator.ru



Александр Львович Хейфец

Профессор кафедры инженерной и компьютерной графики Южно-Уральского государственного университета (г. Челябинск). Кандидат технических наук. Автор учебников и учебных пособий по инженерной и компьютерной графике. Имеет более 200 научных статей по теоретическим основам 3D-компьютерного геометрического моделирования.

Инженерная 3D-компьютерная графика. Платформа nanoCAD

Учебник может быть рекомендован всем студентам инженерных и строительных специальностей, изучающим курс компьютерной графики.

В учебнике приведены методика, алгоритмы, примеры и образцы выполнения заданий по курсам «Инженерная графика» и «Компьютерная графика» с использованием Платформы nanoCAD, а также рассмотрены содержание, правила и стандарты построения чертежа (ГОСТ и ЕСКД).

Контрольно-графические задания:

- плоский контур;
- 3D-моделирование и проекционное черчение;
- 3D-модель машиностроительного узла;
- рабочие чертежи деталей узла по 3D-технологии построения;
- сборочный чертеж по 3D-технологии.