

Высшее профессиональное образование

В. В. Самсонов
Г. А. Красильникова

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ В СРЕДЕ КОМПАС-3D

2-е издание

Учебное пособие



Машиностроение

В. В. САМСОНОВ, Г. А. КРАСИЛЬНИКОВА

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ В СРЕДЕ КОМПАС-3D

Допущено

Учебно-методическим объединением

по образованию в области автоматизированного машиностроения
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям подготовки «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»,
«Автоматизированные технологии и производства»

2-е издание, стереотипное



Москва

Издательский центр «Академия»

2009

УДК 621.391(075.8)

ББК 32.81я73

C178

Рецензенты:

доц. кафедры 404 МАИ, канд. техн. наук *Ю. В. Чайка*;
зав. кафедрой инженерной машинной графики Санкт-Петербургского
государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, проф., д-р техн. наук *В. М. Дегтярев*;
проф. кафедры инженерной и машинной геометрии и графики
БГТУ (ВОЕНМЕХ), канд. техн. наук, доц. *С. Н. Абросимов*

Самсонов В. В.

C178 Автоматизация конструкторских работ в среде Компас-3D : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Самсонов, Г. А. Красильникова. — 2-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2009. — 224 с.

ISBN 978-5-7695-6206-8

Рассмотрены вопросы создания конструкторской документации в среде известной российской системы Компас-3D. Основное внимание уделено методике выполнения чертежно-графических работ и создания «трехмерных» моделей деталей и сборочных единиц на базе параметрической технологии. Содержатся упражнения для приобретения навыков конструкторской работы в автоматизированной среде методом «снизу вверх» (используя готовые чертежи деталей) и методом «сверху вниз» (выполняя чертежи деталей по чертежу механического устройства).

Для студентов высших учебных заведений.

УДК 621.391(075.8)

ББК 32.81я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Самсонов В. В., Красильникова Г. А., 2008

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2008

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2008

ISBN 978-5-7695-6206-8

Компас (КОМПлекс Автоматизированных Систем) представляет собой совокупность CAD/CAM (computer-aided design/computer-aided manufacturing — системы автоматизированного проектирования и производства — САПР) систем. К первой системе относится Компас-3D, ко второй — Компас-Автопроект.

В предлагаемом учебном пособии рассмотрены возможности создания конструкций новых изделий и разработки для них конструкторской документации с использованием системы Компас-3D.

Разработанный фирмой АСКОН (Россия) графический редактор Компас-график, который входит в состав системы, изначально был сориентирован на быстрое и качественное выполнение конструкторской документации в полном соответствии с ГОСТами ЕСКД. Эта система стала весьма популярной среди конструкторов.

В конце 90-х годов XX в. (начиная с версии 5.X) графический редактор приобрел качественно новую возможность — создавать наглядную математическую модель изделия с присущими этому изделию механическими характеристиками (объем, масса, центр масс и т. п.). Поэтому графическая система Компас получила общее название Компас-3D. Кроме графического редактора в эту систему вошел ряд программных продуктов, значительно повышающих эффективность и качество проектирования.

Компас-график является базовой системой комплекса. Основные возможности Компас-график:

- любые геометрические построения;
- редактирование построенных изображений (сдвиг, поворот, копия, масштабирование и т. д.);
- формирование текстовых надписей;
- оформление технических требований и основных надписей;
- сохранение типовых фрагментов чертежа и их перенесение в другой чертеж;
- использование библиотек типовых изображений;
- создание сборочных чертежей и т. д.

Помимо перечисленных возможностей весь комплекс 3D содержит более 30 приложений (различных автоматизированных пакетов). К наиболее интересным для конструктора-машиностроителя можно отнести:

- систему проектирования спецификаций, которая обеспечивает автоматизированное формирование спецификаций по сборочному чертежу, построенному в Компас-график;

- машиностроительную библиотеку, представляющую собой комплекс параметрических изображений стандартных или типовых элементов машиностроительных чертежей (болты, винты, гайки, проточки и т.д.);

- библиотеку проектирования тел вращения Компас-SHAFT, предназначенную для создания моделей тел вращения при одновременном автоматическом формировании их чертежей;

- библиотеку проектирования цилиндрических винтовых пружин Компас-SPRING, обеспечивающую выполнение проектного и проверочного расчетов различных типов пружин с автоматическим формированием их моделей и построения чертежей.

Более поздние версии Компас-3D (Компас-3D-V6...V8) имеют интерфейс, соответствующий международным стандартам, а также ряд усовершенствований, направленных на удобство работы с системой (увеличена скорость формирования модели, появились новые операции и команды и т.д.). В то же время графическая составляющая последующих версий остается практически неизменной относительно предыдущих версий.

Учитывая, что версии Компас-3D 5.X получили достаточно широкое распространение (особенно ее графическая часть Компас-график), в предлагаемом учебном пособии указываются при необходимости различия между их интерфейсами.

В учебном пособии рассматривается подробный процесс создания конструкторской документации для вновь разрабатываемого изделия начиная с эскизной проработки входящих в него деталей и заканчивая моделью его сборки. Таким образом, главное внимание уделяется методике создания чертежа, команды же рассматриваются в порядке, необходимом для его построения.

В четырех первых главах учебного пособия приведен пример разработки нового изделия (от деталей до механического устройства), а также методика создания графической документации в Компас-график в соответствии с положениями стандартов ЕСКД, последующие главы посвящены приемам конструирования в среде 3D.

КОМПАС-ГРАФИК КАК ЭЛЕКТРОННЫЙ КУЛЬМАН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Систему Компас-3D можно подразделить на две части: Компас-график и собственно Компас-3D. Если знание команд первой части системы и умение с ними обращаться может быть вполне достаточным для достижения конечного результата (разработки конструкторской документации), то использование Компас-3D без навыков работы с предыдущей частью невозможно.

Запуск системы в среде MS Windows производится точно так же, как и запуск любых приложений для Windows.

Открытие любого документа в системе Компас-3D осуществляется аналогично открытию документов для любых приложений Windows.

1.1. Управление системой

Управление системой Компас-3D осуществляется совокупностью программных средств, обеспечивающих взаимодействие программ самой графической системы.

Взаимодействие пользователя с системой обеспечивается с помощью панели *Главного меню*, панелей управления, а также окон *Контекстного меню*.

1.1.1. Отличия в изображениях рабочих экранов разных версий

Между пятой и последующими версиями Компас-3D существуют некоторые различия в изображениях команд управления и их местоположении на экране. Изменения были введены в соответствии с современными стандартами Windows.

На рис. 1.1 и 1.2 изображены экраны версий Компас-3D 5.11 и Компас-3D-V7 в момент выполнения команды *Отрезок* (выделенные курсивом наименования меню, панелей и строк не отображаются на экране, а являются пояснениями авторов). Принципиальных изменений не произошло. Изменены лишь пиктограммы некоторых команд и названия панелей. Панель *Специального управления* переместилась в левый нижний угол экрана совме-

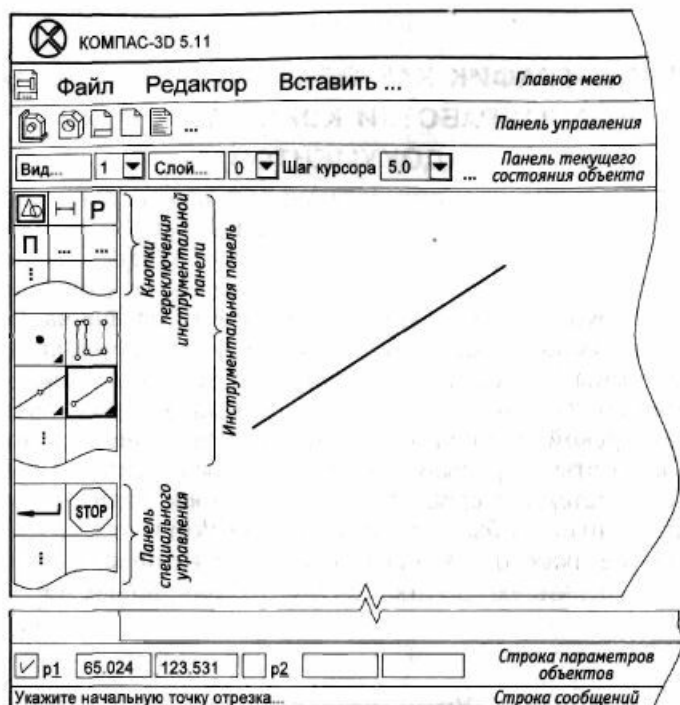


Рис. 1.1. Рабочий экран Компас-3D 5.11

стно с панелью *Свойств*. Панель *Управление* разделена на две панели: *Стандартная* панель и панель *Вид*. Методика работы с документами осталась прежней.

1.1.2. Помощь при работе

При возникновении затруднительных ситуаций во время работы с системой можно быстро получить необходимую справку. Для этого разработана справочная система, которая содержит сведения о командах, клавиатурных комбинациях, типовых последовательностях выполнения различных операций и т.д.

Получить нужную информацию можно одним из следующих способов:

- нажатие клавиши [F1] — для получения подсказки по текущему действию (эта справка является контекстно-зависимой, так как отображаемый на экране текст будет соответствовать тому действию, которое выполняется в данный момент);
- меню *Справка* — для выбора соответствующего раздела или термина;
- кнопка *Справка* (знак вопроса) на панели управления — для получения подсказки по объектам рабочего экрана.

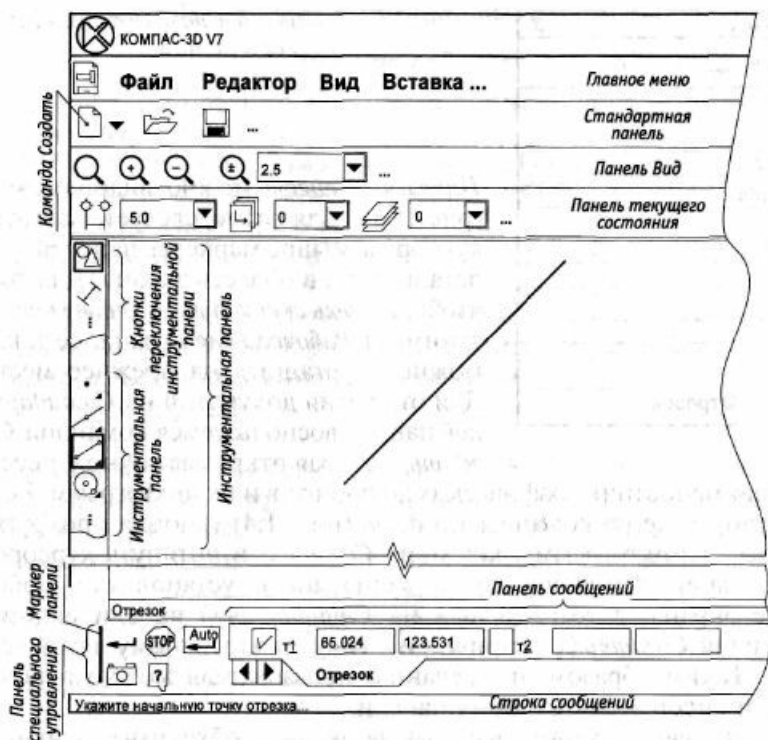


Рис. 1.2. Рабочий экран Компас-3D-V7

В последнем случае курсор превратится в вопросительный знак со стрелкой. После наведения такого курсора на соответствующий объект экрана надо щелкнуть по нему левой клавишей мыши.

Кроме того, можно быстро получить краткую информацию о любой кнопке с помощью ярлычков-подсказок. Для этого следует подвести курсор к интересующей кнопке и задержать его на некоторое время. Рядом с курсором появится всплывающая подсказка с наименованием этой кнопки. Эта информация дублируется в *Строке сообщений*. Ярлычки-подсказки можно включить или выключить. Если по каким-то причинам подсказки отсутствуют, то их необходимо установить (*Главное меню* → *Сервис* → окно *Настройка интерфейса* → вкладка *Параметры* → активизировать флажок *Отображать подсказки для кнопок*).

1.1.3. Настройка пользовательских панелей

Каждый пользователь системы может установить на своем персональном компьютере конфигурацию рабочего экрана по своему усмотрению. Например, *Панель специального управления* вместе с

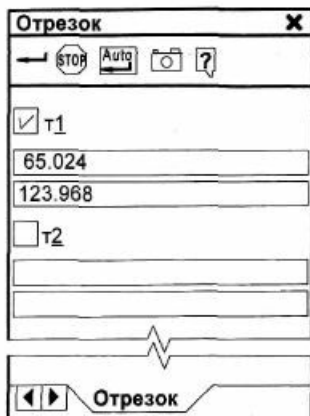


Рис. 1.3. Панель свойств в вертикальном исполнении

Панелью свойств можно видоизменить (рис. 1.3). Для этого следует, захватив курсором мыши маркеры панелей, перетащить их в область экрана. Для того чтобы *Панель специального управления* не занимала *Рабочее поле* экрана, ее также можно перетащить на прежнее место. Для открытия документа на *Стандартной* панели воспользуемся командой *Создать*, которая открывает окно с переч-

нем наименований графических документов и их пиктограмм. Если развернуть меню команды *Создать* (рис. 1.4) (кнопка прокрутки справа от пиктограммы команды *Создать*) и потянуть курсором мыши за его заголовок, то это меню можно установить в любом месте экрана, в том числе и на *Стандартной* панели рядом с командой *Создать* (т.е. привести к виду, аналогичному пятой версии). Таким образом, по желанию пользователя можно перемещать и видоизменять любые панели.

Пользователь может вывести на экран необходимые команды на той или иной панели (*Главное меню* → *Сервис* → *Настройка интерфейса*). В появившемся окне *Настройка интерфейса* следует активизировать вкладку *Команды*. Из перечисленного перечня категорий команд выбирается требуемая команда и с помощью мыши перетаскивается на соответствующую панель. Таким образом, пользователь может сам формировать содержание панелей.

В главном меню имеется меню *Выделить*. В нем находятся команды, предназначенные для выделения различными способами тех или иных элементов чертежа (*Рамкой*, *Текущей рамкой* и т.д.). Для того чтобы выделить весь чертеж, необходимо воспользоваться командой *Выделить все*, которая находится в меню *Редактор* (в соответствии стандартам Windows). Однотипные команды расположены в разных меню, что, на наш взгляд, создает значительные неудобства в работе пользователя.

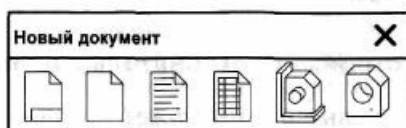


Рис. 1.4. Развернутая панель команды *Создать*

Упражнение 1.1. Размещение команды в новом меню.

Порядок работы

1. Откройте новый документ, например: *Файл* → *Создать* → → окно *Новые документы* → *Чертеж*.
2. *Главное меню* → *Сервис* → *Настройка интерфейса*.
3. В окне *Новые документы* выберите вкладку *Команды*.
4. Выберите категорию *Редактор*.
5. Из команд категории *Редактор* выберите команду *Выделить все*.
6. Мышью перетащите пиктограмму команды *Выделить все* на панель главного меню в раздел «Выделить» и установите ее, например, перед всеми командами выделения.
7. Закройте файл.

В Компас-график имеются команды *Объединить в макроэлемент* и *Разрушить* (этот макроэлемент). Речь идет о командах прямого и обратного действий. Следовательно, обе команды должны находиться рядом, однако в Компас-3D-V7 команда *Объединить в макроэлемент* находится в меню *Сервис*, а команда *Разрушить* — в меню *Редактор*. Необходимо переместить команду *Разрушить* из меню *Редактор* в меню *Сервис* и поместить ее рядом с командой *Объединить в макроэлемент*.

Упражнение 1.2. Перемещение команды из одного меню в другое.

Порядок работы

1. Откройте новый документ, например: на панели *Стандартная* щелкните по пиктограмме команды *Создать* и выберите *Новые документы* → *Чертеж*.
2. *Главное меню* → *Сервис* → *Настройка интерфейса*.
3. Из главного меню вызовите меню *Редактор*.
4. Щелкните по команде *Разрушить*. Команда будет заключена в рамку.
5. Перетащите команду мышью в меню *Сервис* и установите рядом с командой *Объединить в макроэлемент*.
6. Закройте файл.

Для документа «Фрагмент» надо проделать такие же операции.

При желании пользователь может перенастроить шестую и последующие версии практически полностью под «топографию» пятой версии. В то же время переход от интерфейса младшей версии к интерфейсу старшей не вызывает трудностей и не занимает много времени.

1.1.4. Управление изображением на экране

Компас-3D — стандартное приложение Windows, поэтому рабочий экран здесь практически ничем не отличается по своему внешнему виду от окон других приложений.

На экране расположено *Главное окно* системы, а внутри него находится окно *Документ*.

Панель *Вид* входит в *Главное окно* и содержит кнопки управления изображением на экране. Прежде всего, это кнопки, принадлежащие командам изменения масштаба изображения (заголовок *Масштаб*).

Несмотря на то что экран компьютера значительно уступает кульману в размерах, специальные средства отображения документа на экране позволяют с комфортом работать над чертежами самых больших форматов. Увеличение или уменьшение масштаба изображения в окне никак не влияет на реальные размеры геометрических объектов.

Для увеличения какой-либо области документа используется кнопка *Увеличить рамкой*. После нажатия кнопки курсором указывается некоторая точка на чертеже (первый угол прямоугольной рамки предполагаемой области увеличения) и отмечается щелчком мыши, после чего курсор перемещается (на экране при этом будет отображаться фантом рамки) до достижения нужного размера рамки. Рамка должна охватить ту область чертежа, которую следует увеличить. После фиксации (щелчка мышью) второго угла рамки изображение будет увеличено до размеров всего окна документа.

Для плавного изменения масштаба используется кнопка *Приблизить/Отдалить*. После вызова команды курсор изменит свой вид. Для того чтобы воспользоваться этой командой, следует нажать левую клавишу мыши и, не отпуская ее, переместить курсор в вертикальном направлении. При перемещении курсора вверх изображение плавно увеличивается, а вниз — уменьшается. Для выхода из команды плавного изменения масштаба нужно повторно нажать кнопку *Приблизить/Отдалить* или кнопку *Прервать команду (STOP)* на панели специального управления.

Перемещение изображения в окне документа без изменения масштаба достигается нажатием кнопки *Сдвинуть*. Выход из команды аналогичен выходу из команды *Приблизить/Отдалить*.

Перемещать изображение можно также и с помощью линейек прокрутки.

Для отображения в окне всего документа служит кнопка *Показать все*.

В процессе работы над чертежом на экране могут появляться различные вспомогательные линии или символы. В большинстве случаев система автоматически удаляет эти временные объекты.

Однако иногда возникает необходимость в принудительном удалении «мусора». Для обновления изображения на экране служит кнопка *Обновить изображение*. Эта команда необходима при проверке наличия совпадающих линий на чертеже. Дважды (и более) проведенная по одному месту основным стилем линия в дальнейшем (при работе в Компас-3D) может привести к серьезным сбоям.

1.1.5. Использование контекстного меню

Использование контекстного меню значительно повышает комфортность работы с системой. Для его вызова достаточно щелкнуть правой клавишей мыши в любом месте экрана. Если щелчок будет произведен в служебной части экрана (на одной из панелей управления системой), то появится список инструментальных панелей, которые в данный момент можно установить дополнительно. Например, при работе с текстом удобно иметь на экране панель *Вставка в текст* со всеми командами, относящимися к этому виду работы над конструкторским документом. При переходе к иным работам кнопки вызова команд становятся неактивными, поэтому, чтобы панель не занимала место на экране, ее следует закрыть.

Если щелкнуть мышью в произвольном месте рабочего поля, содержание контекстного меню будет одним, а при щелчке по выделенному элементу чертежа — другим.

1.2. Графический редактор

Если при открытом документе (*Чертеж* или *Фрагмент*) щелчком мыши по свободному месту рабочего окна вызвать контекстное меню и выбрать из списка меню *Параметры текущего чертежа (фрагмента)*, то появится окно *Параметры*. После выбора вкладки *Система* появится перечень групп настроек параметров системы, в который входит группа *Графический редактор*. Раскрытое содержание этой группы дает список вспомогательных инструментов, характеристики которых пользователь может установить по своему усмотрению.

1.2.1. Настройка параметров вспомогательных инструментов

Вспомогательные инструменты графического редактора предназначены для удобства работы с чертежом с одновременным повышением точности его построения.

Курсор. Параметры курсора могут быть настроены пользователем в этом же окне после щелчка по слову «Курсор». Основным

параметром курсора является размер квадрата курсора (ловушка курсора). Чем больше периметр квадрата ловушки, тем большую область чертежа она перекроет. Нажав кнопку *Справка*, можно познакомиться с диалогом настройки курсора. При работе с конструкторской документацией внешний вид курсора меняется в зависимости от того, какое действие выполняется в данный момент.

Сетка. С включенной сеткой рабочий документ становится похож на лист миллиметровки. Шаг сетки по умолчанию — 5 мм. Включается и выключается сетка кнопкой *Сетка*, расположенной на панели текущего состояния. Сетка при печати чертежа не отображается.

Системные линии. Линии разного начертания и цвета, используются для выполнения чертежей на экране дисплея. На экране толщина линии изображается в пикселах. По умолчанию толщина любой линии равна одному пикселу. Чтобы отличить одну линию от другой, например сплошную толстую от сплошной тонкой, линиям придается разный цвет. Толщина линии, выводимой на бумагу, устанавливается в миллиметрах.

Системные символы. Они предназначены для изображения засечек на линиях, например, при делении отрезка на части.

Редактирование. При каких-либо изменениях чертежа элемент чертежа, подвергающийся изменениям, необходимо выделить, например щелкнуть по нему. Элемент приобретет цвет, соответствующий цвету, установленному в окне *Редактирование* в поле *Селектирование*. При указании отрезка, например, параллельно которому будет проведен новый, первый отрезок окрашивается в цвет, установленный в поле *Подсвечивание*. В этом же окне имеется поле со счетчиком *Количество шагов назад*. Установленное число показывает возможное количество восстанавливаемых операций после их отмены.

Поиск объекта. Необходим для однозначного выбора одного из близко расположенных объектов, например при операциях редактирования.

Привязки. Это инструмент, позволяющий точно позиционировать курсор относительно выбранной точки. Перечень привязок приведен в окне *Установка глобальных привязок*. Для установки привязок достаточно активизировать флажок, находящийся рядом с интересующей вас привязкой. Для удобства работы рекомендуется активизировать флажки *Динамически отслеживать* и *Отображать текст*, находящиеся под полем перечня привязок (цвет отображаемого текста наименования привязок совпадает с выбранным цветом линеек курсора).

Установки вспомогательных инструментов действительны на все время работы пользователя с системой. Если выбрать вкладку *Новые документы* и раскрыть *Графический документ*, то все новые

установки будут действовать как на текущий документ, так и на все последующие, созданные пользователем при работе с системой. При установках для текущего чертежа их действие распространяется только на данный чертеж.

1.2.2. Системы координат в Компас-график

В Компас-график используется правая декартова система координат. Начало абсолютной системы координат (АСК) находится в левом нижнем углу формата. Координаты положения курсора, указываемые в поле *Положение курсора* на панели текущего состояния, отсчитываются относительно АСК.

Однако использование системы координат, заданной по умолчанию, не всегда приемлемо. На практике при выполнении чертежа удобнее измерять расстояния от некоторой характерной точки детали. В этом случае целесообразно поместить точку в начало системы координат. Такая возможность имеется в Компас-график благодаря локальной системе координат (ЛСК). В этой системе все координаты рассчитываются и отображаются на экране относительно той точки, которая удобна конструктору. Например, для проектируемого изделия типа вал (или любого тела вращения) ЛСК целесообразно поместить на оси вращения в правое торце детали. Количество ЛСК на чертеже не ограничено. Каждой ЛСК присваивается собственное имя. Впоследствии ее можно удалить.

1.2.3. Создание ЛСК и работа с ней

Для создания первой ЛСК служит команда *Локальная СК* из меню *Вставка* (для версии 5.X из меню *Сервис*) на панели главного меню либо кнопка *Локальная СК*, расположенная на панели текущего состояния. После вызова команды на экране появляется изображение осей локальной системы координат, которое с помощью мыши можно поместить в нужную точку чертежа. Координаты этой точки и угол наклона осей могут быть проконтролированы или назначены в соответствующих полях на панели свойств. Для вновь созданной ЛСК можно назначить собственное имя. По умолчанию система предлагает имена *СК1*, *СК2* [для версии 5.X — *cs1*, *cs2*, *cs3* ...]¹. Собственное имя набирается с клавиатуры в окне поля *Имя ЛСК*. Таким образом, на одном чертеже можно создать несколько независимых друг от друга ЛСК.

Для изменения параметров любой из имеющихся ЛСК сначала выбирается необходимая система из списка, а затем задаются нужные значения координат начальной точки и угол наклона осей.

¹ В дальнейшем в квадратных скобках будет указываться путь команды для версии Компас 5.X без дополнительной ссылки на нее.

Дальнейшие действия полностью аналогичны действиям, описанным ранее.

Внимание. После ввода с клавиатуры любой команды (в рассматриваемом случае после ввода имени ЛСК, параметров точки начала координат ЛСК, угла наклона осей ЛСК и т.п.) необходимо всякий раз давать команду *Enter* для выполнения назначенного действия (клавиша [Enter]). Кроме того, необходимо постоянно следить за состоянием кнопки *Создать объект* на панели специального управления. Если после окончания команды эта кнопка активна, то ее необходимо нажать (щелкнуть по ней мышью).

Оси текущей ЛСК могут по желанию пользователя отображаться на экране, а могут и не отображаться. Эта возможность реализуется в окне *Параметры* → *Отрисовка осей систем координат*. Для того чтобы попасть в это окно, достаточно нажать кнопку *Настройка* на панели свойств. Здесь же можно выбрать стиль отрисовки осей системы координат (тип и цвет линии). Для версии 5.X этот путь несколько длиннее. Надо выбрать из главного меню пункт *Настройка*. Из его перечня выбрать *Настройка системы*. В появившемся на экране диалоговом окне *Настройка параметров системы* выбрать последовательно *Графический редактор* → *Виды, слои, СК* → *Оси локальной системы координат* (включить опцию переключателем) → *Показывать* (снять или установить флажок).

ЛСК можно полностью удалить. Для этого достаточно вызвать панель работы с локальными СК (щелкнуть мышью по кнопке *Локальная СК*), выделить строку с именем удаляемой СК и нажать на кнопку *Удаление Локальной СК*.

ЛСК на твердой копии чертежа не изображается. Скрытие осей ЛСК или их удаление осуществляется только из соображений дальнейшего удобства работы.

Упражнение 1.3. Создание чертежа с использованием локальной системы координат.

Порядок работы

1. Создайте новый чертеж. Относительно абсолютной системы координат (0, 0) установите локальную систему координат, например, с координатами (60, 200), углом наклона оси *X* локальной СК 0° и присвойте ей имя «A1». Для этого:

- откройте диалоговое окно *Новый документ* → *Файл* → *Создать* и выберите *Новые документы* → *Чертеж* [*Файл* → *Создать* → *Лист*];

- присвойте созданному документу имя, например «Вал»;
- включите сетку;
- вызовите команду *Локальная СК* соответствующей кнопкой на панели текущего состояния;

• в поле *Начало отсчета локальной СК* панели свойств [строки параметров объекта] присвойте координате *X* значение 60. Для этого в левом прямоугольном поле введите с клавиатуры цифру 60 и нажмите [Enter];

• координате *Y* (правое поле) присвойте значение 200 ([Enter]);

• в следующем поле *Угол наклона оси X локальной СК* установите нулевое значение ([Enter]);

• наконец, в поле *Имя ЛСК* введите имя: «A1» ([Enter]).

2. Сохраните файл и закройте его.

1.2.4. Привязки

Создание качественного чертежа — необходимое условие избежания ошибок при дальнейшем проектировании, а впоследствии и при изготовлении изделия. Поэтому в любой компьютерной системе, предназначенной для графических работ, предусмотрен механизм для фиксации («привязки») курсора к определенной точке чертежа. Это может быть любая характерная точка чертежа: узел сетки, конец линии, середина отрезка и т. п. Первоочередность срабатывания привязок убывает сверху вниз относительно их расположения в списке привязок. Привязки бывают двух типов: глобальные (действующие постоянно) и локальные (действующие однократно).

Глобальные привязки. Выбор привязок можно осуществить в окне *Параметры* во время настройки графического редактора системы. Эту же операцию можно выполнить и не прибегая к вызову окна *Настройка параметров системы*. Для вызова окна привязок достаточно щелкнуть по кнопке *Установка глобальных привязок* на панели текущего состояния. Установленные привязки будут действовать постоянно вплоть до их отмены.

Можно установить несколько привязок сразу (активизировать несколько флажков соответствующих привязок). В этом случае будет выбираться та характерная точка чертежа, которая попала в ловушку курсора. Если одновременно попадает несколько разных характерных точек, то выбор точки будет определяться приоритетом привязки. Например, необходимо привязаться к пересечению двух отрезков. Однако в ловушку попало три характерных точки: *Ближайшая точка*, *Пересечение* и *По сетке*. В соответствии с установленным приоритетом будет выполнена привязка *Ближайшая точка*. В связи с этим рекомендуется устанавливать одновременно только те глобальные привязки, которые наиболее востребованы при работе. С приобретением опыта работы с системой пользователь сознательно выбирает необходимые ему установки. Для начала рекомендуется установить три наиболее употребительные привязки: *Ближайшая точка*, *Пересечение* и *По сетке*. Все установленные глобальные привязки при необходимости можно одновре-

менно отключить. Для этого достаточно щелкнуть по кнопке *Запретить привязки* на панели текущего состояния.

Таким образом, чтобы работа была более комфортной, не следует, во-первых, устанавливать большие размеры ловушки курсора и применять одновременно большое количество привязок, во-вторых, рекомендуется увеличивать изображение чертежа, например, кнопкой *Увеличить масштаб* на панели *Вид* или использовать *Локальные привязки*.

Локальные привязки. Любая локальная привязка отменяет все установленные глобальные привязки на время ее действия (до ввода точки), т.е. каждая привязка является одноразовой. Для вызова меню локальных привязок следует вызвать контекстное меню (щелчок правой клавишей мыши по полю чертежа). Однако не следует забывать, что содержание контекстного меню зависит от состояния системы в данное время. Если система находится в ожидании, то содержание меню будет одно (с ним мы уже познакомились при описании графического редактора), если в состоянии действия команды — другое. Например, при активной команде *Отрезок* в контекстное меню входит разворачивающийся список «Привязки», а при вызове команды *Ввод текста* меню содержит полный список привязок.

Назначение привязок. Привязки могут выполнять самые разнообразные функции:

- **касание** — обеспечивает касание отрезка к кривой линии (после указания начальной точки отрезка из контекстного меню выбирается привязка *Касание*, на кривой курсором отыскивается место касания вводимого отрезка);

- **центр** — выполняет привязку к центру дуги, окружности, эллипса (например, после указания начальной точки отрезка, достаточно курсором указать нужную окружность как система проведет строящийся отрезок к ее центру);

- **нормаль** — производит построение отрезка перпендикулярно к указанной линии (после указания начальной точки отрезка из контекстного меню выбирается привязка *Нормаль*, на прямой курсором отыскивается точка основания перпендикуляра этой нормали).

Назначение остальных привязок видно из их названий, а с процессом их применения можно ознакомиться в справочнике системы (*Главное меню* → *Справка* → *Контекстная* → *Индекс* → набрать с клавиатуры первые три буквы разыскиваемого слова: привязка).

1.2.5. Геометрические примитивы

Любое изображение на чертеже состоит из геометрических примитивов (точек, линий, окружностей и т.п.). Кнопки, позволя-

ющие вызывать соответствующие команды для изображения примитивов, снабжены пиктограммами этих примитивов, сгруппированы по типам и расположены на инструментальной панели. Практически каждая кнопка представляет собой разворачивающееся меню (панель) команд какой-либо группы примитивов. Признаком того, что кнопка вызова примитива является еще и представителем этой группы примитивов, служит треугольник в правом нижнем углу кнопки. Чтобы вызвать команду (например, *Точки пересечения двух кривых*), принадлежащую определенному типу команд (*Точка*), следует левой клавишей мыши нажать кнопку для ввода этого типа примитивов и удерживать ее до появления дополнительной панели команд. Не отпуская клавиши, необходимо переместить курсор вдоль этой панели до нужной команды и отпустить клавишу.

Команды отрисовки геометрических примитивов находятся на панели *Геометрия*.

Команда *Точка*. Командная кнопка *Точка* содержит несколько дополнительных команд: *Точки по кривой*, *Точки пересечения двух кривых*. В Компасе под понятием «кривая» подразумевается любая плоская линия (отрезок, окружность, ломаная, кривая Безье). Мы будем придерживаться общепринятых наименований линий.

Изображение точки может быть выполнено различными стилями. Для смены стилей отрисовки точки достаточно раскрыть список «Стиль точки» на панели свойств [в строке параметров объектов] и выбрать подходящий стиль.

Точки на чертеже могут быть как вспомогательные (например, необходимые только для обеспечения привязок), так и функциональные (например, точки на графике).

Ввод точки может быть осуществлен курсором. Для этого достаточно указать курсором необходимую точку на чертеже и зафиксировать ее мышью. Можно ввести точку, задавая ее координаты. Для этого нужно поместить курсор в поле *Текущая координата X* (или *Y*) точки на панели свойств и щелкнуть 2 раза левой кнопкой мыши. После этого цвет поля станет синим. Не выводя курсор за пределы панели свойств, надо с клавиатуры установить значение координаты *X* вводимой точки и зафиксировать это значение клавишей [Enter]. Эту же операцию следует проделать и в поле для координаты *Y* (или *X*).

Если необходимо разбить кривую на несколько равных участков, следует использовать команду *Точки на кривой (Равномерно по объекту)*. Команда находится на разворачивающейся панели *Точка*. Для выполнения этой команды надо указать в соответствующем поле панели свойств значение *n* — количество участков, на которое должна быть разбита линия. После этого, указав курсором нужную кривую, прервите команду, например с помощью контекстного меню. Если кривая замкнута, предварительно потребу-

ется указать точку, относительно которой следует начало расстановки точек. Точка, указывающая начало расстановки, не обязательно должна находиться на кривой. В этом случае началом расстановки будет считаться ее проекция на разбиваемую кривую. Порядок работы всегда можно увидеть в строке сообщений.

Команда *Вспомогательная прямая*. Вспомогательные прямые являются аналогом тонких линий, которые конструктор использует при работе на кульмане. Они применяются для предварительных и вспомогательных построений, облегчающих выполнение чертежа. Вспомогательные прямые не имеют конечной длины. Они могут быть проведены к любому геометрическому примитиву под углом, параллельно, касательно и т. д. После того как надобность в них отпадет, они удаляются одной командой все сразу (меню *Редактор* → *Удалить* → *Вспомогательные кривые и точки* → *В текущем виде*). Эти линии никогда не выводятся на печать, даже если они не удалены.

Вспомогательная прямая, произвольно ориентированная на чертеже, вычерчивается с помощью одноименной команды. Один из способов ввода такой прямой — указать положение на чертеже первой и второй точек, принадлежащих прямой, с помощью курсора, используя привязки.

Однако можно ввести соответствующие параметры непосредственно и в строку параметров на панели свойств. Значение каждого параметра отображается в отдельном поле, слева от которого написано краткое название параметра: *t1* [*p1*] — координаты начальной (первой) точки, *t2* [*p2*] — координаты конечной точки, *Длина* [*ln*] — длина отрезка, *Угол* [*an*] — угол наклона прямой относительно положительного направления оси *X* текущей системы координат. Слева от названия параметра находится небольшая кнопка. Если в ней изображена «галочка», это означает, что система ждет ввода данного параметра. Действительно, если вы сразу после запуска команды построения вспомогательной прямой начнете перемещать курсор, то в поле *t1* будут отображаться его текущие координаты — система ждет ввода первой точки. После того как значение введено и параметр зафиксирован, на кнопке появляется изображение перекрестья. Если кнопка пустая, то параметр является вспомогательным (в случае ввода вспомогательной прямой это значение угла), но при этом он также доступен для ввода.

Развертывающаяся панель вспомогательной прямой имеет для проектировщика достаточно большой перечень команд.

Команда *Отрезок*. Ввод отрезка ничем не отличается от ввода вспомогательной прямой, за исключением того, что на панели свойств дополнительно появляется поле с параметром *Длина* [*ln*] — *Длина отрезка* и поле со списком *Стиль*.

Команда *Окружность*. Эта команда позволяет начертить окружность по двум точкам. Сначала запрашивается координата центра

окружности, которую можно указать курсором с использованием привязок, после чего на экране возникает фантом окружности. Затем надо указать курсором точку на окружности. Значения координат центра, точки на окружности или величину радиуса можно задавать в полях параметров объекта на панели свойств. Там же можно указать наличие или отсутствие осей на вычерчиваемой окружности с помощью переключателя *Отрисовка осей*.

Размер окружности на чертеже определяется значением диаметра. В графической системе определяющим параметром геометрии окружности является размер радиуса. Чтобы избежать ошибок при пересчете величины диаметра на радиус (например, диаметр равен 157,31 мм), предусмотрена возможность ввода значения радиуса в поле *Радиус* панели свойств [строки параметров объекта] в виде выражения $157.31/2$.

Система воспринимает любое арифметическое выражение. Рассмотрим гипотетический случай. Диаметры шеек и шкивов проектируемого вала соотносятся между собой следующим образом: диаметр первого цилиндра равен 120 мм, второй — на 80 мм меньше, третий больше второго в 5 раз, а четвертый меньше последнего в 4 раза. Значение четвертого радиуса можно сразу ввести в поле *Радиус*, а именно: $(120 - 80) * 5/4$.

Кроме окружности, заданной координатой центра и точкой на окружности, вычерчиваются окружности и с другими входными параметрами. Вызов команд для вычерчивания таких окружностей осуществляется кнопками с соответствующими названиями:

- *Окружность по трем точкам;*
- *Окружность с центром на элементе;*
- *Окружность, касательная к кривой;*
- *Окружность, касательная к двум кривым;*
- *Окружность, касательная к трем кривым;*
- *Окружность по двум точкам.*

Использование строки сообщений и фантома строящейся окружности существенно облегчает построения.

Команды Дуга, Эллипс, Кривая Безье, Прямоугольник (Многоугольник). Построение этих примитивов, как правило, не вызывает затруднений у пользователей, поэтому предлагается изучить их самостоятельно (в случае затруднения используйте контекстную справку Компас).

Команда Непрерывный ввод объектов. Если вычерчивается (обводится) контур детали, предварительно построенный с помощью вспомогательных линий, и особенно если он состоит из элементов разного типа, то удобно воспользоваться этой командой. Она позволяет вычерчивать непрерывную последовательность отрезков, дуг, сопряжений, сплайнов и т.д. При ее использовании конечная точка только что введенного объекта автоматически становится начальной точкой следующего объекта. Процесс выпол-

нения команды управляется другими командными кнопками, которые находятся на панели свойств [в строке параметров объектов]. При включении одной из этих кнопок происходит переключение на построение объекта другого типа.

Упражнение 1.4. Создание чертежа с использованием команды *Непрерывный ввод объектов* (рис. 1.5).

Порядок работы

1. Откройте файл с именем «Вал».
2. Вызовите команду *Горизонтальная прямая*, предварительно развернув панель с командной кнопкой *Вспомогательная прямая*.
3. Введите соответственно рис. 1.5 координаты произвольной точки первой вспомогательной прямой: $Y = 10$, координата X может быть любой, например $X = 0$.

Внимание. Не забудьте после каждого задания координаты давать системе подтверждение — [Enter].

4. Последовательно проведите еще две горизонтали с координатами $X = 0$, $Y = 15$ и $X = 0$, $Y = 35$.

5. Проведите вертикальную прямую через начало ЛСК.

6. С помощью кнопки *Параллельная прямая* на этой же панели вызовите одноименную команду (далее следите за подсказками в строке сообщений).

7. Укажите вспомогательную прямую для построения параллельной прямой. Для этого подведите ловушку курсора к только что проведенной вертикали. Линия выделится (окрасится в красный цвет). Щелкните мышью для подтверждения выбора.

8. На панели свойств установите в поле *Расстояние* величину, равную 35 мм (клавишей [Enter]). На экране появятся две вертикали по обе стороны от выбранной линии. Для удобства выбора установите переключатель *Количество прямых* в положение *Одна прямая*. Щелкните мышью справа от указанной линии в любом месте рабочего поля.

9. Проведите еще две вертикали первым (указанием координаты начальной точки вспомогательной прямой) или вторым (строая параллельные вспомогательные прямые) способами.

10. Установите вспомогательные точки (команда *Точка*) начиная с координаты $X = 0$, $Y = 0$ в тех узлах построенной решетки, какие указаны на рис. 1.5. Для ввода точек 4, 5 и других используйте узлы сетки, предварительно включив сетку, приблизив изображение и установив привязку *По сетке*.

11. Вызовите команду *Непрерывный ввод объекта* и начиная с нулевой точки постройте ломаную линию до точки 4.

12. Найдите на панели свойств кнопку команды *Сопряженная дуга* и нажмите ее. Используя появившийся фантом дуги в каче-

нажатие на выделенный объект снимает его выделение. После окончания выделения объектов вызывается окно *Изменение стилей выделенных объектов* командой *Изменить стиль* из меню *Сервис* (либо из контекстного меню после щелчка правой клавишей мыши по одному из выделенных объектов).

Упражнение 1.5. Создание чертежа с использованием различных стилей линий.

Порядок работы

1. Откройте чертеж с именем «Вал».
2. Дважды щелкните мышью по замыкающей линии и разверните поле *Стиль* на панели специального управления. Выберите стиль «Осевая» и подтвердите выбор кнопкой *Создать объект*.
3. Сохраните файл и закройте его.

В седьмой версии линия со стилем «Осевая» получила статус самостоятельной команды. Эта команда находится на инструментальной панели *Обозначения* под названием *Осевая линия по двум точкам*. Для удобства пользования этой командой (она употребляется достаточно часто) мы рекомендуем перетащить ее на инструментальную панель *Геометрия* (*Сервис* → *Настройка интерфейса* → *Команды* → *Категории* → *Обозначения* → *Команды* → *Осевая линия по двум точкам* → выделить и перетащить на предварительно развернутую инструментальную панель *Геометрия*).

1.3. Редактирование чертежа

В процессе разработки чертежа изделия часто приходится вносить различные изменения в конструкцию изделия. Недаром знаменитый авиаконструктор М.Л.Миль утверждал, что конструирование есть бескомпромиссная борьба резинки с карандашом. Для этих целей рассматриваемая система предоставляет весьма удобные и разнообразные средства редактирования чертежа.

1.3.1. Отмена и повтор действий

При выполнении чертежа может возникнуть необходимость отмены только что выполненного действия. Для этого достаточно нажать кнопку *Отменить* на стандартной панели. Система вернет чертеж в то состояние, в котором он был до выполнения последней команды. Для восстановления отмененного состояния (например, команда была введена ошибочно) нужно нажать кнопку *Повторить*. Для отмены нескольких последних команд на кнопку *Отменить* следует нажать соответствующее

число раз. Количество возможных шагов назад определяется настройкой системы: *Сервис* → *Параметры* → *Система* → *Графический редактор* → *Редактирование* → *Количество шагов назад*. Для избежания напрасной траты ресурсов оперативной памяти количество отмен шагов рекомендуется назначать в пределах 15—20 раз.

1.3.2. Выделение объектов

Редактируемая часть чертежа предварительно должна быть указана для последующего действия.

Конструктор, работая с графической системой, располагает самыми разнообразными возможностями для выделения объектов чертежа. Они могут быть выделены как с помощью мыши, так и с помощью команд из меню *Выделить*. Эти же команды могут быть вызваны и кнопками на инструментальной панели. Выделенные объекты отображаются на экране другим цветом, который по желанию пользователя может быть изменен.

Выделение объектов с помощью мыши. Самыми простыми и одновременно очень удобными являются способы выделения объекта с помощью мыши. Два из этих трех способов уже описаны: один — для случая выделения единичного объекта, второй — для поочередного выделения нескольких объектов с помощью мыши и клавиши [Shift]. Выделить сразу несколько объектов можно с помощью прямоугольной рамки. Для этого следует установить курсор в некоторую точку чертежа, нажать левую клавишу мыши и, удерживая клавишу нажатой, начать перемещать курсор по полю чертежа. На экране будет отображаться прямоугольная рамка, следующая за курсором. В момент, когда желаемые для выделения объекты будут заключены в эту рамку, следует отпустить клавишу. Все объекты, целиком попавшие в рамку, будут одновременно выделены.

С выделенными объектами можно производить различные операции: удалять, перемещать, копировать, заносить в буфер обмена и т.д.

Когда объекты слишком близко расположены друг от друга и отдельный выбор их затруднен, следует увеличить масштаб изображения, например, с помощью команды *Увеличить масштаб рамкой*, вызов которой осуществляется нажатием одноименной кнопки, находящейся на панели *Вид*. Работа с этой командой аналогична действиям при выделении объектов с помощью прямоугольной рамки.

Если объекты наложены друг на друга, например положение отрезка совпадает со вспомогательной линией, то в этом случае рекомендуется использовать команду *Перебор объектов* из контекстного меню. Чтобы выделить отрезок, надо по нему щелк-

нуть мышью (но с большей вероятностью выделится вспомогательная линия). Тогда вызовите контекстное меню и после вызова команды *Перебор объектов* произведите повторный выбор отрезка.

Выделение объектов с помощью команд. Выделить самые различные объекты и их комбинации можно с помощью команд, принадлежащих меню *Выделить*. Эти же команды продублированы и на инструментальной панели, вызываемой кнопкой-переключателем *Выделение*.

Команда *Выделить объект* позволяет выделить произвольное количество объектов, для чего достаточно указывать их поочередно курсором и подтверждать выбор левой клавишей мыши.

Команда *Выделить рамкой* выделяет все объекты, целиком попавшие внутрь прямоугольной рамки. Размер рамки определяется указанием двух противоположных точек, расположенных на диагонали прямоугольника.

Команда *Выделить вне рамки* выделяет все объекты, не попавшие целиком в прямоугольную рамку.

Команда *Выделить текущей ломаной* выделяет объекты, пересеченные звеном ломаной линии. При проведении второго и последующих звеньев вновь выделяемые объекты добавляются к уже выделенным.

Команда *Выделить по типу* позволяет выделить объекты чертежа в соответствии с их типом. Выбор осуществляется в диалоговом окне *Выберите один или несколько типов объектов*, появляющемся на экране после вызова команды. Одновременный выбор двух и более типов объектов осуществляется с помощью клавиши [Ctrl] или [Shift].

Команда *Выделить по стилю кривой* аналогична команде *Выделить по типу*.

Команды *Выделить группу*, *Выделить слой* указанием, *Выделить вид* указанием действуют при наличии в чертеже группы, слоя, вида. Подробно эти понятия будут рассмотрены в гл. 3.

Команда *Выделить все* позволяет выделить сразу все объекты, находящиеся на текущем виде чертежа.

Каждую действующую из описанных команд можно отменить простым щелчком мыши в любом месте рабочего поля.

Удаление объектов. Для удаления ненужных объектов стоит только выделить их любым из перечисленных способов и нажать клавишу [Delete].

Чтобы удалить вспомогательные объекты (вспомогательные прямые и точки), их даже не надо выделять. Для их удаления существует самостоятельная команда. Она расположена на панели главного меню в меню *Редактор*, которое содержит список «Удалить». Развернув этот список, можно обнаружить команду *Вспомогательные кривые и точки*, которая предлагает два варианта:

В текущем виде и Во всех видах (последняя будет активной только при наличии не менее двух видов).

Этот же список содержит команды *Содержимое основной надписи*, *Технические требования* и *Неуказанная шероховатость*. Они предназначены для элементов оформления чертежа.

1.3.3. Редактирование чертежа с помощью мыши

Компас-график предоставляет конструктору возможность редактировать объекты, используя только мышь, не прибегая к помощи команд. В этом режиме можно быстро изменить положение характерных точек объекта, откорректировать его параметры, переместить или скопировать объект.

Редактирование характерных точек объекта. Перед редактированием характерных точек объекта (концов отрезка, центра и квадрантов окружности и т.п.) сам объект необходимо выделить, например, щелчком мыши. После этого цвет объекта изменится, а характерные точки отобразятся в виде маленьких черных квадратов — маркеров. Если подвести курсор к одной из характерных точек, например к точке одного из квадрантов окружности, то его вид изменится. Теперь, нажав левую клавишу мыши и перемещая ее в нужном направлении, можно увеличить или уменьшить радиус редактируемой окружности.

Редактирование параметров объекта. Для того чтобы изменить параметры объекта (например, изменить стиль отрезка, его длину, угол наклона и т.д.), надо установить курсор на редактируемый объект и дважды щелкнуть по нему мышью. В строке панели свойств откроются поля с параметрами, соответствующими данному объекту. Далее вводятся новые значения параметров. Процесс редактирования заканчивается командой *Создать объект*.

Перемещение объектов с помощью мыши. Перемещение объектов по полю чертежа выполняется в определенной последовательности:

- выделите объекты, подлежащие перемещению;
- захватите курсором какой-нибудь выделенный объект (но не его характерную точку) и тут же нажмите левую клавишу мыши;
- удерживая клавишу мыши, перетащите изображение на новое место, ориентируясь на фантом перемещаемых объектов;
- отпустите клавишу мыши.

После установки выделенных объектов на новое место на старом месте они будут удалены.

Копирование объектов с помощью мыши. Операцию копирования объектов также выполняют по определенному алгоритму:

- выделите объекты, подлежащие перемещению;
- нажмите клавишу [Ctrl];
- не отпуская клавиши [Ctrl], захватите курсором любой из выделенных объектов и нажмите левую клавишу мыши;

- начните перемещение изображения, удерживая клавишу мыши;
- отпустите клавишу мыши;
- переместите копируемое изображение на место его вставки, ориентируясь на фантом перемещаемых объектов, и зафиксируйте щелчком мыши;
- установите следующую копию (если необходимо) и т.д.;
- после завершения копирования объектов нажмите клавишу [Esc].

Упражнение 1.6. Редактирование чертежа с использованием мыши.

Порядок работы

1. Откройте файл с именем «Вал».
2. Удалите вспомогательные прямые и точки (меню *Редактор* → *Удалить* → *Вспомогательные кривые и точки* → *В текущем виде*).
3. Удалите локальную систему координат (см. подразд. 1.2.3). ЛСК для дальнейших построений вала больше не понадобится.
4. Выполните копию чертежа. Установите ее на любом свободном месте экрана.
Для удобства выполнения дальнейших действий включите режим «Ортогональное черчение» (одноименная кнопка на панели текущего состояния). В дальнейшем при использовании этого режима не забывайте его отключать после того, как в нем отпадет необходимость.
5. Щелчком мыши выделите осевую линию на копии чертежа.
6. Захватите курсором правую характерную точку осевой линии. Не отпуская клавиши, переместите мышью курсор горизонтально вправо на 5 мм (ориентируйтесь на узлы сетки).
7. Прodelайте то же самое с левой точкой осевой линии.
8. Отключите режим «Ортогональное черчение».
9. Сохраните файл.

1.3.4. Редактирование объектов с использованием команд

Команды для редактирования чертежа вызываются из меню *Редактор* [*Операции*] или с помощью соответствующих кнопок на инструментальной панели редактирования.

Редактирование с помощью таких команд, как *Сдвиг*, *Поворот*, *Масштабирование*, *Симметрия*, *Копирование*, требует предварительного выделения изменяемой части чертежа, иначе они не будут активными.

Команды *Сдвиг* и *Поворот*. Команда *Сдвиг* позволяет выполнить сдвиг (перемещение) выделенных объектов чертежа (анало-

гично перемещению объектов с помощью мыши). После вызова команды необходимо указать базовую точку, характерную для выделенной части чертежа (точка пересечения осей, пересечения оси с линией контура детали), а затем ее новое положение. При транспортировке изображения мышью на экране отображается фантом перемещаемых объектов. После указания нового положения базовой точки, выделенные объекты автоматически занимают указанное место на чертеже. На панели свойств в строке параметров объекта можно задать координаты базовой точки или величины сдвига по координатам X и Y .

Упражнение 1.7. Редактирование чертежа с использованием команды *Сдвиг*.

Порядок работы

1. Вернитесь к работе с файлом «Вал».
2. Двойным щелчком мыши выделите осевую линию на копии чертежа. На панели свойств в строке параметров отрезка в поле *Длина* установите величину 110 мм. Дайте команду *Создать объект*.
3. Одним щелчком мыши выделите эту же осевую линию.
4. Вызовите команду *Сдвиг*. Установите курсор на одном из концов осевой линии, ориентируясь на подсказку привязки *Ближайшая точка*.
5. В строке параметров команды *Сдвиг* в поле *Сдвиг X* установите значение сдвига, равное 5 мм (если значение числа положительное, то и сдвига произойдет в положительном направлении оси X). Аналогично установите значение сдвига по оси Y , равное нулю. Закончите работу с командой.
6. Удалите копию чертежа, сохраните файл и закройте его.

Команда *Поворот* позволяет выполнить поворот выделенных объектов чертежа. После вызова команды указывается центр поворота и базовая точка, затем курсор перемещается до достижения нужного положения поворачиваемых объектов. Точное значение угла поворота может быть задано в соответствующем поле на панели свойств.

Команды Масштабирование и Симметрия. Команда *Масштабирование* позволяет изменить размер выделенных объектов чертежа пропорционально заданному коэффициенту в направлении осей координат. Причем коэффициенты масштабирования могут быть заданы различными по осям. После вызова команды в соответствующих полях панели свойств задаются коэффициенты масштабирования (после двойного щелчка мышью в соответствующем поле с клавиатуры вводится значение коэффициента масштабирования). Коэффициент масштабирования может быть больше или меньше единицы, целым или дробным. Операция заканчивается

указанием точки центра масштабирования (обычно произвольная точка в зоне изображения).

Команда *Симметрия* позволяет симметрично отображать выделенные объекты относительно указанной оси. После вызова команды последовательно указываются курсором две точки на оси симметрии или вводятся с клавиатуры их значения в соответствующих полях на панели свойств.

Команда Копия. Команда *Копия* позволяет выполнить копирование выделенных объектов чертежа (аналогично копированию объектов чертежа с помощью мыши). После вызова команды назначается базовая точка для копирования, а затем ее новое положение. После фиксации нового положения базовой точки образуется копия выделенных элементов, а система остается в ожидании задания следующего места для копирования.

С помощью команды *Копирование* можно создавать массивы однотипных элементов, расположенных в определенном порядке. Например, кнопкой *Копия по окружности* (на разворачивающейся панели кнопки *Копирование*) можно создать круговой массив отверстий на фланце. Здесь же размещены кнопки команд *Копия по кривой*, *Копия по концентрической сетке*, *Копия по сетке*.

Команда Деформация сдвигом. Команда *Деформация сдвигом* позволяет выполнить деформацию элементов чертежа. В отличие от предыдущих команд кнопка команды *Деформация сдвигом* всегда активна, потому что выделение элементов чертежа является составной частью команды. После вызова этой команды требуется выделить рамкой элементы чертежа, подлежащие деформации. Затем последовательно задаются базовая точка и ее новое положение.

Иногда удобнее задавать относительные величины перемещений по осям (*Сдвиг X* и *Сдвиг Y*) на панели свойств, а не перемещение базовой точки.

Элементы чертежа, полностью попавшие в рамку выделения, просто сдвигаются на заданную величину. Элементы, частично попавшие в рамку выделения, редактируются таким образом, что их характерные точки, попавшие в рамку выделения, перемещаются на заданное расстояние, а характерные точки, не попавшие в рамку выделения, остаются на прежнем месте. Элементы, не попавшие в рамку выделения, не редактируются.

В группу команд деформации, кроме описанной команды, входят команды *Деформация поворотом* и *Деформация масштабированием*. Работа с этими командами мало чем отличается от работы с предыдущей командой.

Упражнение 1.8. Создание чертежа с использованием команды *Деформация сдвигом* (рис. 1.6).

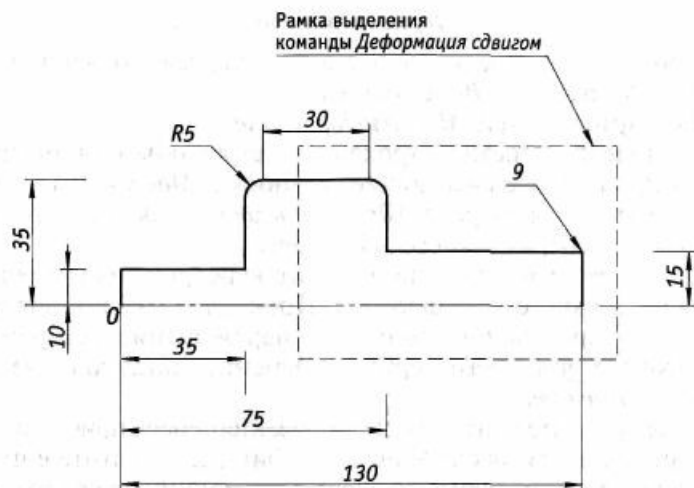


Рис. 1.6. Выполнение чертежа с использованием команды *Деформация сдвигом*

Порядок работы

1. Откройте файл с именем «Вал».
2. Нанесите размеры общей длины изделия (130 мм) и расстояния между точками двух дуг сопряжения (30 мм) (см. рис. 1.6). Для этого на компактной панели активизируйте кнопку *Размеры*. После разворачивания меню выберите команду *Линейные размеры*. Укажите поочередно точки, между которыми следует поставить размер. При необходимости укажите *Тип ориентации линейного размера* на панели свойств.
3. Вызовите команду *Деформация сдвигом* и установите рамку для выделения участка, подвергаемого деформации.
4. Захватив курсором точку 9, переместите ее влево на 30 мм (*Сдвиг X = -30, Сдвиг Y = 0*).
5. Закончите эту часть редактирования изделия, прервав команду.
6. Вновь вызовите команду *Деформация сдвигом*, выделите рамкой буртик детали, не затрагивая горизонтальных линий вала. Захватите точку на середине дуги буртика и переместите ее вверх на 5 мм.
7. Сохраните файл.

Как видно из только что проделанного упражнения, после выполнения команды *Деформация сдвигом* предварительно установленные размеры корректируются автоматически.

Упражнение 1.9. Создание чертежа с использованием команды *Масштабирование*.

Порядок работы

1. Произведите выделение элементов чертежа командой *Выделить все* (*Редактор* → *Выделить все*).
2. Вызовите команду *Масштабирование*.
3. На панели свойств в строке параметров объектов масштабирования произведите следующие установки: *Масштаб X* — введите 0,5; *Режим* — выберите *Удалять исходные объекты*, *Выносные элементы* — выберите *Масштабировать*.
4. Центр масштабирования укажите курсором, например, около правого верхнего угла формата. Произойдет масштабирование чертежа изделия и одновременно его перемещение в сторону верхнего правого угла всего чертежа. Отмените последнее действие кнопкой *Отменить*.
5. Вновь укажите центр масштабирования теперь приблизительно в середине площади масштабируемой фигуры. Обратите внимание на размерные числа элементов чертежа: величина каждого размера автоматически уменьшилась на величину введенного коэффициента (0,5). Прервите команду.
6. Сохраните файл.

По ГОСТ 2.307—68 размерные числа на чертеже вне зависимости от выбранного масштаба должны быть подлинными. Таким образом, чтобы выполнить чертеж в масштабе 1:2, все нанесенные размеры до масштабирования или после него должны быть пересчитаны на действительные. Как выполнить чертеж изделия в определенном масштабе и при этом сохранить истинные значения размеров, описано в гл. 3.

Упражнение 1.10. Создание чертежа с использованием команды *Копия по окружности*.

Порядок работы

1. Удалите нанесенные размеры. Произведите выделение элементов чертежа кроме осевой линии.
2. Используя команду *Симметрия*, дополните изображение вала симметричной нижней частью (рис. 1.7, а).
3. Постройте профильную проекцию вала без изображения осей в соответствии со следующими пунктами упражнения. При определении центра окружностей для профильной проекции воспользуйтесь вертикальной и горизонтальной прямыми.

Внимание. В ГОСТ 2.305—68 дается определение вида как изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Он также устанавливает название шести основных видов: главный вид, вид слева, вид сверху и т.д. В то же время в

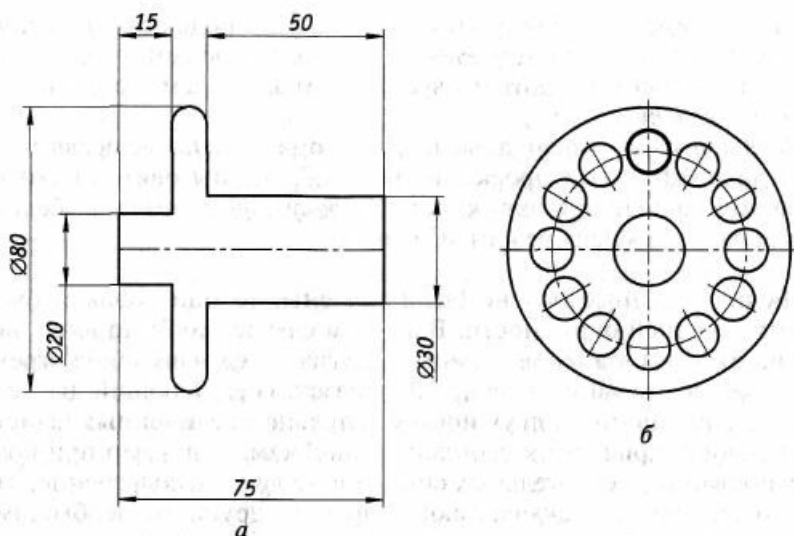


Рис. 1.7. Выполнение чертежа с использованием команд *Симметрия* (а) и *Копия по окружности* (б)

рассматриваемой системе термин «вид» имеет совершенно другое понятие: вид — любое изолированное изображение на чертеже, а не некоторая проекция детали в строгом геометрическом толковании. При открытии нового документа (чертежа) автоматически создается специальный вид с порядковым номером 0. Этот вид называется *системным*. Сейчас вы находитесь в системном виде. Чтобы исключить разночтение, в дальнейшем, где это возможно, мы будем геометрическое понятие «вид» заменять понятием «проекция». Работа конструктора с использованием видов подробно рассмотрена в гл. 3.

4. Проведите окружность радиусом 27,5 мм (окружность центров будущих крепежных отверстий) и замените ее стиль *Основная* опцией *Стиль* (на панели свойств) на стиль «Осевая». Проведите вертикальную вспомогательную прямую через центр этой окружности.

5. С центром в точке пересечения осевой и вертикальной линий проведите окружность радиусом 6 мм (на рисунке эта окружность изображена стилем «Утолщенная»).

6. Постройте для окружности $R = 6$ мм вертикальную осевую линию.

7. Выделите окружность с осевой линией и вызовите команду *Копия по окружности*. Установите в полях строки параметров команды на панели свойств следующие значения: количество копий — 12,

режим — «Вдоль всей окружности». Следуйте подсказке *Укажите центр копирования по окружности* в строке сообщений. Если появившийся фантом соответствует вашим замыслам, то дайте команду *Создать объект*.

8. Удалите две вертикальные и две горизонтальные осевые линии на профильной проекции (рис. 1.7, б). Вызовите двойным щелчком на внешней окружности *Строку параметров* и выберите для параметра «Оси» режим «С осями».

Если указанные оси не были удалены, то они совпали бы с осями внешней окружности. В данном случае это было лишь некорректное выполнение задачи. В других же случаях такие огрехи (наложение линий друг на друга, отрезок, соединяющий две точки, но состоящий из двух последовательно соединенных частей, и др.) могут привести к серьезным ошибкам, например при конструировании твердотельных объектов. Если есть подозрение, что несколько линий накладываются друг на друга, то необходимо произвести проверку. Для этого нужно выделить сомнительное место любым из указанных способов и выполнить команду *Удалить*.

Будет удалена только одна из линий, однако на экране будут отсутствовать все выделенные до этого изображения. После команды *Обновить изображение* оставшиеся дубликаты удаляемой линии появятся на экране. Эта последовательность (*Удалить* → *Обновить*) продлевается до тех пор, пока после команды *Обновить изображение* на экране больше не появится изображения удаляемой линии. После этого надо дать команду *Отменить* для отмены последнего удаления.

9. Сохраните файл и закройте его.

1.3.5. Команды для выполнения конструктивных элементов

Следует сразу отметить, что разделение команд, например расположенных на панели *Геометрия*, очень условно. Уже описанные команды можно отнести к командам, предназначенным для создания проекционного чертежа. Другие команды, которые предстоит изучить, служат для оформления этого чертежа как некоторого конструкторского документа, например команды *Фаска*, *Скругление*, *Штриховка*.

Команды, размещенные на панели *Редактирование*, *Усечь кривую*, *Выводить по границе*, *Разбить кривую* отличаются от других команд, находящихся на этой панели, тем, что работают с отдельными примитивами, а не с объектами.

Команда *Фаска*. Для построения фаски (пересечение двух пересекающихся прямых отрезком третьей прямой) служит команда

Фаска, а для ее вызова одноименная кнопка на инструментальной панели *Геометрия*.

Существуют два варианта задания фаски: по длине одной стороны фаски и углу, по длинам фаски на первом и втором элементах. Для выбора способа задания фаски служит левый переключатель в строке параметров фаски на панели свойств. В соответствии с его положением изменяются и названия полей в строке параметров фаски.

При задании фаски по длинам на каждом элементе задается ее длина на первом и втором элементах, а затем указываются соответствующие элементы.

При задании фаски по длине и углу задается в полях ее длина и угол, а затем указываются сами элементы в любом порядке.

В строке параметров фаски отображаются также две кнопки-переключателя, с помощью которых можно управлять видом фаски после построения. Эти кнопки определяют, нужно или нет выполнять стирание (усечение) остающихся после построения фаски частей первого и второго элементов. Когда необходимо нанести фаски на углах объекта, не состоящего из отдельных отрезков, а объединенного в единое целое (к объектам такого типа относятся ломаная, а также контур и многоугольник), используется команда *Фаска на углах объекта*. Кнопка для вызова этой команды расположена на разворачивающейся панели *Фаска*. Кнопка будет активной лишь после выполнения команды *Прямоугольник* (или *Многоугольник*). После вызова команды *Фаска на углах объекта* в строке параметров кроме известных уже полей для задания параметров фаски появится кнопка-переключатель, изменяющая режим построения. В одном ее положении фаска строится на одном указанном угле, а в другом — на всех углах контура одновременно.

Команда *Скругление*. Для сопряжения двух пересекающихся геометрических примитивов дугой окружности служит команда *Скругление*, а для ее вызова одноименная кнопка на инструментальной панели *Геометрия*.

Работа с ней полностью аналогична работе с командой *Фаска*.

Команда *Штриховка*. Наиболее утомительная и монотонная процедура при работе на кульмане — выполнение штриховки. При работе же с системой Компас нужно только указать границу и параметры штриховки, и система заштрихует указанную область. Границу штриховки система определяет автоматически по указанной точке внутри штрихуемой области. Такой режим является режимом по умолчанию, однако можно задавать границу штриховки и вручную. Автоматический способ задания границ применяется, когда уже существует замкнутая граница из созданных ранее элементов, ограничивающая штрихуемую область.

Для вызова команды *Штриховка* служит одноименная кнопка на инструментальной панели *Геометрия*.

После вызова команды штриховки в строке параметров штриховки следует задать шаг штриховки в поле *Шаг* и угол наклона штриховки в поле *Угол*.

В поле *m* задаются координаты точки, через которую проходит одна из линий штриховки (по умолчанию 0.0; 0.0). Если ввести в это поле другое значение, то произойдет некоторый сдвиг штриховки. На рис. 1.8 показано, как изменяется вид штриховки при изменении только одного параметра в поле *m*: на рис. 1.8, *a* изображена штриховка по умолчанию ($m = 0$), на рис. 1.8, *б* — штриховка со смещением по оси *X* ($m = 3$).

В поле *Цвет* можно сменить цвет штриховки, а в поле *Стиль* можно выбрать нужный стиль штриховки вплоть до сплошной заливки всей области. Область штриховки должна быть ограничена сплошной основной линией.

После введения необходимых значений параметров и установки стиля и цвета штриховки нужно указать курсором точку внутри штрихуемой области и щелкнуть левой клавишей мыши. Система автоматически определит возможную ближайшую границу, внутри которой указана точка, и создаст фантомное изображение рисуемой штриховки. После этого следует зафиксировать штриховку, нажав кнопку *Создать объект* на панели специального управления, если назначенные параметры и стиль штриховки, а также место ее положения оказались удовлетворительными. Если установленная системой граница штриховки не удовлетворяет требованиям или вообще не найдена, то ее можно задать вручную с помощью кнопок на панели специального управления. Случаи, когда система не может самостоятельно определить границы штрихуемой области, возникают в основном по вине пользователей. Это, во-первых, незамкнутый по невнимательности контур области штриховки, во-вторых, неправильная последовательность действий при выполнении штриховки, в-третьих, область штриховки ограничена не основной линией.

Для перехода на ручное указание контура следует воспользоваться кнопкой *Ручное рисование границ*, нажав которую, последовательно вводите точки контура, который ограничит будущую область штриховки. При этом замыкание области осуществляется автоматически. После того как граница нарисована, нажмите кнопку *Создать объект* на панели специального управления. Убедитесь в правильности других параметров штриховки, если необходимо,

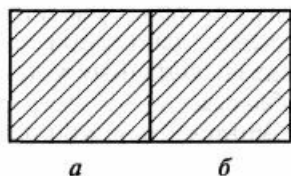


Рис. 1.8. Штриховка со сдвигом:

a — штриховка по умолчанию; *б* — штриховка со смещением по оси *X*

отредактируйте их. Зафиксируйте свой выбор повторным нажатием кнопки *Создать объект*.

Другой вариант ручного задания границы области штриховки осуществляется с помощью команды *Обход границы по стрелке*. Вызвав команду одноименной кнопкой, можно задать границу, последовательно обходя пересекающиеся между собой геометрические элементы. Для этого надо указать курсором произвольную точку вблизи любого геометрического элемента, принадлежащего контуру.

Точка может быть установлена с любой его стороны. На экране появятся фантомное изображение первого участка контура (поверх исходного элемента) и стрелка, указывающая предложенное системой направление дальнейшего обхода контура. Для перебора возможных направлений дальнейшего движения нажмите клавишу [Пробел]. Для подтверждения выбора направления нажмите клавишу [Enter], после чего система переместит стрелку в следующий узел пересечения и так до замыкания контура. В случае неправильного выбора можно вернуться на шаг назад, используя комбинацию клавиш [Shift] + [Enter].

Во время действия команды *Обход границы по стрелке* на панели специального управления появляются несколько кнопок, с помощью которых также можно осуществлять выбор направления обхода и переход к следующему узлу:

- Следующее направление;
- Предыдущее направление;
- Шаг на сегмент вперед;
- Шаг на сегмент назад.

Упражнение 1.11. Создание чертежа с использованием команд *Фаска* и *Штриховка* (рис. 1.9).

Порядок работы

1. Откройте файл с именем «Вал».
2. Выполните с обоих торцов вала фаски $2 \times 45^\circ$ (см. рис. 1.9) и дополните изображение на профильной проекции окружностью левой фаски.
3. Нанесите размер фаски. Для этого:
 - разверните окно *Задание размерной надписи* (щелкнув мышью по размерной надписи поля *Текст*) после того, как будет вызван фантом размера фаски. Установите курсор в поле *Текст после* и щелкните по кнопке $\times 45^\circ$;
 - щелкните по кнопке с изображением знака ». Развернется дополнительное поле *Текст под размерной надписью*. Наберите с клавиатуры *2 фаски*. Нажмите *ОК*.
4. Начертите заготовку для отверстия на правой шейке вала. Для этого:

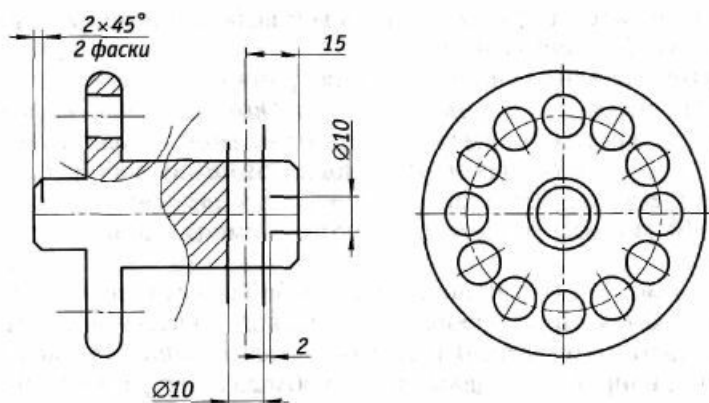


Рис. 1.9. Выполнение чертежа с использованием команд *Фаска* и *Штриховка*

- воспользуйтесь командой *Осевая линия по двум точкам*. Проведите вертикальную осевую линию для будущего отверстия;
- обозначьте контуры вертикального отверстия двумя параллельными линиями;
- выполните контуры горизонтального отверстия. Образующие отверстия не должны доходить до правой образующей вертикального отверстия (зазор 1...2 мм);
- для обозначения линии обрыва начертите линию обрыва, используя команду *Кривая Безье*;
- так как линия обрыва изображается тонкой линией, то смените стиль кривой. С помощью клавиши [Shift] выделите обе кривые линии, затем из меню *Сервис* выберите *Изменить стиль* и установите новый стиль для помеченных кривых.

5. Вызовите команду *Штриховка*. Установите шаг штриховки равным 2 мм. Щелкните мышью в области между линией отверстия и линией обрыва: штриховка пересекла линию обрыва и заполнила область до буртика вала. Отмените заданную команду. Ошибка произошла из-за того, что контур области штриховки должен быть ограничен основными линиями. В данном случае одна из линий контура — кривая Безье — изображена тонкой линией. Эту задачу можно решить двумя способами: либо временно установить стиль для кривой «Основная», либо воспользоваться командой *Обход границы по стрелке*. Разберем второй вариант.

Вновь вызовите команду *Штриховка*. Воспользуйтесь режимом «Обход границы по стрелке» на панели специального управления. Щелкните мышью вблизи кривой линии. Появится зеленая стрелка и фантом ее траектории до ближайшего пересечения линий (узла). Управляя движением стрелки с клавиатуры или при помо-

щи кнопок на панели специального управления, добейтесь необходимого результата (граница штриховки будет отображаться пунктирной линией).

6. Заштрихуйте участок вала справа от вертикального отверстия и выше горизонтального. Можно сразу сказать, что попытка окажется неудачной. Откажитесь от выполнения команды. Ошибка заключается в том, что площадь штриховки ограничена незамкнутым контуром. Оставьте область незаштрихованной.

7. Начертите на свободном месте ломаную незамкнутую линию. Вызовите команду *Ручное рисование границ* на панели специального управления. Указывая мышью характерные точки (можно также указывать любые точки, принадлежащие звеньям этой линии), обойдите все звенья ломаной линии. Закончите обход командой *Создать объект*. Вся площадь, заключенная в указанных границах, будет заштрихована. Вновь надо дать команду *Создать объект*.

Такую же операцию можно проделать с кривой любой конфигурации. Этим способом можно исправить ошибку, допущенную нами в предыдущем пункте упражнения.

8. Сохраните файл и закройте его.

1.3.6. Команды редактирования элементов объекта

Достаточно часто при редактировании чертежа возникает необходимость удалить элемент не целиком, а только какую-то его часть или, наоборот, надо удлинить элемент. Команды, осуществляющие такие функции, вызываются с помощью соответствующих кнопок на инструментальной панели *Редактирование*.

Команда *Усечь кривую*. Команда позволяет удалять части кривой (прямой), ограниченной точками пересечения с другими объектами.

После вызова команды надо указать курсором объект, подлежащий редактированию (выбранный объект при этом изменит цвет), затем участок, подлежащий удалению. В строке параметров команды *Усечение* находится кнопка-переключатель режима *Удалить/Оставить участок*, в зависимости от положения которого указанный участок удаляется или остается. Границей удаления в первом случае будут ближайшие точки пересечения редактируемого участка кривой с другим объектом, а во втором случае — все точки пересечения редактируемой кривой с другими объектами (остается только указанный участок кривой).

На рис. 1.10 отображен результат действия команды *Усечь кривую* при разном положении переключателя и указании участка прямой внутри окружностей.

Команда *Усечь кривую по двум точкам*. Команда предназначена для удаления части объекта, ограниченной двумя явно заданными точками.

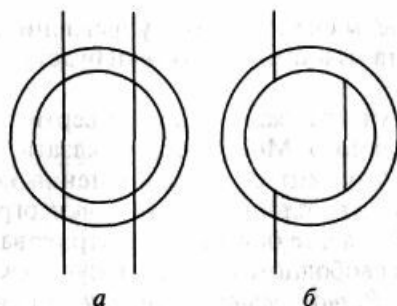


Рис. 1.10. Пример усеечения отрезков:

а — исходное изображение; *б* — результат усеечения

Предварительно указав объект, подлежащий редактированию, надо последовательно указать на объекте две точки, между которыми будет удалена или оставлена часть кривой в зависимости от положения переключателя режима *Удалить/Оставить участок* в строке параметров команды. Точки границы удаления не обязательно ставить на самой кривой. Их можно ставить в любом месте. Границей будет считаться проекция этой точки на редактируемую кривую.

Команда *Выровнять по границе*. Использование команды позволяет выравнивать несколько объектов по предварительно указанной границе (некоторой линии).

Указав границу выравнивания, последовательно указывайте на объекты, подлежащие продлению или усечению (указание следует производить по одну сторону от границы).

При необходимости сменить границу выравнивания в процессе действия команды достаточно вызвать команду *Указать заново*, кнопка которой находится на панели специального управления. Эта функция также действует при использовании команд *Усечь кривую двумя точками* и *Разбить кривую*. Пример использования команды представлен на рис. 1.11.

Команда *Разбить кривую*. Иногда возникает необходимость в разбиении отрезка на два или более участка. Для операции разбиения отрезка на два неравных участка служит команда *Разбить кривую*, если требуется разбить кривую на два или более равных участка, то применяется команда *Разбить кривую на N частей*.

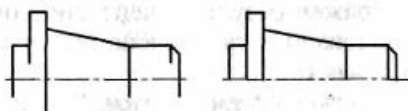


Рис. 1.11. Пример выравнивания концов отрезков по границе

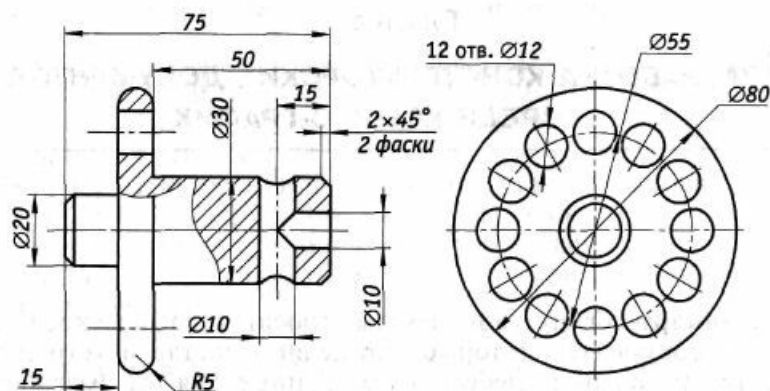


Рис. 1.12. Выполнение чертежа с использованием команд
Усечь кривую и *Вывести по границе*

Упражнение 1.12. Создание чертежа с использованием команд *Усечь кривую* и *Вывести по границе* (рис. 1.12).

Порядок работы

1. Откройте файл с именем «Вал».
2. Приведите изображение чертежа вала в соответствие с чертежом, изображенным на рис. 1.12.
3. Нанесите размеры.
4. Сохраните файл и закройте его.

В заключение следует отметить, что даже после первого знакомства с основными возможностями системы Компас-график становится очевидной простота взаимодействия пользователя с ней. Методика построения ортогональных проекций практически аналогична работе конструктора за кульманом. Описанные сервисные возможности системы также не противоречат уже устоявшимся действиям конструктора при разработке конструкторских документов, хотя и значительно облегчают его работу. Из-за этого процесс проектирования с использованием компьютерных технологий стал отождествляться с работой за кульманом, но электронным. Если пользователь будет перекладывать только обычные приемы работы с карандашом, резинкой и бумагой на работу компьютера, то эффективность использования данной системы будет минимальной.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ В СРЕДЕ КОМПАС-ГРАФИК

К конструкторским документам относятся графические и текстовые документы, которые определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, а также его контроля, эксплуатации и ремонта.

Выполнение любого чертежа начинается с построения его ортогональных проекций.

В этот момент определяется количество необходимых проекций и формат чертежа.

Если изначально будет неправильно выбрано количество проекций и дополнительных изображений (местных видов, разрезов и сечений), то, как правило, будет неудачным и выбор формата.

В обычных условиях работы (за кульманом) такая ошибка может привести к повторному выполнению работы.

Графический редактор Компас полностью снимает с конструктора эту заботу, так как вычерчивание можно начинать с любого места листа любого формата и только после завершения разработки конструкторского документа выбрать формат и окончательно скомпоновать чертеж.

2.1. Чертеж детали

Чертеж детали — основной конструкторский документ для детали — содержит изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Чертежи деталей в общем случае разрабатываются на основании уже имеющейся конструкторской документации: чертежа общего вида и сборочного чертежа (при проектировании несложной технологической оснастки, такой как станочные приспособления, штампы, допускается пропускать стадию проектирования и сразу выполнять сборочный чертеж).

Так как у нас еще нет никаких документов, то чертежи деталей будем создавать по предложенным образцам и лишь затем перейдем к выполнению сборочного чертежа.

2.1.1. Методика создания чертежа

Методика создания графических документов в Компас-график немногим отличается от выполнения чертежей на кульмане. Подчеркнем, что здесь речь идет только о методике создания графических изображений.

На рис. 2.1 изображен фрагмент чертежа направляющего цилиндра. Требуется выполнить этот чертеж вновь, причем предварительно надо вычертить только контуры изделия и нанести осевые линии для резьбовых отверстий. Рассмотрим два способа выполнения чертежей.

Упражнение 2.1. Выполнение рабочего чертежа направляющего цилиндра (создание контура изделия) (рис. 2.2).

Порядок работы

Способ 1. Создание чертежа с использованием сетки, ЛСК, примитивов (рис. 2.2, а).

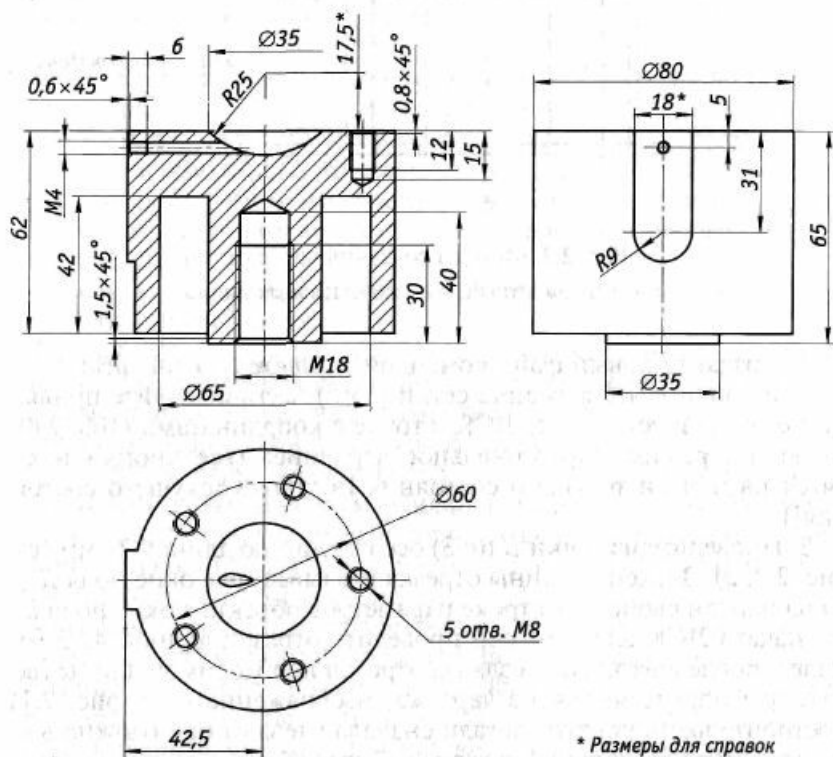


Рис. 2.1. Фрагмент чертежа направляющего цилиндра

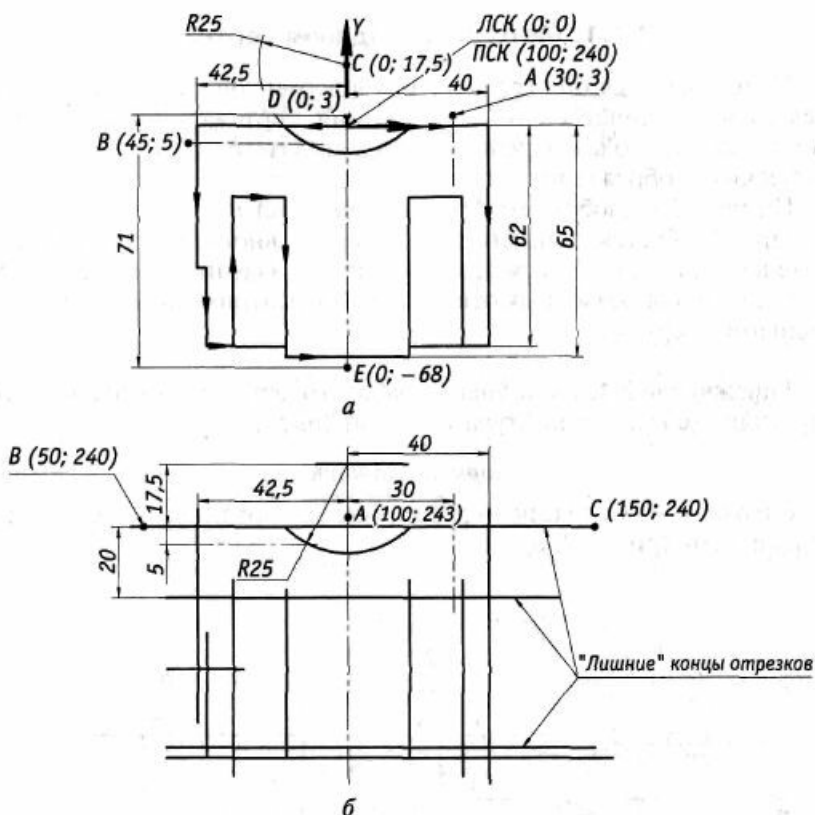


Рис. 2.2. Методы создания чертежа:
а — координатный; б — параллельных линий

1. Создайте новый файл командой *Чертеж [Новый лист]*.
2. Включите изображение сетки (5×5), активизируйте привязку *По сетке* и установите ЛСК в точке с координатами (100; 240). Включите режим «Ортогональное черчение» (все кнопки находятся на панели текущего состояния [в строке текущего состояния]).
3. Проведите из точки $D(0; 3)$ осевую линию длиной 71 мм (см. рис. 2.2, а). Значение длины отрезка указывается в окне поля *Длина* на панели свойств [в строке параметров объекта в окне поля *ln*]. Из начала ЛСК влево от оси проведите отрезок длиной 42,5 мм. Далее, последовательно создавая отрезки необходимой длины (все размеры определяются из чертежа, изображенного на рис. 2.1), постройте часть контура детали сначала слева от оси (можно воспользоваться командой *Непрерывный ввод объектов*), затем справа. Для построения некоторых линий справа (не имеющих стрелок,

указывающих направление построения) можно воспользоваться командой *Симметрия* (панель *Редактирование*).

4. Проведите вертикальную ось из точки *A* (30; 3), затем горизонтальную ось из точки *B*, определив ее координаты по чертежу.

5. Отключите режим «Ортогональное черчение». Проведите дугу радиусом 25 мм из точки *C* (0; 17,5).

С п о с о б 2. Контур фронтальной проекции детали выполнен. Теперь создадим чертеж с использованием параллельных линий, образующих контур детали (рис. 2.2, б).

1. Включите режим «Ортогональное черчение».

2. Проведите вертикальную осевую линию из точки *A* (100; 243) в абсолютной СК длиной 70 мм.

3. Ниже точки *A* на 3 мм проведите горизонтальную прямую произвольной длины, например, из начальной точки *B* (50; 240) до точки *C* (150; 240).

4. Используя эту прямую как базовый отрезок для команды *Параллельный отрезок*, проведите ряд параллельных линий произвольной (но разумной) длины, которые в дальнейшем после редактирования составят контур проектируемой детали.

5. Таким же образом проведите относительно осевой линии ряд параллельных отрезков.

6. Используя команду *Усечь кривую* (панель *Редактирование*), удалите лишние для будущего чертежа концы отрезков. Если при проведении параллельных линий какой-то отрезок оказался короче и не образовал необходимого пересечения, то для получения необходимой точки пересечения используйте команду *Выровнять по границе*.

7. Отключите режим «Ортогональное черчение». Проведите дугу радиусом 25 мм.

В результате должен получиться чертеж, аналогичный чертежу, построенному ранее.

Приведенные примеры показывают, что методика построения графических изображений с использованием Компас-график при создании конструкторских документов практически ничем не отличается от работы конструктора за кульманом.

8. Создайте папку «Амортизатор 1» и сохраните в ней один из созданных файлов под именем «Цилиндр направляющий». Для этого:

- выполните профильную и горизонтальную проекции детали (см. рис. 2.1) без изображения резьбовых отверстий (выполняются только контурные и осевые линии;

- так как проекции не разместить на имеющемся формате А4, то надо выбрать больший формат. Для этого вызовите контекстное меню и выберите из его списка *Параметры текущего чертежа*. В диалоговом окне *Параметры* разверните группу *Параметры листа*, выберите *Формат* и установите необходимые параметры (формат А3 с горизонтальной ориентацией).

9. Сохраните файл и закройте его.

2.1.2. Менеджер библиотек Компас

На практике конструктор в своей работе постоянно вычерчивает всевозможные стандартные изделия (крепежные изделия, сортамент металлопроката, подшипники), а также стандартные конструктивные элементы (проточки, отверстия, шпоночные пазы), различные типовые изделия (втулки, валы, крышки и т.д.). При этом ему каждый раз приходится сверяться со справочной литературой. Все это отнимает много времени и отвлекает от основной задачи — создания нового качественного изделия. Неопеченимую помощь в освобождении конструктора от рутинной и утомительной работы предоставляют встроенные в Компас различные библиотеки, которыми управляет Менеджер библиотек.

Вызов библиотек и их содержание. Для того чтобы вызвать конкретную библиотеку, достаточно щелкнуть по кнопке с пиктограммой *Менеджер библиотек* на стандартной панели [панели управления]. Сразу после этого появится панель *Менеджер библиотек Компас*.

В ее левой части находится перечень разделов библиотек в виде папок, после выбора одной из них (например, «Машиностроение») в правой части панели раскрывается содержание выбранной папки. Выбор одного из пунктов содержания, например *Конструкторская библиотека*, двойным щелчком мыши приводит к подключению этой библиотеки и открытию соответствующего окна, из которого и извлекается требуемая в данный момент библиотечная единица. Если после подключения библиотеки на экране не появилось окно выбора единиц хранения, то надо вызвать контекстное меню и выбрать из него команду *Режим работы → Диалог*.

Количество одновременно открытых библиотек не ограничено. Их имена помещаются в меню *Библиотеки* на панели главного меню.

Для того чтобы закрыть одну из библиотек, помещенных в меню *Библиотеки*, достаточно в менеджере библиотек привести в пассивное состояние флажок рядом с названием этой библиотеки.

Использование разделов библиотек. Щелчок по папке «Машиностроение» открывает перечень ряда библиотек, в который входит и *Конструкторская библиотека*. Здесь же находится *Библиотека крепежа*. В этой библиотеке содержатся твердотельные модели крепежных элементов, поэтому в Компас-график она не работает. В папке «Прочие» находится *Прикладная библиотека Компас*.

После выхода из окна *Менеджер библиотек* выбранные библиотеки переходят, как было только что сказано, в подключенный к работе режим. В дальнейшем при возникновении необходимости в повторном вызове уже открытых библиотек их можно извлекать непосредственно из меню *Библиотеки*.

В Конструкторскую библиотеку входят стандартные изделия: крепежные изделия для разъемных соединений деталей машин (болты, винты, гайки), для неразъемных соединений (заклепки), подшипники качения (шариковые, роликовые), профили (катаные и гнутые), различные конструктивные элементы (проточки, канавки).

Прикладная библиотека Компас содержит изображения всевозможных отверстий (сквозных, глухих, гладких, резьбовых), поверхностей вращения и т.д.

Упражнение 2.2. Выполнение рабочего чертежа направляющего цилиндра (использование прикладной библиотеки Компас).

Порядок работы

1. Откройте папку с файлом «Цилиндр направляющий».
2. На главном виде выполните изображение глухого резьбового отверстия М18 (рис. 2.3). Для этого вызовите прикладную библио-

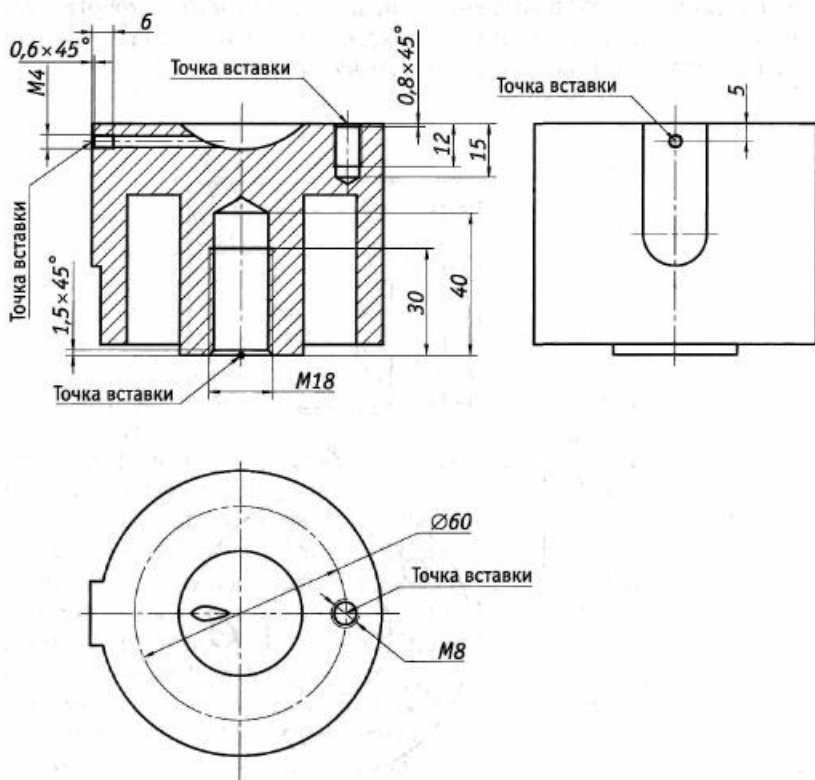


Рис. 2.3. Использование библиотечных элементов

теку Компас (папка «Прочие»). В папке «Резьбовые отверстия» из перечня резьбовых отверстий выберите *Глухое отверстие* и двойным щелчком откройте окно *Отверстие резьбовое глухое с фаской*. В диалоговом режиме назначьте параметры этого отверстия. От предложения *Ось рисовать* следует отказаться, так как ось на чертеже уже имеется. Установите фантом изображения глухого отверстия на главном виде, указав точку вставки и задав на панели свойств угол поворота (-90°).

3. Изобразите резьбовое отверстие М4 на главном виде, а затем на виде слева. Для изображения отверстия на главном виде выберите из перечня отверстий *Сквозное отверстие с фаской* и придайте ему длину нарезанной части 6 мм. Продлите основные линии отверстия до сферы (команда *Выровнять по границе*). Проведите линию ограничения длины резьбы. Для изображения отверстия на виде слева выберите из перечня надпись *Внутренняя резьба*. Придав отверстию требуемое значение, вставьте его в чертеж.

4. Изобразите на главном виде резьбовое отверстие М8.

5. На виде сверху изобразите это же резьбовое отверстие.

6. На виде сверху выполните линию пересечения сферы с цилиндром по четырем опорным точкам, используя команду *Кривая Безье* (инструментальная панель *Геометрия*).

7. Выполните штриховку.

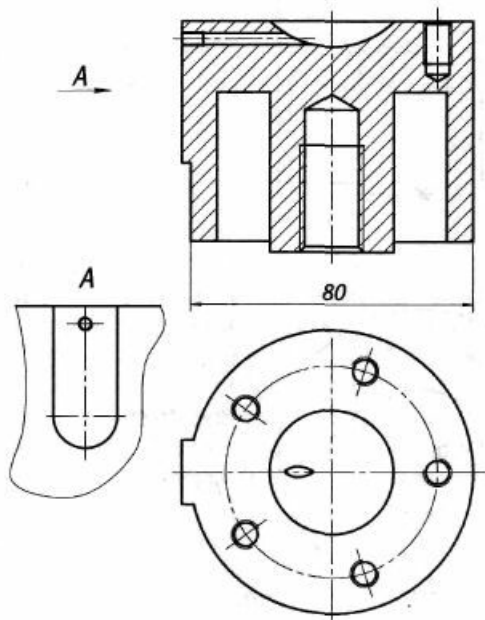


Рис. 2.4. Создание местного вида

8. Сохраните файл.

Кроме изображения основных видов ГОСТ 2.305—68 предусматривает изображения отдельных ограниченных мест поверхности предмета — местных видов. Так как профильная проекция направляющего цилиндра содержит необходимую информацию только об очертании бобышки, то вполне уместно заменить эту проекцию местным видом и поместить его на чертеже в любое удобное место.

9. Из профильной проекции образуйте местный вид на бобышку (например, используя команду *Усечь кривую*). Для этого:

- на панели переключений откройте страницу инструментальной панели *Обозначения* (щелкните по одноименной кнопке), затем нажмите кнопку *Стрелка взгляда*. В том месте, где необходимо установить стрелку взгляда, последовательно укажите начало стрелки, ее конец и место расположения буквенного обозначения (буквенные обозначения по умолчанию присваиваются автоматически в порядке алфавита);

- переместите созданный местный вид в то место чертежа, которое указано на рис. 2.4;

- командой *Копия по окружности* выполните на виде сверху недостающие резьбовые отверстия;

- измените формат чертежа с А3 на А4.

10. Сохраните файл и закройте его.

2.1.3. Оформление чертежей

Компас-график — это система, предназначенная не просто для рисования геометрических изображений. Она создана для выпуска конструкторской документации в строгом соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Поэтому в системе кроме команд ввода геометрических объектов предусмотрен большой набор команд, обеспечивающий быстрое и удобное оформление конструкторской документации. К нему относятся средства для создания текстов, таблиц, размеров, допусков формы и расположения поверхностей, обозначений баз, линий выносок и т.д.

Все команды, обеспечивающие создание объектов оформления, вызываются с помощью кнопок инструментальной панели *Обозначения* [*Размеры и технологические обозначения*]. Нанесение размеров на чертеж осуществляется с помощью команд, расположенных на инструментальной панели *Размеры* [*Размеры и технологические обозначения*]. Работа с этими панелями ничем не отличается от работы с уже описанными инструментальными панелями *Геометрия* и *Редактирование*.

Кроме перечисленных команд к объектам оформления можно отнести такие элементы чертежа как технические требования, основная надпись, неуказанная шероховатость.

Нанесение размеров. Компас-график позволяет наносить все типы размеров, предусмотренные ЕСКД. Принципы ввода и оформления едины для всех типов, поэтому подробно будет рассмотрено нанесение только линейного размера.

Для точного нанесения размеров должны быть включены глобальные привязки (как правило, *Ближайшая точка* и *Пересечение*).

Для нанесения линейного размера служит команда *Линейный размер*, вызываемая одноименной кнопкой на инструментальной панели *Размеры*.

После вызова команды *Линейный размер* задают последовательно две базовые точки (точки начала выносных линий), а затем точку положения размерной линии, которая также определяет размещение размерной надписи. После задания первых двух точек на экране будет отображаться фантом размера. Одновременно в строке *Размер* на панели свойств будут указаны координаты заданных точек, а в поле *Текст* — истинный размер объекта. С помощью находящихся там же трех кнопок поля *Тип* (*Параллельно объекту*, *Горизонтальный*, *Вертикальный*) можно управлять положением размерной линии.

По умолчанию будет создаваться размер *Параллельно объекту*, т. е. размерная линия будет параллельна линии, проходящей через базовые точки размера. Для включения нужного варианта простановки размера надо нажать соответствующую кнопку.

Для редактирования размерной надписи щелкните мышью по полю *Текст*, и на экране появится диалоговое окно *Задание размерной надписи*. С помощью этого диалога можно дополнить предложенный системой размер, например поставить до размера знак диаметра, радиуса или обозначение резьбы и сформировать любой текст размерной надписи как до, так и после него (например, 2 отв. Ø 10; 2×45°). Само значение размера также можно изменить. Кроме того, можно сформировать текст в две строки. Для этого надо щелкнуть по правой нижней кнопке и вызвать дополнительное окно *Текст под размерной строкой*.

Для оформления изображения размера (тип стрелки, размер на полке и т. д.) служит вкладка *Параметры* на панели свойств (диалоговое окно *Задание параметров линейного размера*).

Рассмотрим установку нестандартных параметров элементов для оформления размера с помощью переключателей параметров.

Переключатель *Выносная линия 1* (или 2) позволяет не изображать выносную линию слева (или справа). С помощью переключателя *Стрелка 1* (или 2) можно установить различное окончание стрелок как слева, так и справа. Переключателем *Размещение текста*, кроме автоматической установки текста, можно располагать его в ручном режиме или на полке.

В поле *Зазор/Длина* можно установить величину расстояния от контура детали до начала выносной линии (зазор) или длину самой выносной линии (в этом случае величина зазора определяется системой).

Иногда выносные линии линейного размера приходится располагать под наклоном к контуру детали (например, из-за недостатка места). Для этого необходимо:

- после вызова команды *Линейный размер* отжать на панели специального управления кнопку *Автосоздание объекта*;
- ввести все три базовые точки (размер полностью определен);
- нажать кнопку *Параллельно объекту* в строке *Размеры* панели свойств;
- нажать на панели специального управления кнопку *Наклонить размер*;
- перетащить курсором отображаемые на экране характерные точки в нужное положение;
- отжать кнопку *Наклонить размер*;
- зафиксировать размер, нажав на панели специального управления кнопку *Автосоздание объекта*.

Упражнение 2.3. Выполнение рабочего чертежа направляющего цилиндра (нанесение размеров на чертеже).

Порядок работы

1. Откройте папку «Амортизатор 1» и вызовите файл с именем «Цилиндр направляющий».
2. Нанесите размеры, ориентируясь на чертеж, изображенный на рис. 2.1.
3. Сохраните файл.

После нанесения всех размеров становится очевидным, что с выбором формата чертежа мы явно поторопились. Уже сейчас поле формата заполнено практически полностью (рекомендуется заполнять поле чертежа на 70...80 %, иначе трудно воспринимать информацию), а еще на чертеже необходимо указать шероховатость поверхностей, допускаемые отклонения формы и т.д. Учитывая это, формат чертежа следует выбирать в конце процесса проектирования изделия.

Нанесение квалитетов и отклонений. В том же диалоговом окне *Задание размерной надписи* имеются поля *Квалитет* и *Отклонения*. Чтобы квалитет или величина допустимых отклонений наносились одновременно с нанесением размера, надо изменить настройку системы (по умолчанию эти опции отключены). Для этого надлежит проделать следующий путь: *Сервис* → *Параметры* → *Система* → *Графический редактор* → *Параметры новых размеров* → *Вписывать в надпись* → *Активизировать соответствующий флажок*

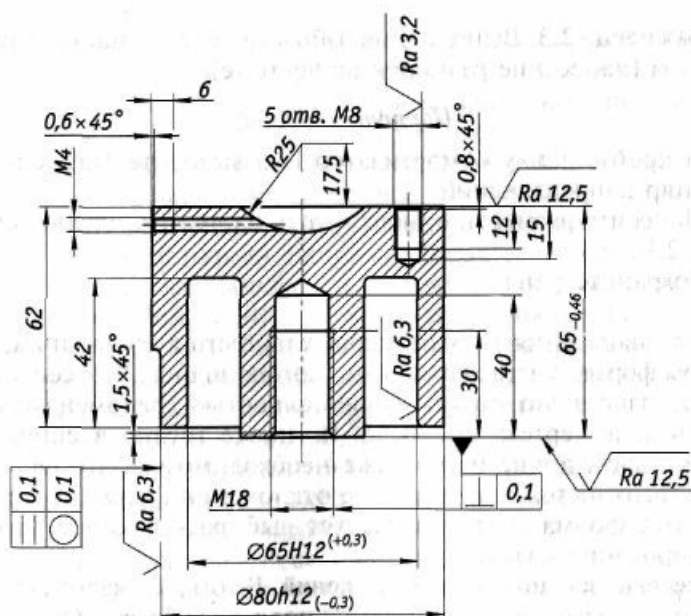
(флажки). Теперь, нажав на клавишу *Квалитет*, можно вызвать окно *Выбор квалитета*. После выбора системы, в которой будут указываться размеры (система вала или отверстия), можно задать необходимый квалитет или по заданным отклонениям он будет подобран автоматически.

Упражнение 2.4. Выполнение рабочего чертежа направляющего цилиндра (рис. 2.5) (нанесение на чертеже необходимых квалитетов и отклонений).

Порядок работы

1. Установите условно для нескольких размеров (см. рис. 2.5) величины допускаемых отклонений от их номиналов.
2. Сохраните файл.

Нанесение технологических обозначений и знаков шероховатости. На инструментальной панели *Обозначения* расположены кнопки вызова команд, обеспечивающих нанесение следующих технологи-



1. Неуказанные размеры литейных радиусов: наружных не более 3 мм; внутренних не более 5 мм.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров

$$H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$$

Рис. 2.5. Фрагмент чертежа направляющего цилиндра

ческих обозначений на чертеже: шероховатость, база, линии выноски, клеймения, маркировки, обозначение позиций, допуск формы, линия разреза, стрелки направления взгляда. Пиктограммы на кнопках соответствуют технологическим обозначениям на чертеже.

Обозначения шероховатости поверхности во вновь разрабатываемой конструкторской документации должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.309—73 (с учетом изменения № 1, 3 от 28.05.2002). У всех чертежей, разработанных до выхода седьмой версии, могут быть автоматически преобразованы установленные обозначения шероховатостей в соответствии с последними изменениями. Для этого достаточно открыть готовый документ в Компас-3D-V7 и активизировать переключатель *С Изменением № 3 (Сервис → Параметры → Новые документы → Графический документ → Шероховатость)*.

Знак шероховатости наносится на внешнюю сторону поверхности изделия. После вызова команды *Шероховатость* следует указать обрабатываемую поверхность (линия, очерчивающая поверхность, изменит цвет и появится фантом знака шероховатости) затем на панели свойств выбрать тип знака шероховатости и в поле *Текст* ввести требуемое значение обработки. Если знак требуется разместить на полке, то из списка «Полка» в строке *Параметры* выбирается положение полки с таким расчетом, чтобы она располагалась вдоль обрабатываемой поверхности. Далее указывается точка вставки стрелки линии выноски, а затем точка начала полки. Если необходимо указать направление неровностей поверхности, то надо дважды щелкнуть по строке.

На машиностроительных чертежах практически всегда присутствует обозначение неуказанной шероховатости поверхностей. Этот специальный знак выводится на чертеж командой из меню *Вставка → Неуказанная шероховатость → Ввод (Размещение)*. В появившемся после ее вызова диалоговом окне следует выбрать тип знака, назначить или выбрать (дважды щелкнуть по полю *Текст*) из предлагаемого списка значение шероховатости и при необходимости включить параметр «Добавить знак в скобках». Выбранный знак шероховатости появится в верхнем правом углу чертежа.

Удалить знак неуказанной шероховатости с листа чертежа можно командой из меню *Редактор → Удалить → Неуказанная шероховатость*.

Упражнение 2.5. Выполнение рабочего чертежа направляющего цилиндра (нанесение обозначений шероховатости на поверхности).

Порядок работы

1. Установите условно для нескольких поверхностей (см. рис. 2.5) обозначения шероховатостей.
2. Сохраните файл.

Нанесение на чертежах предельных отклонений формы и расположения поверхностей. Величину этих отклонений по ГОСТ 2.309—68 допускается указывать на чертеже надписями в технических требованиях. Однако условные обозначения предпочтительнее.

Для того чтобы отобразить на чертеже в виде условных обозначений те или иные требования к определенным поверхностям, следует воспользоваться командой *Допуск формы*, кнопка которой помещена на разворачиваемой панели *Обозначения*, входящей в состав компактной панели.

После вызова команды на экране появится фантом первой ячейки будущей таблицы. После фиксации ячейки в определенном месте чертежа (или в любом, так как в дальнейшем таблицу можно будет перемещать) появятся два способа формирования таблицы: создание таблицы в полуавтоматическом режиме (список «Таблица») и ручное создание таблицы (поле *Текст*).

Рассмотрим порядок работы в полуавтоматическом режиме. Раскрытый список «Таблица» представляет собой окно, поля которого надо заполнить. Например, в поле со списком «Знак» требуется выбрать знак *Допуск круглости*, затем установить числовое значение допуска (например, 0,1), в этом же поле при необходимости можно указать на зависимость допуска. В следующих двух полях (если нужно) указываются имена баз, относительно которых устанавливается допуск. На этом заполнение строки таблицы заканчивается. На панели специального управления выбирается тип ответвления (со стрелкой или треугольником). На контуре таблицы возникают точки возможной привязки, которые используются для установки ответвлений. Если есть необходимость во второй строке таблицы, то сначала надо подтвердить окончание работы с первой строкой (*Панель специального управления* → *Создать объект*), затем присоединить появившийся фантом первой ячейки второй строки таблицы к первой ее строке. Для точного позиционирования ячеек рекомендуется использовать в качестве точек привязок базовые точки таблицы (поле со списком «Базовые точки»). Далее заполнить строку. После окончания составления таблицы устанавливаются необходимые соединительные линии, при этом рекомендуется использовать режим «Ортогональное черчение».

При ручном создании таблицы надо раскрыть поле *Текст* и в появившемся окне установить условное обозначение того или иного допуска формы (или расположения) в первой ячейке. Для этого из меню *Вставка* надо вызвать окно *Спецзнак* и раскрыть содержание списка «Допуски формы и расположение поверхностей». Выбрав знак, например в списке «Допуск формы» допуск круглости, вставить (кнопка *ОК*) его в таблицу. Далее добавить столбец и указать значение отклонения, в следующем столбце указать имя базы. Затем при необходимости добавить еще строку. Установить соединительные линии и выйти из команды.

До установки соединительных линий таблицу можно повернуть на 90°. Содержание таблицы редактируется построчно обычным образом (двойным щелчком вызывается команда *Допуск формы*). Она вместе с ответвлениями может быть перемещена в любое место (*Редактор* → *Сдвиг*). Положение таблицы и изображение ответвлений можно менять с помощью характерных точек объектов.

Упражнение 2.6. Выполнение рабочего чертежа направляющего цилиндра (нанесение обозначений допусков формы и расположения поверхностей).

Порядок работы

1. Установите условно для нескольких поверхностей (см. рис. 2.5) обозначения допусков формы.
2. Сохраните файл.

Предопределенный текст (текстовый шаблон) на поле чертежа. Как правило, любой чертеж снабжается техническими требованиями (ТТ). Их можно вводить непосредственно на поле чертежа с клавиатуры, используя текстовый редактор, однако Компас дает возможность выполнять эту операцию также и в автоматизированном режиме. Для того чтобы войти в этот режим, необходимо выполнить следующий путь: *Главное меню* → *Вставка* → *Технические требования* → *Ввод* [*Главное меню* → *Компоновка* → *Технические требования* → *Ввод*]. Система перейдет в режим ожидания ввода технических требований. Ввод предопределенных ТТ производится из библиотеки текстовых шаблонов, которая открывается по команде *Вставка* → *Текстовый шаблон*. На экране появится библиотека текстовых шаблонов со своим меню и панелью управления. Окно состоит из трех частей, разделительные линии между которыми можно перемещать, изменяя тем самым пропорциональность этих частей. В левую часть окна помещен перечень разделов (папок), каждый из которых состоит из набора предопределенных текстов (текстовых шаблонов), наиболее часто используемых при оформлении чертежей.

Пользуются библиотекой шаблонов следующим образом. После открытия общей папки «Технические требования» и развертывания одной из папок перечня (щелчком мыши) в правой верхней части окна раскрывается содержание входящих в эту папку текстовых шаблонов. Для указания выбранного текста следует активизировать его флажок. В нижней части окна содержание шаблона продублируется. Теперь, если содержание текста удовлетворяет конструктора, ему следует дать команду *Файл* → *Вставить в документ*, если текст требует редактирования, то оно здесь и выполняется.

Внимание. Перед командой *Вставить в документ* надо вновь активизировать флажок шаблона-прототипа. Если после изменения содержания шаблона будет дана сразу команда *Вставить в документ*, то это изменение будет действительно только в данный момент, если же предварительно будет дана команда *Сохранить*, то изменение для этого шаблона станет постоянным.

Набор шаблонов не ограничен, единственным условием является принятая очередность расположения ТТ. После команды *Вставить в документ* все указанные шаблоны перейдут в окно технических требований, где еще можно производить редакцию текста. Из окна ТТ вся информация должна быть перенесена в графический документ: *Файл* → *Сохранить* → *В чертеж* и сразу *Файл* → *Закрыть* → *Технические требования*.

Упражнение 2.7. Выполнение рабочего чертежа направляющего цилиндра (использование предопределенных текстов при оформлении технической документации).

Порядок работы

1. Задайте несколько технических требований, используя шаблоны общих технических требований (см. рис. 2.5).

2. Сохраните файл.

Если вы не обнаружили над основной надписью чертежа назначенных вами технических требований, значит, система посчитала, что для них на чертеже места недостаточно.

3. Щелкните по кнопке *Показать все*: технические требования находятся слева от листа чертежа.

4. Выполните команду *Вставка* → *Технические требования* → *Размещение*. Появится рамка разметки страницы текста.

5. Уменьшите страницу текста по высоте до минимума, но так, чтобы текст оставался в рамке, а не переходил бы на другую страницу.

6. Поместите курсор внутрь получившейся рамки и перетащите ее вместе с текстом на поле чертежа. Для удобства размещения текста отключите привязки. Чтобы текст поместился над основной надписью, сдвиньте разработанный графический документ вверх относительно установленного формата.

7. Сохраните файл.

Удаление технических требований осуществляется, как и удаление неуказанной шероховатости: *Редактор* → *Удалить* → *Технические требования*.

Теперь, когда объемы текстовой и графической части для данного чертежа определились полностью, можно легко подобрать необходимый формат и его ориентацию.

Заполнение основной надписи чертежа. Для того чтобы заполнить графы основной надписи, необходимо в главном меню системы открыть меню *Вставка* и в нем выбрать команду *Основная надпись* (или дважды щелкнуть мышью по основной надписи). Система перейдет в режим заполнения основной надписи. Заполнение основной надписи производите в обычном режиме текстового редактора, перемещая курсор в ту или иную графу.

Упражнение 2.8. Выполнение рабочего чертежа направляющего цилиндра (заполнение основной надписи).

Порядок работы

1. Выберите команду *Основная надпись* и заполните необходимые графы (ГОСТ 2.104—68):

- графа 1 (наименование изделия): Цилиндр направляющий;
- графа 2 (обозначение документа): КППД. 435500.001;
- графа 9 (наименование или индекс предприятия): СБГПУ;
- графа 3 (обозначение материала): СЧ 18 ГОСТ 1412—85. Заполните эту графу, используя команду *Вставить текст*.

2. Вызовите из контекстного меню *Вставить текст*.

3. В диалоговом окне *Текстовые шаблоны* раскройте папку «Материалы», затем папки «Черные металлы» и, наконец, «Чугуны».

4. Выберите марку серого чугуна СЧ хх ГОСТ 1412—85, отредактируйте ее (замените индексы хх на обозначение марки материала — 18) и дайте системе команду *Вставить в документ*.

Внимание. Перед командой *Вставить в документ* надо вновь активизировать флажок шаблона-прототипа.

5. На запрос системы *Сохранить изменения в файле ... \KOMPAS-3D V7\Sys\graphic.tdp?* нажмите кнопку *Нет* (если пожелаете сохранить внесенные изменения, то они станут постоянными).

Завершение процесса ввода текста в графы основной надписи обязательно заканчивается командой *Создать объект* (кнопка *Создать объект* на панели специального управления).

6. Сохраните файл. Сравните ваш чертеж направляющего цилиндра с чертежом, помещенным в Приложении 1, рис. П.1.1. Закройте файл.

2.1.4. Создание текстовых шаблонов

Система Компас позволяет создавать собственные библиотеки шаблонов. Например, при заполнении основной надписи чертежа содержание некоторых граф у каждого пользователя индивидуальное. Порядок заполнения основных надписей устанавливает ГОСТ 2.104—68. Содержание таких граф, как графа 2 — обозначение документа, графа 9 — наименование предприятия, графа 11 —

фамилии лиц, подписывающих документ, либо постоянное, либо меняется незначительно. Рассмотрим порядок создания шаблонов для заполнения указанных граф.

Упражнение 2.9. Создание текстовых шаблонов.

Порядок работы

1. Откройте файл для нового чертежа (или откройте ваш любой файл, содержащий чертеж).

2. Любым из предложенных способов откройте окно текстовых шаблонов. Для этого:

- щелкните 2 раза по любой графе основной надписи. В развернувшейся панели свойств откройте строку с заголовком «Вставка». В этой строке находится пиктограмма текстового шаблона;

- откройте меню *Вставка* (Главное меню) и выберите команду *Основная надпись*. Дальнейшие действия как в предыдущем пункте;

- из меню *Сервис* вызовите окно *Настройка интерфейса*. На вкладке *Команды* выделите категорию *Вставка* и в окне ее команд найдите пиктограмму *Текстовый шаблон*. Переместите эту пиктограмму с помощью нажатой клавиши мыши в меню *Вставка* в любое место, например установите ее после команды *Основная надпись*. В этом случае в последующем доступ к команде вызова текстового шаблона будет наиболее коротким.

3. Открыв окно библиотеки текстовых шаблонов, выделите строку «Шаблоны текстов» и откройте *Новый раздел* (меню *Вставка* → *Раздел*). Появившейся папке с именем «Новый раздел» присвойте новое имя «Основная надпись». Это будет заголовок библиотеки. Активизируйте имя новой папки и вновь создайте *Новый раздел*. Папка с этим разделом разместится на следующем уровне. Присвойте ей имя «Обозначение документа». Выделите эту папку и создайте новый шаблон (меню *Вставка* → *Шаблон*). Присвойте появившемуся шаблону имя «Сборочный чертеж». В нижней части окна введите содержание этого шаблона (например, *КПГД.440000.000 СБ*). В этой же папке создайте еще один шаблон и присвойте ему имя «Детали». Сформируйте текст этого шаблона — *КПГД.440000.001*.

4. Выделите папку первого уровня и создайте раздел «Проверил». Для этого раздела создайте шаблон (шаблоны), например с фамилией (фамилиями) вашего преподавателя (преподавателей).

5. Сохраните все созданные папки и шаблоны. Если режим создания новых шаблонов производится впервые, то по предложению системы сохраните их в файле *Graphic*.

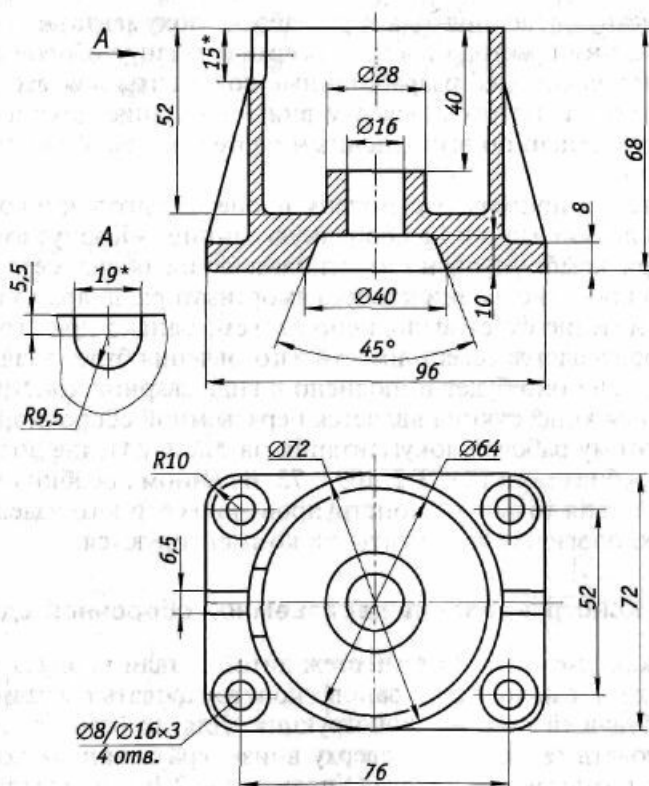
Процесс заполнения основной надписи чертежа значительно упростился. Теперь достаточно установить курсор в соответствующую графу, вызвать с помощью контекстного меню библиотеку

шаблонов, в которой и указать необходимый шаблон. После того как шаблон будет вставлен в основную надпись, его при необходимости можно отредактировать.

2.1.5. Вызов окна *Справочник материалов*

Зачастую конструктору приходится применять сортаменты, назначать их типоразмер, уточнять физико-механические свойства назначаемого материала. Для этого он должен иметь под рукой различного рода справочники. Справочная система Компас позволяет значительно упростить и ускорить процесс этой рутинной работы.

Вызов окна *Справочник материалов* осуществляется двойным щелчком в графе 3 «Обозначение материала» основной надписи в режиме ее редактирования.



*Размеры для справок

Рис. 2.6. Фрагмент чертежа корпуса амортизатора

Таким образом, на примере детали «Направляющий цилиндр» полностью рассмотрен процесс создания рабочей документации для машиностроительного изделия в среде Компас-график.

Самостоятельная работа. Выполнение конструкторской документации для корпуса амортизатора.

Порядок работы

1. Откройте в папке «Амортизатор 1» новый файл под именем «Корпус».
2. Выполните чертеж по рис. 2.6.
3. Разработайте конструкторскую документацию для этой детали.
4. Сохраните файл и закройте его.

2.2. Сборочный чертеж

Существуют два подхода к разработке документации для сборочных единиц: методом «снизу вверх» (создание сборочной единицы, используя уже разработанные документы для входящих в нее деталей) и методом «сверху вниз» (создание документов на отдельные детали по выполненным чертежам самой конструкции устройства).

В качестве примера рассмотрим процесс подготовки конструкторской документации на сборочную единицу «Корпус амортизатора» при комбинированном использовании обоих методов. Ранее, при проектировании корпуса амортизатора, подразумевалось, что это изделие будет выполнено литьем, однако при его единичном производстве себестоимость изготовления будет значительно меньше, если оно будет выполнено в виде сварной конструкции.

Сварная конструкция является неразъемной сборочной единицей, поэтому рабочая документация на такое изделие должна отвечать требованиям ГОСТ 2. 109—73. В данном пособии описываются действия только по конструированию сварного изделия, при этом технологические аспекты не комментируются.

2.2.1. Конструирование неразъемной сборочной единицы

Так как уже существует чертеж литой детали корпуса амортизатора, то нет надобности заново конструировать составные элементы будущей сварной конструкции. Для их разработки будем использовать технологию «сверху вниз», «разъединяя» корпус на простые геометрические тела (Упражнение 2.10). Для выполнения же сборочного чертежа сварной конструкции будем использовать технологию «снизу вверх» на основе подготовленных эскизов деталей сборки (Упражнение 2.11).

Упражнение 2.10. Конструирование сборочной единицы «Корпус сварной» («разъединение» корпуса на простые геометрические тела (рис. 2.7)).

Порядок работы

1. Создайте новую папку «Сварная конструкция» в папке «Амортизатор 1», затем откройте файл *Корпус*, находящийся в папке «Амортизатор 1» и сохраните его под именем «Корпус сварной» в только что созданной папке «Сварная конструкция». Файл *Корпус* закройте.

2. Откройте с помощью кнопки *Фрагмент* из меню *Создать* на стандартной панели новый лист для чертежа, который отличается от листа *Чертеж* прежде всего отсутствием ограниченного формата. Сохраните его под именем «Эскизы деталей» в папке «Сварная конструкция».

Внимание. Вновь образованный файл имеет расширение *.frw (в отличие от расширения *.cdw при открытии листа *Чертеж*). Внимательно следите при открытии файлов за соответствием их расширений (в окне *Выбор файлов* всегда контролируйте при открытии *Тип файла*).

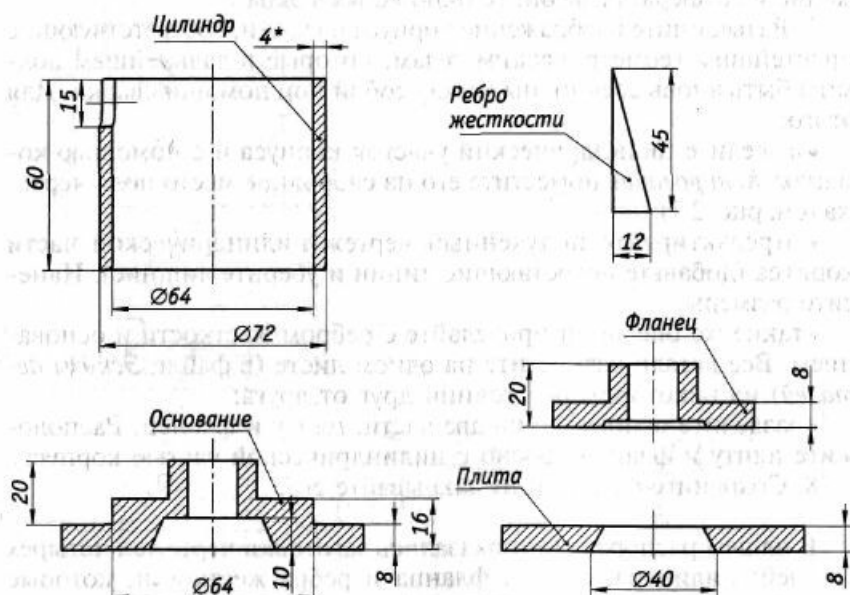


Рис. 2.7. Разъединение литейной конструкции на простые составные детали

3. Должно быть открыто два файла: чертеж «Корпус сварной» (*.cdw) в папке «Сварная конструкция» и в этой же папке фрагмент «Эскизы деталей» (*.frw). Переместите главный вид и вид сверху «Корпуса сварного» через буфер обмена в только что созданный файл фрагмента «Эскизы деталей». В данном случае удобно работать в многооконном режиме (*Окно* → *Мозаика вертикально*).

Внимание. Активным является то окно, у которого подсвечен заголовок. Первым должно быть открыто окно с чертежом корпуса.

4. Выделите изображение корпуса с размерами, но без указания шероховатостей, допусков на отклонение формы и размеров. Для этого служит команда *Выделить* → *По типу*. В окне *Выберите один или несколько типов объектов* перечислены все типы объектов, которые имеются на вашем чертеже. Указывайте те объекты, которые надо выделить, используя при этом клавишу [Ctrl].

5. Поместите выделенные объекты в буфер обмена (кнопка *Копировать* или комбинация клавиш [Ctrl] + [Insert]). Система запросит координаты базовой точки (изображение курсора изменится). Укажите характерную точку, которая будет являться базовой при вставке на новое место (в данном случае удобна точка центра окружности диаметром 16 мм).

6. Сделайте активным второе окно и установите в нем изображение из буфера. Разверните окно во весь экран.

7. Разъедините изображение корпуса на части, соответствующие простейшим геометрическим телам, которые в дальнейшем должны быть вновь соединены между собой при помощи сварки. Для этого:

- выделите цилиндрический участок корпуса и с помощью команды *Копирование* поместите его на свободное место поля чертежа (см. рис. 2.7);

- отредактируйте полученный чертеж цилиндрической части корпуса (добавьте недостающие линии и уберите лишние). Нанесите размеры;

- такие же операции проделайте с ребром жесткости и основанием. Все детали разместите на одном листе (в файле *Эскизы деталей*) на некотором расстоянии друг от друга;

- разделите основание на две части: плиту и фланец. Расположите плиту и фланец соосно с цилиндрической частью корпуса.

8. Сохраните файл, но не закрывайте его.

В нашем распоряжении оказались заготовки чертежей четырех деталей: цилиндра, плиты, фланца и ребра жесткости, которые являются составными частями сборочной единицы «Корпус сварной». Для того чтобы выполнить чертеж сборочной единицы по технологии «снизу — вверх», необходимо иметь чертежи деталей, входящих в состав конструируемой сборки.

Упражнение 2.11. Конструирование сборочной единицы «Корпус сварной» (разработка конструкции сварного корпуса) (рис. 2.8).

Порядок работы

1. Откройте новый формат чертежа и сохраните его в папке «Сварная конструкция» под именем «Цилиндр». Таким образом, в данный момент должны быть открыты два файла «Корпус сварной» и «Цилиндр» с расширением *.cdw и один файл «Эскизы деталей» с расширением *.frw. Пиктограммы для этих файлов также различны.

Примечание. При открытии файлов необходимо обращать внимание на их расширения, так как в окне могут быть представлены файлы не только чертежей (*.cdw), но и фрагментов (*.frw), спецификаций (*.spw), сборок (*.a3d), текстовых документов (*.kdw) или каких-то других документов.

2. В файле «Эскизы деталей» выделите изображение детали «Цилиндр» (см. рис. 2.7) и через буфер обмена переместите его в только что созданный файл «Цилиндр.cdw».

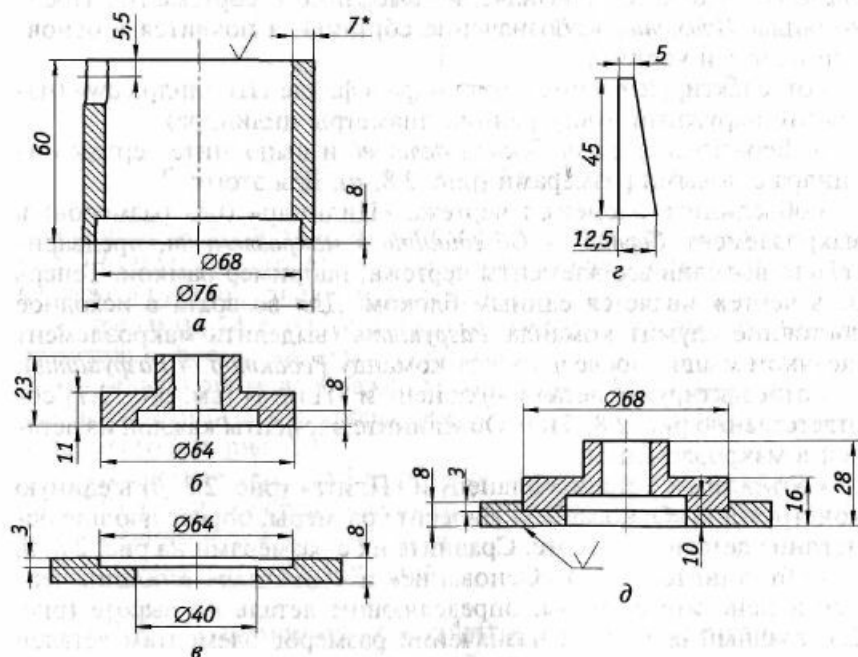


Рис. 2.8. Компоненты сборочной единицы «Корпус сварной»:

а — цилиндр; б — фланец; в — плита; г — ребро; д — основание

Заготовками для всех деталей, входящих в сварную конструкцию, как правило, служат стандартные профили, поэтому надо подобрать соответствующий типоразмер трубы, листа и круга. Основопологающим размером для рассматриваемой конструкции является внутренний диаметр цилиндра, поэтому начинать разработку конструкции следует с подбора типоразмера трубы. Для этого воспользуемся справочными данными, имеющимися в системе:

- откройте *Справочник материалов* (в режиме редактирования основной надписи чертежа дважды щелкните по графе 3);

- в окне *Справочник материалов* в разделе «Группы материалов» разверните списки «Металлы черные», затем «Стали» и выберите «Стали качественные»;

- в команде *Меню* включите окно *Сортаменты и типоразмеры*. В разделе «Сортаменты» выберите *Трубы* → *Труба бесшовная горячедеформированная*;

- в разделе «Марки материалов» выберите «Сталь 09Г2» ГОСТ 19281—89;

- в разделе «Типоразмер и применяемость» выберите 76×7 (подробности о подборе размеров трубы как заготовки для сварки здесь опускаются);

- на панели управления щелкните по кнопке *Обозначение сортамента*. Появится обозначение выбранного сортамента. После команды *Применить* обозначение сортамента появится в основной надписи чертежа;

- отредактируйте чертеж цилиндра в файле «Цилиндр.cdw» (измените наружный и внутренний диаметры цилиндра).

3. Вернитесь в файл *Эскизы деталей* и выполните чертеж цилиндра с новыми размерами (рис. 2.8, а). Для этого:

- объедините элементы чертежа «Цилиндр» (без размеров) в макроэлемент *Сервис* → *Объединить в макроэлемент*, предварительно выделив все элементы чертежа, например рамкой. Теперь весь чертеж является единым блоком. Для возврата в исходное состояние служит команда *Разрушить* (выделить макроэлемент щелчком мыши, после чего дать команду *Редактор* → *Разрушить*);

- отредактируйте детали «Фланец» и «Плита» (см. рис. 2.7) соответственно рис. 2.8, б и в. Объедините элементы каждой из деталей в макроэлементы;

- объедините детали «Фланец» и «Плита» (рис. 2.8, д) в единую конструкцию «Основание». Нанесите размеры, определяющие основание детали по высоте. Сравните их с размерами на рис. 2.8, д;

- объедините детали «Основание» и «Цилиндр» в общий чертеж и нанесите размеры, определяющие деталь по высоте (рис. 2.9, главный вид). При назначении размеров элементам деталей необходимо постоянно учитывать исходные размеры детали-прототипа, стремясь к тому, чтобы разница в размерах между конструируемым изделием и прототипом была минимальной;

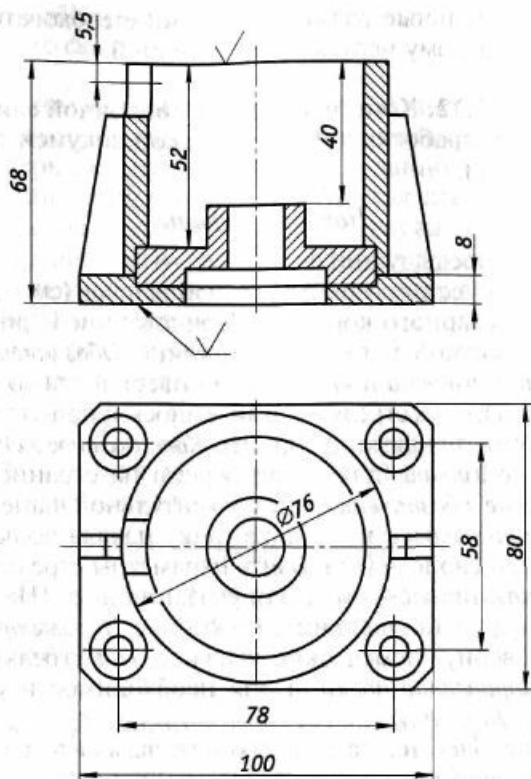


Рис. 2.9. Эскиз неразъемной сборочной единицы

- скопируйте в исходном чертеже вид сверху без размеров (см. рис. 2.6) и установите его в проекционной связи с разработанным чертежом главного вида (см. рис. 2.9);

- отредактируйте на чертеже вид сверху с учетом изменения размеров и формы элементов корпуса;

- отредактируйте изображение ребра (рис. 2.8, г) и все его элементы объедините в макроэлемент. Установите изображение ребра на место (см. рис. 2.9).

4. Поместите через буфер обмена эскиз сварного корпуса (см. рис. 2.9) в файл «Корпус сварной», предварительно убрав из него все имеющиеся там изображения.

5. Сохраните и закройте файл.

2.2.2. Оформление конструкторской документации для сборочной единицы

По правилам, установленным ГОСТ 2.109—73, необходимо ввести недостающие элементы чертежа, выполнить штриховку,

нанести окончательные размеры, а также шероховатость обрабатываемых по данному чертежу поверхностей.

Упражнение 2.12. Конструирование сборочной единицы «Корпус сварной» (разработка конструкторской документации на сборочную единицу).

Порядок работы

1. Откройте предыдущий файл.
2. Нанесите в местах сварки обозначения швов (см. чертеж КПГД. 445500.100 СБ сварного корпуса в Приложении 1, рис. П.1.3).
3. На компактной панели на странице *Обозначения* вызовите команду *Линия-выноска* и укажите на поверхности точку, на которую должна указывать стрелка линии-выноски; при этом рекомендуется использовать привязки, например *Контекстное меню* → *Привязки* → *Точка на кривой* [для пятой версии на странице *Размеры и технологические обозначения* инструментальной панели вызовите команду *Линия-выноска* и укажите точку начала полки].
4. На панели свойств установите параметры стрелки (*Параметры* → *Стрелка*), применяемые для указания шва. [На панели специального управления щелкните по кнопке *Параметры* (знак вопроса) и в развернувшемся окне укажите *Тип* стрелки.] Здесь же выберите *Направление полки*, а при необходимости установите и обозначение *По контуру*.
5. В строке *Знак* на панели свойств вызовите из поля *Текст* окно *Введите текст*.
6. Введите текст условного буквенно-графического обозначения шва по ГОСТ 2.312—72 в соответствии со схемой, показанной в окне.

Для этого:

- в первой строке, например, введите с клавиатуры номер стандарта вида сварки (ГОСТ 5264—80 — Ручная дуговая сварка), затем через дефис условное буквенно-цифровое обозначение сварного соединения (Т5 — шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний);
- во второй строке укажите графически-цифровое обозначение шва. Графические символы вызываются из окна *Спецзнак*, например из системного меню *Вставка* → *Спецзнак* → окно *Спецзнак* → *Швы сварных соединений* → *Знак размера катета* → *ОК* → размер катета (с клавиатуры). Если есть необходимость в указании вспомогательных знаков, то они также устанавливаются в окне *Спецзнак* (швы по незамкнутой линии). В третьей строке укажите количество швов и номер этих швов;
- после выхода из окна *Ввод текста* необходимо зафиксировать этот текст с помощью кнопки *Создать объект* на панели специального управления.

7. Укажите обозначения остальных швов.
8. Сохраните файл.

На сборочном чертеже должны быть установлены контролируемые и другие требующиеся для сборки размеры, а также справочные размеры. Контролируемыми на данном чертеже являются размеры глубины паза и высоты плиты, так как верхняя и нижняя плоскости изделия должны быть подвергнуты механической обработке. К контролируемым размерам относятся также межцентровые расстояния и диаметры отверстий под крепеж, так как эти элементы корпуса выполняются по данному чертежу (т.е. после сварки).

Для всех обрабатываемых поверхностей кроме размеров обязательно указывается и их шероховатость.

Упражнение 2.13. Конструирование сборочной единицы «Корпус сварной» (нанесение размеров и обозначение обрабатываемых поверхностей на сборочном чертеже).

Порядок работы

1. Нанесите на сборочном чертеже необходимые размеры и знаки шероховатости.
2. Закройте файл.

2.2.3. Детализация сборочной единицы

Выполнение рабочих чертежей деталей по чертежу общего вида (или сборочному чертежу) изделия называется *детализацией*. Рабочие чертежи разрабатывают, как правило, на все детали, входящие в состав изделия, с соблюдением общих требований к рабочим чертежам по ГОСТ 2.109—73.

Упражнение 2.14. Конструирование сборочной единицы «Корпус сварной» (разработка конструкторской документации на детали, входящие в сборочную единицу).

Порядок работы

1. Откройте новые листы чертежей для деталей «Фланец», «Плита» и «Ребро» и сохраните их под соответствующими именами в папке «Сварная конструкция».
2. Последовательно переместите через буфер обмена все составляющие макроэлементы сварного корпуса из файла «Эскизы деталей» в подготовленные для них листы чертежей. Чертеж цилиндра уже находится в файле «Цилиндр».
3. Откройте файл «Цилиндр». Так как после сварки торцевая поверхность цилиндра обрабатывается, то необходимо обеспечить припуск на последующую обработку. В связи с этим увеличьте

высоту цилиндра на 2 мм со стороны обрабатываемой поверхности, используя, например, команду *Деформация сдвигом*.

4. На чертеже «Плита» заполните в основной надписи графы 1, 2, 3 и 9. Содержание графы 1 рекомендуется оформить в виде шаблона. При назначении материала изделия в графе «Обозначение материала изделия» необходимо указать выбранный сортament. Для этого:

- вызовите окно *Справочник материалов*;
- в разделе «Группы материалов» выберите «Стали общего назначения», а из раздела «Марки материалов» — Ст2 ГОСТ 535—88. В разделе «Сортаменты» из списка «Листы» выберите *Листы толстые горячекатаные* и, наконец, в разделе «Типоразмеры» укажите толщину листа 10 мм (с учетом обработки основания корпуса после сварки);
- в строке панели управления выберите *Сортамент* → *Применить сортамент*. Система автоматически заполнит указанную графу;
- в графе 2 присвойте чертежу номер, например КПГД. 445500.104;
- после окончания заполнения граф основной надписи щелкните по кнопке *Создать объект*;
- оформите чертеж в соответствии с ГОСТ 2.305—68, 2.307—68 и 2.309—73.

5. Для детали «Фланец» выберите материал из раздела «Стали общего назначения»: Ст2 ГОСТ 535—88, Сортной (прокат): Круг горячекатаный диаметром 70 мм. Присвойте номер КПГД. 445500.103.

6. Для детали «Ребро» выберите материал из раздела «Стали общего назначения»: Ст2 ГОСТ 535—88, Сортной (прокат): Полоса с размерами 10×14. На чертеже ребра изобразите фаску 3×45°. Присвойте номер КПГД. 445500.102.

7. В основной надписи чертежа цилиндра укажите обозначение документа (КПГД. 445500.101). Сверьте разработанные вами чертежи с чертежами, находящимися в Приложении 1 (рис. П.1.4—П.1.7).

8. Сохраните все файлы и закройте их.

2.3. Разработка спецификации

По ГОСТ 2.108—68 каждый сборочный чертеж должен иметь спецификацию, которая является основным конструкторским документом для любой сборочной единицы.

Система проектирования спецификаций, входящая в качестве приложения в Компас-график, предусматривает два режима работы: ручной и автоматизированный. Вне зависимости от выбран-

ного режима спецификация может заполняться в любой последовательности как в отношении заполнения разделов спецификации, так и в отношении времени их заполнения. Конструктор может начать заполнение спецификации с момента начальной стадии разработки конструкторского документа (с раздела «Детали»), перейти к другому разделу и далее по мере выполнения чертежа, затем вновь вернуться в раздел «Детали» и т.д.

Рассмотрим процесс создания спецификации в ручном режиме для сборочной единицы «Корпус сварной».

Упражнение 2.15. Конструирование сборочной единицы «Корпус сварной» (создание спецификации для сборочной единицы).

Порядок работы

1. Откройте файл «Корпус сварной» и нанесите номера позиций деталей, входящих в сборку.

- вызовите команду *Обозначение позиций* (*Компактная панель* → → *Обозначения* → *Обозначения позиций*) и укажите точку начала стрелки, которая указывает на деталь из спецификации (удобно пользоваться привязками из контекстного меню);

- укажите точку начала полки. При необходимости указания направления полки в строке *Параметры* на панели свойств, установите необходимые параметры указателя позиций.

В окошке поля *Текст* (строка *Знак* на панели свойств) автоматически появляется порядковый номер позиции начиная с единицы, поэтому, если нумерация вас устраивает (если нет, можете поставить любой другой номер), выполните команду *Создать объект*. Далее указывается следующий составной элемент сборки, и так до тех пор, пока не будет дана команда *Stop*.

Положение полки линии-выноски можно в любой момент изменить, для этого достаточно щелкнуть по ней мышью и потянуть за появившийся черный квадратик. Если надо изменить направление полки или изменить текст на ней, то следует произвести двойной щелчок мышью.

2. Для создания новой спецификации нажмите кнопку *Спецификация*, которая находится в папке *Создать* на стандартной панели [на панели управления].

На экране появится бланк простой спецификации, в то же время изменятся вид и содержание компактной панели. Таблица бланка по умолчанию находится в режиме «Нормальный», признаком которого является отсутствие основной надписи спецификации.

Примечание. Заполнение спецификации происходит только в нормальном режиме, а заполнение основной надписи первого и последующих листов производится в режиме «Разметка страниц» (переключатели режимов находятся на панели *Вид*).

Если изображение бланка спецификации не соответствует должному, то произведите настройку параметров текущей спецификации: *Сервис → Стили спецификации → Работа со стилями спецификаций → Простая спецификация → ОК.*

3. Сохраните новый документ в папке «Амортизатор» под именем «Корпус сварной».

В папке «Амортизатор» появился второй файл с одинаковым именем, однако система автоматически присваивает различным по типу документам определенные расширения: для файлов, представляющих собой листы чертежей, своя пиктограмма и свое расширение (*.cdw), а для листов спецификации — расширение *.sprw и своя пиктограмма.

4. Перейдите в многооконный режим работы (окно со страницей спецификации должно быть текущим) и щелкните по кнопке *Масштаб* по ширине листа (на панели *Вид*), чтобы увидеть всю страницу целиком (многооконный режим не обязателен, но удобен).

Теперь можно приступить непосредственно к разработке самой спецификации. Содержание спецификации всегда начинается с раздела «Документация», затем постепенно заполняются последующие разделы, но так как система позволяет вводить данные в бланк спецификации в любой последовательности, то мы начнем с раздела «Детали».

5. На компактной панели найдите команду *Добавить раздел* [*Редактор → Добавить раздел*] и вызовите ее. В диалоговом окне *Выберите раздел и тип объекта* выберите раздел «Детали» и щелкните по кнопке *Создать*.

6. В спецификации появилось название раздела, а его первая строка стала доступной для ввода текста. Ячейки *Позиция* и *Количество* в первой строке заполнились автоматически.

7. Заполните первую строку, используя шаблон «Обозначение документа», который был сформирован ранее (см. подразд. 2.1.4). Если были изготовлены шаблоны для графы «Наименование», то не забывайте их использовать. Для перехода из одной ячейки в другую пользуйтесь мышью. В графе «Наименование» введите имя, например «Фланец», а в графе «Обозначение» — его принятое обозначение: КППД. 445500.103.

8. Щелкните мышью по любому свободному месту для подтверждения окончания ввода информации об объекте, затем из состава компактной панели вызовите команду *Добавить базовый объект* [*Редактор → Добавить базовый объект*]. Заполните вторую строку, например для объекта «Плита».

9. Повторите предыдущий пункт, например для объекта «Ребор», и так вплоть до ввода в спецификацию последнего объекта.

Если в процессе работы со спецификацией вы обнаружили ошибку в уже ранее заполненной строке, то, дважды щелкнув по

дефектной строке, войдете в обычный режим редактирования. Если какая-либо строка окажется лишней, то выделите эту строку (один щелчок) и удалите клавишей [Delete].

В ГОСТ 2.108—68 указано, что в разделе «Детали» объекты в столбце «Обозначение» должны располагаться по значению, в данном случае в порядке возрастания номеров. В разделе «Стандартные изделия» объекты в столбце «Наименование» располагаются по алфавиту.

Если в вашей спецификации обозначения объектов в данный момент располагаются не в возрастающем порядке сверху вниз, значит, у вас выключена кнопка *Автоматическая сортировка*. Включите кнопку *Автоматическая сортировка* на панели текущего состояния [в строке параметров объектов спецификации].

По умолчанию в разделе «Детали» должны быть активными три расположенные рядом кнопки: *Проставлять позиции*, *Подключать геометрию* и *Автоматическая сортировка*.

Для того чтобы расставить правильно позиции, щелкните по кнопке *Проставлять позиции*.

Теперь раздел «Детали» полностью соответствует специфицируемому изделию. Для окончательного оформления спецификации осталось лишь создать раздел «Документация» и заполнить основную надпись.

10. Вновь вызовите команду *Добавить раздел*. В диалоговом окне *Выберите раздел и тип объекта* подтвердите (раздел уже выделен) выбор раздела «Документация», щелкнув по кнопке *Создать*. Заполните строку документации. Заполнение содержания спецификации закончено.

11. На панели *Вид* [на панели управления] щелкните по кнопке *Разметка страниц*, затем по кнопке *Развернуть* в заголовке окна спецификации (если у вас до сих пор сохранялся многооконный режим) и, наконец, по кнопке *Масштаб по высоте листа* на панели *Вид*. На экране появится полный лист первой страницы спецификации.

12. Щелкните по кнопке *Масштаб по ширине листа* и с помощью линейки прокрутки разместите на экране спецификацию так, чтобы была видна вся основная надпись. После двойного щелчка по области основной надписи система перейдет в режим ее редактирования.

13. После заполнения основной надписи щелкните по любому месту спецификации. Система выйдет из режима редактирования.

14. Сохраните файл и закройте его.

Таким образом, создана конструкторская документация на изделие «Корпус сварной» в полном соответствии с требованиями ЕСКД. Комплект документов на изделие находится в Приложении 1 (см. рис. П.1.2—П.1.7). Однако для передачи документации в

производство всю электронную информацию о разработанном изделии необходимо перенести на бумажный носитель.

2.4. Вывод документов на печать

Для вывода созданного документа на печать следует перейти в режим «Предварительный просмотр» из главного меню *Файл*. В этом режиме показывается реальное изображение документа и размещение его на поле вывода. В этом же режиме можно изменить масштаб, повернуть изображение и т.д.

Изображение рабочего окна изменится, и на экране будет показано условное поле вывода чертежа (лист бумаги, разделенный на форматы A4), на котором отображается рассматриваемый документ. Если формат листа в принтере меньше истинного размера чертежа, система автоматически рассчитает необходимое для вывода количество листов, поэтому документ большого формата в масштабе 1:1 можно получить последующей склейкой отдельных листов. Следует иметь в виду, что для вывода чертежа формата A4 в масштабе 1:1 на принтер, потребуется четыре листа формата A4, так как часть формата принтеру недоступна из-за условий захвата листа для его протягивания.

Для размещения документа на определенном количестве листов (одном или нескольких) нужно воспользоваться командой *Сервис* → *Подогнать масштаб* или контекстным меню. После вызова команды на экране появится диалоговое окно *Подобрать масштаб документа*. В раскрывающихся списках «Количество страниц по горизонтали и вертикали» указывается целое количество листов, на которых нужно поместить документ. При этом количество страниц по вертикали (или горизонтали) и масштаб будут вычислены автоматически. Для выхода из диалога надо нажать на кнопку *ОК*, после чего чертеж будет изображен в новом (рассчитанном) масштабе.

Если изображение в окне просмотра удовлетворяет пользователя, то следует нажать на кнопку *Печать* на панели управления, а в появившемся затем диалоговом окне *Настройки параметров печати* — кнопку *ОК*.

Самостоятельная работа. Выполнение конструкторской документации для корпуса амортизатора 2.

Для закрепления изученных приемов работы с системой самостоятельно создайте чертеж корпуса для другой модели амортизатора (Приложение 1, рис. П.1.8, чертеж КПГД. 446600.001.) Все нанесенные предельные отклонения форм и размеров, указанные на чертеже, условны. Впоследствии электронная версия созданного вами чертежа будет востребована.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМОЙ КОМПАС-ГРАФИК

В процессе конструирования изделия на чертеже появляется все больше и больше различных изображений (видов, разрезов, сечений), дополнительных служебных элементов (нанесенных размеров, обозначений шероховатости и отклонения от геометрической формы элементов изделия). Отдельные изображения на чертеже могут быть выполнены в разных масштабах. В процессе выполнения работы приходится вносить изменения в тот или иной документ. В результате из-за обилия информации конструктор зачастую не замечает допущенных ошибок. Чтобы избежать этого, графическая система предоставляет дополнительные возможности по страхованию от появления ошибок при проектировании.

3.1. Слои

До сих пор мы работали по умолчанию в так называемом *системном* слое. В графической системе предусмотрена возможность выполнения элементов чертежей на разных слоях (или уровнях). Например, контурные линии чертежа детали выполняются на одном слое, штриховка — на другом, а размеры — на третьем. При этом конструктор может наблюдать как все слои одновременно, так и любое сочетание видимых и невидимых слоев. Такой прием работы дает конструктору возможность выводить из поля зрения лишнюю на данный момент информацию, для того чтобы сосредоточить внимание на конкретной проблеме.

3.1.1. Создание нового слоя

Для создания нового слоя достаточно нажать кнопку *Состояние слоев* на панели текущего состояния [*Слой* на строке текущего состояния], после чего на экране появится диалог работы со слоями *Состояния слоев*. Нажатие кнопки *Новый* приведет к открытию следующего диалога *Параметры слоя*, в котором нужно указать номер нового слоя и его имя. Система сама предлагает порядковый номер следующего свободного слоя. Пользователю рекомендуется согласиться с предложением системы. Ввод имени слоя

необязателен, однако иметь поименованные слои очень удобно, особенно когда слоев несколько. Номера слоев отображаются в окне поля *Состояние слоев*. Чертеж может содержать до 255 слоев.

3.1.2. Возможные состояния слоев

Слой всегда пребывает в одном из четырех состояний:

- в *текущем* состоянии (всегда существующим и всегда единственным); можно выполнять любые операции с объектами (ввод, редактирование, удаление);
- *активном* состоянии (возможны сразу несколько слоев); слои доступны только для операций редактирования и удаления объектов чертежа;
- *фоновом* состоянии (возможны сразу несколько слоев); слои не доступны для каких-либо операций, а служат только как наглядные изображения, причем каждый из этих слоев изображается одним цветом и одним стилем линии (сплошной, штриховой или пунктирной), назначаемыми пользователем;
- *погашенном* состоянии (возможны сразу несколько видов); слои не отображаются на экране.

3.1.3. Переключение между слоями

Если имеется два и более слоев, то один из них необходимо назначить текущим. Для того чтобы быстро перейти на другой слой, надо щелкнуть по стрелке счетчика рядом с полем *Состояния слоев*. Из появившегося списка номеров слоев следует выбрать тот номер слоя, в котором будет проводиться дальнейшая работа. Выбранный слой становится текущим, в нем можно выполнять любые операции.

3.1.4. Изменение состояния слоя

Состояние слоя можно изменить в любой момент. Для этого надо открыть окно *Состояния слоев* одноименной кнопкой на панели текущего состояния [выбрать в меню *Компоновка* команду *Состояния слоев* или нажать кнопку *Слой* в строке текущего состояния]. В появившемся диалоговом окне *Состояния слоев* в поле *Название слоя* перечислены все образованные к данному моменту слои. Слева от названия каждого слоя расположен цветной квадратик, в котором указывается графическое обозначение состояния этого слоя. В любом случае один из квадратиков всегда серого цвета и помечен «галочкой», обозначающей *текущее* состояние слоя, т.е. один из слоев всегда находится в текущем состоянии. Для того чтобы назначить другой слой текущим, надо в диалоговом окне *Состояния слоев* выделить этот слой и включить оп-

цию *Текущий*. Остальные квадратики могут быть любого цвета и иметь (или не иметь) пиктограмму. Если в квадратике нет пиктограммы, то данный слой находится в активном состоянии (все опции выбора состояния слоя недоступны, т.е. выключены). При работе с активным слоем можно выполнять разнообразные операции. Однако все выполненные операции в этом слое будут отнесены к текущему слою. Если внутри квадратика изображение перечеркнуто красным крестом, то слой находится в фоновом состоянии (включена опция *Фоновый*). В этом случае вся информация будет присутствовать на чертеже, но только в качестве иллюстрации. Наконец, если изображен закрытый глаз, слой находится в погашенном состоянии, т.е. информация с этих слоев будет отсутствовать на изображении.

Упражнение 3.1. Эскизная разработка вырубного штампа (послойное конструирование изделия).

Порядок работы

1. Откройте новый *Чертеж* и сохраните его в папке «Упражнения» под именем «Пуансон». При выполнении чертежа пуансона будем формировать на различных слоях его проекции (слой «Пуансон»), оси (слой «Оси»), размеры (слой «Размеры»), знаки шероховатости поверхностей и выносной элемент с соответствующими названиями слоев.

2. Создайте в окне *Состояния слоев* новый (первый) слой под именем «Пуансон», кнопкой *Параметры* → *Цвет* вызовите окно палитры цветов *Цвет в активном состоянии* и установите для него, например, красный цвет. После установки цвета вернитесь в основное окно *Состояния слоев*. Аналогично создайте остальные слои, установив для слоя «Размеры» фиолетовый цвет, для слоя «Оси» — коричневый, для слоя «Обозначение шероховатости» — оранжевый, а для слоя «Выносной элемент» — темно-зеленый цвет. Для большей выразительности цвета можно воспользоваться шкалой *Определитель цвета* и добиться желаемого оттенка, сверяясь с окном *Цвет/Заливка*.

3. Объявите слой «Пуансон» текущим (в поле *Состояния слоев* появится номер слоя: 1). Флажок слева от номера слоя укажет, какой цвет будет у данного слоя в активном состоянии.

4. Выполните чертеж пуансона (только изображения главного вида и вида слева, рис. 3.1), строго придерживаясь указанных размеров.

5. Выполните изображение осей.

6. Переключитесь на слой «Размеры» и нанесите на чертеж необходимые размеры. Если размеры на вашем чертеже совпали с размерами образца, то сохраните файл.

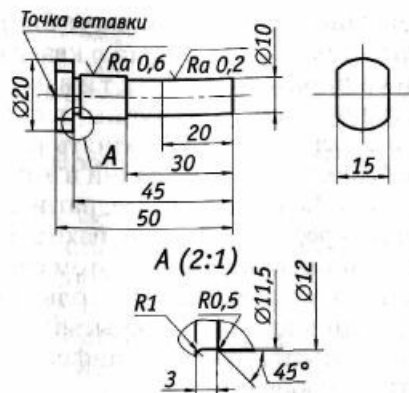


Рис. 3.1. Чертеж пуансона

7. Переключитесь на слой «Обозначение шероховатости». Укажите на необходимых поверхностях значения шероховатости.

8. Переключитесь на слой «Выносной элемент» и изобразите лишь обозначение выносного элемента.

9. Закройте файл.

В п. 5 Упражнения 3.1 мы, возможно, допустили ошибку (не переключились со слоя «Пуансон» на слой «Оси»): при установке осей чертеж находился на первом слое, предназначенном для изображения проектируемого изделия, в то время как все осевые линии должны были быть размещены на другом слое. Эта ошибка не видна явно. Увидеть ее можно только в том случае, когда слой «Пуансон» будет объявлен погашенным. Тогда оси, находящиеся на этом слое, тоже не будут отображены на чертеже.

3.1.5. Перенос объектов на другой слой

Для того чтобы перенести объект с одного слоя на другой (для исправления допущенной ошибки в Упражнении 3.1), следует переключить слой, в котором находится объект, в текущее или активное состояние и выделить его обычным образом (например, щелкнуть по нему мышью). Вызвать из меню *Сервис [Операции]* команду *Изменить слой* и в появившемся диалоговом окне *Выберите слой* указать тот слой, на который требуется перенести объект (в данном случае: слой «Оси»).

Упражнение 3.2. Эскизная разработка вырубного штампа (переключение между слоями).

Порядок работы

1. Откройте файл «Пуансон».

2. Сделайте первый слой («Пуансон»), к которому принадлежат в данный момент оси, текущим.

3. Выделите имеющиеся на чертеже оси.

4. Из меню *Сервис* выберите *Изменить слой* и в окне *Выберите слой* укажите на слой «Оси». Все выделенные элементы чертежа перейдут на указанный слой.

5. Сохраните файл и закройте его.

3.1.6. Выделение слоя

Можно выделить весь слой сразу. Для этого из меню *Выделить* надо выбрать команды *Слой*, затем *Указание* и непосредственно указать на один из элементов выделяемого слоя. В результате все объекты, содержащиеся в данном слое, будут выделены. Если после вызова команды *Слой* выбрать *Выбором*, то появится диалоговое окно, в котором перечислены все активные на данный момент слои. Из них нужно выбрать выделяемый слой и указать его.

3.1.7. Удаление слоя

В тех случаях, когда содержимое слоя для дальнейшей работы больше не нужно, его после выделения можно удалить обычным образом и слой станет пустым.

Для удаления пустого слоя вызывается окно диалога *Состояния слоев* и в нем указывается тот слой, который должен быть удален. Если слой пустой, то кнопка *Удалить* станет активной.

Самостоятельная работа 1. Выполнение рабочего чертежа направляющего цилиндра послойно (создание послойного чертежа).

Порядок работы

1. Откройте файл «Цилиндр направляющий» из папки «Амортизатор 1».

2. Выделите весь чертеж командой *Выделить все* и поместите выделенный объект в буфер обмена.

3. Откройте новый файл и сохраните его под именем «Слой — Цилиндр направляющий».

4. Создайте новый (первый) слой под именем «Цилиндр» и перенесите на этот слой содержимое буфера обмена.

5. Создайте второй слой с именем «Оси» и установите для него необходимые параметры.

6. Выделите все осевые линии (*Выделить* → *По типу* → *Осевая*).

7. Из меню *Сервис* вызовите команду *Изменить слой* и в окне *Выберите слой* укажите на слой «Оси».

8. Создайте аналогичным образом новые слои для других служебных элементов чертежа.

9. Сохраните файл и закройте его.

3.2. Фрагмент

На стандартной панели [на панели управления кнопки *Новый чертеж* и *Новый фрагмент*] имеется разворачиваемое окно *Создать*, которое в свою очередь открывает окно *Новый документ*, поэтому в зависимости от выбора документа в системе Компас графические изображения можно создавать как в виде чертежа, так и в виде его фрагмента (а также и другие документы).

На первый взгляд разница между чертежом и фрагментом состоит лишь в том, что чертеж является готовым конструкторским документом, выполненным по всем требованиям стандартов ЕСКД, а фрагмент — чертеж в той или иной степени готовности, располагающийся на листе произвольного формата без рамки и основной надписи. Однако между ними есть и другие существенные различия, которые будут описаны далее. Каждый фрагмент может быть одним из промежуточных, вплоть до окончательного, вариантом проектируемого изделия. Фрагменту присваивается расширение *.frw.

3.2.1. Использование фрагментов

В процессе проектирования изделия конструктору приходится подвергать анализу различные варианты решений стоящей перед ним задачи. Таким образом, конструктор постепенно создает свою библиотеку фрагментов (эскизов, заготовок), из которой позднее может выбрать подходящий вариант и вставить его в чертеж. Система предоставляет пользователю различные варианты вставки фрагментов в чертеж с возможностью сохранения связей между чертежом и фрагментом при редактировании изображений.

3.2.2. Способы вставки фрагментов в графический документ

Система обеспечивает следующие способы вставки фрагмента в главный документ:

- *россыпь*, при этом объекты вставляемого фрагмента-источника копируются во вновь создаваемый чертеж (главный документ), однако всякая связь между этими документами теряется (по аналогии вставки через буфер обмена);
- *внешняя ссылка*, при этом все вставки фрагмента во всех документах, в которые они были помещены, после редактирования фрагмента-источника автоматически изменяются в соответствии с последней редакцией источника;
- *взять в документ*, при этом все вставки фрагмента после редактирования фрагмента-источника автоматически изменяются в

соответствии с последней редакцией источника только в том документе, из которого поступила команда на редактирование;

- *создание локальных фрагментов внутри документа*, при этом локальный фрагмент создается и хранится непосредственно в самом документе.

Рассмотрим применение каждого из перечисленных способов на конкретных примерах. Предположим, что надо спроектировать штамп для изготовления шайб с наружным диаметром 8 мм и внутренним 4 мм, за один ход пресса требуется получить четыре шайбы.

Упражнение 3.3. Эскизная разработка вырубного штампа с использованием фрагментов (вставка фрагмента через буфер обмена).

Порядок работы

1. Создайте новый *Фрагмент* и сохраните его под именем «Пуансон 1» в папке «Упражнения». Для этого:

- откройте в папке «Упражнения» чертеж под именем «Пуансон» и перейдите в многооконный режим;

- установите (точка вставки указана на рис. 3.1) через буфер обмена чертеж пуансона во вновь открытом фрагменте в начало координат. При установке фрагмента воспользуйтесь находящимся на панели свойств режимом вставки «Слой-источники». Фрагмент будет многослойным.

Чертеж из этого фрагмента будет использоваться как элемент сборочного чертежа, поэтому чтобы избавиться в дальнейшем от возможных ошибок, рекомендуется удалить из файла лишние слои (например, размеры и шероховатость для сборочного чертежа не нужны);

- сделайте слой с размерами текущим (или активным) и удалите все размеры. Слой станет пустым. Удалите из окна *Состояние слоев* слой с размерами. Сохраните фрагмент «Пуансон 1». Файл чертежа пуансона закройте. Теперь можно приступить непосредственно к этапу вставки фрагментов.

2. Откройте еще один новый *Чертеж* (или *Фрагмент*) и сохраните его под именем «Пуансонодержатель» (рис. 3.2).

3. Проведите горизонтальную линию длиной 180 мм (см. рис. 3.2). Эта линия — элемент будущего чертежа пуансонодержателя (целиком его проектировать мы не будем). Разбейте эту линию на девять равных частей (из развертывающегося меню *Точка* на инструментальной панели *Геометрия* выберите *Точки по кривой*, затем в поле *Количество участков* на панели свойств [в строке параметров объекта] установите значение, равное девяти и щелкните по проведенной линии).

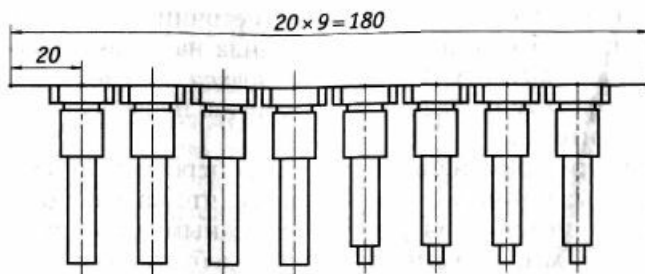


Рис. 3.2. Фрагмент пуансонодержателя с пуансонами

4. Перейдите в многооконный режим работы: *Окно → Мозаика вертикально [Окно → Мозаика → Все окна]*.

Вставка фрагмента россыпью.

Для вставки фрагмента россыпью в чертеж, необходимо чтобы окно этого чертежа было активным. Из меню *Вставка* выберите команду *Фрагмент [Редактор → Вставить фрагмент]*. Появится стандартное окно *Выбор файлов для открытия* (файлы должны быть только с расширением .fgrw).

5. Выберите только что созданный файл «Пуансон 1» (теперь он выполняет роль файла-источника) и щелкните по кнопке *Открыть*. Появится фантом вставляемого объекта. На панели свойств [в окне *Способ вставки фрагмента*] активизируйте переключатель *Рассыпать*.

6. Такие детали, как пуансон, обычно имеют вертикальную ориентацию, поэтому в окне поля *Угол* на панели свойств [в строке параметров объекта] укажите значение угла поворота чертежа (это значение равно -90°).

7. Выберите на этой же панели переключатель *На слою-источники*.

8. Точку вставки фрагмента поместите, например, в шестую точку размеченной прямой и зафиксируйте это положение. Так как этот фрагмент не имеет связи с файлом-источником, то любое его редактирование относится только к нему самому.

9. Закройте файл-источник.

Вставка фрагмента внешней ссылкой.

10. Сделайте активным файл «Пуансонодержатель». Из меню *Вставка* выберите *Фрагмент* и откройте файл *Пуансон 1*. Фрагментом-источником у нас снова будет файл *Пуансон 1*, а главным документом — открытый файл чертежа пуансонодержателя.

11. Активизируйте переключатель *Внешней ссылкой*. Появившийся фантом поверните на -90° и установите подряд в главном документе начиная слева со второй точки 4 раза и выйдите из команды.

12. Щелкните по одному из только что вставленных изображений пуансона и здесь же правой клавишей мыши вызовите кон-

текстное меню, в котором выберите команду *Редактировать источник*. Откроется файл с фрагментом-источником. Создайте многооконный режим.

13. Перейдите в окно, которое стало активным (окно с фрагментом-источником). Перестройте верхнюю и нижнюю части пуансона так, чтобы их диаметры были равны 18 мм (рис. 3.3) из конструктивных соображений и 8 мм (вместо 10 мм) для вырубки наружного диаметра шайбы (удобно использовать команду *Деформация сдвигом*).

14. После редактирования сохраните фрагмент-источник. В главном документе произойдет перестроение тех элементов, которые были отредактированы во фрагменте-источнике. Фрагмент, вставленный в этот документ россыпью, не изменился. Удалите эту вставку.

Теперь по заданию требуется вставить в пуансонодержатель еще четыре пуансона для вырубки отверстия диаметром 4 мм в шайбе, сохранив при этом размеры ранее вставленных пуансонов. Для этого при редактировании источника нужно изменить конструкцию пуансона; преобразовать его нижнюю часть, сформировав в ней ступень цилиндра диаметром 4 мм и высотой 5 мм. Однако при редактировании фрагмента-источника изменению подвергнутся все пуансоны. Чтобы этого избежать, в системе имеются несколько возможностей. Одна из них — создание локального фрагмента в документе-владельце.

Создание локальных фрагментов внутри документа.

15. Документом-владельцем назначим файл «Пуансонодержатель». Вызовите из меню *Редактор* команду *Управление фрагментами* и в появившемся диалоговом окне нажмите на кнопку *Создать новый*. Откроется новое окно для построения локального фрагмента, где и следует его построить. Для этого:

- у нас уже имеется фрагмент, который следует лишь незначительно скорректировать. Для этого предварительно продelaем следующие операции: *Редактор* → *Управление фрагментами* → *Управление типовыми фрагментами* → кнопка *Создать новый* → *Вставка* → *Фрагмент* → *Выбрать файл для открытия: Пуансон 1* → *Открыть* → *Выбрать способ вставки: Рассыпать* → зафиксировать положение фрагмента на экране;

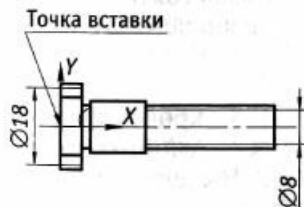


Рис. 3.3. Пуансон как файл-источник

- сохраните файл: *Файл* → *Сохранить* → *В документ-владелец* → укажите имя для вставки фрагмента («Пуансон 2») → *Закрыть файл*;

- вновь вызовите *Редактор* → *Управление фрагментами* → *Выбрать необходимый фрагмент*: «Пуансон 2» (должна быть активной кнопка *Локальные*) → *Вставить* (за последним из уже вставленных пуансонов произвести последовательно четыре вставки, повернув фантом на -90°);

- после выделения одного из вставленных фрагментов и вызова команды из контекстного меню *Редактировать источник* произведите необходимое редактирование источника и закройте его.

16. Сохраните файл с фрагментом чертежа пуансонодержателя.

Таким образом, у нас в наличии имеются изображения трех пуансонов: чертеж пуансона — прототипа в файле «Пуансон» и два фрагмента для пуансонов: пуансон для вырубki шайбы $\varnothing 8$ мм в файле «Пуансон 1» и файл пуансона «Пуансон 2» в окне *Управление типовыми фрагментами*.

3.2.3. Управление фрагментами

Все операции по управлению фрагментами (редактирование, удаление, переименование) выполняются в диалоговом окне *Управление типовыми фрагментами* (открыть файл, например, «Пуансонодержатель» → *Редактор* → *Управление фрагментами*). В диалоге отображаются списки фрагментов (например, «Пуансон 2»), вставленных в документ. Фрагменты сгруппированы по типу (локальные, взятые из файла в документ и вставленные внешней ссылкой). Для того чтобы фрагмент изменить или удалить, надо выбрать его имя из предложенного списка и нажать кнопку *Редактировать* или *Удалить*.

Итак, фрагмент в Компас-график — это индивидуальный конструкторский документ, представляющий собой полностью или частично проработанный чертеж некоторого, часто используемого в конкретной конструкторской практике, изделия. После вставки фрагмента внешней ссылкой во вновь создаваемый чертеж вставленный фрагмент не теряет связей со своим первоисточником.

Самостоятельная работа 2. Выполнение рабочего чертежа направляющего цилиндра (создание фрагмента).

Порядок работы

1. Откройте файл «Слои — Цилиндр направляющий.cdw» из папки «Амортизатор 1».

2. Выделите первый слой «Цилиндр» и поместите его в буфер обмена.

3. Откройте новый *Фрагмент* и сохраните его в папке «Амортизатор 1» под именем «Цилиндр направляющий — фрагмент».

4. Поместите содержимое буфера во вновь открытый файл. После команды *Вставить* выберите переключателем *Режим* на панели свойств режим «На текущий слой». Изображение разместится на системном слое.

5. При необходимости отредактируйте фрагмент. Чертеж должен иметь только изображение главного вида без штриховки, вид сверху и местный вид.

6. Сохраните файл и закройте его.

3.3. Вид

В системе Компас-график есть такое понятие как «вид». Это составная часть чертежа и никакого отношения не имеет к определению вида, трактуемому в ГОСТ 2.305—68. В рассматриваемой системе Компас каждый вид может содержать любое количество самостоятельных ортогональных проекций. Например, в одном виде системы могут находиться все основные виды, изображенные на чертеже (главный вид, вид сверху, вид слева), в другой вид могут быть помещены дополнительные виды и разрезы, являющиеся составляющими этого чертежа, в третий — сечения, наконец, каждая из проекций чертежа может быть помещена в отдельный вид.

При разработке чертежа разбиение его на те или иные виды вовсе не обязательно. В этом случае после открытия нового *Чертежа* [*Нового листа*] все вводимые объекты будут размещаться в так называемом системном виде (как это происходило до сих пор), о чем сообщает верхняя строка на экране монитора. Если работа будет производиться в другом виде, то будет указан номер вида, в котором выполняется изображение. Во фрагменте понятие вида отсутствует, поэтому на панели текущего состояния отсутствуют и команды управления состоянием вида, а само изображение всегда находится «как бы в системном виде».

3.3.1. Создание нового вида

Для того чтобы создать новый вид, следует из меню *Вставка* выбрать команду *Вид* [*Компоновка* → *Новый вид*]. На панели свойств появится строка [окно диалога *Параметры вида*], где указываются номер нового вида (рекомендуется очередной номер вида назначать по умолчанию), его масштаб, цвет, угол поворота и имя. Установка цвета позволяет визуально определять, с каким видом происходит работа в текущий момент, а присвоение собственно-

го имени облегчает поиск нужного вида при дальнейшей работе. Созданный вид значительно отличается от системного вида, с одной стороны, наличием дополнительного ряда параметров, с другой — отсутствием элементов оформления чертежа. Для того чтобы иметь возможность работы с конкретным видом и не влиять на другие виды (их может быть 255, однако, как правило, назначается не более двух-трех видов), каждый вид по аналогии со слоями находится в одном из четырех состояний: текущем, активном, фоновом или погашенном.

Упражнение 3.4. Эскизная разработка вырубного штампа (использование библиотечных элементов).

Порядок работы

1. Откройте файл с именем «Пуансон.cdw», содержащийся в папке «Упражнения». В данный момент мы находимся в системном виде, о чем сообщает самая верхняя строка на экране монитора.

Шейку пуансона (цилиндр диаметром 12 мм) необходимо шлифовать, поэтому надо выполнить канавку для выхода шлифовального круга. ГОСТ 2.305—68 рекомендует мелкие элементы чертежа выполнять в виде выносных элементов, обычно в увеличенном масштабе.

2. Для того чтобы выполнить выносной элемент, воспользуемся имеющейся в системе *Конструкторской библиотекой*, которой мы уже пользовались. Для этого:

- щелкните по кнопке *Менеджер библиотек* на стандартной панели [на панели управления];

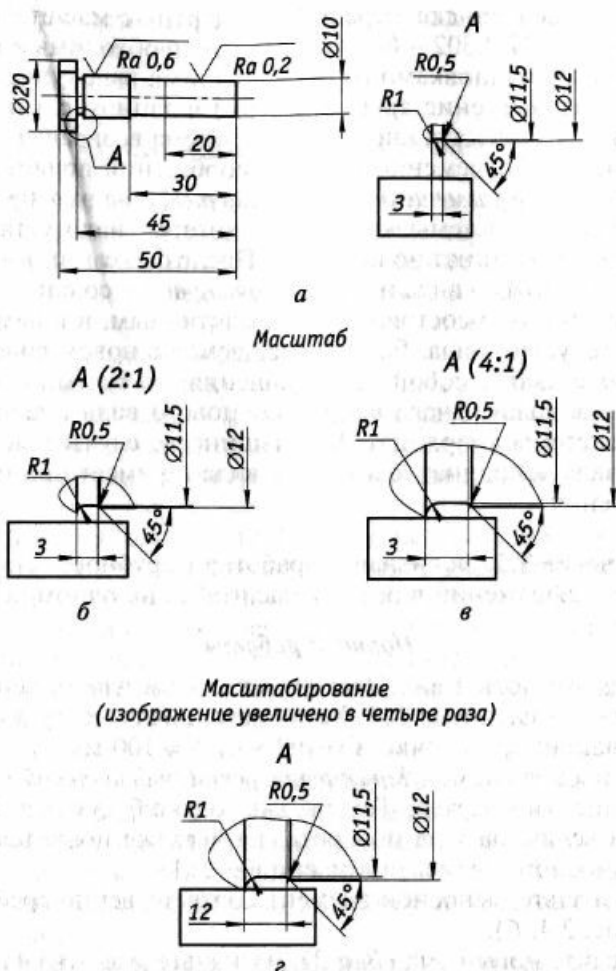
- в открывшемся окне диалога *Менеджер библиотек* откройте папку «Машиностроение» и щелкните по ней;

- в правой части окна откройте библиотеку *Конструкторская библиотека* (активизируйте флажок). Откроется окно *Конструкторская библиотека*, в котором надо найти раздел «Конструктивные элементы», раскройте его и выберите *Наружное шлифование цилиндра*;

- двойным щелчком мыши по этому названию откройте окно *Канавки для выхода шлифовального круга*, в котором и установите необходимые параметры. После щелчка по кнопке *ОК* появится фантом канавки. Сейчас мы сможем вставить библиотечный файл только в системный вид, в котором любое изображение проектируемого изделия (от гайки до трактора) выполняется исключительно в масштабе 1 : 1;

- установите библиотечный элемент в правом верхнем углу формата (рис. 3.4, а).

3. Сохраните файл.



Масштабирование
(изображение увеличено в четыре раза)

Рис. 3.4. Команды *Масштаб* и *Масштабирование*:

а — выносной элемент в масштабе 1:1; *б* — выносной элемент в масштабе 2:1; *в* — выносной элемент в масштабе 4:1; *г* — масштабирование выносного элемента

3.3.2. Новый вид. Масштаб

До сих пор мы были знакомы с командой *Масштабирование*, с помощью которой увеличивалось само изображение, а не его масштаб. Для того чтобы выполнить чертеж в необходимом масштабе, нужно создать новый вид. Из главного меню *Вставка* следует выбрать команду *Вид* [*Компоновка* → *Создать вид*] и развернуть поле *Масштаб вида* на панели свойств [окно *Параметры вида*]. Из

развернувшегося списка перечня стандартных масштабов, установленных ГОСТ 2.302—68, назначается необходимый масштаб. С остальными установками (номер вида, имя вида, угол поворота вида и его изображение другим цветом) в данном случае следует согласиться, т.е. нажать кнопку *ОК*. Система возвращается в системный вид. Одновременно в строке сообщений появится требование: «*Укажите размещение вида на листе*», а на экране возникает изображение системы координат, которое надо установить в точке начала координат нового вида. После фиксации точки начала координат нового вида поле *Состояние видов* со списком видов на панели текущего состояния станет активным, и в нем появится номер текущего вида. Если размещаемое в новом виде изображение представляет собой тело вращения, то разумно использовать точку вставки начала координат нового вида в качестве локальной системы координат. В большинстве случаев место установки начала координат для нового вида не имеет принципиального значения.

Упражнение 3.5. Эскизная разработка вырубного штампа (выполнение изображений в разных масштабах на одном чертеже).

Порядок работы

1. Создайте новый вид (*Вид 1*), в котором изображения будут выполняться в масштабе 2 : 1. Установите начало координат нового вида, например, в точке $X = 100$ мм, $Y = 100$ мм.

Вновь воспользуемся *Конструкторской библиотекой* и вставим фантом канавки в чертеж. Теперь, как только будут указаны точка вставки и величина угла поворота, на чертеже появится изображение выносного элемента в масштабе 2 : 1.

2. Обозначьте выносной элемент соответственно требованиям ЕСКД (рис. 3.4, б).

3. Создайте новый вид (*Вид 2*), назначьте масштаб 4 : 1 и установите фантом канавки на новом месте.

4. Отредактируйте размерные и выносные линии, предварительно разрушив макроэлемент (все библиотечные элементы представляют собой макроэлементы). После щелчка по любому элементу редактируемого размера, используя маркеры, установите размерные и выносные линии на новые места (рис. 3.4, в). Например, двойным щелчком выделите размерную линию и на панели свойств в разделе «Параметры» установите в окне поля размещения текста *Ручное*. Укажите новое размещение текста, а также новое направление стрелки для радиуса.

5. Командой *Копирование* перенесите изображение канавки (см. рис. 3.4, а) на свободное место и, используя команду *Масштабирование*, увеличьте изображение в 2 раза (рис. 3.4, г). Обратите внимание на линейный размер длины канавки. Остальные значе-

ния размеров остались прежними, так как они показывают размер между двумя точками условно.

6. Закройте файл.

3.3.3. Изменение состояния вида

Вид всегда пребывает в одном из четырех состояний:

- в **текущем** состоянии (всегда существующим и всегда единственным) можно выполнять любые операции с объектами (ввод, редактирование, удаление), причем ввод новых объектов возможен только в текущем виде стилем и цветом линий, установленными для системного вида;

- в **активном** состоянии (возможны сразу несколько видов) виды доступны только для операций редактирования и удаления объектов чертежа, причем все элементы вида изображаются одним цветом, назначенным пользователем, и одним стилем;

- в **фоновом** состоянии (возможны сразу несколько видов) виды не доступны для любых операций, а служат только как наглядные изображения, и каждый может быть изображен своим цветом по желанию пользователя и одним из трех возможных стилей линии (сплошной, штриховой, пунктирной);

- в **погашенном** состоянии (возможны сразу несколько видов) виды не отображаются на экране, но могут быть изображены в виде габаритных рамок соответствующих видов, причем рамка каждого вида может быть своего цвета и своего стиля.

Подключение цвета и стиля для каждого состояния видов позволяет без затруднений ориентироваться между видами при разработке конструкторского документа. На печать изображение выводится цветом и стилем линий, которые установлены для системного вида.

Состояние вида можно изменить в любой момент. Для этого надо открыть окно *Состояние видов* одноименной кнопкой на панели текущего состояния [выбрать в меню *Компоновка* команду *Состояния видов* или нажать кнопку *Вид* в строке текущего состояния]. Дальнейшие действия аналогичны действиям при изменении состояния слоев.

3.3.4. Изменение масштаба вида

Для того чтобы изменить уже выбранный и установленный масштаб вида, необходимо выполнить следующие действия:

- открыть *Дерево построения*, которое открывается из контекстного меню щелчком мыши по строке *Дерево построения*;

- щелкнуть правой клавишей мыши по пиктограмме редактируемого вида;

- в контекстном меню выбрать команду *Масштаб*;
- указать новый масштаб.

3.3.5. Выделение вида. Удаление вида

Выделять можно только текущий и активные виды. Выберите в меню *Выделить* → *Вид* → *Указанием* (или *Выбором*) и щелкните по любому объекту чертежа, находящегося в выделяемом виде. Весь выделенный вид будет заключен в габаритную прямоугольную рамку. Теперь вид можно копировать, перемещать, удалять.

Преимущество использования описанных операций (*Слой*, *Фрагмент* и *Вид*) становится наиболее очевидным при разработке сборочных чертежей. Так, например, выполненные послойно чертежи деталей в общей сборке позволяют быстро выделять все проекции нужной детали для дальнейшей работы с ее изображением (для связи ее со спецификацией, для передачи геометрии детали в другие чертежи и т.д.). Благодаря наличию фрагментов значительно ускоряется процесс создания сборочных чертежей, кроме того, накапливаются эскизы чертежей, используемые в дальнейшем при проектировании типовых изделий. Наконец, используя операцию *Вид*, как составную часть чертежа, конструкторская документация может выполняться в любом необходимом масштабе с номинальными размерами изделия.

3.4. Введение в параметрическую технологию

У параметрической модели в отличие от обычной графической кроме информации о взаимном расположении и метрических характеристиках (например, длина, угол) графических примитивов (или графических объектов) существуют еще и взаимосвязи между самими примитивами (объектами).

3.4.1. Взаимосвязи между примитивами

Под взаимосвязью примитивов подразумевается зависимость между некоторыми параметрами двух или более примитивов, т.е. при изменении (редактировании) параметров у одного примитива эти же параметры меняются и у других взаимосвязанных примитивов.

Для подтверждения сказанного выполним упражнение.

Упражнение 3.6. Иллюстрация создания взаимосвязей между примитивами.

Порядок работы

1. Откройте новый *Фрагмент* и начертите несколько произвольных отрезков с разными стилями (рис. 3.5).

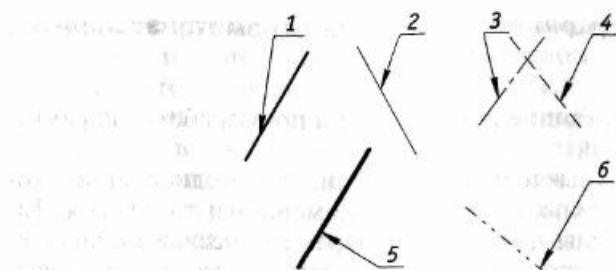


Рис. 3.5. Наложение параметрических связей

2. На компактной панели кнопкой *Параметризация* разверните *Панель параметризации*. На раскрывшейся панели появится ряд кнопок, которые тоже могут открываться (имеется метка в правом нижнем углу).

3. Раскройте вторую по счету слева кнопку и вызовите команду *Объединить точки* одноименной кнопкой. В строке сообщений появится сообщение *Укажите первую точку для объединения*. Укажите на один из концов первого отрезка 1, а затем — второго 2. Отрезки образуют два луча. Прервите команду. Выделите мышью один из отрезков и потяните за образовавшуюся точку пересечения этих отрезков. То же самое проделайте с уже имеющейся точкой пересечения третьего 3 и четвертого 4 отрезков.

4. Создайте параметрическую связь между третьим 3 и четвертым 4 отрезками командой *Равенство отрезков*. Потяните за один из этих отрезков. Сформируйте эту же связь между вторым 2 и третьим 3 отрезками. Потяните за конец третьего 3 (или четвертого 4) отрезка. Потяните за точку пересечения первого 1 отрезка со вторым 2.

5. Организуйте перпендикулярную связь между четвертым 4 и пятым 5 отрезками командой *Перпендикулярно*. Прделайте указанные ранее манипуляции с каждым из отрезков. Внимательно следите, как уже наложенные связи влияют на другие отрезки.

6. Наложите параллельную связь (кнопка *Параллельно*) между пятым 5 и шестым 6 отрезками. Прделайте указанные ранее манипуляции с каждым из отрезков.

7. Потяните за конец четвертого отрезка 4. Сотрите третий отрезок 3. Обратите внимание на то, как изменились взаимные связи.

8. Закройте файл без его сохранения.

Зависимость между параметрами может быть и более сложной, чем простое равенство одного параметра другому. Например, можно задать функцию, связывающую определенным образом параметры нескольких объектов.

3.4.2. Рекомендации по разработке параметризованных чертежей

Можно дать следующие рекомендации по разработке параметризованных чертежей:

- указать параметры чертежей деталей, при модификации которых изменяются только размеры и не меняется топология. Таким образом, однажды построенная параметрическая модель детали может быть быстро перестроена простым изменением значения размеров;

- при выполнении новой разработки следует учитывать, будет ли созданная конструкция применяться в дальнейшем в качестве прототипа. Если нет, то тогда в параметризации чертежа нет никакого смысла, так как отпадает необходимость в последующем быстром ее видоизменении;

- нет необходимости в полной параметризации сложных сборочных чертежей, так как в этом случае будет велик объем работы по вводу ограничений.

3.4.3. Принципы и приемы наложения связей и ограничений

Ряд ограничений и связей может быть задан без явного ввода числовых значений (например, горизонтальность или вертикальность прямой). Такие ограничения, как радиус окружности или величина размера, напротив, могут быть выражены только числовым значением.

Часть ограничений и взаимосвязей (совпадение точек, параллельность, ассоциативность) могут формироваться автоматически при вводе, если включен соответствующий параметрический режим. Например, совпадение точек связывается параметрически благодаря привязке (глобальной или локальной), а условие параллельности — в процессе исполнения команды *Параллельный отрезок*.

Как уже говорилось, дополнительные ограничения и взаимосвязи можно присваивать объектам чертежа в любой момент времени работы над чертежом. Соответственно в любой момент можно и отказаться от них.

Ограничения накладываются путем выбора их типа (например, горизонтальность), а затем указания параметризируемого объекта (например, отрезка, который должен быть горизонтальным).

Связи накладываются путем выбора их типа (например, параллельность), а затем указания пары объектов (например, пары отрезков, которые должны быть взаимно параллельными). При этом действуют только те связи, которые были указаны явно. При

связывании трех отрезков параллельностью необходимо последовательно установить параллельность первого отрезка второму, а затем второго — третьему. Таким образом, связь между первым и третьим отрезками является опосредованной, т.е. она осуществляется через второй отрезок, и стоит его удалить, как связь между первым и третьим отрезками утрачивается.

Ассоциативность объектов возникает только при их вводе благодаря прямому или косвенному указанию базовых объектов.

Здесь следует заметить, что ассоциативные и параметрические связи широко используются при моделировании объектов в Компас-3D.

3.4.4. Включение и настройка параметрического режима

Параметрический режим можно включать либо для всех вновь создаваемых документов, либо для каждого конкретного документа.

Под *параметрическим* режимом подразумевается такой режим создания и редактирования объектов, при котором параметрические связи и ограничения накладываются автоматически. Такой режим параметризации является глобальным в отличие от уже рассмотренного нами локального режима.

Параметрический режим может быть настроен как для новых документов (для любого вновь открываемого листа или фрагмента), так и для текущего (активного) листа или фрагмента.

Для того чтобы установить параметрический режим для активного графического документа, необходимо в окне *Параметры* (меню *Сервис*) → *Текущий чертеж* [Настройка параметров текущего документа] активизировать команду *Параметризация* текущего документа. В открывшемся диалоге *Управление параметризацией* имеется две группы опций: одна из которых позволяет ассоциировать объекты (размер, штриховка), другая — их параметризовать (горизонтальность и вертикальность, параллельность). После активизации необходимых опций необходимо подтвердить и сохранить свой выбор с помощью кнопки *ОК*.

Если объекты уже имеют связи и ограничения, то новая связь или ограничение накладывается с учетом уже существующих, при этом перестроение изображения происходит с соблюдением всех предшествующих ограничений.

Связи и ограничения, противоречащие уже имеющимся, накладываться не будут.

Упражнение 3.7. Выполнение рабочего чертежа крышки амортизатора (создание параметрической модели).

Разберем поэтапно выполнение чертежа крышки (рис. 3.6) в параметрическом виде.

1. Откройте в папке «Амортизатор 1» новый файл и сохраните его под именем «Крышка параметрическая».

2. Установите для текущего фрагмента следующие глобальные связи: *Размеры*, *Штриховка*, *Привязки*. Для наложения других связей (*Параллельность*, *Вертикальность*) будем использовать локальный параметрический режим. Установка именно таких режимов связей совсем не обязательна. Их устанавливают исходя из предполагаемого удобства в работе.

3. Отключите сетку и привязки (кнопка *Запретить привязки*) и, нарочито утрируя формы детали, выполните чертеж, используя команду *Непрерывный ввод объектов*, например, как показано на рис. 3.7, а. Перед точкой 8 дайте из контекстного меню команду *Замкнуть*. Заметьте, что точки 1, 2 и другие являются объединенными для соответствующих концов отрезков, так как при настройке параметров текущего документа был включен глобальный режим параметризации для привязок (активна опция *Привязки*).

4. Откройте панель *Команды параметризации* и задайте линии *a* горизонтальное положение командой *Горизонталь* (кнопка *Горизонталь*).

5. Вызовите команду *Симметрия 2 точек* соответствующей кнопкой и последовательно придавайте симметричность точкам 1—1, затем 2—2 и так далее относительно линии *a*. Во время работы следите за строкой подсказок.

6. Вызовите команду *Горизонталь* и установите необходимые отрезки (типа 1—2) параллельно линии *a*. Ограничения на положение отрезков нужно накладывать лишь с одной стороны относительно оси симметрии, так как с другой стороны горизонтальность соответствующих отрезков устанавливается автоматически.

7. Вызовите команду *Вертикаль* и установите необходимые отрезки (типа 2—3) перпендикулярно линии *a*. После первого этапа параметризации должен получиться приблизительно такой чертеж, как на рис. 3.7, б.

8. Проведите на чертеже недостающие линии, включив объектные привязки (рис. 3.7, в).

9. Проверьте на одной из последних проведенных линий, какие связи и ограничения появились на ней автоматически.

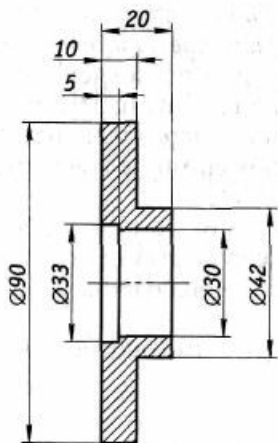


Рис. 3.6. Чертеж крышки

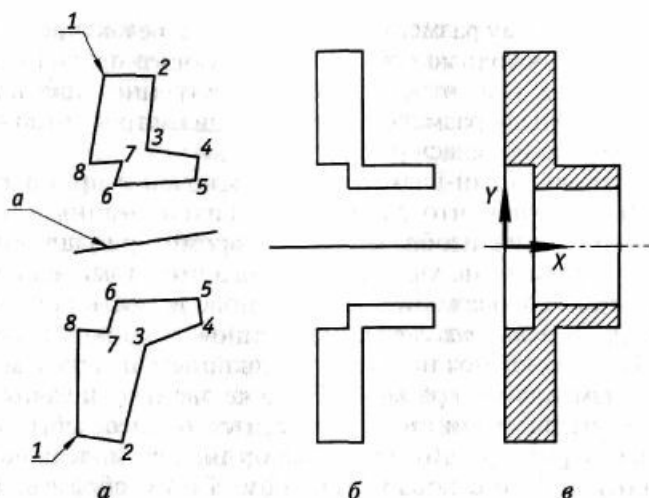


Рис. 3.7. Этапы создания параметрического чертежа:

a — первый этап; *б* — второй этап; *в* — третий этап

Для этого любым способом (например, щелчком мыши) выделите проверяемую линию и вызовите команду *Показать/удалить ограничения*.

После запуска команды на экране появится окно диалога с перечислением всех связей и ограничений, которыми обладает отмеченный объект. При выделении в окне диалога названия той или иной связи объект, с которым осуществляется эта связь, подсвечивается, что значительно облегчает анализ связей при наличии однотипных наименований (например, при анализе линии 1—2). Для удаления ненужной связи (или ограничения) достаточно выделить ее и нажать кнопку *Удалить*.

10. Измените стиль осевой линии. Обычным образом выполните штриховку и нанесите размеры, не редактируя их.

11. Захватите мышью любую точку на чертеже и потяните ее. Изменится конфигурация детали. Размеры, в свою очередь, придут в соответствие с изменившейся формой детали.

Изменение размеров параметрической модели производится командой *Установить значения размера* на панели параметризации.

После того как была дана команда *Установить значение размера*, надо щелчком мыши указать размер, подлежащий изменению. На экране появится диалог, в котором указано текущее значение размера элемента, подлежащее изменению. После установки нового значения размера и выхода из диалога чертеж перестроится

согласно указанному размеру. Чтобы процесс редактирования был корректным, необходимо соблюдать следующее правило: необходимо следить за тем, чтобы размеры внутренних диаметров не оказывались больше размеров наружных диаметров (чтобы форма детали не видоизменялась резко).

Отредактированный размер будет заключен в прямоугольную рамку. Это означает, что размер стал фиксированным и теперь попытка изменения изображения, которому принадлежит фиксированный размер, не удастся. Для того чтобы все же изменить конфигурацию изображения, нужно вновь вызвать окно диалога *Установить значение размера* одноименной командой и изменить размер. Этот диалог можно вызвать и двойным щелчком мыши по значению изменяемого размера. Если же двойной щелчок произвести по размерной линии, то запустится процесс обычного редактирования размера. После выхода из диалога модель перестроится в соответствии с новым размером. Таким образом, каждый примитив изменяется в зависимости от заданного в данный момент размера, т.е. является переменной величиной. Этой переменной можно присвоить имя переменной в окне диалога *Установить значение размера*. Имя переменной может быть любой буквой или словом в сочетании с цифрами, но не более 16 знаков латинского алфавита. Имя переменной на экране отображается на размерной линии в скобках. На печать оно не выводится.

Между переменными параметрической модели можно устанавливать зависимость с помощью уравнений и неравенств. Ввод уравнений и неравенств осуществляется в окне работы с переменными и уравнениями. Это окно вызывается кнопкой *Переменные* на стандартной панели.

Упражнение 3.8. Выполнение рабочего чертежа крышки амортизатора (продолжение создания параметрической модели).

Порядок работы

1. Вызовите команду *Установить значение размера* и укажите размер, который собираетесь изменить. В окне диалога установите размер в соответствии с чертежом (см. рис. 3.6), одновременно назначьте имя переменной (рис. 3.8). Установите значения всех размеров и имен переменных.

2. Вызовите окно *Переменные* (кнопкой *Переменные* на стандартной панели), активизируйте команду *Уравнения* и в окне диалога в строке «Уравнения» введите уравнение $f = d + 12$. Нажмите клавишу [Enter]. Введите остальные уравнения: $e = 3 \times d$, $g = (e + f)/2$, $b = 2 \times d/3$, $a = b/2$, $c = b/4$. Установите значение размера d равным 30 мм.

3. После ввода всех уравнений в том же окне нажмите кнопку *Переменные*. Содержание окна изменится: в нем представлены все

имена переменных и их численные значения, установленные на данный момент для данной параметрической модели. Каждую переменную можно сопроводить комментарием, например переменную e назовите «диаметр фланца крышки», a — «высота фланца» и т.д.

4. В том же окне рядом с переменной d (столбец «Внешняя») включите флажок *Внешняя переменная*. Теперь при вставке этого фрагмента в другой фрагмент или чертеж можно будет отредактировать только этот параметр, не затрагивая редактированием остальные элементы фрагмента, так как они будут рассчитаны системой в соответствии с заданными уравнениями. При необходимости внешними можно сделать несколько переменных.

5. Сохраните файл и закройте его.

Как уже было сказано, при редактировании внешних переменных (в нашем случае это d) не следует изменять размеры сразу в больших диапазонах. Если в этом есть необходимость, то весь диапазон разности размеров (имеющегося и будущего) рекомендуется разбить на несколько шагов. Следите также за тем, чтобы при изменении размеров не менялась топология модели.

Каждую вновь проектируемую деталь выполнять в параметрической форме не имеет смысла. Этот прием пригоден лишь для типовых, часто используемых при проектировании деталей. Например, при проектировании штампов группа вырубных пуансонов имеет схожую конфигурацию, отличаясь порой только размером рабочего диаметра. То же самое можно сказать о кондукторных втулках, которые применяются при сверлении. Созданная нами деталь является типовой для общего машиностроения и относится к типу фланцев. Параметрические модели типовых деталей должны быть общедоступными, поэтому их помещают в библиотеки заводского или отраслевого пользования.

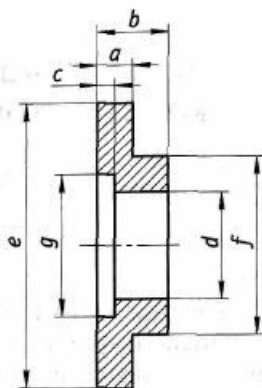


Рис. 3.8. Параметрический чертеж крышки

КОНСТРУИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В СРЕДЕ КОМПАС-ГРАФИК

Рассмотренные в гл. 3 технологии создания чертежей в системе Компас-график наряду с достаточным количеством встроенных в нее библиотек позволяют конструировать изделия на новом, более высоком уровне. Например, кроме вставки в документ типовых элементов деталей (резьбовые отверстия, канавки, центровые отверстия и т.д.) и стандартных изделий (крепежные изделия, подшипники, манжеты) система может производить расчеты элементов деталей машин и по ним выполнять чертежи (элементы механических передач, пружины). Автоматизированный режим составления спецификации завершает разработку всего комплекта конструкторской документации.

4.1. Библиотека проектирования тел вращения Компас-SHAFT-2D

Как уже было сказано, методика конструирования деталей, представляющих собой тела вращения в рассматриваемой системе, значительно отличается от общеизвестных приемов создания графической документации для таких деталей. Рассмотрим эту возможность. Одной из таких библиотек является библиотека Компас-SHAFT-2D для проектирования деталей токарной группы.

Эта библиотека предназначена для выполнения чертежей деталей, состоящих из набора различных геометрических тел, причем не только конических или цилиндрических, но и включающих в себя правильные шестигранные и четырехгранные призмы. Кроме того, чертеж детали можно дополнять всякого рода конструктивными элементами (канавки, проточки, шпоночные и шлицевые пазы и т.п.), а также проектировать всевозможные зубчатые соединения деталей машин (производить расчеты механических передач).

В окне *Менеджер библиотек* в перечне папок библиотек следует раскрыть папку «Расчет и проектирование». Содержание папки отобразится в правой части окна. Для того чтобы подключить библиотеку Компас-SHAFT-2D, надо дважды щелкнуть по ее названию.

После того как будет раскрыто содержание библиотеки Компас-SHAFT, дважды щелкните по разделу «Построение вала». Появится заставка библиотеки, а затем откроется окно *Компас-SHAFT-2D-V6*, позволяющее строить в диалоговом режиме внешний и внутренний контуры вала.

Для того чтобы начать конструирование вала, нужно щелкнуть по кнопке *Новый вал*. Появится окно *Выбор типа отрисовки вала*. Система вернется в Рабочий экран.

Упражнение 4.1. Выполнение рабочего чертежа крышки амортизатора (конструирование крышки с использованием расчетного модуля библиотеки Компас).

Порядок работы

1. Откройте новый фрагмент (обычно открытие нового документа выполняется до открытия библиотеки). Требуется выполнить чертеж крышки амортизатора с произвольными размерами, но с подобной топологией (см. рис. 3.8).

Для этого:

- откройте раздел «Построение вала» библиотеки Компас-SHAFT-2D. В окне *Компас-SHAFT-2D-V6* на панели управления откройте окно *Новый вал* и выберите тип отрисовки вала. Предлагается выбрать *Вал в полуразрезе*;

- установите курсор мыши в начало координат фрагмента и зафиксируйте его там;

- во вновь появившемся окне выберите команду *Простые ступени*. Из появившегося списка выберите «Цилиндрическая ступень» и в режиме диалога установите следующие параметры первой ступени: длина 10 мм, диаметр 60 мм, фаска слева $1 \times 45^\circ$.

Размеры рекомендуется вводить с помощью кнопки *Выбрать значение из базы*, так как она связана с таблицей нормальных линейных размеров (ГОСТ 6636—69). Чтобы выбранное значение размера назначить параметром изделия, требуется дважды щелкнуть по нему. Закончив построение, нажмите кнопку *ОК*.

Все ваши действия отображаются на поле чертежа и в дереве построения в поле окна диалога.

2. Таким же образом постройте вторую ступень с параметрами: длина 10 мм, диаметр 80 мм, фаска справа $1,5 \times 45^\circ$.

На этом закончим конструирование внешнего контура и перейдем к оформлению внутреннего контура. Процесс построения внутреннего контура отличается только тем, что его построение *всегда* начинается от правого торца. Если внутренний контур сквозной, то надо просто начинать построение от правого торца. Если же контур не сквозной, то надо использовать *Разделитель между ступенями* от левого и правого торцов. Так как построение внутреннего контура начинается справа, то построение первой ступени начнем с левого меньшего диаметра.

3. Постройте внутренний цилиндр диаметром 40 мм и длиной 15 мм. Фаска $1,5 \times 45^\circ$ слева.

4. Постройте вторую ступень: цилиндр диаметром 55 мм, длиной 5 мм и фаска $2 \times 45^\circ$ справа.

5. При появлении перемычки во внутреннем контуре следует воспользоваться *Разделителем*, пиктограмма которого постоянно находится в окне *Внутренний контур*.

6. Отредактируйте первую ступень внутреннего контура. Для этого выделите ее и вызовите контекстное меню. Из предложенного перечня выберите команду *Отредактировать*. Уменьшите длину цилиндра до 10 мм.

Для того чтобы этот цилиндр начинался от левого торца, *Разделитель* переместите на одну позицию вниз.

7. Щелкните по кнопке *Сохранить вал и выйти*.

8. Выполните штриховку чертежа и т.д.

9. Закройте файл, не сохраняя его.

Таким образом, для деталей, состоящих из элементов, образованных поверхностями вращения, пользователь располагает несколькими вариантами выполнения чертежей. Выбор варианта остается за конструктором.

Упражнение 4.2. Выполнение рабочего чертежа вала-шестерни.

Порядок работы

1. Откройте новый фрагмент и сохраните его в папке «Упражнения» под именем «Вал-шестерня».

2. Установите текущий масштаб изображения 0,5.

3. Выполнив уже описанные предварительные действия, перейдите непосредственно к построению первой наружной ступени вала (рис. 4.1). Установите следующие параметры первой ступени: длина 70 мм, диаметр 40 мм, фаска слева $1,5 \times 45^\circ$. Закончив построение, нажмите кнопку *ОК*.

4. Постройте вторую цилиндрическую ступень с размерами: длина 5 мм, диаметр 50 мм, фаска слева $1,5 \times 45^\circ$.

5. Третью ступень выберите как элемент механической передачи, а именно: постройте шестерню цилиндрической зубчатой передачи. После этой команды система откроет окно *Комплекс программ GEARS*.

6. Выполните команду *Запуск расчета*. В следующем окне выполните команду *Геометрический расчет* и выберите вариант *По межосевому расстоянию*.

7. В окне *Геометрический расчет* установите следующие параметры:

- число зубьев ведущего колеса — 21;
- число зубьев ведомого колеса — 42;

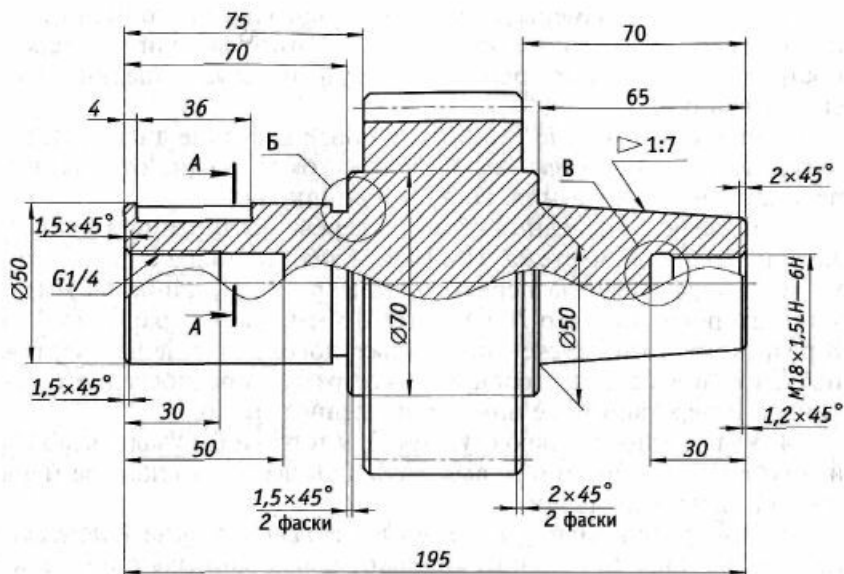


Рис. 4.1. Фрагмент чертежа вала-шестерни

- модуль — 4 мм;
- ширина зубчатого венца ведущего колеса — 50 мм;
- ширина зубчатого венца ведомого колеса — 50 мм.

Межосевое расстояние (126 мм) определяется автоматически после щелчка по кнопке *Рассчитать межосевое расстояние*;

- диаметры роликов колес (8,282 мм) назначаются по рекомендуемому значению (после щелчка по соответствующей кнопке).

Остальные параметры на *Странице 1* оставьте без изменений и перейдите на *Страницу 2*, где также согласитесь с предложенными параметрами.

8. На *Странице 2* дайте системе команду *Выполнить расчет* (активной кнопкой *Расчет* в виде калькулятора). Если введенные параметры удовлетворяют качеству зацепления, то система сообщит об этом в поле *Ход расчета*. В противном случае система предложит свои рекомендации.

9. В случае положительного результата можете просмотреть подробные результаты расчета с помощью кнопки *Просмотреть результат расчета*. При необходимости можно записать результаты расчета, используя кнопку *Записать данные и результаты расчета в файл*. Затем нажмите кнопку *Закончить расчет*.

10. В окне *Выбор объекта построения* выберите *Шестерня Z = 21*.

11. Слева и справа выполните *Фаски 2 × 45°*. При необходимости включите флажок *Размеры*. Выйдите из окна с помощью команды *ОК*.

12. Увеличьте размеры диаметров первого и второго цилиндров на 10 мм и 20 мм соответственно. Для этого выделите в дереве построения, например, первый цилиндр и дважды щелкните по его названию.

В появившемся окне установите новое значение диаметра, нажмите кнопку *Перестроить*. В рабочем окне экрана отобразится результат редактирования. Нажмите кнопку *ОК*.

13. Выделите последний объект в дереве построения и продолжите выполнение чертежа. Постройте два цилиндра с параметрами цилиндров сначала первого (диаметр 50 мм, длина 60 мм), а затем второго (диаметр 70 мм, длина 5 мм, фаска правая $2 \times 45^\circ$). В результате у вас должен получиться довольно нелепый чертеж. Выделите в дереве построения пиктограмму предпоследнего цилиндра и перетащите ее вниз на последнее место.

14. Удалите последнюю ступень. Для того чтобы удалить любую из ступеней, достаточно ее выделить и вызвать контекстное меню правой клавишей мыши.

15. Выберите команду *Коническая ступень* и в окне *Коническая ступень* из поля со списком «Вариант ввода данных» с помощью кнопки прокрутки выберите *По длине, диаметру левого торца и конусности*. В соответствующих полях счетчиков установите:

- диаметр левого торца — 50 мм;
- длина — 65 мм;
- конусность — (-7);
- фаска справа — $1,2 \times 45^\circ$ и нажмите *ОК*.

Обычно детали состоят не только из формообразующих элементов, но содержат и различные конструктивные и технологические элементы, такие как шпоночные пазы, шлицы, канавки, проточки и т. п.

16. Выполните на первом цилиндре канавку для выхода шлифовального круга.

Для этого:

- выделите первый цилиндр и нажмите кнопку *Дополнительные элементы ступеней*. Выберите элемент *Канавка под выход шлифовального круга*. В окне с изображением канавки бегунком установите соответствующее с валом положение канавки и нажмите кнопку *ОК*. На изображении вала появится лишь обозначение выносного элемента;

- выполните на этом же цилиндре шпоночный паз.

На этом закончим конструирование внешнего контура и перейдем к оформлению внутреннего контура.

17. Постройте внутренний цилиндр диаметром 14 мм и длиной 50 мм. Фаска $2,5 \times 45^\circ$ слева.

Для того чтобы этот цилиндр начинался от левого торца, *Разделитель* переместите вниз.

18. Постройте справа цилиндр диаметром 14 мм и длиной 50 мм.

19. Выполните внутреннюю метрическую резьбу.

Для этого:

- выделите второй цилиндр и из списка «Дополнительные элементы ступеней» выберите команды *Резьба* → *Метрическая*;

- в диалоговом окне *Метрическая резьба* следует установить значение длины резьбы, если резьба нарезается не на всей длине цилиндра. Кроме того, в этом же окне можно установить другие необходимые параметры. Примите длину резьбы 30 мм. Выполните левую резьбу с мелким шагом и нанесите размер (установите галочку в окне *Простановка размера*);

- если резьба нарезается вглухую (длина нарезанной части резьбы соответствует длине отверстия под резьбу), то необходимо выполнить проточку для инструмента. Раскройте кнопкой *Дополнительно* (в нижнем правом углу) другую часть окна и активизируйте флажок *Проточка для выхода резьбообразующего инструмента*;

- установите длину ступени внутреннего цилиндра 30 мм;

- измените размер M14 на M18. Для этого дважды щелкните по пиктограмме соответствующей ступени цилиндра и нажмите кнопку открывающегося списка размеров диаметров. Появится новое окно *Метрическая резьба*. Выберите строку с резьбой M18 и дважды щелкните по ней. Выполните правую фаску $1,2 \times 45^\circ$;

- выполните на левой ступени внутреннего цилиндра ближайшую по диаметру трубную резьбу и левую фаску $1,5 \times 45^\circ$.

20. Прежде чем выйти из окна проектирования щелкните по кнопке *Дополнительные построения*. Появится команда *Генерация 3D-модели*. Запустите эту команду на выполнение. Через некоторое время у вас появится модель спроектированного вала в Компас-3D.

21. Щелкните по кнопке *Сохранить вал и выйти*. Подождите некоторое время, пока не закроется окно проектирования тел вращения. Закройте окно библиотеки Компас-SHAFT.

Полученное изображение представляет собой макроэлемент, и, пока он не разрушен, можно вызывать двойным щелчком по нему окно проектирования для внесения изменений в чертеж.

Окончательное оформление чертежа, как конструкторского документа, производится после разрушения макроэлемента.

В списке файлов меню *Окно* найдите файл модели 3D и выведите его на экран.

Используя кнопки *Полутоновое* и *Повернуть*, расположенные на панели управления, вы можете рассмотреть спроектированный вал со всех сторон.

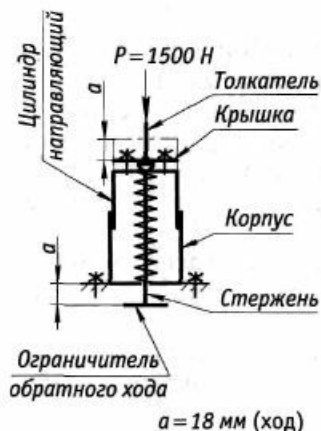
Еще с одной подобной библиотекой, а именно Компас-SPRING для проектирования пружин, мы познакомимся при разработке конструкции амортизатора.

4.2. Конструирование сборочных единиц в среде Компас-график

Рассмотренные в гл. 3 средства системы Компас наряду с ее расчетными модулями позволяют оперативно создавать рабочую документацию на проектируемое изделие, а также вносить в нее необходимые изменения. К рабочей документации относится прежде всего сборочный чертеж, который предназначен для сборки и контроля изделия, а также спецификация, определяющая его состав. Если созданию сборочного чертежа не предшествует проектная документация (техническим заданием не предусмотрен чертеж общего вида), то сборочный чертеж должен содержать минимум упрощений, так как в этом случае сборочный чертеж должен служить не только для процесса сборки, но и для разработки по нему рабочих чертежей деталей.

4.2.1. Компоновка сборочной единицы

Рассмотрим создание сборочного чертежа на примере конструирования устройства «Амортизатор 1». Схема будущего устройства изображена на рис. 4.2. В папке «Амортизатор 1» имеется ряд фрагментов и чертежей деталей, подходящих для разработки сборочного чертежа амортизатора. Однако следует заметить, что каждая из этих деталей разрабатывалась самостоятельно вне зависимости от их взаимодействия. Напомним, что ГОСТ 2.103—68 устанавливает определенный порядок разработки конструкторской документации, в частности разработка документации на сборочную единицу всегда предшествует разработке рабочих чертежей деталей, входящих в нее, а не наоборот. Поэтому в нашем случае при проектировании сборочной единицы, возможно, появится необходимость значительной корректировки исходных чертежей.



Для того чтобы процесс редактирования затрагивал одновременно сборочный чертеж и чертеж детали (как в целях экономии времени, так и для исключения появления новых ошибок), все имеющиеся чертежи выполним в виде фрагментов, воспользовавшись буфером обмена. Кроме того, сборочный чертеж будем выполнять послойно, т.е. изображение каждой детали поместим на свой слой. Это необходимо для дальнейшей работы конструктора со сборочным чертежом.

Рис. 4.2. Схема устройства «Амортизатор 1»

Упражнение 4.3. Конструирование амортизатора (разработка сборочного чертежа).

Порядок работы

1. Создайте новые *Фрагменты* под именами «Корпус для сборки» и «Цилиндр для сборки» и сохраните их в папке «Амортизатор 1».

2. Откройте файл чертежа «Корпус сварной».

3. В файле «Корпус сварной» выделите только изображения корпуса (главный вид и вид сверху) и поместите его изображение через буфер обмена в только что созданном файле фрагмента для корпуса.

4. Удалите случайно попавшие лишние элементы. Сохраните файл. Закройте файл «Корпус сварной».

5. Откройте файл чертежа «Слои — Цилиндр направляющий».

6. В этом файле выделите только изображения цилиндра (главный вид и вид сверху) и поместите его изображение через буфер обмена в только что созданном файле фрагмента для цилиндра.

7. Удалите случайно попавшие лишние элементы. Сохраните файл. Закройте файл «Цилиндр направляющий — фрагмент».

8. Откройте новый *Чертеж* (можно новый *Фрагмент*, чтобы в начале проектирования не задумываться о вопросах компоновки будущего чертежа сборки) и сохраните его под именем «Амортизатор СБ» (чертеж сборки).

9. Создайте два новых слоя (первый слой — *Корпус*, второй — *Цилиндр*, назначьте цвет для каждого слоя). Сделайте первый слой текущим.

10. Вставьте (*Вставка* → *Фрагмент* → *Внешней ссылкой*) фрагмент «Корпус для сборки» на первый слой файла «Амортизатор СБ». Эта вставка автоматически преобразуется в макроэлемент. Появившаяся связь между фрагментом-источником и вновь разрабатываемым чертежом (или фрагментом) будет сохраняться до тех пор, пока вы не разрушите макроэлемент. Закройте файл «Корпус для сборки».

11. Вставьте с помощью опции *Внешняя ссылка* фрагмент «Цилиндр для сборки» на второй слой файла «Амортизатор СБ». Закройте файл фрагмента «Цилиндр для сборки».

После вставки фрагментов корпуса и цилиндра на сборочном чертеже может обнаружиться полное отсутствие взаимодействия их в пространстве (рис. 4.3). Приведем в соответствие расположение видов корпуса и цилиндра на сборочном чертеже.

Для того чтобы отредактировать на сборочном чертеже вид сверху, надо вид сверху направляющего цилиндра совместить с видом сверху корпуса таким образом, чтобы проекции осей

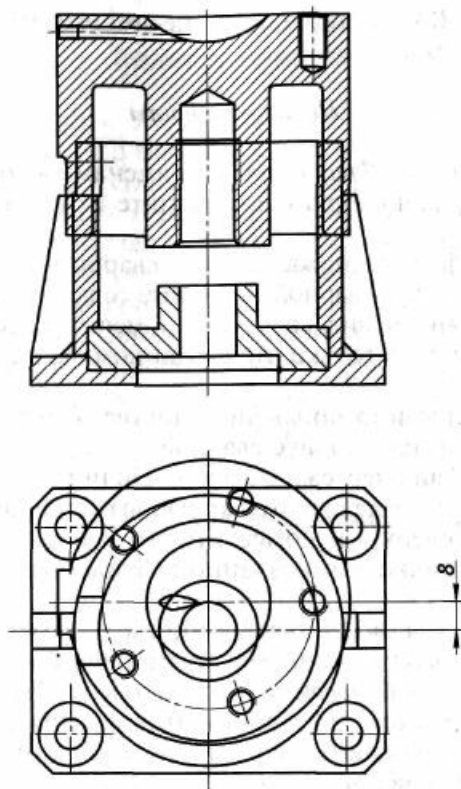


Рис. 4.3. Первый этап сборки

их цилиндров совпадали. Для этого выполним следующие действия.

12. Измерим расстояние между точками центров окружностей цилиндров на виде сверху (на нашем чертеже эта случайная величина оказалась равной 8 мм).

13. Переместим горизонтальную проекцию цилиндра вниз на требуемое расстояние командой *Сдвиг*, предварительно выделив макроэлемент направляющего цилиндра (щелчком левой клавиши мыши по любому месту изображения макроэлемента).

На чертеже сборки (см. рис. 4.3) также видно, что диаметр внутренней цилиндрической части корпуса не равен наружному диаметру направляющего цилиндра. Для устранения этого несоответствия необходимо изменить размеры сопрягаемых деталей. Если увеличивать внутренний диаметр цилиндрической части корпуса (как минимум на 18 мм), то необходимо подобрать новый типоразмер трубы. Это, в свою очередь, приведет к значительному увеличению габаритных размеров изделия. Если уменьшить наруж-

ный диаметр направляющего цилиндра, то значительно уменьшится пространство для установки пружины. Вернемся к схеме устройства амортизатора (см. рис. 4.2), из которой видно, что габаритные размеры устройства могут быть заданы только после определения параметров пружины, поэтому на данном этапе проектирования необходимо произвести расчет пружины.

14. Закройте файл.

4.2.2. Расчет пружины и разработка ее чертежа

Стандартом (ГОСТ 2.401 — 68) устанавливаются основные правила выполнения рабочих чертежей пружин. Прежде чем приступить к разработке рабочего чертежа пружины, необходимо задать геометрические параметры: наружный диаметр, диаметр проволоки, длину пружины при рабочей деформации и ход пружины, а также величину внешней нагрузки, которая воздействует на пружину в процессе работы. Затем необходимо произвести расчет, подтверждающий (или опровергающий) возможность работы пружины с назначенными параметрами при заданной нагрузке. Все это (и чертеж, и расчет) система Компас позволяет выполнить достаточно быстро и просто с помощью встроенной в библиотеку программы Компас-SPRING (папка «Расчет и построение»).

Библиотека Компас-SPRING для проектирования пружин. Запуск библиотеки Компас-SPRING производится так же, как и любой другой библиотеки. После появления окна вызываемой библиотеки и двойного щелчка по нужному разделу (например, «Пружина сжатия») откроется новое окно, в котором следует вызвать режим «Проектный расчет». Затем в окне Компас-SPRING *Проектный расчет пружины сжатия* в соответствующих полях устанавливаются необходимые геометрические параметры проектируемой пружины и максимальное усилие, воздействующее на нее.

Упражнение 4.4. Конструирование амортизатора (расчет пружины).

Порядок работы

1. Откройте новый файл чертежа и сохраните его под именем «Пружина» в папке «Амортизатор 1».

2. Откройте окно *Проектный расчет* пружины и установите параметры для расчета пружины. Исходя из имеющихся геометрических параметров сборки задайте для начала величину наружного диаметра пружины, равную 56 мм. Назначьте силу пружины при предварительной деформации $F1 = 100$ Н, величина силы пружины при рабочей деформации определена техническим заданием ($F2 = 1\,500$ Н), рабочий ход также задан ($H = 18$ мм). Длину пружины при рабочей деформации $L2$ назначим равной 40 мм.

Остальные характеристики пружины (класс пружины, разряд пружины, материал пружины) оставьте без изменений (по умолчанию).

3. После окончания ввода параметров пружины (кнопка *ОК*), система выдаст результаты расчета в нескольких вариантах, из которых выберите оптимальный для конкретного проекта. Если ни один из вариантов не окажется удовлетворительным, предложите системе свой вариант параметров пружины. Для этого нажмите кнопку *Свой вариант* и в соответствующих полях установите новые параметры.

4. После анализа полученных вариантов расчета примите за основу первый вариант (выделите его мышью), однако в этом случае коэффициент запаса прочности очень мал.

5. Для корректировки предложенного варианта откройте окно *Свой вариант*. Установите в соответствующих полях диаметр проволоки $d = 8$ мм, число витков $n = 5,0$. Вернитесь в окно *Результаты расчета*.

6. Определив зазоры между внутренним и внешним диаметрами пружины и соответствующими диаметрами направляющего цилиндра, уменьшите ее наружный диаметр до 52 мм.

7. Загрузите повторно *Проектный расчет* с новым наружным диаметром пружины 52 мм, оставив остальные входные данные в соответствии с п. 2. В окне *Свой вариант* установите диаметр проволоки $d = 7,5$ мм, число витков $n = 5,0$.

8. Откройте окно подробного отчета результатов (кнопка *Подробнее*). Обратите внимание на величину длины пружины в свободном состоянии. Закончите расчет и выйдите в первоначальное окно диалога *Проектирование пружины*, в полях которого будут установлены рассчитанные параметры пружины: $D_n = 52$ мм, $d = 7,5$ мм, $n = 5$, $H = 19,9$ мм, $L_2 = 47,4$ мм ($L_0 = 68,65$ мм определяется в окне *Результаты расчета*).

Теперь данных для выполнения сборочного чертежа достаточно и можно приступить к его редактированию. Надо изменить положение направляющего цилиндра по высоте с учетом того, что длина пружины равна 69 мм, а также изменить конструкции направляющего цилиндра и корпуса, зная диаметр пружины ($D_n = 52$ мм). Библиотека позволяет создать чертеж пружины с расчетными параметрами.

9. После окончания расчета нажмите кнопку *Построение*. Появится окно *Построение пружины сжатия*, в котором следует активизировать флажки *Отрисовка с размерами* и *Отрисовка диаграммы*. Кроме того, можно подобрать масштаб вида, в котором будет изображена пружина (система самостоятельно образует новый вид и присвоит ему номер и имя). Установите масштаб 1 : 1.

10. Несмотря на то что размер длины пружины (68, 65 мм) обозначен на чертеже (см. Приложение 2, рис. П.2.1, чертеж пружины), нанесите его еще раз.

Внимание. Вновь установленный размер не совпадает с расчетным!

Командой *Деформация сдвигом* отредактируйте чертеж так, чтобы длина пружины, измеренная по чертежу, была равна расчетной длине.

Вариант создания чертежа пружины (с использованием конструкторской библиотеки). Любое графическое изображение детали должно оказаться на своем месте в сборочной единице. Только что выполненный чертеж пружины не удобен для вставки в сборочный чертеж, так как он выполнен не в разрезе. В сборочном же чертеже, как правило, пружины изображаются разрезанными. Чтобы отредактировать имеющийся чертеж вручную, понадобится довольно много времени. Система позволяет избежать этого.

Упражнение 4.5. Конструирование амортизатора (создание чертежа пружины, второй вариант).

Порядок работы

1. Откройте новый *Фрагмент* (мы создаем библиотеку фрагментов для будущей сборочной единицы). Сохраните его в папке «Амортизатор 1».

2. Найдите в *Конструкторской библиотеке* (папка «Машиностроение») раздел «Пружины», а в нем — «Пружины сжатия». В этом разделе в зависимости от обработки крайних витков пружинам присвоены соответствующие номера. Выберите пружину под третьим номером и двойным щелчком откройте диалоговое окно. В этом окне имеются вкладки *Читать из файла* и *Подобрать пружину*. Однако их лучше не использовать. Во-первых, чтобы воспользоваться вкладкой *Читать из файла*, файл созданного ранее чертежа пружины должен иметь расширение *spr*. Во-вторых, подбор пружины, как правило, более трудоемок, чем ее расчет (надо перебрать некоторое число вариантов).

3. Установите в диалоговом окне значения геометрических величин для пружины, которые были получены в результате расчета и зафиксированы на чертеже ($D_n = 52$ мм, $d = 7,5$ мм, шаг, равный 12,2 мм, и длина — 68,65 мм).

Примечание. Ввод значений параметров пружины производите снизу вверх начиная с поля *Длина пружины*.

Пружина должна быть выполнена в разрезе. Команду создания объекта спецификации не активизируйте.

4. После команды *ОК* появится фрагмент пружины. Установите ее в вертикальном положении (рис. 4.4).

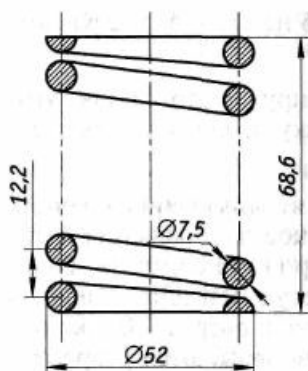


Рис. 4.4. Фрагмент чертежа пружины

5. Сохраните файл в папке «Амортизатор 1» под именем «Пружина».

6. Закройте файл чертежа пружины. Файл фрагмента пружины должен быть открыт.

Таким образом, расчет пружин и создание конструкторской документации следует производить, используя библиотеку Компас-SPRING, а при создании вспомогательных чертежей (эскизов) или фрагментов — конструкторскую библиотеку.

7. Откройте файл фрагмента «Амортизатор СБ». Создайте новый слой для пружины и перейдите в многооконный режим.

8. Выполните вставку файла фрагмента пружины командой *Взять в документ*.

9. Отредактируйте положение пружины и направляющего цилиндра по высоте.

10. Сохраните файл «Амортизатор СБ».

4.2.3. Редактирование сборочной единицы

Теперь предстоит изменить конструкцию корпуса амортизатора и направляющего цилиндра с учетом размеров пружины по длине (как до деформации, так и после нее). Кроме того, необходимо изменить размеры наружного и внутреннего диаметров у направляющего цилиндра и корпуса соответственно.

Упражнение 4.6. Конструирование амортизатора (редактирование деталей «Корпус» и «Цилиндр направляющий»).

Порядок работы

Сначалаотрегулируем возможность перемещения направляющего цилиндра относительно корпуса. Из чертежа (рис. 4.5) видно, что цилиндр может переместиться вниз только на 10,2 мм, в то время как по заданию его ход составляет 18 мм (по расчету $H = 19,9$ мм). Таким образом, размер 10,2 мм необходимо увеличить, как минимум, до 20 мм. Добиться этого можно только за счет изменения высоты бобышки у той или другой детали.

1. Используя файл-источник, уменьшите высоту бобышки корпуса, на 9,8 мм, а ее диаметр (28 мм) увеличьте до 35 мм (рис. 4.6). Для этого:

- выделите макроэлемент корпуса (щелчком левой клавиши мыши в любом месте изображения макроэлемента) и вызовите контекстное меню;

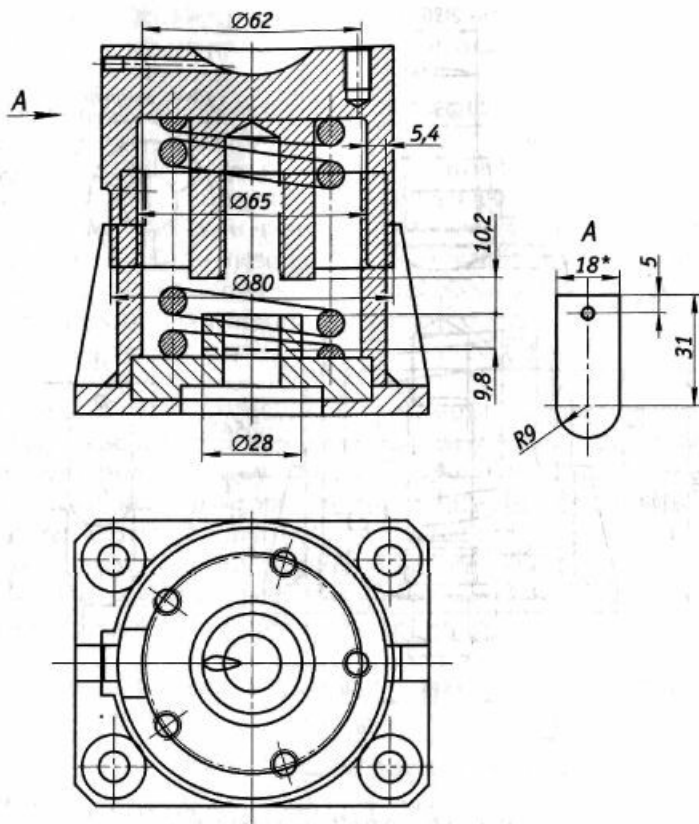


Рис. 4.5. Второй этап сборки

- в меню найдите команду *Редактировать источник*;
- когда откроется файл-источник, перейдите в многооконный режим и редактируйте файл корпуса.

Внимание. После редактирования файла-источника не забудьте дать команду на его сохранение, после чего убедитесь в изменении изображения корпуса в сборке.

2. Таким же образом можно согласовать сопрягаемые диаметры цилиндров. Однако в учебных целях окончательное их согласование будет осуществляться в процессе создания и контроля 3D модели сборки амортизатора. Поэтому на данном этапе конструирования рекомендуется задать следующие размеры (подчеркнутые размеры выполнить именно такими):

- для диаметров направляющего цилиндра наружный диаметр, равный 80 мм, уменьшите до 66,1 мм, внутренний диаметр (65 мм) цилиндра можно уменьшить до 54 мм;

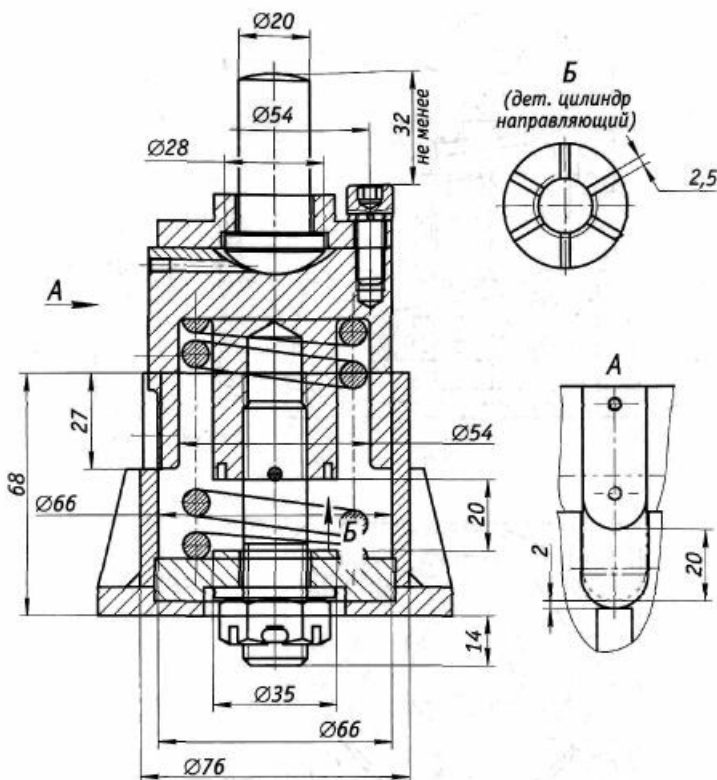


Рис. 4.6. Третий этап сборки

- измените положение резьбовых отверстий (расположите их по окружности диаметром 54 мм);

- для диаметров корпуса внутренний диаметр равен 66 мм, наружный диаметр остается без изменений.

3. Приведите в соответствие фронтальные и горизонтальные проекции у фрагментов-источников.

4. Измените угол наклона штриховки у направляющего цилиндра на противоположный.

В корпусе амортизатора имеется паз, а у направляющего цилиндра соответствующий этому пазу выступ. Их размеры надо согласовать с перемещением направляющего цилиндра амортизатора, которое не должно быть больше 20 мм (это следует из схемы амортизатора и расчета пружины).

5. Создайте два самостоятельных фрагмента и сохраните их под именами «Паз» и «Выступ». Используя уже имеющиеся местные виды на паз и выступ в чертежах сварного корпуса и направляющего цилиндра, скопируйте и через буфер обмена вставьте их в только что созданные файлы фрагментов.

6. Вставьте фрагмент паза, используя внешнюю ссылку, в любое удобное место чертежа сборки амортизатора (см. рис. 4.6, вид А).

7. Таким же образом вставьте фрагмент выступа, совместив точки центров дуг паза и выступа.

8. Обратите внимание на то, что глубина паза корпуса не достаточна для перемещения направляющего цилиндра вниз на нужную величину. Для того чтобы выполнить это условие, необходимо увеличить глубину паза корпуса. Отредактируйте изображения паза корпуса на главном виде и виде А, а также конфигурацию ребер жесткости в соответствии с рис. 4.6.

9. Сохраните файл.

На данном этапе проектирования амортизатора методом «снизу вверх» у нас имеется чертеж пружины с параметрами, соответствующими полученному заданию. Кроме того, подготовлены к оформлению конструкторской документации фрагменты чертежей сопрягаемых деталей (корпуса и направляющего цилиндра), проверенных на взаимодействие в работе. Теперь остается скрепить корпус с цилиндром и сконструировать толкатель, через который передается усилие на пружину.

Упражнение 4.7. Конструирование амортизатора (установка крепежных элементов).

Порядок работы

1. Из конструкторской библиотеки (папка «Машиностроение») установите в резьбовое гнездо М18 шпильку, пропустив ее через имеющееся отверстие в корпусе.

2. В режиме диалога в окне конструкторской библиотеки в поле *Конфигурация библиотеки* откройте двойным щелчком каталог «Крепежный элемент».

В правой части раскрывшегося окна находится изображение прототипа будущего крепежного соединения, конфигурацию которого можно изменять. В средней части окна имеются два поля, расположенные одно над другим. Левое поле окна представляет собой каталог крепежа. Под этим полем находится еще поле, в котором отображается выбранное из каталога крепежное изделие. Между левым и правыми полями существует связь, поддерживаемая кнопками управления.

3. Из каталога крепежа выберите, например, раздел «Гайки». Затем, идя по ветвям дерева вниз, найдите нужную гайку: *Гайки шестигранные* → *Гайки прорезные* → *Гайка ГОСТ 5919—73*.

4. Отправьте обозначение этой гайки в верхнее окно среднего поля кнопкой, имеющей изображение верхней стрелки вправо. В правом окне появится изображение выбранной гайки с разме-

рами, соответствующими размерам установленной на данный момент шпильки (болта).

5. Если в диалоговом окне *Крепежный элемент* ранее был установлен другой элемент, например болт, то его необходимо вернуть обратно в каталог, прежде чем осуществлять выбор нужной шпильки. Для этого выделите щелчком в верхнем поле обозначение болта. Изображение болта выделится цветом. Переместите болт в левое окно, используя соответствующую стрелку.

6. Аналогично выбору гайки установите для проектируемого крепежного элемента шпильку с ввинчиваемым концом 1,25d (ГОСТ 22035—76) и диаметром $d = 18$ мм. Выбор диаметра производится из списка, находящегося в верхней части окна слева.

7. В нижнюю часть изображения крепежного элемента поместите шайбу.

8. Перетащите мышью обозначение гайки в нижнее поле. Если необходимо поменять местами гайку с шайбой, выделите соответствующий элемент и щелкните по стрелке.

9. После окончания редактирования крепежного элемента придайте переключателям и флажкам необходимое состояние. Например, переключатель главного вида должен быть активным, также должны быть активными флажки *Автоподбор* и *Создать объект спецификации*.

10. Завершив все установки, дайте команду готовности и установите точку вставки фантома крепежного элемента на необходимое место, затем вторую точку укажите в углублении корпуса.

После того как положение крепежного элемента будет зафиксировано, длина шпильки определится автоматически. Одновременно на экране появится таблица, очень похожая на фрагмент спецификации, — объект спецификации. В строке этой таблицы будут заполнены колонки позиции, наименования и количества. Номер позиции будет зависеть от ваших предыдущих действий (работали ли вы ранее с объектами спецификации). Если вы считаете, что номер позиции не подходит, то все равно не исправляйте его. В колонку «Наименование» будет занесено обозначение выбранной вами шпильки, а в колонке «Количество» будет указана единица. Эту колонку можно редактировать, т. е. указать истинное количество данных крепежных изделий, входящих в сборку. После окончания работы с таблицей объекта спецификации система предложит три варианта простановки позиций.

11. Выберите вариант «Проставить новую».

12. Укажите мышью место начала линии-выноски обозначения позиции, затем место начала полки. Если указываемое направление полки требуется изменить, то это укажите в параметрах панели свойств.

13. После того как будет дана команда *Создать объект*, появится следующее окно объекта спецификации. При выборе варианта

проставки позиции нажмите на кнопку *Указать существующую* и укажите на чертеже точку начала полки предыдущей позиции.

14. Увеличьте диаметр сквозного отверстия с 16 мм до 20 мм, так как через него пропущена шпилька М18. Редактирование корпуса закончено.

15. Сохраните отредактированный фрагмент сборки амортизатора.

Звеном, воспринимающим заданное усилие, является толкатель. Толкатель крепится к амортизатору крышкой, которая временно является направляющей для него. Воспользуемся чертежом крышки, который мы уже имеем в виде параметрической модели. Конструкцию толкателя разработаем непосредственно на сборочном чертеже. Так как эта деталь перемещается во внутреннем отверстии крышки, то прежде всего необходимо задаться диаметром этого отверстия. Заддим конструктивно размер стержня толкателя равным 20 мм. Тогда соответствующий диаметр отверстия крышки будет равен 22 мм.

Упражнение 4.8. Конструирование амортизатора (продолжение).

Порядок работы

1. Откройте новый фрагмент и сохраните его под именем «Крышка для сборки».

2. Вставьте в него содержание файла «Крышка параметрическая»: *Вставка* → *Фрагмент* → файл для открытия «Крышка параметрическая» → *Панель свойств* → вкладка *Переменные* → *Значение параметра* ($d = 22$) → указать точку вставки.

3. Разрушите макроэлемент, удалите имеющиеся размеры.

4. Поверните чертеж крышки на 90° вокруг точки вставки.

5. Снимите ограничения селектированных объектов и повторите попытку.

6. Вставьте созданный фрагмент в разрабатываемый сборочный чертеж.

7. Спроектируйте толкатель на сборочном чертеже (см. рис. 4.6).

8. Приведите файл-источник крышки в соответствие с толкателем, выполните отверстия под винты.

Работа с параметрической моделью ничем не отличается от работы с обычными фрагментами. Преимущество состоит в том, что не надо каждый раз создавать новый чертеж, достаточно лишь изменить внешние переменные параметры.

9. Соедините крышку с направляющим цилиндром винтами М8×20 ГОСТ 11738—84, предварительно установите шайбы 8 ГОСТ 6402—70.

10. Нанесите на чертеже позиции винта и шайбы. При работе с конструкторской библиотекой не забывайте создавать объекты спецификации крепежных элементов.

Процесс конструирования амортизатора закончен. Рассмотрим работу созданного механизма.

При воздействии усилия на толкатель все детали амортизатора перемещаются вниз относительно корпуса и пружины. Шпилька в механизме работает в качестве стяжки, причем сила, приложенная к гайке, равна силе предварительной деформации пружины. Как только механизм начинает работать, эта сила исчезает, поэтому против отворачивания гайки предусмотрена установка шплинта. Однако не исключена возможность вывертывания самой шпильки из резьбового гнезда. Необходимо предусмотреть ее стопорение.

11. Выполните на торце выступа направляющего цилиндра шесть пазов (см. рис. 4.6, вид Б), подобно пазам у корончатой гайки, для установки шплинта 2 × 32 ГОСТ 397 — 79.

12. Сохраните фрагмент сборки.

4.2.4. Оформление чертежей

Сборочный чертеж амортизатора и чертежи деталей, входящих в сборку на данном этапе конструирования, выполнены в виде фрагментов, но комплект рабочей документации на изделие должен содержать спецификацию изделия, сборочный чертеж устройства и рабочие чертежи деталей, входящих в разрабатываемый механизм, причем все эти документы должны быть приведены в соответствие с требованиями ЕСКД.

Рабочая документация для составляющих конструкцию деталей создается на базе отредактированных фрагментов чертежей. Фрагмент сборочного чертежа также нуждается в переводе в разряд чертежей.

Упражнение 4.9. Конструирование амортизатора (оформление сборочного чертежа).

Порядок работы

1. Создайте новый файл для чертежа и сохраните его под именем «Амортизатор 1 СБ» в папке «Амортизатор 1».

2. Создайте новый вид: *Вставка* → *Вид* → *Панель свойств* → *Масштаб* [*Компоновка* → *Новый вид...*]. Установите масштаб чертежа 1 : 2. Укажите на чертеже место начала координат для нового вида. Перейдите в многооконный режим (на экране должен быть фрагмент сборки и пустой лист для будущего сборочного чертежа).

3. Разрушьте связи между фрагментом сборки и фрагментами чертежей (*Редактор* → *Выделить все* → *Разрушить*) [*Выделить все* → *Операции* → *Разрушить*].

4. На фрагменте выделите главный вид и вид сверху и поместите их в буфер обмена.

5. Разместите на листе чертежа содержимое буфера обмена, используя опцию *На слои-источники* (на панели свойств).

6. На чертеже создайте новый вид с масштабом 1 : 1. Вставьте в чертеж из фрагмента вид А и отредактируйте чертеж (укажите масштаб вида и измените общий масштаб чертежа).

7. Удалите все невидимые линии, используя команду *Усечь кривую* (см. Приложение 2, рис. П.2.2). Возможно потребуется разрушить связи дополнительно.

8. Сформируйте из каждой оригинальной детали макроэлемент. Так как сборочный чертеж у нас выполнен послойно, то создать макроэлемент детали несложно. Для этого раскройте меню *Выделить* → *Слой* → *Указанием* (выбором) → указать (выбрать) слой → *Сервис* → *Объединить в макроэлемент*.

9. Укажите номера позиций для оригинальных деталей, используя команду *Обозначение позиций*.

10. Сохраните файл.

Создайте чертежи деталей кроме пружины (ее чертеж, Приложение 2, рис. П.2.1, был получен в процессе работы с библиотекой Компас-SPRING) и толкателя (его чертеж мы создадим позже). Чертежи можно создавать вставкой имеющегося фрагмента либо через буфер обмена, взяв за основу изображение, полученное при разработке сборочного чертежа амортизатора. Если изображения деталей, входящих в сборочный чертеж, размещены на собственных слоях, то выделить отдельную деталь будет несложно. Поместите чертежи в папку «Амортизатор 1». Повторяющиеся имена файлов чертежей и фрагментов отличаются своими расширениями. Заполните для всех чертежей основные надписи, кроме графы «Обозначение». После этой операции приступим к разработке спецификации.

4.3. Составление спецификации в автоматизированном режиме

Как и при ручном режиме, спецификацию в автоматизированном режиме можно выполнять в любой последовательности и в любой момент времени. Однако стиль будущей спецификации необходимо выбрать перед началом ее составления: *Спецификация* → *Управление описаниями спецификаций* → *Добавить описание* → в окне *Описание текущей спецификации* установить *Стиль спецификации* «Простая спецификация ГОСТ 2.106—96» [*Сервис* → *Объекты спецификации* → окно *Управление описаниями*, в котором надо щелкнуть по кнопке *Добавить описание*, в окне *Описание текущей спецификации* в строке «Стиль спецификации» должен быть установлен стиль «Простая спецификация ГОСТ 2.108—68» (или ГОСТ 2.106—96)].

Внимание. Заполнение спецификации производится только в режиме «Нормальный» (см. Упражнение 2.15). По умолчанию состояние спецификации всегда находится в этом режиме.

4.3.1. Создание объектов спецификации

Под объектом спецификации в Компас-3D подразумевается вся строка (или несколько строк) электронного бланка спецификации, относящаяся к одному специфицируемому объекту. Такой объект является основной структурной единицей спецификации системы.

Объекты спецификации могут быть базовыми или вспомогательными. Для пользователей наиболее востребованными являются базовые объекты спецификации, так как для базовых объектов предусмотрена возможность автоматического заполнения колонок строки, сортировки объектов внутри раздела (например, по алфавиту), подключения графических объектов из сборочного чертежа и т.д.

Визуально объект спецификации проявляется на экране монитора в виде его текстовой части, размещенной в строке (строках) бланка спецификации. Именно эта часть базового объекта спецификации выводится на печать. Надо отметить, что бланк спецификации не является самостоятельным файлом, а целиком и полностью входит в файл сборки, что отмечается и в заголовке окна. Такой порядок работы со сборочным чертежом называется *подчиненным режимом спецификации*.

Упражнение 4.10. Заполнение объектами спецификации раздела «Детали» (первый этап создания спецификации).

Порядок работы

1. Выполните команду *Спецификация → Добавить объект [Сервис → Объекты спецификации]*. В появившемся диалоговом окне выделите раздел «Детали» затем нажмите кнопку *Создать*. В возникшем на экране окне, очень похожем на часть спецификации, заполните графы «Наименование» и «Обозначение».

Примечание. Объект «Корпус сварной» является сборочной единицей и не должен входить в раздел «Детали».

2. Установите курсор в графу «Наименование» и наберите с клавиатуры название, например *Пружина*.

3. Графу «Обозначение» можно не заполнять.

4. Графу «Поз.» оставьте без изменения.

5. Нажмите кнопку *ОК*.

Можете таким же образом добавлять следующие объекты до окончания перечня деталей, входящих в сборку. Каждый раз пос-

ле нажатия кнопки *ОК* окно с указанным объектом спецификации закрывается и не мешает дальнейшей работе. Однако введенную информацию об объектах в любое время можно просмотреть или отредактировать.

6. Выполните команду *Спецификация → Редактировать объекты* [*Сервис → Объекты спецификации → Редактировать объекты*]. Появится окно, которое выглядит как бланк спецификации с заполненной строкой (или строками).

7. Перейдите в многооконный режим работы. Чтобы увидеть полностью окно подчиненного режима, сделайте его текущим и щелкните по кнопке *Масштаб по высоте листа* на панели *Вид*. В окне сборочного чертежа должен быть хорошо виден главный вид с обозначением позиций.

8. Сравните номера позиций в окне подчиненного режима и на сборочном чертеже. Их необходимо привести в соответствие друг с другом. Для этого:

- выделите изображение пружины. Так как она оформлена как макроэлемент, то для этого достаточно одного щелчка по любому из ее элементов;

- нажмите клавишу [Shift] и выделите принадлежащую пружине позицию;

- выполните команду *Сервис → Редактировать состав объекта* или нажмите одноименную кнопку на панели управления;

- в появившемся окне щелкните по кнопке *Добавить*;

- проверьте соответствие позиций. Теперь на чертеже появилось две одинаковые позиции. Это временное совпадение. После ввода всей информации о входящих в сборочный чертеж деталях вся нумерация позиций должна придти в полное соответствие со спецификацией;

- выделите строку введенного объекта «Пружина» в окне подчиненного режима и нажмите кнопку *Показать состав объекта* на панели управления. На чертеже система автоматически выделит цветом (по умолчанию зеленым) подключенные объекты (изображение пружины и ее позицию).

Таким образом, за счет ввода связи между объектом спецификации и обозначением позиции на чертеже система, во-первых, автоматически устанавливает соответствие между ними и, во-вторых, выделяет на чертеже геометрический объект по его обозначению в окне подчиненного режима. Необязательно включать в группу выбора полностью выделенное изображение специфицируемого объекта (это бывает затруднительно, когда объект не является макроэлементом), но обозначение позиции объекта необходимо.

Необязательно и присутствие окна подчиненного режима, так как ввод объекта спецификации можно выполнять в любое время и в любом порядке.

9. Закройте окно подчиненного режима. Введите информацию об остальных деталях, входящих в сборочный чертеж (см. п. 1).

10. Введите таким же образом информацию о сборочной единице. При выборе раздела укажите: *Сборочные единицы*.

11. Сохраните файл.

Для того чтобы проконтролировать результаты выполненной работы, достаточно вновь открыть окно подчиненного режима (*Сервис* → *Объекты спецификации* → *Редактировать объекты*). Перейдите в многооконный режим и убедитесь в правильном подключении геометрических объектов к объектам спецификации (в окне подчиненного режима выделите одну из строк и щелкните по кнопке *Показать состав объекта* на панели управления). Все объекты должны отвечать подключенному режиму.

Любой сборочный чертеж, кроме оригинальных деталей, как правило, имеет в своем составе крепежные изделия, которые также должны входить в раздел «Стандартные изделия» спецификации.

Конструкторская библиотека, кроме графического изображения изделия, располагает и всеми атрибутами этого изделия (размерами, точностью изготовления, номером ГОСТа). Поэтому при использовании изображения стандартного изделия, взятого из конструкторской библиотеки, в сборочном чертеже система по указанию пользователя автоматически создает *Окно подчиненного режима*.

Для этого при назначении параметров изделия следует активизировать флажок *Создать объект спецификации*. Если указанный флажок не был активизирован, то это можно сделать и позже, вызвав ту страницу конструкторской библиотеки, из которой было затребовано это изделие (дважды щелкнуть по изображению стандартного изделия). Сразу же появится строка окна подчиненного режима с атрибутами данного изделия — графа «Наименование» будет заполнена автоматически.

Упражнение 4.11, (продолжение). Заполнение объектами спецификации раздела «Стандартные изделия» (первый этап создания спецификации).

Порядок работы

1. Щелкните дважды по изображению винта, крепящего крышку. Откроется окно с параметрами данного винта. Активизируйте флажок *Создать объект спецификации*.

2. В окне подчиненного режима в графе «Кол.» укажите необходимое количество этих изделий для конструируемого изделия. Графу «Поз.» оставьте без изменений. Нажмите *ОК*.

3. В новом окне нажмите кнопку *Проставить новую* (нанесение новой позиции). Укажите точку на изделии, на которое указывает

линия-выноска, затем точку начала полки (см. Приложение 2, рис. П.2.2) и дайте команду *Создать объект*.

4. Такую же операцию проделайте с шайбой, но при выборе варианта нанесения позиций выберите кнопку *Указать существующую*. На чертеже укажите начало полки предыдущей позиции.

5. Закончите расстановку позиций для остальных стандартных изделий.

6. Закройте окно подчиненного режима. Сохраните чертеж.

Создание объектов спецификации для библиотечных элементов более рационально выполнять одновременно с созданием самих объектов.

При необходимости содержание строки атрибутов стандартных изделий можно отредактировать. Для этого надо дважды щелкнуть по строке с атрибутами редактируемого изделия. Появится окно со всеми атрибутами данного изделия, и станет доступен режим ручного редактирования. Снимая или устанавливая запрет для тех или иных колонок таблицы (конечно, предварительно их указывая), можно быстро и удобно выполнить необходимые установки.

Итак, для всех деталей, входящих в сборочный чертеж, созданы объекты спецификации. Теперь необходимо создать собственно спецификацию.

4.3.2. Создание спецификации

До сих пор мы работали в подчиненном режиме спецификации. Ранее был подробно описан этот режим (см. Упражнение 4.10). Настоящая спецификация создается после открытия нового файла спецификации. После передачи в него сведений, введенных из ранее разработанного подчиненного режима спецификации, спецификация может быть выведена на печать в качестве отдельного документа.

Упражнение 4.12. Выполнение конструкторской документации (второй этап создания собственно спецификации).

Порядок работы

1. Откройте файл спецификации и присвойте ему имя «Амортизатор 1», поместив его в одноименную папку.

2. Выполните команду *Настройка спецификации* из меню *Формат* или нажмите одноименную кнопку на развернувшейся панели *Спецификация* [*Настройка* → *Настройка спецификации...*]. В диалоговом окне *Настройка спецификации* проверьте настройку: должны быть включены флажки *Связь сборочного чертежа со спецификацией* и *Рассчитывать позиции*, переключатель *Связь с расчетом позиций* также должен быть активным.

3. Перейдите в многооконный режим. Сравните заголовки окон: спецификация является полностью самостоятельным документом. Переключитесь в окно спецификации и нажмите кнопку *Управление сборкой* на панели спецификации (или из контекстного меню выберите команду *Управление листами сборки*).

4. В диалоговом окне *Управление сборкой* нажмите кнопку *Подключить документ*, после этого выберите файл для открытия «Амортизатор СБ 1» и откройте его (несмотря на то, что он у вас открыт, щелкните по кнопке *Открыть*). Выйдите из окна управления сборкой.

5. Проверьте соответствие номеров позиций спецификации с номерами позиций на сборочном чертеже. Бланк спецификации заполнен по установленным стандартам (ГОСТ 2.108—68) правилам со сквозной нумерацией позиций, в то время как на чертеже сохранился старый порядок обозначения позиций. Для того чтобы установить соответствие между чертежом и спецификацией в этом отношении, щелкните по кнопке *Синхронизировать данные* на панели управления и подтвердите необходимость изменения нумерации позиций в сборочном чертеже.

4.3.3. Подключение спецификации к объектам сборки

Система Компас связывает объекты спецификации не только с изображениями деталей, входящими в сборочный чертеж (что мы уже видели), но и с рабочими чертежами деталей и спецификациями сборочных единиц. После установления соответствующих связей система поддерживает двухсторонний режим синхронизации между этими документами.

Связь спецификации сборочного чертежа с рабочими чертежами и спецификациями сборочных единиц конструируемого изделия осуществляется командой *Управление сборкой* [*Дополнительные параметры*].

Упражнение 4.13. Выполнение конструкторской документации (третий этап создания спецификации).

Порядок работы

1. Откройте файл чертежа пружины. Убедитесь, что основная надпись заполнена. Измените название детали, например «Пружина сжатия». Закройте файл.

2. На бланке спецификации выделите строку, предназначенную для пружины, а на панели свойств откройте вкладку *Документы* и раскройте ее содержание. Щелкните по кнопке *Добавить документ* и откройте файл с чертежом пружины. Ответьте положительно на запрос системы.

В редактируемой строке бланка спецификации система заполнила все колонки, данные для которых были использованы из основной надписи подключенного объекта. Теперь, если будет изменено наименование объекта спецификации или его обозначение в основной надписи рабочего чертежа, то автоматически изменятся и соответствующие графы связанной с этим объектом спецификации.

3. Заполните в основных надписях для чертежей, входящих в данную сборку, графу обозначение деталей (мы ее еще не заполнили). Обозначения деталям присвойте произвольно, например КПГД 423500. 004, КПГД 445500. 007 и т.д. Повторите п. 2 для остальных деталей (корме толкателя, так как для этой детали у нас нет ни эскиза, ни чертежа).

4. Измените в файле «Амортизатор 1. sprw» обозначения деталей в соответствии со спецификацией (Приложение 2, рис. П.2.3) и сохраните его. При сохранении система сообщит об изменении соответствующих файлов чертежей деталей. Откройте эти файлы и убедитесь в изменении обозначения детали в соответствующей графе.

Обратите внимание на порядок заполнения колонок «Поз.» и «Обозначение». В колонке, предназначенной для обозначения документа, принятые нами обозначения автоматически разместились в возрастающем порядке, и в соответствии с этим поменялись местами наименования деталей в колонке «Наименование». В колонке «Поз.» порядок ее заполнения по возрастанию нарушен. Для наведения порядка в заполнении спецификации необходимо выполнить команду *Расставить позиции*, одноименная кнопка которой находится на панели управления. После того как нумерация позиций будет произведена по принятым правилам, произойдет рассогласование номеров позиций в спецификации и в чертеже. Для устранения рассогласования надо выполнить команду *Синхронизировать данные*.

Графическое изображение толкателя мы создали прямо на сборочном чертеже. Но его отсутствующий чертеж в виде заготовки можно создать обычным образом через буфер обмена. Однако, учитывая, что система создала ассоциативную связь между спецификацией и всеми деталями, входящими в сборочный чертеж, эту же заготовку можно создать на основе созданного объекта спецификации.

5. Выделите в спецификации объект, для которого создается заготовка чертежа. Для этого:

- раскройте на панели свойств строку «Подключить к объекту Компас — документы» и дайте команду *Добавить документ*;
- в окне для открытия файлов необходимый документ отсутствует. Присвойте отсутствующему документу любое имя, предварительно открыв необходимую папку (для удобства папка «Амортизатор», а имя «Толкатель»), и откройте этот документ;

• этот файл не существует, и система предложит его создать. В окне вкладки *Документы* на панели свойств появится изображение создаваемого документа;

• для того чтобы создать документ в виде чертежа, дайте команду *Загрузить документ*;

• закройте файл и проверьте его наличие в указанной папке.

Кроме связи спецификации с рабочими чертежами деталей, входящих в сборочный чертеж, система устанавливает связь и со спецификациями сборочных единиц. Порядок установки такой связи аналогичен описанному ранее с той лишь разницей, что вместо открытия файла чертежа (расширение .cdw) должен быть открыт файл спецификации сборочной единицы (расширение .sprw).

Порядок заполнения раздела «Документация» сходен с заполнением других разделов спецификации (*Редактор* → *Добавить раздел* → *Документация* → *Создать*). При подключении документов должен быть задействован файл сборочного чертежа.

При заполнении спецификации в автоматизированном режиме в каждом ее разделе по умолчанию формируется по две резервных строки, поэтому нумерация позиций не сквозная (система автоматически добавляет еще два значащих номера в разделе). Если резервные строки конструктору не требуются, то их можно аннулировать. Для этого, предварительно выделив в редактируемом разделе любую строку, в строке параметров объектов спецификации с помощью счетчика в поле *Резервные строки* надо установить в раскрывающемся списке цифру 0.

6. Заполните основную надпись спецификации. Ее заполнение ничем не отличается от заполнения спецификации, выполненной в ручном режиме.

7. Сохраните файлы и закройте их.

Таким образом, составление спецификации в автоматизированном режиме состоит из трех этапов:

• создание объектов в сборочном чертеже в подчиненном режиме, причем создание объектов, как и создание разделов спецификации, может производиться в любой последовательности в каждом из разделов;

• создание бланка спецификации и подключение к ней специфицируемого изделия, в результате чего возникает собственно спецификация;

• подключение к спецификации документов, входящих в сборочный чертеж.

На примере разработки конструкции амортизатора мы рассмотрели практически все возможности, предоставляемые системой Компас для выполнения конструкторской документации средствами двумерной графики при использовании различных приемов проектирования (сверху вниз, снизу вверх и смешанное).

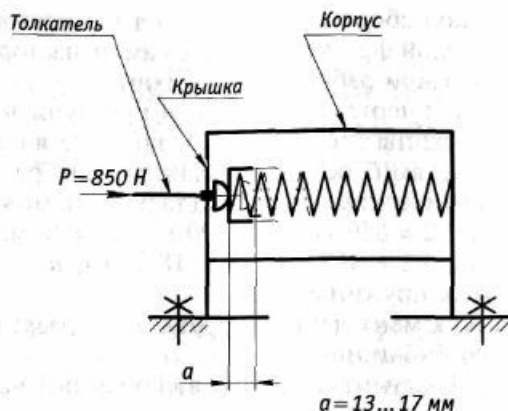


Рис. 4.7. Схема устройства «Амортизатор 2»

Система Компас позволяет употреблять имеющиеся у разработчика прототипы при разработке новых изделий (примером этого может служить только что разработанная документация для амортизатора). При определенных навыках работы с системой эти операции выполняются достаточно просто и быстро. В результате практически одновременно выполняются как сборочный чертеж, так и взаимоувязанные эскизы будущих чертежей деталей. Преобразовать полученные таким образом фрагменты (эскизы) в рабочие чертежи не составляет большого труда.

Самостоятельная работа. Конструирование нового изделия.

Разработайте комплект конструкторской документации на изделие «Амортизатор 2» в соответствии со схемой (рис. 4.7) и чертежом (Приложение 2, рис. П.2.4), при условии, что сила пружины при рабочей деформации должна быть не менее 850 Н, а ход толкателя a — 13...17 мм.

Примечание. Так как расчетным элементом, входящим в проектируемое изделие, является пружина, то ее геометрические параметры влияют на конструктивные размеры, сопрягаемых с ней деталей. С другой стороны, аналог корпуса будущего устройства уже имеется в библиотеке конструктора, причем, учитывая его присоединительные и габаритные размеры, он вполне приемлем как прототип. Поэтому в данном случае предлагается следующая последовательность.

Порядок работы

1. Создайте файл чертежа корпуса амортизатора в виде фрагмента.

2. Создайте файл сборочного чертежа амортизатора и вставьте в него на первый слой фрагмент корпуса амортизатора. Определите длину пружины при рабочей деформации.

3. Создайте файл чертежа пружины и приступить к ее расчету. Кроме длины пружины и ее диаметра, которые являются конструктивными размерами, остальные данные для расчета должны содержаться в техническом задании. Для расчета можно взять следующие данные: $F_2 = 850 \text{ Н}$, $L_2 = 120 \text{ мм}$, $D = 40 \text{ мм}$, $H = 15 \text{ мм}$. Результат расчета: $L_2 = 107 \text{ мм}$, $H = 18,2 \text{ мм}$, $d = 7 \text{ мм}$, $n = 14$. Выполнить чертеж пружины.

4. Создайте фрагмент чертежа пружины в разрезе, используя конструкторскую библиотеку.

5. Поместите фрагмент пружины в сборочный чертеж на второй слой.

6. Выполнить на сборочном чертеже сопрягаемые с пружиной детали: буфер (деталь 2) и тарелку (деталь 6) на разных слоях.

7. При необходимости отредактируйте корпус амортизатора через файл-источник.

8. Выполните остальные детали, входящие в сборку.

9. Создайте рабочую документацию на детали, выделяя соответствующий слой и помещая затем их изображения в буфер обмена.

10. При необходимости корректировки геометрии детали образуйте фрагмент этой детали, а затем вставьте в сборочный чертеж, предварительно удалив (или переместив) ее первоначальное изображение. Вставьте отредактированный фрагмент в изготавливаемый чертеж.

11. Создайте спецификацию.

12. Приведите разработанную документацию в соответствии с требованиями ЕСКД.

В дальнейшем, по мере приобретения навыков работы с системой Компас-график, у вас появятся свои излюбленные приемы, свой стиль работы, и работать без компьютера вы категорически откажетесь. Однако еще большие возможности и неоценимую помощь в работе вам окажет Компас-3D.

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ КОМПАС-3D

Существует множество компьютерных программ, отображающих пространство на плоскость экрана, например Studio 3D Max (используется для анимации различных объектов, механизмов, сцен), Corel DRAW (используется для передачи реалистического изображения предметов в дизайнерской деятельности), различные CAD системы (Pro/ENGINEER, SolidWorks, AutoCad и т.д.), предназначенные для проектирования в инженерно-технической области.

Система Компас-3D, являющаяся отечественной разработкой, предназначена для создания трехмерных параметрических моделей как отдельных деталей, так и сборочных единиц и ориентирована на область машиностроения.

5.1. Образование и ориентация геометрических фигур в пространстве

Конструкция любой детали в общем машиностроении состоит из простейших геометрических форм, занимающих частные положения по отношению к плоскостям проекций, что значительно упрощает разработку программ, предназначенных для автоматизации инженерно-графических работ.



Рис. 5.1. Моделирование цилиндра:

a — образующая прямая; *б* — образующая окружность

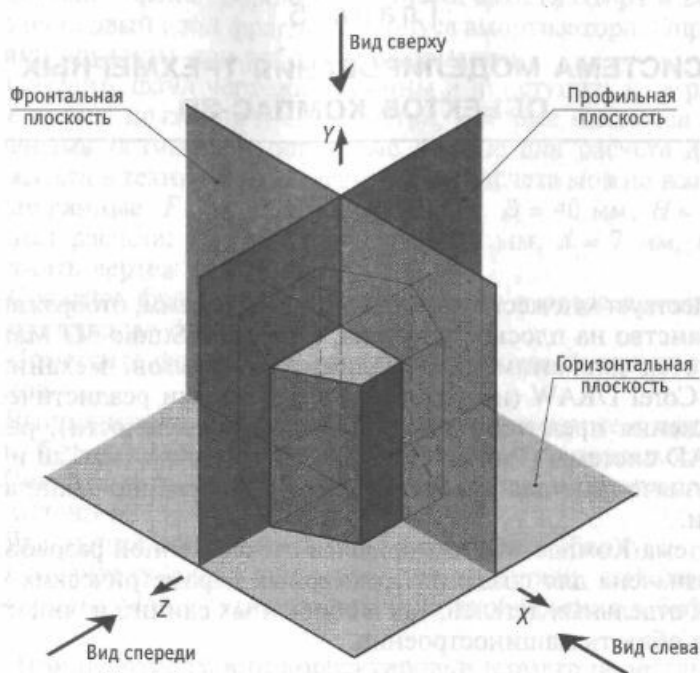


Рис. 5.2. Система координат в Компас-3D

В Компас-3D для задания модели геометрической фигуры применяется кинематический метод образования поверхностей, основанный на перемещении заданного геометрического примитива по известной траектории. Так цилиндрическая поверхность в общем случае может быть задана параллельным перемещением прямой (образующей) по некоторой кривой, например окружности (направляющей), или наоборот, параллельным перемещением окружности вдоль прямой (рис. 5.1). Во втором случае окружность становится образующей, а прямая — направляющей.

Перед началом работы по созданию детали необходимо решить вопрос о ее расположении относительно плоскостей проекций (фронтальной, горизонтальной или профильной), чтобы избежать в дальнейшем лишних операций переориентации детали при создании сборки. На рис. 5.2 изображена система координат, используемая при создании моделей в Компас-3D начиная с версии V6 и выше и положение плоскостей проекций по отношению к ней (для версий 5.X горизонтальная плоскость соответствует осям XY, фронтальная — XZ, профильная — YZ).

5.2. Создание основания детали

Конструирование любой детали начинается с построения основания детали. Формально за основание детали может быть принят любой из ее элементов (элементы — простые геометрические тела, из которых состоит деталь), к которому можно добавлять («приклеивать») или удалять («вырезать») последующие элементы детали. Единственным условием построения этого элемента является возможность его создания средствами, предоставляемыми системой. Создание основания начинается с построения его плоского эскиза, к которому в дальнейшем будет применена та или иная формообразующая операция для превращения эскиза в твердотельную модель. Образованный таким образом первый твердотельный элемент и является основанием детали. В общем случае любая часть детали может служить ее основанием. Однако к поверхностям второго порядка и выше, например к сфере, тору, нельзя непосредственно пристроить другой элемент. Только к плоской грани основания детали может быть добавлена следующая ее часть, поэтому желательно выбирать в качестве основания детали любое геометрическое тело, имеющее хотя бы одну плоскую грань.

Построение эскиза основания детали. Простейшее геометрическое тело образуется в результате выполнения некоторой операции над эскизом. В зависимости от выбора формообразующей операции и при определенной ориентации детали в пространстве эскиз может быть различным по форме для одного и того же геометрического тела. Эскизом основания для горизонтально проецирующего цилиндра является окружность на горизонтальной плоскости (при выборе операции выдавливания) или прямая на фронтальной плоскости (при выборе операции вращения). И, наоборот, при одной и той же формообразующей операции над эскизом, ориентация детали в пространстве может зависеть от выбора плоскости проекций для построения эскиза (рис. 5.3, 5.4).

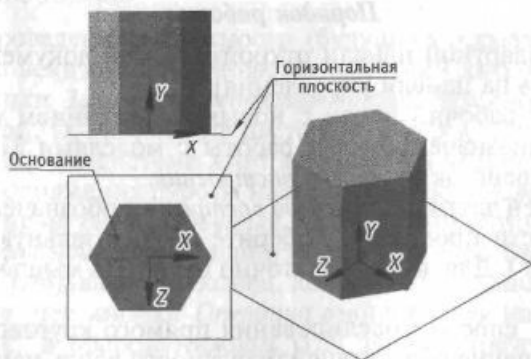


Рис. 5.3. Расположение основания призмы в горизонтальной плоскости

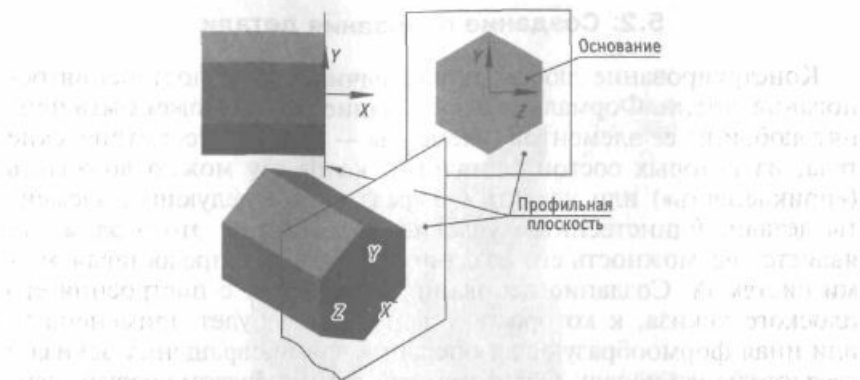


Рис. 5.4. Расположение основания призмы в профильной плоскости

Прежде чем приступить к моделированию геометрического тела, необходимо:

- определить его положение в пространстве;
- на основе того или иного способа образования поверхности определить геометрию эскиза и подходящий для получения требуемой формы вид операции;
- выбрать плоскость проекции для построения на ней эскиза.

Рассмотрим порядок и приемы работы в Компас-3D на примере моделирования некоторых элементарных пространственных форм, которые могут быть основаниями для той или иной детали.

Моделирование цилиндра. Как уже было сказано, цилиндрическая поверхность может быть образована двумя способами. Рассмотрим оба способа на примере построения горизонтально проецирующего цилиндра.

Упражнение 5.1. Способы моделирования цилиндра в Компас-3D.

Порядок работы

1. На стандартной панели откройте новый документ «Деталь» [Новая деталь на панели управления].

Откроется рабочий экран с новым содержанием компактной панели, предназначенной для работы с моделями 3D. Слева на экране помещено окно *Дерево построения*.

2. В верхней части окна *Дерево построения* обозначены стандартные плоскости проекций. Выберите горизонтальную плоскость проекций (ZX). Для этого достаточно щелкнуть мышью по ее обозначению.

Первый способ моделирования прямого кругового цилиндра — перемещение образующей окружности вдоль направляющей прямой.

После выбора *горизонтальной* плоскости в рабочем поле появится линия зеленого цвета. Это означает, что выбранная плоскость в данный момент является проецирующей по отношению к фронтальной плоскости. Чтобы разместить в выбранной плоскости основание цилиндра необходимо на панели *Вид* [в строке текущего состояния] нажать кнопку *Ориентация* и из предложенного списка выбрать ориентацию *Сверху*.

Появившийся квадрат зеленого цвета показывает, что на горизонтальную плоскость «открылся» вид сверху. Маркеры квадрата служат для изменения формы и размеров обозначенной плоскости (боковые маркеры), а также для перемещения плоскости по рабочему экрану (центральный маркер).

Одновременно с появлением плоскости активизируется кнопка *Эскиз* на панели текущего состояния [*Новый эскиз* на панели управления]. Нажатие этой кнопки приводит систему в режим работы над эскизом в формате 2D стандартными средствами графического редактора. Отжатие этой кнопки означает выход из режима построения эскиза.

3. Проведите окружность произвольным радиусом с центром в начале координат. Для этого:

- нанесите размер диаметра. На экране сразу появится окно диалога *Установить значение размера*. С этим окном вы уже встречались, когда занимались созданием параметрической модели (см. подразд. 3.14);

- установите значение размера, например 40 мм, и закончите диалог. Теперь размер стал фиксированным, а окружность параметрически связана с ним. Так как параметрические связи в системе 3D накладываются автоматически, то контуры эскиза основания первоначально можно выполнять без соблюдения размеров и пропорций. Последующую корректировку изображения можно производить с помощью нанесения размеров.

Примечание. Лишние связи затрудняют работу и даже делают ее невыполнимой.

После проведения окружности (будущего основания цилиндра) работа с эскизом заканчивается отжатием кнопки *Эскиз* [нажатием кнопки *Закончить редактирование*]. Мы вновь возвращаемся в режим 3D. Изменение цвета окружности с синего на зеленый означает, что система ждет дальнейшей команды.

4. Для продолжения работы нажмите кнопку *Операция выдавливания* на панели *Редактирование детали* компактной панели [на *Инструментальной* панели] или из главного меню *Операции* выберите опцию *Операция* и, наконец, команду *Выдавливания*. Обратите внимание, что кнопка *Операция выдавливания* на компактной панели имеет в правом нижнем углу черный треугольник, значит, она относится к раскрывающимся. На панели свойств в поле

Расстояние 1 [в окне *Параметры*] установите высоту для создаваемого цилиндра, например 80 мм.

5. Для отслеживания процесса формирования поверхности создайте ее аксонометрическую проекцию, выбрав из имеющихся ориентаций создаваемого вида любую из них. При необходимости установите новый текущий масштаб изображения.

6. Поменяйте направление создания цилиндра на обратное. Теперь высота цилиндра устанавливается в поле *Расстояние 2*.

7. Создайте из сплошного тела пустотелый цилиндр (трубу). Для этого:

- активизируйте вкладку *Тонкая стенка*;
- выберите тип построения тонкой стенки;
- укажите толщину стенки;
- нажмите кнопку *Создать объект* на панели специального управления;

• нажмите на кнопку *Полутоновое* на панели *Вид*, а затем на кнопку *Повернуть* и, не отпуская правую клавишу мыши, рассмотрите полученное тело (цилиндр) со всех сторон.

8. Закройте файл без его сохранения.

Второй способ моделирования прямого кругового цилиндра — перемещение прямой по направляющей окружности.

Если выбран этот способ образования цилиндрической поверхности, то для построения эскиза вводится фронтальная плоскость.

9. Вновь войдите в режим работы с деталью.

10. В дереве построения выберите фронтальную плоскость, а ориентацию детали — *Спереди*.

11. В режиме эскиза постройте основание будущей модели. Для этого проведите два вертикальных отрезка на расстоянии друг от друга, равном радиусу основания цилиндра, например 20 мм. Один из отрезков, принадлежащих основанию, — ось проектируемого цилиндра — должен быть выполнен стилем *Осевая* (длина отрезка не имеет значения), другой, определяющий высоту цилиндра, например 60 мм (положение этого отрезка относительно начала координат определяет положение модели в пространстве), должен быть выполнен основным стилем. Соблюдение стилей обязательно. Работа над эскизом закончена.

12. После выхода из режима создания эскиза нажмите кнопку *Операция вращения* (кнопка операции вращения расположена там же, где и кнопка операции выдавливания).

13. В строке параметров следует установить *Сфероид* (для создания цельнотелой модели или *Тороид* для пустотелой модели) и 360°.

14. Закройте файл, не сохраняя его.

Произведем моделирование других геометрических тел.

Моделирование конуса. Коническая поверхность вращения отличается от цилиндрической поверхности вращения лишь тем, что в первом случае образующая пересекает ось вращения. Поэтому модель 3D конуса можно получить, используя второй способ (операцию вращения), предварительно проведя образующую из точки, удаленной от оси вращения на величину, равную радиусу основания будущего конуса, под некоторым углом к этой оси. Если образующая не будет доведена до точки пересечения с осью, то получится твердотельная модель усеченного конуса. Дальнейшее продолжение образующей за ось вращения недопустимо.

Постройте прямой круговой конус с диаметром основания 50 мм и высотой 80 мм. Начало высоты конуса должно совпадать с началом координат. Эскиз расположите на фронтальной плоскости. Сохраните файл под именем «Конус».

Первый способ построения (использование операции выдавливания) возможен, если рассматривать конус как цилиндр, у которого образующие равно наклонены к плоскости основания. Угол наклона образующих задается на панели свойств во вкладке *Параметры* в поле *Угол 1* (или *Угол 2*) при положении переключателя *Уклон 1 — Уклон внутрь*. Угол наклона образующей и высота конуса (задается в поле *Расстояние*) должны быть взаимно увязаны. Если высота конуса равна радиусу его основания, то угол наклона должен быть равен 45° . В противном случае высота конуса при заданном угле наклона образующей должна быть несколько меньше действительной (хотя бы на один миллиметр). Поэтому такой способ менее предпочтителен.

Можно рассматривать образование усеченной конической поверхности (третий способ) и как результат перемещения окружности переменного радиуса вдоль любой прямой (направляющей конуса). Для этого предназначена операция *По сечениям*, которая подробно описана в гл. 6.

Моделирование призмы. Призма представляет собой многогранник, две грани которого (основания) — равные многоугольники, расположенные в параллельных плоскостях, а другие (боковые) — параллелограммы. Кинематически поверхность призмы можно получить движением многоугольника основания призмы вдоль любой прямой. Поэтому при создании твердотельной модели правильной призмы используется операция выдавливания, аналогично описанному ранее первому способу получения модели цилиндра.

Моделирование пирамиды. Пирамида является многогранником, одна из граней которого — многоугольник (будущий эскиз основания пирамиды), а остальные грани (боковые) — треугольники с общей вершиной. Построение пирамиды аналогично построению модели конуса при использовании операций *Выдавливание* или *По сечениям*.

5.3. Использование булевых операций при моделировании изделий

Процесс создания объектов, состоящих из нескольких геометрических тел, основан на использовании булевых операций. Булевы операции базируются на понятиях алгебраической теории множеств.

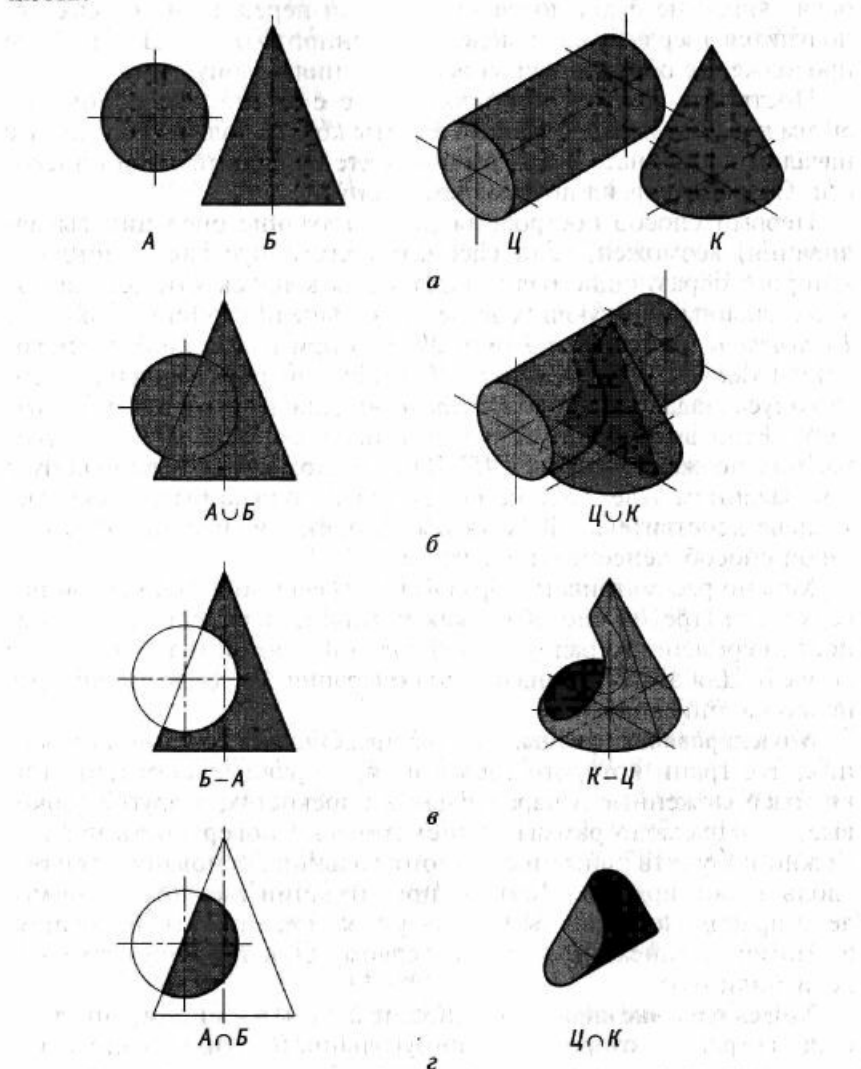


Рис. 5.5. Булевы операции:

a — исходные элементы; $б$ — операция объединения; $в$ — операция разности; $г$ — операция пересечения

5.3.1. Предназначение булевых операций

Деталь обычно представляет собой упорядоченный набор некоторого количества различных простейших геометрических тел. Задача состоит в создании математической модели для любого соединения таких тел. Для этого используются булевы операции.

Принцип действия булевых операций — объединения, разности и пересечения — проиллюстрирован на рис. 5.5.

Операция объединения (\cup) (рис. 5.5, б) определяет пространство внутри внешней границы составной фигуры. Результат объединения двух произвольных фигур A и B представляет собой затемненную область $A \cup B$. Таким образом, операция объединения определяет результирующую составную фигуру как один элемент. На этом же рисунке показано применение указанной операции для двух твердотельных примитивов (цилиндра C и конуса K) и проведено сечение объединения $C \cup K$, чтобы подчеркнуть, что образовалась новая форма, не похожая ни на цилиндр, ни на конус.

Операция разности ($-$) (рис. 5.5, в) определяет пространство, оставшееся от одной фигуры после вычета общей области двух фигур.

Операция пересечения (\cap) (рис. 5.5, г) определяет пространство внутри границ общей области фигур (т.е. множество точек, принадлежащих обеим фигурам).

5.3.2. Инструменты системы, предназначенные для выполнения булевых операций

Осуществление этих операций в системе Компас-3D реализуется операциями *Приклеить выдавливанием* и *Вырезать выдавливанием* с помощью одноименных кнопок, которые расположены на панели редактирования компактной панели.

Для примера возьмем объект, состоящий из двух взаимно пересекающихся геометрических фигур: конуса и цилиндра. Основанием будем считать конус.

Упражнение 5.2. Пересечение конуса с цилиндром.

Порядок работы

1. Вернитесь к файлу с именем «Конус».
2. В дереве построений выберите *Профильная плоскость*, а в строке текущего состояния ориентацию модели — *Слева*.
3. Войдите в режим построения эскиза. Невозможно построить цилиндр непосредственно на поверхности конуса, так как боковая поверхность цилиндра не является плоской гранью. Воспользуйтесь профильной плоскостью.

4. Образующую цилиндра — в данном случае окружность — надо проводить с таким расчетом, чтобы она пересекала конус, но не расчленила бы его на две части. Начертите окружность — образующую цилиндра — со следующими параметрами: диаметр 30 мм, координаты центра окружности (15; -20). Обратите внимание на расположение осей координат системы.

5. Выйдите из режима выполнения эскиза.

Перед следующей операцией в поле со списком ориентации модели установите *Изометрия*. Тогда процесс построения цилиндра будет отображаться на экране в виде фантома.

6. На инструментальной панели редактирования детали нажмите кнопку *Приклеить выдавливанием* для вызова одноименной операции или выберите ее из главного меню *Операции*.

7. На вкладке параметров из предлагаемого списка «Направления выдавливания» выберите опцию *Два направления*, а в полях, предназначенных для установки расстояний прямого и обратного направления выдавливания (*Расстояние 1* и *Расстояние 2*), установите расстояние по 30 мм.

8. Дайте команду *Создать объект*.

Процесс создания основания детали и формирования последующих ее частей (в данном случае цилиндрической части) на первый взгляд аналогичен. В обоих случаях эскиз создается на плоскости, но в первом случае (создание основания детали) эскиз создается обязательно на одной из стандартных плоскостей проекций, а для последующих элементов эскиз может быть создан на любой плоской поверхности (как на стандартной, так и на произвольной плоскости или грани). Кроме того, основание детали создается операцией *Выдавливание (Вращение)*, а последующие этапы формирования модели выполняются операцией *Приклеить выдавливанием (Приклеить вращением)*. Выполненная операция *Приклеить выдавливанием* соответствует булевой операции объединения. Благодаря ей на экране появилась твердотельная модель единого физического тела. С помощью программы можно определить его физические характеристики — массу, центр тяжести и т. д. (команды на инструментальной компактной панели *Измерения (3D)*).

Все выполненные действия по созданию твердотельной модели отображаются в дереве построения.

9. Щелкните правой клавишей мыши (для вызова контекстного меню) по последней ветви только что созданного элемента дерева построения. В появившемся контекстном меню выберите команду *Удалить элемент*. Появится окно *Удалить объекты* и при вашем согласии построенный цилиндр будет удален.

10. Для продолжения работы щелкните мышью по последнему ответвлению в дереве построения (*Эскиз 2*). Кнопки на инструментальной панели вновь станут активными.

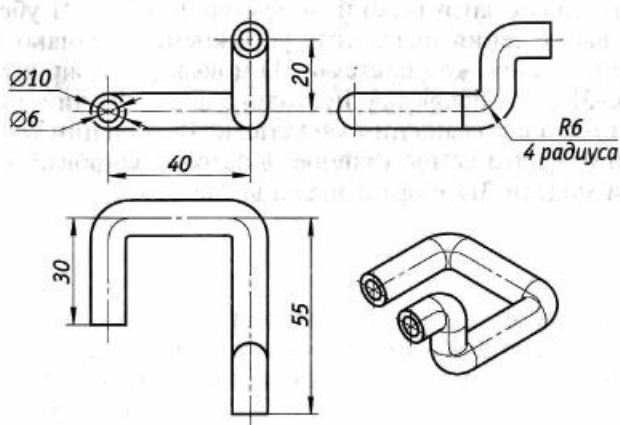


Рис. 5.6. Проекционный и аксонометрический чертежи трубы

11. Выберите операцию *Вырезать выдавливанием* и выберите опцию для двух направлений и назначьте в окнах *Способ 1* и *Способ 2* — *Через все*.

12. Нажмите кнопку *Создать объект*.

Построенное тело будет иметь вырез, что соответствует булевой операции разности.

13. Удалите операцию *Вырезать выдавливанием*. С помощью контекстного меню вызовите операцию *Редактировать элемент* и повторите п. 11.

14. Откройте вкладку *Вырезание*. Для получения необходимого результата операции следует выбрать команду *Пересечение элементов*, что соответствует булевой операции пересечения.

15. Закончите работу с файлом.

Иногда по ортогональным проекциям детали, обеспечивающим ее правильное изготовление и контроль, бывает затруднительно представить ее пространственную форму. Так, проекционный чертеж трубы (рис. 5.6) требует для своего прочтения какое-то время, тогда как ее аксонометрическое изображение дает представление об объекте мгновенно. Еще большую наглядность дают приемы, используемые в техническом рисовании, в частности при наложении на изображение светотени. Такое изображение объекта, хотя и эффектно, но трудоемко, к тому же может быть выполнено только специалистом по техническому рисованию.

Современные компьютерные технологии позволяют получать наглядные изображения объектов, причем изображения динамич-

чные, без особых затруднений, в чем вы уже могли убедиться в процессе выполнения начальных упражнений. Однако достоинства любой графической системы 3D моделирования, в том числе и Компас-3D, заключаются не только в получении наглядных изображений, а в повышении качества и сокращении сроков проектирования и, что самое главное, в автоматизированной трансформации модели 3D в ортогональные чертежи.



ОПЕРАЦИИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОСНОВАНИЯ МОДЕЛИ

В Компас-3D используются четыре операции для образования основания модели. Все они основаны на кинематическом способе задания поверхностей, когда эскиз перемещается по заранее заданной траектории.

Первая операция — *операция выдавливания* — представляет собой перемещение плоской кривой линии (контура) вдоль прямолинейной образующей.

Вторая операция — *операция вращения* — основана на вращении плоской кривой линии вокруг осевой линии, заданной явно (изображенной стилем «Осевая»).

Третья операция называется кинематической операцией. Она образуется при перемещении плоского контура по заданной траектории, которая может быть как плоской, так и пространственной кривой.

Наконец, последняя, четвертая, операция — *элемент по сечениям* — создается на основе перемещения плоского переменного контура по указанной кривой. Четвертую операцию можно трактовать и как каркасное задание поверхности: ряд поперечных сечений (контуров) детали, дискретно расположенных в пространстве.

Для осуществления этих операций служат командные кнопки, расположенные на инструментальной панели редактирования детали. Все кнопки расположены вместе на одной разворачивающейся панели. Эти же команды можно вызвать и из главного меню *Операции*. Кнопки становятся активными только после создания эскиза основания. После создания основания модели 3D кнопки вновь становятся неактивными.

В любом случае создание основания модели начинается с построения его эскиза.

6.1. Общие требования к эскизам

Одним из основных понятий при описании эскиза является контур. Значение этого термина в Компас-3D отличается от его значения в Компас-график. Если при работе в графическом доку-

менте (фрагменте или чертеже) контур — это единичный графический объект, то при работе над эскизом в Компас-3D под контуром понимается любой графический объект или совокупность последовательно соединенных линейных графических объектов (отрезков, дуг, сплайнов, ломаных и т.д.).

Контур в эскизе не должны пересекаться между собой и иметь общие точки. Если это произойдет, то система выдаст сообщение, например: «Эскиз: 6: Самопересечение контура».

Контур в эскизе изображается стилем линии «Основная». Если стиль линии отличен от стиля «Основная», то выдается сообщение: «Эскиз: 8: Пустой эскиз». Когда для построения контура требуются вспомогательные объекты (размерные линии, вспомогательные прямые и т.д.), не входящие в контур, они не будут учитываться при выполнении операций.

Внимание. В окне эскиза не должно быть никаких других графических элементов, выполненных стилем «Основная» кроме контура самого эскиза. В противном случае система выдает сообщение «Все контура должны быть замкнуты» и сделает недоступными все последующие операции. В этом случае надо тщательно отредактировать эскиз (прежде всего, удалить линии, дублирующие весь или частично контур). Иногда бывает проще удалить все и построить эскиз заново.

При выполнении конкретных операций существуют и дополнительные требования, предъявляемые к эскизам.

6.2. Дерево построения

В дереве построения показывается последовательность выполненных операций при создании модели детали. Эскиз, характерный для любой операции, находится на нижнем уровне. Этот уровень открывается после щелчка мышью по знаку «+», который размещен перед пиктограммой соответствующей операции. Эскизы, не участвующие в операциях, располагаются на верхнем уровне дерева.

Каждое законченное действие автоматически отображается в дереве в виде конкретной пиктограммы и названия в зависимости от способа создания элемента модели. Так как однотипным действиям присваиваются одинаковые названия, то для их различия к названию добавляется порядковый номер. При большом наборе элементов поиск нужного элемента может оказаться затруднительным.

Для более эффективной работы предусмотрена возможность переименования стандартных имен. Рекомендуется присваивать собственные имена детали, операции, эскизу (например, деталь

рекомендуется назвать корпусом, *Операцию выдавливания:1* — основанием корпуса, а *Эскиз:1* переименовать в эскиз основания).

Процедура замены имени аналогична процедуре переименования файлов или папок, т.е. нужно произвести два последовательных одиночных (с интервалом) щелчка мышью.

Дерево построения при необходимости может быть отключено. Для этого надо щелкнуть правой клавишей мыши по свободному месту рабочего окна и в появившемся контекстном меню щелкнуть мышью по команде *Дерево построения*. Чтобы восстановить *Дерево построения* следует проделать процедуру в обратном порядке.

Дерево построения служит не только для регистрации последовательности построений, но и для выделения элементов, например для их редактирования.

6.3. Редактирование элементов детали

При редактировании следует выполнять следующее требование: изменения, вносимые в модель, не должны приводить к нарушению целостности тела детали.

Прежде чем приступить к редактированию, необходимо выделить тот элемент (или его эскиз), который подлежит изменению. Для этого следует подвести курсор мыши (курсor приобретает вид стрелки) к соответствующей строке с пиктограммой редактируемого элемента (или эскиза) в дереве построения и щелкнуть правой клавишей мыши для вызова контекстного меню.

Как только появится контекстное меню, пиктограмма указанного элемента (эскиза) в дереве построения и сам элемент (эскиз) в рабочем окне окрасятся в зеленый цвет. После выбора надлежащей команды, например *Редактировать эскиз*, система перейдет в режим работы с эскизом, где средствами Компас-график производятся необходимые действия. Если выбрана команда *Редактировать элемент*, то появится соответствующая элементу раскрытая вкладка на панели свойств, в которой назначаются новые параметры этого элемента.

6.4. Операции, создающие основание модели

Рассмотрим подробно работу с каждой из перечисленных ранее операций.

6.4.1. Операция выдавливания

Для создания основания детали в виде элемента выдавливания служит команда *Операция выдавливания*. Команда доступна только

тогда, когда еще нет основания детали и выделен только один эскиз.

Требования к эскизу для операции выдавливания. К эскизам для операции выдавливания предъявляются следующие требования:

- в эскизе основания может быть не более двух контуров;
- если контур один, то он может быть замкнутым или разомкнутым;
- если контуров два, то они должны быть замкнуты;
- если контуров два, то один из них должен быть наружным, а другой — вложенным в него.

Прежде чем начать строить эскиз основания детали, необходимо решить вопрос об ориентации будущей модели детали относительно стандартных плоскостей проекций. Вернемся к чертежу корпуса амортизатора, созданного в Компас-график (см. Приложение 1, рис. П.1.3). Деталь в пространстве должна стоять вертикально, располагаясь своим основанием, которое представляет собой прямоугольную плиту 100×80 мм, в горизонтальной плоскости. В данном случае за эскиз основания детали следует выбрать проекцию этой плиты на горизонтальную плоскость. Поэтому в дереве построения нужно выбрать горизонтальную плоскость (ZX), а из списка ориентации — *Сверху*. После этого можно приступать к выполнению эскиза основания детали.

Упражнение 6.1. Конструирование модели корпуса амортизатора (создание основания корпуса).

Порядок работы

1. Создайте новую папку «Амортизатор 1 3D». Образуйте в ней новый файл с именем «Корпус.m3d». Для этого откройте новый документ «Деталь».

2. В верхней строке дерева построения присвойте проектируемой детали собственное имя. Дважды щелкните мышью с задержкой по предложенному наименованию документа, затем укажите новое имя «Корпус амортизатора 1».

3. В дереве построения выполните ориентацию будущего эскиза основания детали, т.е. укажите горизонтальную плоскость (ZX) и вид сверху.

4. Войдите в режим эскиза и выполните эскиз основания корпуса. Корпус выполняется литым. Центр прямоугольника должен находиться в начале координат. Для этого:

- начертите прямоугольник произвольных размеров;
- нанесите размеры и отредактируйте их с таким расчетом, чтобы размеры прямоугольника стали 100×80 мм;
- отредактируйте положение эскиза основания относительно начала координат. Фаски $6 \times 45^\circ$ не выполнять.

5. Закройте файл.

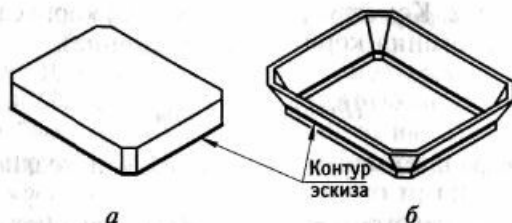


Рис. 6.1. Результат операции выдавливания по одному эскизу:

а — в прямом направлении; *б* — в двух направлениях с уклоном и тонкостенной оболочкой

Параметры операции выдавливания. После вызова команды *Операция выдавливания* станет активной панель свойств, где и задаются параметры элемента выдавливания.

На панели свойств имеются три вкладки, из которых в двух указываются параметры выдавливания и параметры тонкостенной оболочки.

Варьируя параметрами, можно получить из одного эскиза основания совершенно разные модели (рис. 6.1).

Выбор той или иной опции зависит от конфигурации самого основания детали. Прямое направление характеризуется положительным значением третьей координаты (направление фантома — стрелка — всегда в положительном, прямом направлениях). При выборе опции *Средняя плоскость* операция выдавливания будет производиться симметрично в разные стороны от плоскости проекции, на которой строился эскиз. Опция *Два направления* позволяет задавать различные расстояния от плоскости эскиза.

В поле *Способ* рекомендуется выбирать опцию *На расстояние*. Другие опции обычно применяются в режиме создания твердотельной модели.

В поле *Уклон* можно установить, например, литейный уклон, а состояние флажка будет показывать, куда этот уклон направлен.

Тонкостенная оболочка создается после активизации вкладки *Тонкая стенка*. Способ создания тонкой стенки определяется выбором команды из поля *Тип построения тонкой стенки*.

Все значения параметров при их вводе и редактировании будут немедленно отображаться на экране в виде фантома элемента выдавливания. Как уже говорилось, чтобы фантом был хорошо виден, перед операцией выдавливания плоскость с расположенным в ней эскизом рекомендуется повернуть с помощью кнопки *Повернуть*, находящейся на панели управления, или, что проще, перед выходом из режима построения эскиза в строке текущего состояния в поле *Ориентация* установить *Изометрия*.

Упражнение 6.2. Конструирование модели корпуса амортизатора (создание основания корпуса, продолжение).

Порядок работы

1. Откройте файл с именем «Корпус.m3d», находящийся в папке «Амортизатор 1 3D».

2. Установите ориентацию эскиза *Изометрия* (например, XYZ) и выйдите из режима создания эскиза, отжав кнопку *Эскиз* или используя контекстное меню (щелкните правой клавишей мыши по любому месту окна детали).

3. Вызовите команду *Операция выдавливания* и в развернувшейся панели свойств выберите вкладку *Параметры* (по умолчанию она активна). Назначьте следующие параметры: направление — прямое; способ — на расстояние; расстояние — 8 мм; уклон — 0°. Нажмите кнопку *Создать*.

4. В окне *Дерево построения* появилась пиктограмма созданного элемента выдавливания. На этом построение основания детали заканчивается. В дереве построения измените названия выполненной операции и эскиза операции (например, «Операция выдавливания» на «Основание корпуса»).

5. Перед пиктограммой основания корпуса щелкните мышью по знаку «+» для перехода на нижний уровень. Название эскиза операции «Эскиз:1» замените на «Эскиз основания».

6. Щелкните правой клавишей мыши по пиктограмме эскиза (или ее наименованию) для вызова контекстного меню. В меню выберите команду *Редактировать эскиз*.

7. Верните ориентацию детали в исходное положение (*Сверху*) и выполните фаски 6×45°.

8. Закончите редактирование (отожмите кнопку работы с эскизом).

9. Еще раз активизируйте команду *Редактировать эскиз*, удалите выполненные фаски и закончите редактирование эскиза (далее будет показано, что фаски можно формировать не только в режиме эскиза, но и как конструктивные элементы модели).

10. Сохраните файл.

11. Щелкните правой клавишей мыши по пиктограмме элемента (или его наименованию) для вызова контекстного меню. В меню выберите команду *Редактировать элемент*.

В строке параметров на панели свойств установите следующие параметры: для направления — два направления; для способов 1 и 2 — расстояния 20 мм и 5 мм соответственно. Для первого уклона установите уклон наружу, равный 30°, в окне задания второго уклона установите 0°.

12. Нажмите кнопку *Создать объект*.

13. Закройте файл без его сохранения.

6.4.2. Элемент вращения

Для создания основания детали в виде элемента вращения служит команда *Операция вращения*, которую можно вызвать с помощью меню *Операции* из главного меню или одноименной кнопкой на инструментальной панели. Эта команда, как и команда *Операция выдавливания*, доступна только тогда, когда еще нет основания детали и выделен только один эскиз.

Требования к эскизу для операции вращения. При выполнении эскизов, предназначенных для операции выдавливания, необходимо соблюдать следующие ограничения:

- ось вращения должна быть изображена в эскизе отрезком со стилем линии «Осевая»;
- ось вращения должна быть одна;
- в эскизе основания может быть не более двух контуров;
- если контур один, то он может быть замкнутым или разомкнутым;
- если контуров два, то они должны быть замкнуты;
- ни один из контуров не должен пересекать ось вращения.

Использование операции вращения для создания эскиза основания детали выгодно, если основной элемент детали, определяющий ее форму, представляет собой тело вращения. Вновь вернемся к чертежу корпуса амортизатора, созданного в Компас-график. Ранее за основание корпуса нами была принята опорная плита, представляющая собой призму. Теперь за основание возьмем цилиндрическую часть корпуса. В данном случае принципиальной разницы нет.

Как уже было сказано, прежде чем начать строить эскиз основания детали, необходимо решить вопрос об ориентации будущей модели детали относительно стандартных плоскостей проекций. Так как деталь в пространстве должна стоять вертикально, то в дереве построения теперь следует выбрать фронтальную плоскость, а в поле ориентации — *Спереди*. После этого можно приступить к выполнению эскиза основания детали.

Упражнение 6.3. Конструирование модели корпуса амортизатора (создание основания корпуса, вариант 2).

Порядок работы

1. В папке «Амортизатор 1 3D» образуйте новый файл с именем «Корпус 2.m3d» и сохраните его под именем «Корпус 2».
2. Выполните ориентацию эскиза будущего основания детали.
3. Ось вращения элемента должна быть перпендикулярна горизонтальной плоскости, поэтому в дереве построения надо назначить плоскость *XУ*.
4. В режиме эскиза через начало координат проведите вертикальную линию стилем «Осевая».

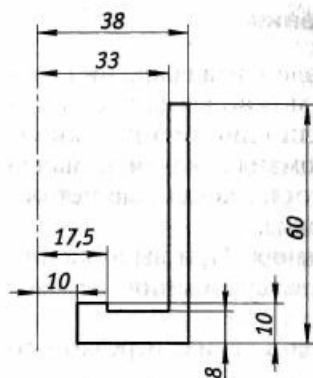


Рис. 6.2. Эскиз основания

5. Выполните эскиз основания (рис. 6.2).
6. Выйдите из режима создания эскиза и выберите *Операцию вращения*.
7. Установите ориентацию модели XYZ.
8. Сохраните файл.

Параметры операции вращения. После вызова команды операции вращения на панели свойств задаются ее параметры. Панель свойств содержит вкладку *Параметры*, которая включает в себя два способа формообразования элемента вращения: *Сфероид* и *Тороид*.

При использовании опции *Тороид* (рис. 6.3) считается, что линия, определяющая эскиз, является образующей некоторой поверхности вращения; она отстоит на некотором расстоянии от оси вращения, вследствие этого такая поверхность всегда имеет, как минимум, одно отверстие (по аналогии с образованием тора, где образующей линией является окружность). Однако поверхность — теоретическое понятие, так как она имеет нулевой размер толщины стенки. В технике используются различные детали, в частности с тонкими стенками, которые называются тонкостенными оболочками. Поэтому выбор опции *Тороид* всегда сопровождается созданием тонкой стенки. Назначенная толщина стенки может откладываться внутрь, наружу и по обе стороны от формообразующего контура эскиза.

Сфероид всегда является с внешней стороны сплошным телом (внутри может быть полым), так как при его образовании конечные точки (на рис. 6.3 точки *a*) контура проецируются на ось

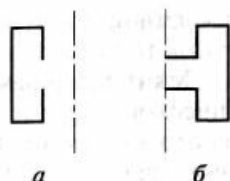


Рис. 6.3. Формообразование моделей операциями вращения:

a — эскиз элемента вращения; *б* — тороид с образованием тонкой стенки наружу; *в* — сфероид с образованием тонкой стенки наружу (полый элемент); *г* — сфероид (сплошной элемент)

Рис. 6.4. Варианты эскизов для операции вращения при использовании опции *Сфероид*:

a — первый вариант; *б* — второй вариант



вращения. Изображенные на рис. 6.4 варианты эскиза элемента вращения равнозначны при использовании опции *Сфероид*. Подобное тело формируется по аналогии с образованием сферической поверхности (вырожденная торовая поверхность), когда оба конца дуги половины образующей окружности тора находятся на оси вращения этой окружности.

Выбор той или иной опции зависит от конфигурации самого основания детали.

Упражнение 6.4. Конструирование модели корпуса амортизатора (создание основания корпуса, вариант 2, продолжение).

Порядок работы

1. Вернитесь к предыдущему файлу.
2. Вызовите команду *Операция вращения*.
3. На панели свойств выберите вкладку *Параметры* (по умолчанию она активна).
4. Назначьте следующие параметры: *Сфероид*, *Прямое направление* и *Угол 360°*.
5. Откройте вкладку *Тонкая стенка*. Проверьте состояние кнопок, включающих поля установки тонких стенок. Если они не активны, то будет создан сфероид как сплошной элемент (см. рис. 6.3). Если кнопки активны, то надо уточнить *Тип построения тонкой стенки* (наружу, внутрь) или отказаться от построения тонкой стенки.
6. Нажмите кнопку *Создать*.
7. В окне *Дерево построения* появилась пиктограмма созданного элемента вращения. На этом построение основания детали заканчивается.
8. Замените в *Дерево построения* стандартные имена, например «Операция вращения:1» на «Цилиндр», а «Эскиз:1» на «Эскиз цилиндра».
9. Сохраните файл под именем «Корпус 2» и закройте его.

6.4.3. Кинематический элемент

Для создания основания детали в виде кинематического элемента служит команда *Операция кинематическая*, которую можно

вызвать при помощи меню. Эта команда, как и предыдущие, доступна только на стадии создания основания детали.

Эскиз для кинематического элемента. При выполнении кинематической операции используется, как минимум, два эскиза. Один из них — сечение кинематического элемента (на рис. 6.5 эскизом сечения является окружность), перемещающееся по заданной траектории, другим эскизом является траектория движения первого эскиза (на рис. 6.5 эскизом траектории является осевая линия изделия). Если эскиз-траектория является плоской кривой, то такой эскиз один, если же он лежит в нескольких плоскостях (траекторией движения является пространственная кривая), то количество эскизов соответствует количеству плоскостей. На рис. 6.5 траектория состоит из двух эскизов, так как линия траектории движения эскиза-сечения является пространственной кривой, лежащей в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Требования к эскизам. Для эскиза-сечения установлены следующие требования:

- в эскизе-сечении может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым.

Для эскиза-траектории установлены следующие требования. Если траектория состоит из одного эскиза, то:

- в эскизе-траектории может быть только один контур;
- контур может быть разомкнутым или замкнутым;
- если контур разомкнут, то его начало должно лежать в плоскости эскиза-сечения;
- если контур замкнут, то он должен пересекать плоскость эскиза-сечения;

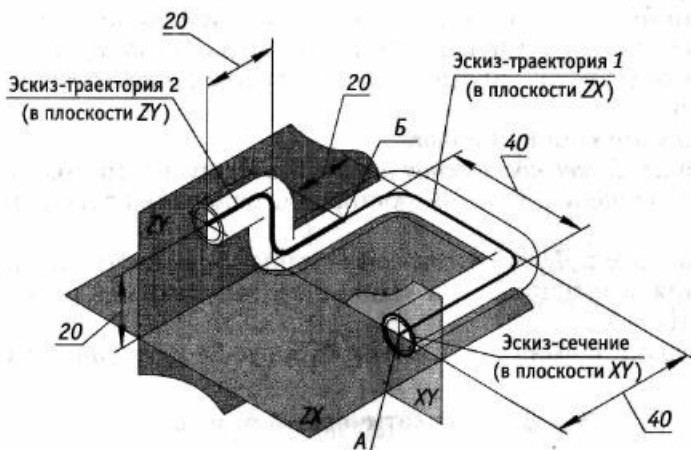


Рис. 6.5. Создание модели с использованием кинематической операции

• эскиз-траектория не должен лежать в плоскости, параллельной плоскости эскиза-сечения, или совпадать с ней.

Если траектория состоит из нескольких эскизов, то:

- в каждом эскизе-траектории может быть только один контур;
- контур должен быть разомкнутым;
- конечная точка одного контура должна совпадать с начальной точкой следующего контура;
- если эскизы образуют замкнутую траекторию, то она должна пересекать плоскость эскиза-сечения;
- если эскизы образуют незамкнутую траекторию, то ее начало должно лежать в плоскости сечения эскиза;
- контур, образующий начало траектории, не должен лежать в плоскости, параллельной плоскости сечения, или совпадать с ней.

Упражнение 6.5. Выполнение модели трубы.

Порядок работы

1. Откройте новый файл детали и начните построение во фронтальной плоскости (вид спереди) с эскиза-сечения (окружность диаметром 10 мм). Центр окружности должен находиться в точке А (40, 0). При построении эскиза внимательно вводите координаты точек — они должны соответствовать координатам (X , Y) плоскости эскиза. (Координатные оси плоскости эскиза отображаются на экране черным цветом, тогда как пространственные оси координат — красным.) Выйдите из режима редактирования.

2. Теперь выберите горизонтальную плоскость, а ориентацию — вид сверху. Постройте ломаную линию, которая будет первым эскизом-траекторией, по заданным на рис. 6.5 размерам, начиная построение от точки А (40, 0). Конечная точка эскиза-траектории должна попасть в точку В (0, 20) плоскости эскиза. Выполните скругление прямых углов радиусом 6 мм и выйдите из режима редактирования.

3. Выберите профильную плоскость и вид справа. Постройте второй эскиз-траекторию по указанным размерам. Начальная точка траектории второго эскиза выходит из точки В (20, 0) плоскости эскиза. Выполните скругление и закончите эскиз.

4. Установите ориентацию *Изометрия*.

5. Сохраните файл под именем «Труба».

Порядок работы с кинематической операцией. Кнопка *Кинематическая операция* открывает доступ к вкладкам панели свойств. В одной вкладке устанавливаются параметры самой кинематической операции, в другой — параметры тонкой стенки. В диалоге кинематической операции во вкладке *Параметры* содержатся опции *Сечение* и *Траектория*. Диалог можно начинать с любой из них. При активизации режима «Сечение» надо указать, какой из

построенных эскизов является эскизом-сечением. Это проще всего сделать указанием мышью в *Дерево построения*. Как подтверждение сам эскиз и его пиктограмма изменят цвет, то же произойдет, если указать непосредственно на эскиз в окне детали.

Затем надо включить опцию *Траектория*, чтобы задать путь движения сечения. В *Дереве построения* надо последовательно в порядке построения эскизов-траекторий указать мышью на их пиктограммы. При каждом указании цвет пиктограммы и соответствующего ей объекта будет меняться.

При непосредственном указании эскиза-траектории в окне детали необходимо начиная с первого (или последнего) элемента траектории последовательно указать все элементы, входящие в состав первого, затем второго и других эскизов-траекторий. Каждый указанный элемент выделяется цветом, что позволяет следить за ходом их выбора. Если элемент эскиза указан ошибочно, то можно произвести повторное указание, предварительно щелкнув мышью по свободному месту окна детали.

При перемещении эскиза-сечения вдоль траектории ему можно задавать определенную ориентацию благодаря опции *Движение сечения*. Эскиз может перемещаться ортогонально траектории, с сохранением угла наклона к траектории и параллельно самому себе. Естественно, нельзя производить движение параллельно самому себе, если существует хотя бы один участок траектории, параллельный плоскости сечения.

Упражнение 6.6. Выполнение модели трубы (продолжение).

Порядок работы

1. Вернитесь к предыдущему файлу.
2. Произведите установку параметров кинематической операции. После окончания указания траектории в окне опции *Траектория* должно стоять «Ребра 10» (на фантоме конструкции изображено 10 положений эскиза-сечения).
3. Установите тонкую стенку толщиной 1 мм и создайте кинематический элемент.
4. Сохраните файл и закройте его.

Для того чтобы изобразить общую направляющую изделия, состоящую из нескольких эскиз-траекторий, с сопрягаемыми углами, отличными от 90°, необходимо ввести дополнительные плоскости, наклоненные к стандартным плоскостям под определенными углами.

6.4.4. Элемент по сечениям

Если в предыдущем способе создания элемента поверхность, определяющая форму детали, формируется путем перемещения

образующего элемента (эскиз-сечения установленного размера) по криволинейной направляющей, то рассматриваемый способ позволяет строить поверхности, образованные перемещением переменного сечения (монотонно изменяющегося как по площади, так и по конфигурации) вдоль криволинейной направляющей.

Создать основание детали в виде элемента по сечениям можно, например, после вызова из меню *Операции* команды *Операция по сечениям*. Команда доступна, пока не создано основание детали, но имеется не менее двух эскизов. При выполнении операции по сечениям используются несколько эскизов, изображающих дискретно расположенные в пространстве сечения элементов. Одним из эскизов может быть изображение направляющей, задающей профиль элемента по сечениям. Наличие направляющей не всегда обязательно.

Требования к эскизам операции по сечениям. Для эскиза-сечения установлены следующие требования:

- эскизы могут размещаться в произвольно сориентированных плоскостях;
- в каждом эскизе может быть только один контур;
- контуры в эскизах должны быть или все замкнуты, или все разомкнуты.

Для эскиза направляющей установлены следующие требования:

- в эскизе может быть только один контур;
- контур в эскизе должен представлять собой сплайн (NURBS или кривую Безье);
- контур может быть замкнутым или разомкнутым;
- если контур разомкнут, то его конечные точки должны лежать в плоскостях первого и последнего эскизов сечений;
- если контуры сечений замкнуты, то эскиз направляющей должен пересекать плоскости эскизов сечений внутри контуров сечений или в точках, принадлежащих этим контурам;
- если контуры сечений разомкнуты, то эскиз направляющей должен пересекать контуры эскизов сечений;
- эскиз должен лежать в плоскости, не параллельной плоскости эскизов сечений.

Параметры операции по сечениям. После вызова команды *Операция по сечениям* станет активной панель свойств, в которой нужно установить параметры элемента по сечениям. Работа в диалоговом окне этой команды практически такая же, как и в окне команды *Кинематический элемент*.

По умолчанию опция *Автоматическая генерация траектории* включена. При автоматической генерации система сама определяет порядок соединения сечений. Если эскизы указываются в *Дереве построения* детали, то независимо от состояния опции выполняется алгоритм автоматической генерации пути.

Если опция автоматической генерации траектории отключена, то происходит последовательное соединение эскизов по указанным близлежащим к эскизу точкам. Рекомендуется последовательно указывать характерные точки сечений (например, точки, образованные пересечением кривых).

Если сечения сильно различаются (например, в одном из них пятиугольник, а в другом треугольник), результат может быть непредсказуемым. (Может произойти «скручивание» элемента, появление дополнительных ребер.)

Упражнение 6.7. Выполнение модели сопла.

Порядок работы

1. Откройте файл новой детали.
2. Создайте первый эскиз-сечение. Во фронтальной плоскости начертите окружность с центром в точке $(0, 50)$ и радиусом, равным 15 мм.
3. Создайте второй эскиз-сечение. В горизонтальной плоскости начертите эллипс с центром в точке $(0, -50)$, большой полуосью 20 мм и малой полуосью 5 мм.
4. Создайте третий эскиз: эскиз-направляющую. В профильной плоскости начертите дугу с центром в точке $(0, 0)$, а начальную и конечную точки дуги поместите в центры окружности и эллипса.
5. Установите ориентацию *Изометрия*.
6. Во вкладке *Параметры* панели свойств активизируйте переключатель *Сечения*. Разверните панель *Список сечений* и укажите в *Дереве построения* в качестве сечений первый и второй эскизы. Сделайте переключатель *Осевая линия* активным и в качестве направляющей назначьте третий эскиз. Установите параметр тонкой стенки 1 мм.
7. Отредактируйте полученное изображение: удалите третий эскиз (направляющую). Вновь вызовите команду *Операция по сечениям* и создайте изображение детали по двум оставшимся эскизам-сечениям.
8. Проанализируйте полученные результаты.
9. Закройте файл без его сохранения.

Описанные операции предназначены для построения основания проектируемой детали. В технике, в частности в машиностроении, наибольшее распространение получили детали, состоящие из фигур, ограниченных наиболее простыми поверхностями: цилиндрическими, призматическими и им подобными, поэтому первые две операции (выдавливания и вращения) будут вами наиболее востребованы.

СОЗДАНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОРТОГОНАЛЬНОГО ЧЕРТЕЖА

После создания основания модели детали наступает этап непосредственного моделирования самой детали как целостной единицы сборочного чертежа.

Любая деталь состоит из функционально упорядоченного набора простых геометрических тел. Основание детали, как ее элемент, является лишь базой, на котором располагаются другие элементы детали, которые моделируются с помощью тех же операций, что и базовый элемент, значит, и правила их построения аналогичны правилам построения форм оснований.

При вводе параметров команды приклеивания или выдавливания, что соответствует булевым операциям объединения или разности, появляется большее количество опций, чем при построении основания. Дополнительные опции позволяют упростить задание параметров элементов, а также связать их параметрически друг с другом.

7.1. Создание эскиза на плоской грани детали

Эскиз добавляемого к детали или вычитаемого из детали формообразующего элемента может быть расположен не только в стандартной плоскости проекций или некоторой вспомогательной плоскости, но и на любой плоской грани самой детали.

При создании эскиза на плоской грани детали, например на основании, необходимо выделить эту грань. Для выделения грани следует установить курсор на ее плоскости и, после того как графическое изображение курсора изменится, щелкнуть мышью. После выделения грани появятся фантомы всех ее ребер, а сама система перейдет в режим готовности работы с эскизом.

Выделить элемент или эскиз можно и непосредственным указанием в рабочем окне детали. При попадании в зону действия ловушки курсора тех или иных геометрических объектов (грани, ребра, вершины, оси) меняется его изображение¹. Поэтому надо

¹ Курсор приобретает вид перекрестия с добавлением условного обозначения соответствующего графического элемента в виде звездочки для вершины, отрезка для ребра, поверхности для грани и т.д.

подвести указатель мыши к нужному элементу и, когда курсор приобретет вид, соответствующий указанию поверхности или грани, щелкнуть мышью. Элемент будет выделен, что подтвердит зеленый цвет. Одновременно с этим окрасится в зеленый цвет и пиктограмма, соответствующая этому элементу в дереве построения.

7.1.1. Приклеивание элементов

Команды приклеивания формообразующих элементов детали к уже созданному основанию детали расположены на инструментальной панели там же, где и команды операций для создания основания моделей. Кнопки быстрого вызова этих команд содержатся в меню *Операции*.

Команда *Приклеить выдавливанием* соответствует булевой операции объединения (\cup).

Элемент выдавливания. Операция *Приклеить выдавливанием* доступна, если уже есть основание строящейся модели детали и выделена одна из граней построенного основания модели. В ходе построения эскиза к фантомам ребер грани можно привязываться как к обычным графическим примитивам. Фантомы ребер грани могут участвовать при наложении параметрических связей и ограничений. Прodelайте следующее упражнение, чтобы в этом убедиться.

Упражнение 7.1. Выполнение операции выдавливания.

Порядок работы

1. Откройте новый документ «Деталь».
2. Создайте основание детали в виде прямоугольной призмы с размерами ее основания 50×80 мм и высотой 10 мм.

3. Выделите грань 50×80 мм, войдите в режим построения эскиза и постройте на грани эскиз прямоугольного основания другой призмы. Для этого:

- используя команду *Параллельный отрезок*, проведите на дистанции 10 мм отрезок длиной 50 мм параллельно ребру, длина которого равна 80 мм, второй такой же отрезок проведите на дистанции 40 мм;

- используя команду *Перпендикулярный отрезок*, соедините концы построенных отрезков линиями, перпендикулярными тому же ребру.

В результате должен получиться прямоугольник с размерами 30×50 мм.

4. Вызовите на панели управления команду *Операции* \rightarrow *Приклеить* \rightarrow *Выдавливанием* и в появившемся окне установите указанные по умолчанию параметры.

5. Вызовите контекстное меню на пиктограмме эскиза основания. Для этого щелкните перед пиктограммой *Операция выдавливания*: / по знаку «+», а затем по появившейся пиктограмме эскиза щелкните правой клавишей мыши, чтобы вызвать контекстное меню. Выберите из меню команду *Редактировать эскиз* и отредактируйте его. Например, замените сторону прямоугольника, связанную с эскизом приклеенного элемента параллельностью сторон, произвольной наклонной линией.

6. Выйдите из режима «Редактирование». Система выполнит перестроение приклеенного элемента с учетом ранее наложенных связей (параллельность соответствующих ребер основания и приклеенного элемента и перпендикулярность соответствующих ребер приклеенного элемента).

7. Выйдите из режима «Редактирование» и проанализируйте результат.

8. Закройте файл, не сохраняя его (при желании его можно сохранить в папке упражнений).

В отличие от команды *Операция выдавливания* в эскизе для команды *Приклеить выдавливанием* может быть несколько контуров любого уровня вложенности, при этом формообразующие контуры элементов модели должны быть либо все замкнутые, либо все разомкнутые. Если контуры разомкнуты, то образуется тонкостенная оболочка.

После вызова команды *Приклеить выдавливанием* развернется панель свойств, принципиально ничем не отличающаяся от такой же панели для операции *Создание основания* (*Операция выдавливания*). Отличие заключается лишь в вариантах задания глубины выдавливания.

В поле *Способ* теперь доступно пять вариантов (рис. 7.1). При ошибочном указании вершины (или грани) ее можно указать заново, не выходя из команды.

При использовании опции *До вершины* (или *До поверхности*) становится активным переключатель *Тип 1* (если выбрано *Два направления*, то активен и *Тип 2*), в поле *Расстояние* указывается расстояние до объекта (вершины, поверхности), если выдавливание происходит непосредственно до самой вершины (поверхности), то расстояние должно быть равным нулю (рис. 7.1, в, г).

Если расстояние не нулевое, то выдавливаемый элемент может как не доходить, так и пересекать указанную вершину (поверхность). Этот параметр определяется переключателем *Тип 1* (*Тип 2*).

Опция *До ближайшей поверхности* успешно работает только тогда, когда контур эскиза выдавливаемого элемента не выходит за пределы проекции этой поверхности (рис. 7.1, а).

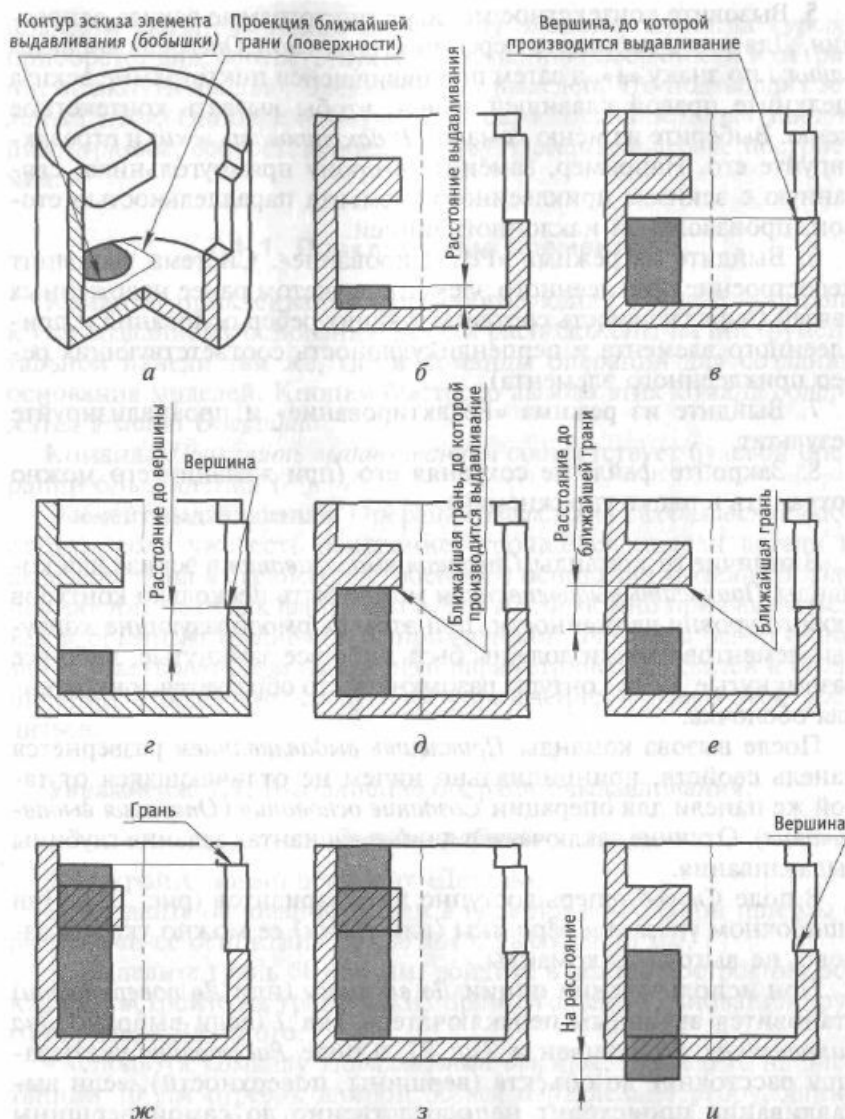


Рис. 7.1. Примеры работы с опцией операции *Приклеить выдавливанием* при назначении типа глубины выдавливания элемента:

а — модель заготовки; *б* — выдавливание элемента на заданное расстояние; *в* — выдавливание элемента до вершины (расстояние равно нулю); *г* — выдавливание элемента на расстояние до вершины; *д* — выдавливание элемента до ближайшей грани (расстояние равно нулю); *е* — выдавливание элемента на расстояние до ближайшей грани (поверхности); *ж* — выдавливание элемента до указанной грани; *з* — выдавливание элемента через все; *и* — выдавливание элемента в двух направлениях: в прямом — до вершины, в обратном — на расстояние

Если необходимо произвести выдавливание в двух направлениях (рис. 7.1, и), то тип определения глубины выдавливания, а также ее размер требуется ввести в двух полях.

Если необходимо создать тонкостенный элемент, то активизируется вкладка *Параметры тонкой стенки*.

При выборе любого типа создания элемента доступна опция придания ему уклона.

Изображение созданного элемента выдавливания появляется на экране, а соответствующая ему пиктограмма в дереве построения.

Упражнение 7.2. Конструирование модели корпуса амортизатора (вариант 1: основание — плита корпуса амортизатора).

Порядок работы

1. Откройте папки «Амортизатор 1 3D» и «Амортизатор 1», а в них соответственно файлы «Корпус» и «Корпус для сборки». Перейдите в многооконный режим работы.

2. Установите ориентацию *Сверху*, выделите грань (верхнюю плоскость основания корпуса) и войдите в режим работы с эскизом. Существует два способа:

- начертите окружность диаметром 76 мм с центром в начале координат, закончите эскиз и установите ориентацию *Изометрия*;

- перейдите в окно с изображением корпуса для сборки и выделите на виде сверху наружный диаметр цилиндра (диаметр 76 мм). Поместите изображение в буфер обмена. Вместо вычерчивания окружности установите ее из буфера обмена.

3. Вызовите команду *Приклеить выдавливанием*, выберите параметры построения (*Прямое направление, На расстояние*) и назначьте расстояние равным 8 мм. Закончите построение.

4. Выделите грань верхнего основания только что построенного цилиндра, вновь войдите в режим построения эскиза.

5. Не меняя ориентации детали (*Изометрия*), начертите (или вставьте через буфер) три окружности диаметрами 76, 66 и 35 мм с общим центром в начале координат (команда *Приклеить выдавливанием* допускает неограниченное вложение контуров) и закончите процесс редактирования.

6. Вызовите команду *Приклеить выдавливанием*, выберите параметры построения (*Прямое направление, На расстояние*) и назначьте расстояние равным 52 мм.

7. Сохраните файл «Корпус» и закройте оба файла.

Упражнение 7.3. Конструирование модели корпуса амортизатора (вариант 2: основание — цилиндр корпуса амортизатора).

Порядок работы

1. Откройте в папке «Амортизатор 1 3D» файл «Корпус 2».
2. Выберите ориентацию модели *Снизу* и на ее основании (грани) постройте прямоугольник с размерами 100×80 мм с центром в начале координат.
3. Вызовите команду *Приклеить выдавливанием*, выберите параметры построения *Прямое направление*, *На расстояние* и назначьте расстояние равным 8 мм.
4. Присвойте собственные имена детали и всем построенным элементам. Например, Деталь — «Корпус 1», Операция вращения:1 — «Цилиндр (основание)», Операция выдавливания:1 — «Плита».
5. Сохраните файл и закройте его.

Элемент вращения. Для приклеивания к детали элемента вращения служит команда *Приклеить вращением*.

Команда доступна, если в модели есть основание и выделен один эскиз. Требования к эскизу такие же, как и к команде *Операция вращения*, за исключением неограниченного уровня вложенности контуров, причем, если контуров несколько, то все они должны быть замкнутыми.

Параметры элемента приклеивания вращением задаются по тем же правилам, что и для операции вращения.

Упражнение 7.4. Конструирование модели корпуса амортизатора (вариант 3: основание — плита корпуса, приклеиваемый элемент — элемент вращения цилиндра).

Порядок работы

1. Откройте в папке «Амортизатор 1 3D» новый файл и присвойте ему имя «Корпус 3».
2. Постройте основание с размерами 100×80×8 мм.
3. Выберите ориентацию *Спереди* и для дальнейших построений введите фронтальную плоскость. Активизируйте режим «Создание эскиза». Для примера постройте эскиз элемента вращения в соответствии с рис. 6.2. Так как уже имеется модель детали, выполненная по этому эскизу, то можно поступить следующим образом:
 - открыть файл «Корпус 2» и войти в режим редактирования эскиза основания. Выделить эскиз основания и поместить его в буфер обмена;
 - вставить эскиз из буфера на соответствующее ему место (рис. 7.2), а для того чтобы эскиз без сомнения пересекал основание детали, продлить внешнюю образующую цилиндра вглубь основания (на рис. 7.2 ≈ 1 мм).
4. Назначьте ориентацию *Изометрия*.

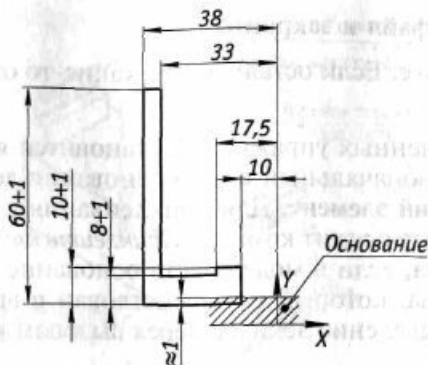


Рис. 7.2. Приклеивание эскиза для создания элемента вращения

5. Вызовите команду *Приклеить вращением* и задайте следующие параметры: *Тороид*, *Два направления*, *Прямое направление 90°*, *Обратное направление 180°* (рис. 7.3).

Для того чтобы модель соответствовала чертежу корпуса, ее необходимо отредактировать.

6. Отредактируйте выдавленный элемент вращения. Для этого:

- щелкните перед его пиктограммой по знаку «+», а затем по появившейся пиктограмме эскиза щелкните правой клавишей мыши, чтобы вызвать контекстное меню;
- щелкните по пиктограмме элемента вращения правой клавишей мыши, выберите из появившегося контекстного меню команду *Редактировать элемент*. В окне диалога активизируйте опцию *Прямое направление*, а в ее поле установите 360°. Командой *Создать* закончите процесс редактирования и установите ориентацию *Спереди*.



Рис. 7.3. Прямое и обратное направления относительно плоскости эскиза при создании элемента вращения операцией *Приклеить вращением*

7. Сохраните файл и закройте его.

Примечание. Если остались еще какие-то открытые файлы, то закройте их.

После выполненных упражнений становится ясно, какое значение имеет первоначальный выбор основания детали.

Кинематический элемент. Для приклеивания к детали кинематического элемента служит команда *Приклеить кинематически*. Эта команда доступна, если в модели есть основание детали и не менее одного эскиза, который не задействован в выполнении других операций. Выделение эскизов перед вызовом команды не обязательно.

Требования к эскизам и эскизам-траекториям такое же, как и при выполнении кинематического элемента.

При создании кинематического элемента сечение должно быть изображено в эскизе, а траекторией может служить контур в эскизе или ребро детали.

Параметры приклеиваемого кинематического элемента такие же, как и при создании самого элемента.

Упражнение 7.5. Построение кинематического элемента.

Порядок работы

Выполните самостоятельно твердотельную модель детали в соответствии с рис. 7.4, например, по следующему алгоритму.

1. На горизонтальной плоскости постройте основание, например, $40 \times 30 \times 25$ мм.
2. Выделите грань на виде справа.
3. В режиме эскиза установите эскиз-сечение в соответствии с рис. 7.4.
4. Вызовите команду *Приклеить кинематически*.



Рис. 7.4. Приклеивание кинематических элементов



Рис. 7.5. Приклеивание элементов по сечениям

5. Укажите эскиз-сечение, а затем последовательно ребра верхней грани основания детали в направлении обхода.

6. Создайте объект.

Элемент по сечениям. Требования к команде *Приклеить по сечениям* такие же, что и при создании основания детали командой *Операция по сечениям*.

Упражнение 7.6. Построение элемента по сечениям.

Порядок работы

Выполните самостоятельно твердотельную модель детали в соответствии с рис. 7.5 (размеры произвольные). Для построения центрального эскиза-сечения элемента используйте профильную плоскость.

7.1.2. Вырезание элементов

Команды вырезания элементов из объема детали расположены рядом с командами приклеивания, а кнопки быстрого вызова этих команд в меню *Операции*. Команда *Вырезание выдавливанием* соответствует булевой операции разности (–).

Элемент выдавливания. Команда *Вырезать выдавливанием* доступна, если уже есть основание строящейся модели детали и выделен эскиз одного из формообразующих элементов. После вызова команды *Вырезать выдавливанием* на панели свойств устанавливаются параметры операции выдавливания, которые ничем не отличаются от параметров команды *Приклеить выдавливанием*, кроме дополнительной вкладки *Вырезание*, где можно выбрать одну из опций: *Вычитание элементов* (соответствует булевой операции разности) или *Пересечение элементов*.

Внимание. При вычитании элементов параметр тонкой стенки должен быть отключен.

Варианты задания глубины выдавливания приведены на рис. 7.6.

При выполнении булевой операции пересечения элементов (\cap) результатом является общая область взаимодействующих элементов (см. рис. 5.5).

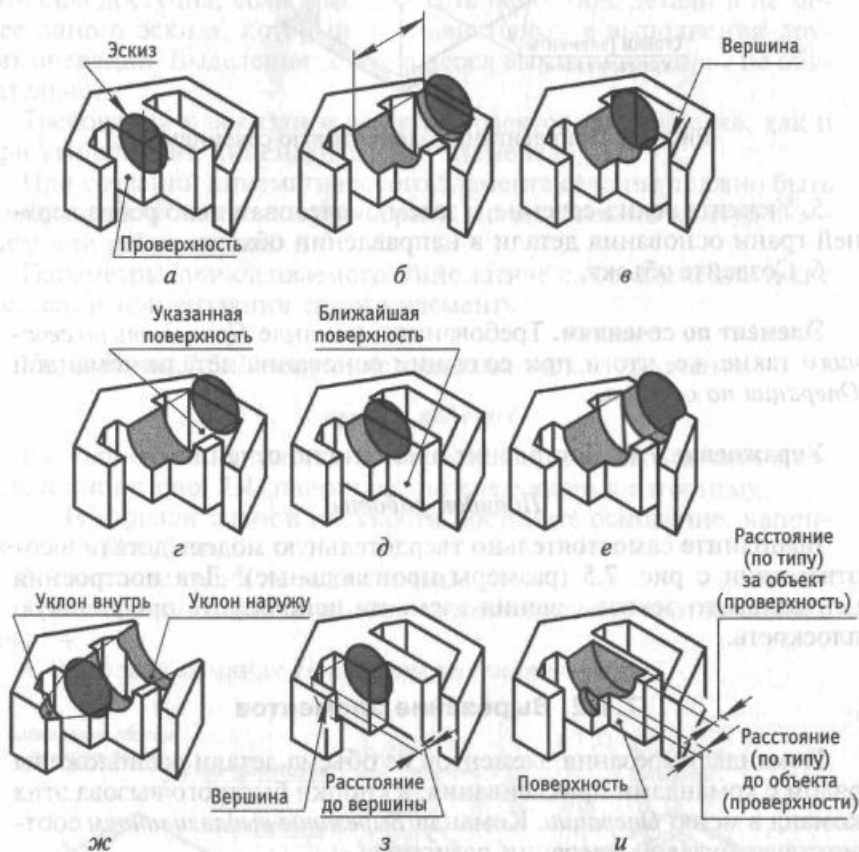


Рис. 7.6. Варианты задания глубины выдавливания при работе с операцией *Вырезать выдавливанием*.

а — модель заготовки; б — вырезание элемента на заданное расстояние; в — вырезание элемента до указанной вершины; г — вырезание элемента до указанной поверхности; д — вырезание элемента до ближайшей поверхности; е — вырезание элемента через все; ж — вырезание элемента в двух направлениях через все с уклоном; з — вырезание элемента на расстояние до вершины; и — вырезание элемента на расстояние от указанной поверхности

При создании твердотельных моделей постоянно приходится из общего объема модели вырезать всевозможные конструктивные элементы (отверстия, пазы и т.д.).

Упражнение 7.7. Конструирование модели корпуса амортизатора (создание паза).

Порядок работы

1. Вызовите из папок «Амортизатор 3D» и «Амортизатор 1» файлы «Корпус.m3d» (см. Упражнение 7.2) и «Корпус для сборки.frw». Перейдите в многооконный режим. При последующем выполнении операций присваивайте им собственные имена в дереве построений.

2. Активизируйте рабочее окно с изображением твердотельной модели и установите ориентацию *Сверху*. Выделите грань *a* (или грань *b*) соответствующего цилиндра (рис. 7.7, *a*) и в режиме эскиза постройте прямоугольник (плоскость α).

3. Выполните команду *Вырезать выдавливанием* до поверхности. Укажите поверхность: верхнюю грань основания модели, а затем щелкните по кнопке *Создать*. Такого же результата можно достичь, если использовать опцию *На расстояние*, но тогда надо заранее определить это расстояние (в данном случае — 60 мм). В дереве построения дайте название этому действию, например «Вырезание четверти».

4. Выделите грань *a* и постройте плоскость β (рис. 7.7, *b*). Выполните команду *Вырезать выдавливанием* на расстояние 50 мм. Название в дереве построения — «Внутренний цилиндр».

5. Выполните паз шириной 19 мм (рис. 7.7, *в*). Для этой операции в диалоговом окне выберите опцию *До поверхности* и установите расстояние, например 28 мм (клавиша [Enter]). Укажите выбранную поверхность (верхнее основание внутреннего цилиндра). После того как поверхность будет выделена (контурная линия поверхности по умолчанию станет красного цвета), установите переключатель *Тип 1 До объекта* и нажмите на кнопку *Создать*. Назовите вновь созданный элемент «Паз». Далее имена в дереве построения присваивайте самостоятельно.

6. Измените первоначальную высоту внутреннего цилиндра. Для этого щелкните правой клавишей мыши по пиктограмме *Внутренний цилиндр*. В контекстном меню выберите опцию *Редактировать элемент*. Увеличьте высоту внутреннего цилиндра, например, на 20 мм (параметр расстояния 50 мм замените на 30 мм). Закончите редактирование элемента.

Теперь глубина паза стала 2 мм, а расстояние от паза до плоскости верхнего основания цилиндра (28 мм) не изменилось и будет оставаться постоянным всегда, как бы мы не меняли высоту наружного или внутреннего цилиндра. Здесь выявляется условие

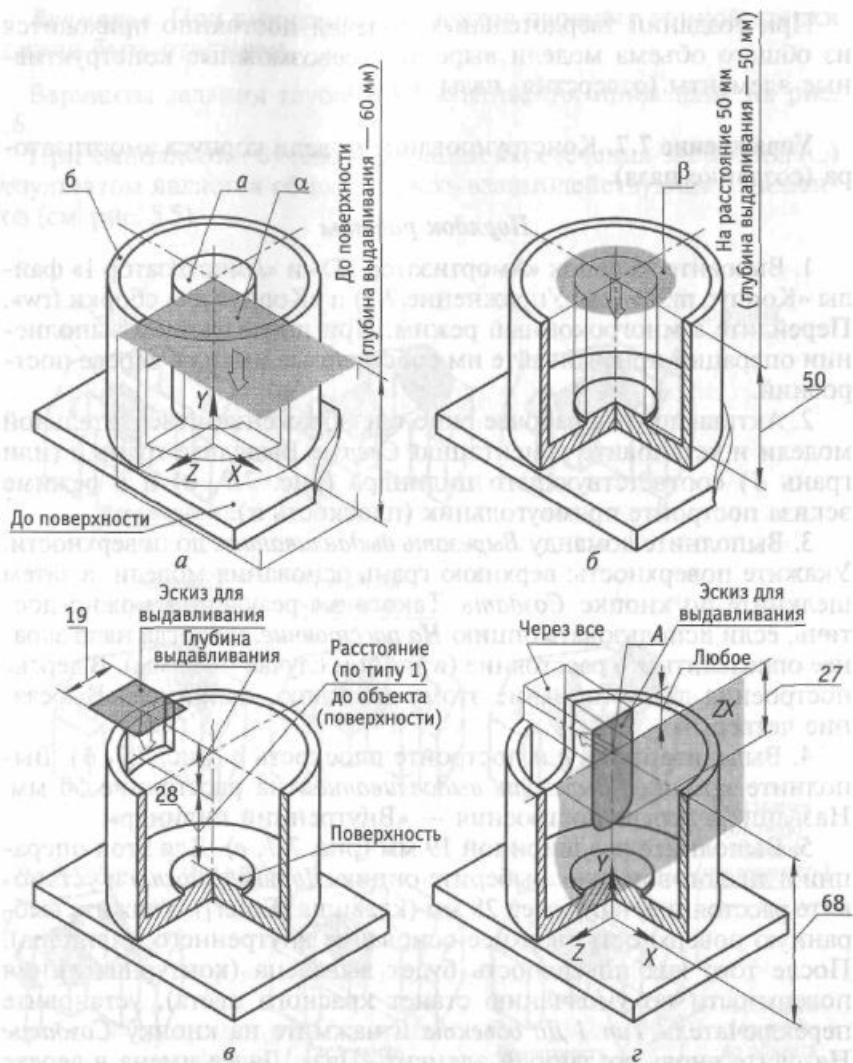


Рис. 7.7. Применение операции *Вычитание выдавливанием*:

а — до поверхности; *б* — на расстояние; *в* — на расстояние до объекта; *г* — через все

наложенной параметрической связи «расстояние до поверхности 28 мм». Если это условие не выполняется, когда суммарная высота внутреннего цилиндра и заданное расстояние *До поверхности* окажутся больше высоты расположения плоскости эскиза, в дереве построения появляется предупреждение о невозможности выполнения паза с заданными параметрами. На пиктограмме паза (и

самой детали) появляется дополнительная пиктограмма в виде восклицательного знака в кольце красного цвета. После вызова контекстного меню на этой пиктограмме и выбора опции *Что неверно?* появится диалоговое окно, в котором будет указана причина ошибки.

7. Удалите элемент «Паз» и отредактируйте внутренний цилиндр, вернув ему прежнюю высоту. Придайте ориентацию модели справа (слева). Выберите профильную плоскость и вид справа для построения эскиза и выполните на ней эскиз паза, соответствующий чертежу корпуса. Эскиз паза можно перенести из чертежа через буфер обмена. В этом случае его изображение следует установить в любом месте плоскости (плоскости проекций не имеют линейных размеров). Обратите внимание на положение осей координат. На рис. 7.8 показано взаимное расположение осей координат модели и осей координат плоскостей проекций в режиме эскиза. Поверните эскиз на 180° , удалите лишние элементы и проверьте его на соответствие требованиям к эскизу (эскиз должен быть замкнут, в изображении эскиза не должно быть никаких лишних линий, выполненных основным стилем). Переместите контур в соответствии с рис. 7.7, г, используя середину горизонтального отрезка паза как точку привязки к точке А (0, -68) плоскости эскиза. Дайте команду *Вырезать выдавливанием*, выберите *Обратное направление* и опцию *Через все*.

8. Сохраните файл и закройте его. В дальнейшем мы будем пользоваться этим файлом, остальные файлы (файлы «Корпус 2» и «Корпус 3») можно убрать из папки «Амортизатор 1 3D».

Элемент вращения. Для вырезания из детали элемента вращения служит команда *Вырезать вращением*. Условия для выполнения команды аналогичны команде *Приклеить вращением*.

На рис. 7.9 показаны варианты деталей с одним и тем же исходным эскизом.

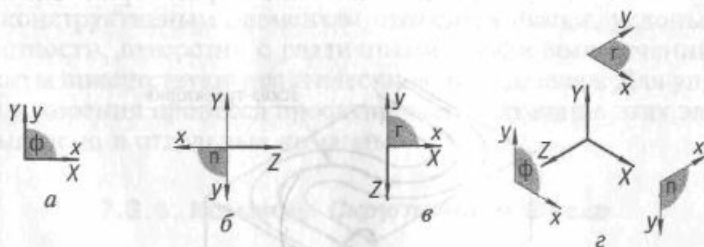


Рис. 7.8. Взаимное расположение осей координат эскиза и модели:

а — на фронтальной плоскости; б — на профильной плоскости; в — на горизонтальной плоскости; г — в аксонометрических проекциях; X, Y, Z — оси координат модели (на экране красный цвет); x, y — оси координат плоскостей проекций в режиме эскиза (на экране серый цвет)

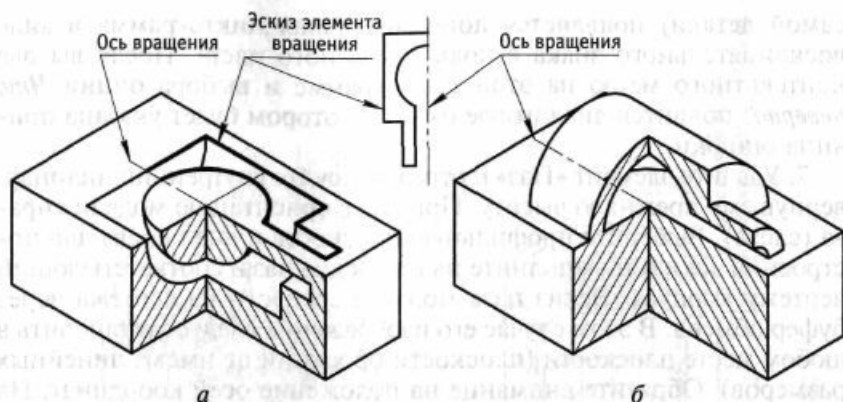


Рис. 7.9. Детали, образованные одним и тем же исходным элементом вращения:

a — вырезанием; *б* — выдавливанием

Кинематический элемент. Для вырезания из детали кинематического элемента служит команда *Вырезать кинематически*. Условия для выполнения команды общие с командой *Приклеить кинематически*.

На рис. 7.10 изображена деталь, представляющая собой призму с вырезанным в ней кинематическим элементом.

Элемент по сечениям. Для вырезания из детали элемента по сечениям служит команда *Вырезать по сечениям*. Требования к эскизам по сечениям и эскизу направляющей такие же, как и при создании основания детали или команде приклеивания.

На рис. 7.11, *a* представлена деталь, полученная вырезанием (вычитанием) элементов по сечениям из призмы. Для построения элемента по сечениям его эскизы-сечения должны строиться последовательно по пути следования эскиза-траектории: сначала на

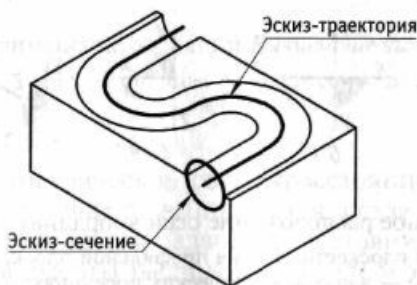


Рис. 7.10. Кинематически вырезанный элемент

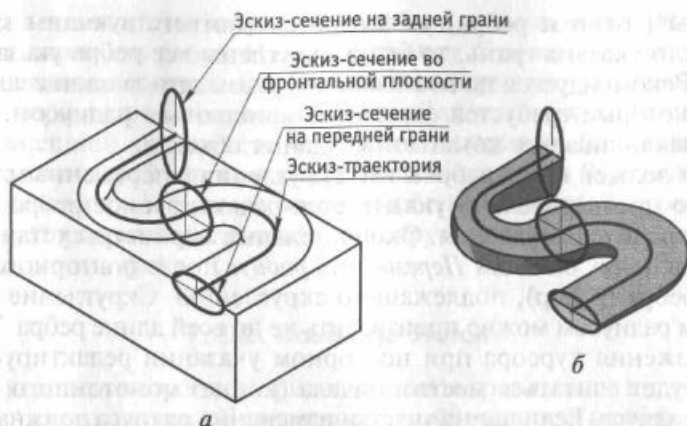


Рис. 7.11. Вырезание элемента по сечениям:

а — вычитание из призмы элемента по сечениям; *б* — пересечение призмы и элемента по сечениям

передней грани основания, затем во фронтальной плоскости и, наконец, на задней грани основания.

На рис. 7.11, *б* изображена деталь, которая получилась в результате удаления материала снаружи поверхности, образованной элементами по сечениям, т.е. на панели свойств во вкладке *Вырезание* переключателем *Результат пересечения* должна быть включена опция *Пересечение элементов* [Окно диалога → вкладка *Вырезание* → *Пересечение элементов*].

7.2. Создание конструктивных элементов

К конструктивным элементам относятся фаски, уклоны, ребра жесткости, отверстия с различными профилями сечений. Эти элементы присутствуют практически во всех деталях. Для упрощения и ускорения процесса проектирования создание этих элементов выделено в отдельные команды.

7.2.1. Команды *Скругление* и *Фаска*

Для создания скругления служит команда *Скругление* в меню *Операции* или одноименная кнопка на инструментальной панели редактирования детали.

После вызова команды на панели свойств во вкладке *Параметры* следует указать параметры скругления: тип скругления, его радиус, указать скругляемую грань (грани) или ребро (ребра).

Объекты (границы и ребра) указываются соответствующим курсором. Если указана грань, то будут скруглены все ребра указанной грани. Рекомендуется по возможности указывать за один сеанс все ребра, которые требуется скруглить одинаковым радиусом. Операция заканчивается командой создания объекта.

Если должен быть выбран тип скругления с переменным радиусом, то предварительно указывается редактируемое ребро и исходный радиус скругления. Окончательные параметры устанавливаются в полях вкладки *Переменный радиус* после повторного указания ребра (ребер), подлежащего скруглению. Скругление переменным радиусом можно производить не по всей длине ребра. Точка расположения курсора при повторном указании редактируемого ребра будет считаться местом начала (конца) монотонного изменения радиуса. Если длина участка изменения радиуса должна быть определенной, то в поле параметров переменного радиуса указывается его длина в миллиметрах или процентах. В этом же поле указывается наибольшее значение переменного радиуса (его наименьшее значение устанавливается в поле *Радиус* вкладки *Параметры*). Перед созданием отредактированного объекта необходимо подтвердить все установленные параметры клавишей [Enter].

Для создания фаски служит команда *Фаска* в меню *Операции* или одноименная кнопка на инструментальной панели.

Система предлагает два способа построения фаски: по стороне и углу или по двум сторонам. Выбор способа осуществляется с помощью переключателя *Способ построения*. Первый способ ничем не отличается от построения скругления одинаковым радиусом, во втором способе катеты, принадлежащие соответствующим сопряженным граням, можно менять местами переключателем *Направление первой стороны*. Направление первой стороны отмечается фантомом стрелки, указывающей это направление.

Упражнение 7.8. Конструирование модели корпуса амортизатора (создание конструктивных элементов детали).

Порядок работы

1. Откройте файл с именем «Корпус.m3d» и придайте детали ориентацию изометрии.

2. Вызовите команду *Фаска* и укажите четыре вертикальные ребра плиты, меняя для доступности к ним ориентацию детали. Выберите способ построения по стороне и углу и установите их значения ($6 \times 45^\circ$). Нажмите кнопку *Создать*.

3. Вызовите команду *Скругление* и укажите верхнюю грань основания корпуса. Установите значение радиуса скругления (1 мм). Будут выделены все ребра, образованные сопрягающимися с этой гранью поверхностями. Так как ребра на верхней грани плиты, появившиеся в результате вырезания четверти, не входят в конст-

рукцию детали, то их из расчета необходимо удалить. Для этого укажите вновь эти ребра. Нажмите кнопку *Создать объект*.

4. Выполните скругление наружной поверхности большого цилиндра корпуса с его верхней гранью. Для этого укажите одну из частей внешней окружности этой грани, например большую. Выполните команду. В дереве построения для операции *Вырезание четверти* вызовите контекстное меню и выберите опцию *Исключить из расчета*. После этой операции будет скруглен весь элемент.

5. Сохраните файл.

7.2.2. Команда *Уклон*

Эта команда позволяет придать уклоны граням или цилиндрическим поверхностям. Применение этой команды наиболее эффективно на завершающих этапах проектирования литых деталей.

После вызова команды кнопкой *Уклон* на инструментальной панели нужно указать параметры уклона грани (граней). Прежде всего необходимо указать основание, относительно которого будет уклоняться грань. Уклоняемая грань — грань, угол наклона которой по отношению к основанию изменяется в результате выполнения команды *Уклон*. Затем указываются те грани, которым следует придать уклон. Указанные мышью основание уклона и уклоняемые грани фиксируются в поле параметров панели свойств, величина угла наклона в градусах и направление уклона задаются там же.

7.2.3. Команда *Ребро жесткости*

Эта команда служит для создания ребер жесткости детали. Для построения ребер жесткости необходимо иметь два элемента, к граням которых пристыковывается ребро.

Вызвать команду можно, выбрав ее в меню *Операции* или нажав одноименную кнопку на инструментальной панели.

Требования к эскизу ребра жесткости. Перед вызовом команды необходимо иметь один выделенный эскиз ребра жесткости. Этот эскиз и является основанием для построения ребра жесткости. К эскизу предъявляются следующие требования:

- в эскизе должен быть один контур;
- контуром может быть любая линия (отрезок, ломаная, кривая);
- контур должен быть разомкнутым;
- касательные к контуру в его конечных точках должны пересекать тело детали.

Порядок работы с командой *Ребро жесткости*. Контур в эскизе ребра жесткости может не доходить до тела детали. Он будет автоматически продолжен до пересечения с ближайшей гранью.

После вызова команды на экране появится диалог, который имеет две вкладки: в первой надо установить направление выдавливания эскиза ребра, а во второй — его толщину. Если требуется, чтобы грани ребра имели уклон, в поле *Уклон* надо установить соответствующий угол наклона.

Если эскиз ребра жесткости состоит из нескольких сегментов, например отрезков ломаной линии, кнопкой *Следующий* указывается тот сегмент, который определяет уклон всего ребра.

Упражнение 7.9. Конструирование модели корпуса амортизатора (создание ребер жесткости).

Порядок работы

1. Удалите элемент «Вырезание четверти».
2. Установите модель так, чтобы она имела ориентацию спереди.
3. Во фронтальной плоскости в режиме редактирования выполните эскиз, например, правого ребра *г* (рис. 7.12). Проверьте наличие точки пересечения *б* наклонной линии эскиза ребра *а* с телом детали. Выйдите из режима редактирования. В дереве построения появится пиктограмма эскиза ребра. В дереве построения дайте собственное имя построенному эскизу, например «Эскиз правого ребра жесткости».
4. Вновь вызовите фронтальную плоскость и постройте эскиз левого ребра жесткости. В дереве построения образуется пиктограмма второго эскиза ребра жесткости.

Наличие точки пересечения *б* наклонной линии эскиза ребра с деталью у правого ребра и отсутствие таковой у левого ребра в данном случае не имеет значения, так как ребро ограничено по высоте горизонтальной плоскостью. В противном случае левое ребро

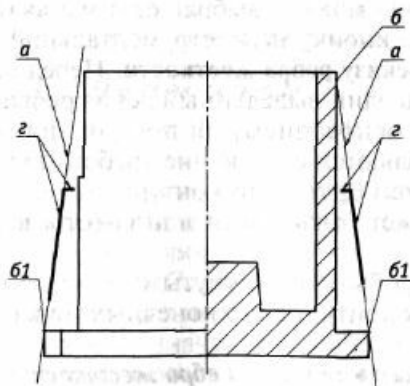


Рис. 7.12. Построение ребра жесткости

построено не будет, а ребро справа будет продлено до цилиндра (точка б).

Примечание. При работе с командой ребра жесткости не забывайте следить за фантомом строящегося ребра для проверки направления построения.

5. Выделите одну из пиктограмм эскиза ребра жесткости, например для левого ребра, и вызовите команду *Ребро жесткости*. Придайте детали произвольную ориентацию с таким расчетом, чтобы было хорошо видно левое ребро. Во вкладке задания параметров ребра жесткости установите переключатель *Положение* в положение *В плоскости эскиза*, переключатель *Направление* в положение *Обратное*. Во второй вкладке *Толщина* в поле *Тип построения тонкой стенки* установите *Два направления*. Толщину создаваемому ребру назначьте по 5 мм с каждой стороны от фронтальной плоскости.

6. Создайте объект. Если система отказывается строить ребро и сообщает об ошибке, то прежде всего проверьте наличие точек пересечения наклонной линии эскиза ребра точки б и б1 на рис. 7.12 с деталью.

7. Выделите вторую пиктограмму эскиза ребра жесткости и постройте ребро. При создании правого ребра переключатель *Направление* установите в положение *Прямое*.

8. Сохраните файл.

В перечне параметров ребра жесткости имеется возможность установить угол уклона грани ребра жесткости. Кнопка *Следующий* поля *Сегмент направления уклона* предназначена для формирования уклонов ребер, эскизы которых образованы ломаной кривой. Для дополнительных сведений о формировании ребер жесткости служит кнопка *Справка*.

7.2.4. Создание круглого отверстия

Для создания круглого отверстия со сложным профилем предназначена команда *Отверстие*, которая вызывается из меню операций или соответствующей кнопкой на инструментальной панели.

Перед вызовом этой команды необходимо выделить ту плоскую грань модели, на которой будет расположено отверстие.

После вызова команды на экране появится диалог, в котором имеется список параметризованных отверстий и поле для редактирования параметров (размеров) выбранного типа отверстия. Эскиз профиля выбранного типа отверстия отображается в поле просмотра. Для придания выбранному отверстию необходимых размеров их нужно указать в соответствующих графах таблицы.

Если в перечне параметров имеется параметр с именем *H* (общая глубина отверстия), то удобно использовать опцию *Способ построения*, из списка которой можно выбрать: *На глубину*, *До вершины* или *Через все*. При выборе *На глубину* глубина отверстия будет равна значению, заданному в списке параметров, если же выбрана *До вершины* или *Через все*, то параметр *H* исчезает из списка параметров отверстия и глубина отверстия определяется автоматически либо насквозь, либо до указанной вершины.

Упражнение 7.10. Конструирование модели корпуса амортизатора (создание отверстий для крепления корпуса).

Порядок работы

1. Установите деталь так, чтобы она имела ориентацию *Вид сверху*. Выделите верхнюю плоскость основания модели, а затем вызовите команду *Отверстие*.

2. В появившемся диалоге выделите из предложенных типов отверстий отверстие под номером 5 и придайте параметрам отверстия следующие значения: $D = 18$ мм, $d = 8,5$ мм, $H1 = 3$ мм. Для высоты *H* из опции способов построений выберите *Через все*, а для направления создания отверстия выберите параметр *Прямое*.

По умолчанию центр отверстия располагается в начале координат окна документа детали, поэтому для установки отверстия требуется указать координаты его центра в поле *m*, находящемся на панели свойств. Для того чтобы установить отверстие в нужное место, следует щелкнуть на кнопке *m* (точка привязки), отказавшись тем самым от координат, предложенных по умолчанию. Затем задать координаты центра создаваемого отверстия и дать команду *Создать объект*. Можно фантом отверстия переместить в положенное место и вручную. Эта процедура удобна, когда имеются точки привязки для центров отверстий.

При необходимости положение отверстия можно изменить путем редактирования положения эскиза отверстия (эскиз отверстия изображается красной точкой, которую можно перетащить мышью в нужное место).

3. В поле *m* введите координаты центра отверстия (39, -29) и нажмите кнопку *Создать*.

4. Сохраните файл.

7.2.5. Массив элементов

Часто при создании модели требуется производить однотипные операции (например, выполнить несколько одинаковых отверстий, расположенных по окружности). В Компас-3D доступны разнообразные способы построения массивов элементов: по сет-

ке, по окружности, вдоль кривой, а также зеркальное копирование.

Команды создания массивов находятся в меню операций, а кнопки для их быстрого вызова — на инструментальной панели.

Команда *Массив по сетке*. Эта команда позволяет создать массив указанных элементов в узлах сетки параллелограмма. Перед вызовом команды в дереве построения требуется указать пиктограмму элемента, который будет служить образцом для создания массива упорядоченных копий.

После вызова команды на панели свойств нужно ввести параметры сетки. Порядок ввода параметров сетки в окно диалога мало чем отличается от описанного уже порядка при работе с командой *Копия по сетке* (см. подразд. 1.3.4, команда *Копия*).

При необходимости одновременного копирования нескольких элементов используется клавиша [Ctrl].

Упражнение 7.11. Конструирование модели корпуса амортизатора (копирование отверстия для крепления корпуса).

Порядок работы

1. Выделите в дереве построения пиктограмму созданного отверстия для крепления.

2. Вызовите команду *Массив по сетке* и установите необходимые параметры, руководствуясь рис. 7.13. В процессе задания параметров сетки на экране появляется фантом конструируемого массива, что позволяет оперативно вмешиваться в его создание.

3. Сохраните файл и закройте его.



Рис. 7.13. Схема ввода параметров сетки для команды *Массив по сетке*.

X, Y — оси координат эскиза; x₁, y₁ — оси координат элемента

Команда *Массив по концентрической сетке*. Перед вызовом команды требуется выделить исходные элементы для создания их массива. После вызова команды на панели свойств задаются параметры сетки.

Концентрическая сетка характеризуется положением ее плоскости и центра, а также радиусами окружностей и углом между радиальными лучами.

Положение плоскости сетки и ее центра определяется осью копирования. Плоскость сетки будет перпендикулярна оси копирования, а центр сетки принадлежать этой же оси. В качестве оси копирования можно использовать вспомогательную ось (о построении вспомогательной оси будет сказано далее) или прямолинейное ребро детали.

Задание параметров *По концентрической сетке* отличается от задания параметров при команде *Копия по концентрической сетке* лишь тем, что не надо задавать радиус внутренней окружности сетки (или начальный радиус), так как он определяется системой автоматически по положению копируемого элемента.

Упражнение 7.12. Создание массива элементов по концентрической сетке.

Порядок работы

1. Откройте новый файл и выполните модель основания детали в виде четверти цилиндра диаметром 110 мм и высотой 5 мм (рис. 7.14).

2. На основании модели выполните отверстие (тип 03) с размерами $D = 7$ мм и $d = 5$ мм глубиной *Через все*. Так как основание имеет небольшую высоту по сравнению с предложенными в таблице размерами отверстия, то изменение размеров следует производить постепенно. Например, первый шаг — $D = 12$, $d = 7$; второй шаг — $D = 9$, $d = 5$; наконец, третий шаг — $D = 7$. Если сразу назначить $D = 7$, то по понятным причинам у системы не будет решения. Для центра отверстия назначьте координаты (25, 0).

3. Выделите исходный элемент (отверстие) и вызовите команду *Массив по концентрической сетке*. Установите следующие параметры: радиальное направление — шаг 12 мм, количество 3; кольцевое направление — шаг 90° , количество 4. В качестве оси копирования укажите ребро, образованное пересечением двух плоских граней. После нажатия кнопки *ОК* на экране появится модель детали (рис. 7.14, а).

4. Сохраните файл, не закрывая его.

Команда *Массив вдоль кривой*. Команда позволяет создать копии элемента, располагающиеся вдоль указанной кривой. Перед вызовом команды в дереве построения должны быть пиктограм-

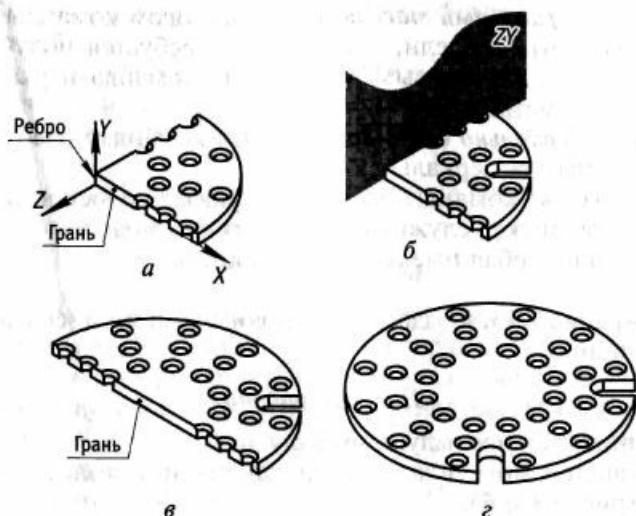


Рис. 7.14. Массив по кольцевой сетке и зеркальное копирование:

a — исходная модель; *б* — модель с пазом; *в* — зеркальная копия; *г* — зеркально отобразить все

мы эскиза кривой и копируемого элемента. Эта команда работает надежно, если кривая разомкнута и ее начало исходит из центра эскиза копируемого элемента. Если копируемый элемент является цилиндром, то цилиндр — центр окружности его эскиза, если правильная призма или пирамида, то центр описанной (или вписанной) окружности многоугольника. После вызова команды требуется выделить элемент для создания его массива, указав соответствующую пиктограмму в дереве построения, эскиз кривой указывается непосредственно в рабочем окне детали. Затем на вкладке *Параметры* панели свойств указывается количество копий и шаг (между соседними копиями или вдоль всей кривой). В других случаях (кривая замкнута, плоскость эскиза не пересекает кривую) управление копированием осуществляется с помощью переключателя *Ручное управление* группы «Способ» на вкладке *Выбор объектов*. По образовавшемуся фантому массива можно судить о правильности задания параметров и при необходимости производить их коррекцию. На практике рекомендуется избегать сложных случаев создания массивов.

7.2.6. Зеркальное копирование

Зеркальное копирование позволяет создавать копии, симметричные выбранным элементам.

Команда *Зеркальный массив*. Перед вызовом команды выделяются те элементы модели, для которых требуется получить зеркальную копию. Затем вызывается сама команда и указывается плоскость симметрии.

Команда *Зеркально отразить все*. Эта команда позволяет приклеить к детали ее зеркальную копию.

После вызова команды достаточно указать плоскость симметрии, которой может служить плоская грань модели, стандартная плоскость или любая имеющаяся плоскость.

Упражнение 7.13. Создание массивов элементов (создание зеркальной копии).

Порядок работы

1. Вернитесь к предыдущему фалу
2. Добавьте к модели детали еще какой-нибудь элемент, например паз (рис. 7.14, б).
3. Выделите в дереве построений (при нажатой клавише [Ctrl]) элементы, образованные командами *Массив по концентрической сетке* и *Основание модели (Операция выдавливания: I)*.
4. Вызовите команду *Зеркальный массив*.
5. Назначьте в качестве плоскости симметрии профильную плоскость (ZY). На экране появится фантом копии.
6. Создайте объект (рис. 7.14, в).
7. Вызовите команду *Зеркально отразить все*.
8. Укажите диаметральною грань модели и нажмите кнопку *Создать объект* (рис. 7.14, г).
9. Закройте файл, не сохраняя его.

7.2.7. Формирование атрибутов модели

При конструировании любой детали, являющейся составной частью некоторого изделия, ей присваиваются определенные атрибуты, которые отображаются в основной надписи чертежа этой детали, а также в спецификации всего устройства. Если эти атрибуты присвоены модели, то система в дальнейшем их использует самостоятельно и автоматически заполняет как основную надпись, так и бланк спецификации. Поэтому по окончании создания модели перед закрытием ее файла необходимо проверить наличие атрибутов (присвоение атрибутов может быть выполнено на любом этапе создания модели). Для придания модели атрибутов следует вызвать контекстное меню на пиктограмме детали (самая верхняя строка в дереве построения). После выбора из контекстного меню опции *Свойства детали* на панели свойств, кроме наименования детали, указывается обозначение чертежа и марки материала. Так как эти же данные будут фигурировать и в специфика-

ции сборочного чертежа, то создайте и объект спецификации (см. подразд. 4.3).

Здесь можно изменить цвет детали и указать новые оптические характеристики. Эти новые свойства окажут значительную помощь при выполнении сборки изделия.

Упражнение 7.14. Конструирование модели корпуса амортизатора (создание атрибутов модели).

Порядок работы

1. Откройте файл с именем «Корпус.m3d».
2. Вызовите контекстное меню на верхней пиктограмме дерева построения и выберите опцию *Свойства детали*. На панели свойств на соответствующих полях установите следующие атрибуты: КПГД. 445500.001, Корпус, Сталь 15Л ГОСТ 977—75 (используйте список материалов).
3. Создайте объект спецификации (*Спецификация* → *Добавить объект* → *Детали* → *Создать*). В подчиненном режиме спецификации проконтролируйте заполнение бланка (используйте текстовый шаблон).
4. Сохраните файл и закройте его.

7.3. Введение конструктивных вспомогательных элементов

К конструктивным (вспомогательным) элементам относятся специально введенные оси и плоскости. Они не являются элементами модели и служат лишь для удобства построения самой модели. Ранее был рассмотрен процесс построения модели детали, у которой отверстия расположены в виде концентрических окружностей. Так как команда *Массив по концентрической сетке* требует указания оси, относительно которой строится этот массив, пришлось построить часть детали в виде сектора и за ось взять ребро детали. При наличии оси у модели можно было бы сразу построить окончательный вид модели (см. рис. 7.14, з). Кроме того, конструктивные оси зачастую служат базовыми элементами при создании сборок. Вспомогательные плоскости как правило служат для создания на модели всевозможных дополнительных элементов (бобышек, пазов и т.п.).

7.3.1. Конструктивные оси

Команды построения конструктивных (вспомогательных) осей расположены в меню *Операции*. Кнопки быстрого вызова этих команд находятся в одной группе на панели вспомогательной гео-

метрии. Для того чтобы вызвать эту страницу, необходимо на компактной панели переключения страниц щелкнуть по кнопке *Вспомогательная геометрия*. Конструктивные оси могут создаваться с помощью разных команд, каждая из которых выбирается в зависимости от конкретной задачи.

Наличие таких осей необходимо, например, при создании массива по концентрической сетке, а также при сборке деталей, расположенных относительно друг друга соосно. После назначения команды в рабочем окне необходимо указать соответствующую поверхность вращения или грань. В дереве построения появится пиктограмма с соответствующим названием. На рабочем экране конструктивная ось по умолчанию изображается отрезком голубого цвета.

Команда *Ось на пересечении плоскостей*. Команда позволяет создавать конструктивные оси, каждая из которых является линией пересечения двух конструктивных плоскостей или граней элемента, а также плоскостей проекций. Плоскости можно указывать как в дереве построения, так и непосредственно на самой модели. Например, после вызова команды и указания фронтальной и профильной плоскостей в окне детали появится вертикальная ось, проходящая через начало координат.

Команда *Ось конической поверхности*. Команда позволяет создавать конструктивные оси, каждая из которых является осью конической или цилиндрической поверхности. Для построения оси достаточно после вызова команды указать боковую поверхность конуса (или цилиндра) в окне детали.

Упражнение 7.15. Конструирование модели корпуса амортизатора (создание вспомогательных осей).

Порядок работы

1. Вновь откройте файл с именем «Корпус.m3d» и придайте детали ориентацию изометрии.

2. На панели переключения откройте страницу *Вспомогательная геометрия* и вызовите команду *Ось на пересечении плоскостей*. Выделите фронтальную, а затем профильную плоскость. На экране появится изображение оси, а в дереве построения ее пиктограмма.

3. Вызовите команду *Ось конической поверхности* и укажите отверстия для крепления корпуса.

4. Вызовите команду *Ось конической поверхности* и укажите на модели грань цилиндрической части паза.

5. Сохраните и закройте файл.

Команда *Ось через две вершины*. Команда позволяет создать одну или несколько конструктивных осей, каждая из которых прохо-

дит через две опорные точки. Опорными точками могут служить вершины или характерные точки объекта (конец отрезка, центр окружности), а также начало координат.

Команда *Ось через ребро*. Команда позволяет создавать конструктивные оси, каждая из которых проходит через указанное прямолинейное ребро модели.

7.3.2. Конструктивные плоскости

Команды построения конструктивных плоскостей расположены в меню *Операции*. Кнопки быстрого вызова этих команд находятся рядом с кнопками вызова команд построения вспомогательных осей.

Команда *Смещенная плоскость*. Команда позволяет создавать вспомогательные плоскости, расположенные на заданном расстоянии от указанной плоскости или плоской грани детали.

Для построения такой плоскости после вызова команды нужно ввести на панели свойств в строке параметров объекта значение смещения строящейся плоскости относительно существующей (базовой) плоскости, а затем указать эту базовую плоскость (одну из стандартных плоскостей или грань какого-нибудь элемента).

По появившемуся фантому можно определить, по какую сторону от базовой плоскости находится новая плоскость. При необходимости ее положение можно изменить при помощи переключателя *Направления смещения плоскости* или контекстного меню.

Упражнение 7.16. Создание вспомогательных плоскостей.

Порядок работы

1. Откройте новый файл и создайте модель произвольного цилиндра.

2. Вызовите команду *Смещенная плоскость*. Введите значение параметра смещения плоскости (или используйте по умолчанию 10 мм) и укажите опорный объект (например, верхнее основание цилиндра). За фантомом плоскости удобно наблюдать, если конструируемая деталь будет изображена в одной из аксонометрических проекций. При необходимости измените расположение плоскости переключателем. Нажмите кнопку *Создать объект*.

3. Во вновь построенной плоскости проведите два произвольных отрезка (ребра для дальнейших построений новых плоскостей).

4. Постройте вспомогательную ось (например, используя команду *Ось конической поверхности*).

5. Каждую следующую команду отрабатывайте на этой модели, используя строку подсказок.

Команда *Плоскость под углом к другой плоскости*. Команда позволяет создавать вспомогательные плоскости, проходящие через прямолинейный объект под заданным углом к существующему плоскому объекту (например, к только что построенной плоскости).

Для построения такой плоскости после вызова соответствующей команды укажите опорную плоскость (указывать плоскости рекомендуется в дереве построения), под углом к которой должна пройти новая плоскость. Укажите ребро, через которое должна пройти эта плоскость (например, один из имеющихся отрезков). Далее введите значение угла и, используя переключатель или контекстное меню, укажите окончательное положение новой плоскости.

Команда *Плоскость через ребро и вершину*. Команда позволяет создавать вспомогательные плоскости, проходящие через прямолинейный объект и точку.

Прямолинейным опорным объектом могут служить ребро, вспомогательная ось или отрезок в эскизе. Опорной точкой могут быть вершина, характерная точка в эскизе или начало координат.

Для построения такой плоскости после вызова соответствующей команды достаточно указать опорные объекты.

Команда *Плоскость через вершину параллельно другой плоскости*. Команда позволяет создавать вспомогательные плоскости, проходящие через указанную точку параллельно соответствующей конструктивной плоскости или плоской грани объекта.

Для построения такой плоскости после вызова соответствующей команды достаточно указать опорные объекты.

Описание действия остальных команд для построения вспомогательных плоскостей можно получить с помощью Справки системы.

7.3.3. Команды, предназначенные для сечения моделей

Применение этих команд позволяет более наглядно представить конструкцию детали в целом. Кнопки команд *Сечение поверхностью* и *Сечение по эскизу* находятся на инструментальной панели редактирования детали или в меню *Операции* → *Сечение*. Команды предназначены для выполнения разреза любой детали, имеющейся к этому моменту в дереве построения поверхностью или по указанному эскизу. Для того чтобы выполнить разрез, достаточно указать в дереве построения поверхность, которая будет выступать в качестве секущей плоскости. Обычно это стандартные плоскости, но может быть и любая грань какого-либо элемента детали. Для выполнения команды *Сечение по эскизу* необходимо предварительно построить его. Эскиз представляет собой разомкнутую ломаную линию, звенья которой могут быть как прямыми,

так и кривыми, причем контур эскиза должен пересекать проекцию детали. Однако это не условный разрез детали, о котором говорится в ГОСТ 2.305—68, а действительно разрезанная часть модели, являющаяся полностью самостоятельным изделием. Для того чтобы избежать в дальнейшем неверной интерпретации модели, например при выполнении ортогонального чертежа этой детали, система имеет возможность считать отсутствующим любой из элементов построения. Для этого в контекстном меню служит команда *Исключить из расчета*.

Упражнение 7.17. Конструирование модели направляющего цилиндра.

Порядок работы

1. В папке «Амортизатор 1» откройте файл «Амортизатор 1 СБ». Выделите слой, на котором изображен направляющий цилиндр, и поместите его в буфер обмена.

2. Откройте файл для выполнения новой модели 3D. Сохраните его в папке «Амортизатор 1 3D» под названием «Цилиндр направляющий»

3. Войдите в режим построения эскиза основания модели (фронтальная плоскость, вид спереди) и поместите туда содержимое буфера.

4. Отредактируйте чертеж направляющего цилиндра так, чтобы он стал пригодным для эскиза основания модели. Совместите с началом координат одну из характерных точек будущей модели (рис. 7.15).

При переносе эскиза через буфер обмена надо быть твердо уверенным, что данный эскиз полностью отвечает требованиям к эскизу для элемента вращения. Кроме того, необходимо убедиться в отсутствии линий совпадающих с контуром эскиза, «хвостиков» и других лишних для эскиза элементов.

5. Создайте при помощи операции вращения твердотельную модель основания цилиндра.

Если попытка окажется неудачной, то выделите, нажав клавишу [Shift], последовательно каждый отрезок, входящий в изображение эскиза. Перенесите изображение в другое место и после команды *Обновить изображение* посмотрите, не появились ли на экране лишние линии. Если появились, то удалите их и верните эскиз на прежнее место. Если попытка вновь не уда-

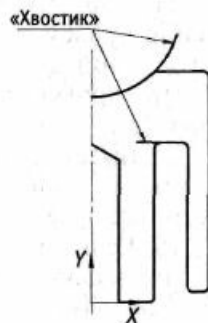


Рис. 7.15. Эскиз основания направляющего цилиндра

лась, то выполните эскиз заново, а затем удалите первоначальный эскиз. При задании параметров операции вращения выберите способ построения «Сфероид», отключив при этом тонкую стенку.

6. Перейдите в многооконный режим работы.

7. Выполните отверстие под резьбу М8 (отверстие с зенковкой, вариант 04, параметры $D = 10$, $d = 8$, $H = 15$, координаты центра отверстия (27, 0)).

8. Придайте модели конструктивную ось вращения цилиндра.

9. Выполните остальные отверстия под резьбу с помощью команды *Массив по концентрической сетке*, используя ось вращения модели.

10. Создайте относительно профильной плоскости на расстоянии 35,5 мм смещенную плоскость в направлении, противоположном первому построенному отверстию под резьбу.

11. Переориентируйте модель таким образом, чтобы вновь созданная плоскость находилась впереди модели (вид слева), постройте на ней эскиз бобышки (направляющий элемент детали). Для эскиза бобышки можно воспользоваться ее изображением на местном виде имеющегося сборочного чертежа. В этом случае рекомендуется установить будущий эскиз бобышки в любом месте рабочего экрана, отредактировать его, затем, используя команду *Сдвиг*, привязаться к средней точке горизонтального отрезка эскиза и, наконец, переместить его в точку с координатами (0, -65), которые следует установить в поле $t1$ на панели свойств.

Следите за направлением осей координат (см. рис. 7.8).

12. Постройте направляющий элемент командой *Приклеить выдавливанием* (до ближайшей поверхности и укажите, до какой поверхности).

13. Выполните в бобышке отверстие для подачи смазки (отверстие 05 с цековкой и параметрами $D = 8$, $H1 = 3$, $H = 35$, $d = 4$, координаты центра отверстия (0, -60)).

Твердотельная модель направляющего цилиндра практически готова (отсутствуют пазы снизу детали). Однако зачастую, для того чтобы пояснить внутреннюю конфигурацию детали, условно вырезают какие-то части детали. Обычно это стандартные разрезы, предусмотренные ГОСТ 2.305—68.

14. Придайте модели ориентацию *Сверху*. Выполните эскиз сечения правой нижней четверти модели. Эскиз должен представлять собой два взаимно перпендикулярных луча, исходящих из центра проекции модели, и полностью пересекать проекцию модели (т.е. лучи — проекции проецирующих плоскостей).

15. Вызовите команду *Сечение по эскизу* и укажите (при необходимости) эскиз сечения в дереве построения. На экране, после того как будет нажата кнопка *ОК*, появится модель с вырезом.

16. Если вас не устраивает появившееся изображение, вызовите вновь панель свойств (в дереве построения контекстным меню *Редактировать элемент*) и измените направление сечения.

17. Определите физико-механические характеристики модели. Для этого надо открыть на инструментальной панели страницу *Измерения (3D)* одноименной кнопкой и вызвать команду *МЦХ модели*. В окне *Информация* приведены все характеристики этой модели. Запомните (или запишите) одну из характеристик модели, например массу. Для этого:

- в дереве построения на пиктограмме *Сечение по эскизу* вызовите контекстное меню и дайте команду *Исключить из расчета*;
- вновь определите массу модели и сравните ее с предыдущим значением. Разница показывает, что произведенное сечение модели является натуральным, а не условным. Поэтому при выполнении рабочих чертежей по твердотельной модели следует исключать из расчета иллюстративные сечения.

18. Установите некоторые свойства спроектированной детали. Для этого:

- из контекстного меню вызовите команду *Свойства детали*;
- заполните поле *Наименование: Цилиндр направляющий*;
- в поле *Наименование материала* выберите из списка (справочника) материалов чугун марки СЧ18 ГОСТ 1412—85;
- в поле *Цвет* выберите один из цветов предлагаемой палитры;
- закройте панель свойств командой *Создать*.

19. Выделите одну из граней, образованных операцией *Сечение по эскизу*. Для этого:

- на этой грани вызовите контекстное меню и выберите опцию *Свойства грани*;
- на панели свойств установите цвет грани, например красный. Таким образом, будет выделен «условный вырез» детали.

20. Создайте объект спецификации. Обозначение детали осуществите с использованием команды *Вставка*.

21. Исключите из расчета операцию *Сечение по эскизу* и выполните снизу детали шесть пазов для шплинта.

22. Вновь включите в расчет операцию *Сечение по эскизу*.

После выполнения последней команды в дереве построения на пиктограмме сечения по эскизу может появиться знак ошибки (восклицательный знак в кольце красного цвета). Для того чтобы выяснить, в чем заключается ошибка, достаточно вызвать контекстное меню и выбрать опцию *Что неверно?* На экране появится окно с пояснением ошибки. (В данном случае это вырожденная проекция эскиза.) Это означает, что секущая плоскость совпала с плоскостью эскиза ребра. Такая ошибка не имеет принципиального значения для последующего процесса проектирования, однако для корректности следует избавляться от любых выявленных системой ошибок. В данном случае следует в дереве построения поменять местами операции: операцию *Сечение по эскизу* надо мышью переместить на последнюю строчку. Перетянутая пиктограмма эскиза по сечению будет отмечена «галочкой». Это означа-

ет, что система запрашивает о подтверждении произведенного действия. Щелкните по кнопке *Перестроить* (панель вида).

23. Сохраните файл и закройте его.

При необходимости проделайте те же операции и с корпусом амортизатора.

7.4. Построение винтовых поверхностей

В Компас-3D начиная с версии 5.11 имеется возможность построения различных пространственных кривых. Это, прежде всего, цилиндрические и конические спирали, а также произвольные гладкие кривые, построенные на базе сплайнов, и кривые, состоящие из звеньев прямолинейных отрезков. Команды для их построения находятся на странице *Пространственные кривые* инструментальной панели. Пространственные кривые, как правило, используются в качестве траекторий при выполнении различных кинематических операций.

7.4.1. Формирование модели цилиндрической пружины сжатия

Выполнение моделей пружин по принятой систематизации должно быть отнесено к построению основания детали (см. гл. 6), которое выполняется кинематической операцией. Эта модель в дальнейшем служит как основание детали, в частности при выполнении операции подрезания крайних витков у пружины сжатия. Цилиндрическая пружина является кинематическим элементом, у которого эскизом-траекторией является цилиндрическая спираль, а эскизом-сечением чаще всего окружность.

Для построения эскиза-траектории нужно вызвать команду *Спираль цилиндрическая* одноименной кнопкой. Перед вызовом команды необходимо выделить в окне модели какой-нибудь плоский объект (проекционную или вспомогательную плоскость либо плоскую грань модели).

После вызова команды на экране появится окно диалога *Спираль цилиндрическая*, в котором нужно выбрать способ построения спирали и ввести ее геометрические характеристики. Для задания параметров спирали воспользуемся данными расчета цилиндрической пружины, которые были получены при проектировании пружины для амортизатора в Компас-график (см. гл. 4).

Упражнение 7.18. Выполнение модели пружины (формирование модели цилиндрической пружины сжатия).

Порядок работы

1. Откройте новый файл для построения модели детали и сохраните его под именем «Пружина» в папке «Амортизатор 1 3D».

2. Откройте Файл «Пружина» (см. Приложение 2, рис. П.2.1) из папки «Амортизатор 1» и перейдите в многооконный режим.

3. В рабочем окне модели 3D выполните чертёж эскиза-заготовки ($d = 7,5$ — нормальное сечение проволоки) во фронтальной плоскости с координатами центра окружности $X = -22,25$ мм (наружный радиус пружины минус радиус сечения проволоки), $Y = 0$ мм. Закончите процесс создания эскиза.

4. Установите горизонтальную плоскость и вызовите команду *Спираль цилиндрическая*.

На панели свойств в поле *Способ построения* предлагается три варианта построения спирали: *По числу витков и шагу*, *По шагу витков и высоте* или *По числу витков и высоте*. Так как в конечном итоге должна быть построена модель пружины с такими же параметрами, как у спроектированной ранее пружины, то, прежде чем выбрать способ построения, необходимо учесть следующее обстоятельство.

Высота пружины на чертеже задана с учетом, что крайние витки пружины уже поджаты и подрезаны (см. рис. П.2.1), в то время как у строящейся модели пружины крайние витки могут быть «подрезаны» только после выполнения кинематической операции, формирующей модель. Таким образом, высоту спирали необходимо задавать по крайней мере на один виток больше, чтобы в дальнейшем получить расчетную высоту. Следующий параметр спирали, который необходимо задать, — ее диаметр. Здесь также надо учитывать дальнейшее формирование модели пружины. Так как при построении кинематического элемента достаточно, чтобы эскиз-траектория пересекала плоскость эскиза-заготовки, то значение диаметра спирали может находиться в пределах между наружным и внутренним диаметрами проектируемой пружины. Естественно, наиболее разумный вариант — средний диаметр.

5. Установите способ построения *По шагу витков и высоте*, а параметр «Высота» задайте *По размеру*. Укажите расчетное значение шага витка (12,2 мм), а высоту спирали, например, 100 мм. На вкладке *Диаметр* переключатель установите *По размеру* и укажите средний расчетный диаметр пружины (44,5 мм).

6. Закончите создание эскиза командой *Создать*. Установите ориентацию пружины в изометрии.

7. Вызовите кинематическую операцию на инструментальной панели редактирования детали и создайте твердотельную модель пружины.

8. Установите свойства пружины (наименование, марку материала и цвет).

9. Создайте объект спецификации.

10. Сохраните файл.

7.4.2. «Подрезание» витков пружины

Выполнять модель с поджатыми крайними витками мы не будем. Этот процесс трудоемкий, к тому же для выполнения в дальнейшем модели сборки отсутствие поджатых витков никак влияет на саму сборку, а вот «подрезание» витков необходимо, так как плоскости «подрезки» будут впоследствии использоваться в качестве граней.

«Подрезание» витков пружины достаточно условное и никакого отношения к технологической операции не имеет. Просто какая-то часть витка срезается при помощи команды *Вырезать выдавливанием*. Для этого надо построить некоторую смещенную плоскость, например, относительно горизонтальной плоскости (если ось пружины ей перпендикулярна). На вновь построенной плоскости следует разместить эскиз основания призмы и выполнить команду *Вырезать выдавливанием*.

Упражнение 7.19. Выполнение модели пружины («подрезание» витков пружины).

Порядок работы

Для подрезания витков пружины будем использовать операцию *Сечение по эскизу*.

1. Выберите фронтальную плоскость (x, y) и придайте модели ориентацию *Спереди*.

2. Постройте во фронтальной плоскости эскиз в виде двух перпендикулярных лучей, выходящих из одной точки с координатами (-50; 68, 65). При этом вертикальная прямая должна быть направлена вверх и обе прямые должны выходить за пределы пружины.

3. Выполните команду *Сечение по эскизу*, установив в параметрах команды опцию *Обратное направление*.

4. Аналогично «подрежьте» нижнюю часть пружины (горизонтальная прямая плоскости эскиза должна проходить через начало координат).

5. Выполните контрольное измерение высоты модели, воспользовавшись кнопкой *Расстояние и угол* на панели *Измерения (3D)*.

После вызова команды сначала укажите на плоскость одного из подрезанных витков, затем поверните пружину так, чтобы можно было указать плоскость второго подрезанного витка.

6. Сохраните файл и закройте его.

Модель этой пружины будет использована в дальнейшем при создании сборки амортизатора.

В системе Компас возможно создание твердотельной модели пружины с одновременным поджатием и подрезанием витков в автоматическом режиме. После окончания расчета пружины (см. Упражнение 4.4, п. 9), прежде чем нажать кнопку *Построение*, необходимо выбрать вариант построения, т.е. с помощью переключателя выбрать построение либо плоской модели, либо трехмерной.

7.5. Создание ортогональных чертежей по твердотельным моделям

В Компас-3D на изображения твердотельных моделей автоматически накладываются параметрические связи двух типов: вариационный и иерархический.

Вариационный тип параметризации используется при построении графических объектов в процессе создания эскизов (принцип наложения параметрических связей описан в гл. 3). Вариационная параметризация используется при создании сопряжений, т.е. наложении связей между элементами, составляющими деталь, или деталями сборки.

Иерархический тип связей возникает автоматически в процессе выполнения команд при формировании элементов модели и определяет порядок подчинения этих элементов друг другу. При необходимости этот тип связей всегда можно увидеть в диалоговом окне *Иерархия отношений объекта*. Для его открытия следует выделить в дереве построения интересующий вас элемент, вызвать контекстное меню и выбрать команду *Отношения*. Подробнее об иерархических отношениях объекта можно узнать из справки по этому вопросу (кнопка *Справка* в окне *Иерархия отношений объекта*).

Наличие описанных связей является одним из основных принципов, на которых основано формирование ортогональных проекций изделия по его трехмерной модели.

7.5.1. Ассоциативный чертеж модели

На вновь создаваемом ассоциативном чертеже, для которого заранее должен быть создан новый файл чертежа, могут быть выполнены различные изображения, которые можно разбить на две группы изображений: группа видов с модели и группа вспомогательных видов.

Группа видов с модели включает в себя:

- стандартный вид, состоящий из набора стандартных проекций (по умолчанию: спереди, сверху, слева);
- произвольный вид, т.е. по указанию один из стандартных видов;

- проекционный вид (вид по направлению, указанному относительно другого вида);
 - вид по стрелке;
 - разрез-сечение.
- Группа вспомогательных видов включает в себя:
- выносной элемент;
 - местный вид;
 - местный разрез;
 - вид с разрывом.

Органы управления построениями ассоциативных чертежей находятся на панели главного меню *Вставка Вид с модели* и *Вспомогательный вид* или на инструментальной панели.

Для удобства управления видами используется дерево построения чертежа, которое вызывается из контекстного меню командой *Дерево построения*. Состояние вида отображается в дереве построения буквами «т», «ф», «п» (текущий, фоновый, погашенный) в круглых скобках справа от пиктограммы соответствующего вида. Активное состояние вида не обозначается.

Все виды связаны с исходной моделью, поэтому изменения в модели приводят к изменению и в чертеже. При необходимости ассоциативная связь вида с моделью может быть разрушена в любой момент. Для этого достаточно вызвать на соответствующей пиктограмме дерева построения контекстное меню и дать команду на разрушение вида. Разрушенные таким образом связи с исходной моделью не восстанавливаются.

При создании ассоциативного чертежа ряд граф его основной надписи заполняется автоматически.

7.5.2. Выполнение конструкторской документации по модели

В вашей личной библиотеке уже имеется некоторый набор твердотельных моделей, а именно: корпуса амортизатора, направляющего цилиндра и пружины. Для каждой из этих деталей требуется оформление конструкторской документации.

Для примера предлагается взять модель направляющего цилиндра и выполнить его рабочий чертеж.

Упражнение 7.20. Создание ассоциативного чертежа по модели направляющего цилиндра.

Порядок работы

1. Откройте новый файл командой *Чертеж* и сохраните его под именем «Цилиндр направляющий» в папке «Амортизатор 3D».

2. Откройте окно *Дерево построения* (контекстное меню → *Дерево построения*). В дереве построения указан один системный вид. По мере построения видов дерево построения будет пополняться.

Вставьте в чертеж три стандартных вида (*Вставка* → *Вид с модели* → *Стандартные*) Для этого:

- из диалогового окна *Выберите модель* выберите соответствующий файл соответствующей модели. На экране появится фантом изображения габаритных прямоугольников трех проекций детали (по умолчанию: вид спереди, сверху и слева);

- для того чтобы самостоятельно выбрать необходимые проекции и их количество, на панели свойств следует в поле *Схема* назначить необходимые вам проекции и здесь же установить расстояния между ними. Перед тем как окончательно установить фантом проекций на поле чертежа, можно в окне поля *Масштаб* вручную установить требуемый масштаб или запросить систему об автоматическом подборе масштаба;

- во вкладке *Линии* можно затребовать изображения линий переходов или невидимых линий;

- зафиксируйте положение проекций курсором мыши на листе чертежа в подходящем месте либо задайте точку начала координат главного вида в окнах поля *Точка ввода*. Одновременно с появлением изображения видов будет заполнена и основная надпись чертежа;

- каждая из введенных проекций будет заключена в рамку, обозначающую вид. Один из видов будет текущим (изображен стилем основной линии), что отображается и в дереве построения буквой «т» перед названием вида. Остальные виды будут активными. Чтобы текущим сделать новый вид достаточно на его пиктограмме вызвать контекстное меню и назначить его текущим.

После того как на листе чертежа появятся изображения проекций, расположенные на инструментальной панели, остальные кнопки также станут активными. Эти кнопки (команды) предназначены для построения дополнительных видов и разрезов.

Для того чтобы построить разрез, его необходимо обозначить на соответствующем виде. Например, чтобы выполнить фронтальный разрез, необходимо прежде всего объявить текущим тот вид, в котором будет указано положение секущей плоскости. Ее положение указывается обычным образом на странице *Обозначения инструментальной панели*.

3. Назначьте в качестве текущего вида *Вид сверху*. Для этого:

- перейдите на страницу инструментальной панели *Обозначения*, вызовите команду *Линия разреза* и укажите место этой линии разреза на чертеже. На панели свойств при необходимости можно изменить обозначение направления взгляда, а также буквенное обозначение разреза;

- вернитесь на страницу ассоциативных видов инструментальной панели и вызовите команду *Разрез-сечение*. Укажите на чертеже обозначение разреза и щелкните по нему мышью. Разрез появится в виде фантома, представляющего собой габаритную рамку;

- строящийся разрез сохраняет проекционную связь с проекцией-источником. Обычно на чертежах проекционные связи для дополнительных изображений не сохраняют. На панели свойств переключателем *Проекционная связь* откажитесь от этой связи. Зафиксируйте разрез на свободном месте экрана.

Аналогично можно построить *Вид по стрелке*, *Местный вид* и *Выносной элемент*, используя одноименные кнопки, находящиеся на инструментальной панели.

Выполненный таким образом чертеж, состоящий из ассоциативных видов, имеет постоянную связь со своей моделью. Поэтому при возврате к ассоциативному чертежу после внесения каких-либо изменений в модель система запрашивает пользователя о необходимости внесения этих изменений в чертеж.

4. Внесите какое-нибудь изменение в модель, например постройте на верхней плоскости детали цилиндр диаметром 5 мм высотой 30 мм. Для этого:

- сделайте активным чертеж направляющего цилиндра. Система запросит согласия о перестроении чертежа и после вашего положительного решения внесет в него соответствующие изменения;

- попробуйте удалить построенный цилиндр на ассоциативном чертеже и убедитесь в том, что система не выполнит команду удаления.

5. Удалите построенный цилиндр на модели. Проанализируйте результат.

Примечание. Рекомендуется после каждого изменения модели сохранять файл.

Таким образом, никакая прямая редакция ассоциативного чертежа инструментальными средствами редактирования 2D не может быть выполнена.

Если необходимо привести чертеж в полное соответствие с требованиями ГОСТ 2.305—68, то ассоциативные связи придется разрушить.

Для этого следует вызвать контекстное меню, щелкнув правой клавишей мыши по соответствующей пиктограмме вида в дереве построения, и выбрать команду *Разрушить вид* (или воспользоваться командой *Разрушить* из меню *Операции*). После этого ассоциативный вид потеряет связь с источником и станет обычным видом чертежа Компас-график.

7.5.3. Выполнение рабочей документации

Обычно к оформлению ортогонального чертежа приступают после завершения редактирования модели. Однако более рациональным будет создание самостоятельного рабочего документа на основе ассоциативного чертежа. Для этого следует открыть новый чертеж (или фрагмент) и перейти в многооконный режим. В рабочем окне ассоциативного чертежа надо в дереве построения или двойным щелчком по рамке одного из видов (например, по *Виду 1*) переключить вид в текущее состояние. Выделить его рамкой и через буфер обмена переместить в соседнее окно. Постепенно перенесенные таким образом виды создадут заготовку для обычного чертежа.

Все проекции созданного чертежа будут находиться в одном виде, что значительно упростит процесс дальнейшего редактирования. При необходимости, например при создании выносного элемента, всегда можно открыть новый вид со своим масштабом (напомним, что во фрагменте отсутствует возможность создания масштаба, отличного от 1:1).

Такой подход к созданию рабочей документации имеет, по крайней мере, два преимущества. Во-первых, сохраняется ассоциативный чертеж, в котором будут отображаться все последующие изменения модели, а из него значительно легче перенести эти изменения в рабочий чертеж, чем строить их заново. Во-вторых, когда все проекции видов, разрезов, сечений на чертеже находятся в одном виде, то значительно проще происходит процесс редактирования, особенно в части объединения изображений (проекций), например при объединении вида с разрезом по оси симметрии детали.

7.5.4. Анализ созданных моделей перед операцией их сборки

Как уже было сказано, внесение всевозможных изменений в модель можно производить на любом этапе ее выполнения. Это можно сказать и про процесс операции сборки. Однако чем меньше будет вноситься исправлений в сборочную единицу, тем проще управлять процессом сборки. Поэтому, прежде чем приступить к созданию модели сборки, следует подвергнуть анализу уже сформированные для этой сборки модели деталей, а именно:

- оценить степень готовности модели, например убедиться в том, что все элементы, формирующие деталь, присутствуют и, если нет, то решить, когда следует производить редакцию модели (до сборки или в процессе сборки);

- проверить, имеются ли конструктивные оси, которые в дальнейшем будут использованы при сборке в качестве базовых осей;

- проконтролировать наличие необходимых разрезов, предназначенных для пояснения внутренней конфигурации модели, а также для удобства сборки;

- обратить внимание на ориентацию разрезов моделей деталей, входящих в сборку, относительно базовой детали (как правило, корпусной детали);

- убедиться в присутствии собственных наименований моделей для их идентификации при сборке;

- проверить наличие объектов спецификаций;

- каждой модели рекомендуется придать собственный цвет, что значительно облегчает контроль сборки.

В проектируемое изделие входит пять деталей (см. чертеж КППД. 445500.000 СБ, Амортизатор 1 или спецификацию к нему). В папке «Амортизатор 1 3D» имеется только три модели. Модель детали «Толкатель» мы выполним позже, в процессе сборки изделия.

Модель крышки постройте самостоятельно любым способом (используя операции вращения, выдавливания или библиотеку Компас-Shaft-2D). Предпочтительным является вариант с использованием операции вращения. Во-первых, эскиз операции легко получить из сборочного чертежа амортизатора, учитывая, что каждая деталь сборки расположена на собственном слое. Во-вторых, ориентация модели будет совпадать с ее положением в сборке. В-третьих, этот вариант наименее трудоемкий. В качестве самостоятельной работы выполните модель корпуса 2 для амортизатора 2 и поместите файл «Корпус 2 3D» в папку «Амортизатор 2 3D». Теперь можно приступить к сборочным операциям.

СОЗДАНИЕ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ МОДЕЛИ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ

Приступая к созданию модели сборочной единицы сначала необходимо вызвать из меню *Файл* команду *Создать* → *Сборку* или нажать кнопку *Новая сборка* на панели управления. На экране откроется окно нового документа (сборочной единицы). Одновременно с этим частично изменится главное меню, а также набор кнопок на странице переключения инструментальной панели соответственно и на самих страницах этой панели. Страница *Построение сборки* всегда активна при открытии файла новой сборки. Ее повторное открытие (в процессе работы над сборкой) осуществляется одноименным переключателем на панели переключения страниц.

После создания файла документа-сборки можно приступить к формированию в нем модели сборочной единицы. При создании модели сборочной единицы система будет запрашивать, какой файл необходимо выбрать для открытия.

Для удобства в работе можно заранее открыть все файлы моделей деталей, которые должны войти в проектируемую сборочную единицу. Кроме того, следует еще раз подчеркнуть, что для успешной работы при создании сборки всем моделям деталей, входящим в сборочную единицу, рекомендуется заранее присваивать в их дереве построения оригинальные имена взамен стандартных, а также каждую модель детали следует окрасить в собственный цвет, чтобы при сборке детали хорошо различались.

8.1. Вставка компонентов в сборочную единицу

Компонентом является любая из деталей, входящих в сборочную единицу, а также любая из сборочных единиц, если она входит как единое целое в состав некоторого изделия. Изделие может являться компонентом для некоторого комплекса.

8.1.1. Команда *Добавить компонент из файла*

Для того чтобы ввести в файл сборочной единицы уже существующий компонент, нужно вызвать из меню *Операции* команду

Добавить компонент из файла или при помощи соответствующей кнопки на инструментальной панели. После вызова команды системой будет предложено окно диалога для выбора файла модели. Так как все имеющиеся файлы для сборки уже открыты, то в окне диалога будет представлен их перечень, из которого и выбирается необходимый в данный момент файл.

На экране появится фантом выбранного компонента (чтобы он был лучше виден на экране, ему следует придать ориентацию *Изометрия*). Для установки его в нужное место можно ввести координаты точки вставки в поле строки параметров объектов или совместить начало координат компонента с указанным на экране началом координат сборки, используя автоматическую привязку (при совмещении начала координат сборки и компонента оси координат подсветятся, а курсор мыши приобретет вид перекрестья со звездочкой).

Первый вставленный компонент по умолчанию всегда неподвижный, т.е. он автоматически фиксируется в той точке, в которой было помещено его начало координат. В дереве построения появится пиктограмма компонента с присвоенным ему ранее именем. Рядом с пиктограммой в скобках будет указано, что данный компонент зафиксирован (ф). При необходимости фиксация компонента может быть отключена. Для этого надо указать в дереве построения компонент, вызвать из контекстного меню *Свойства компонента* и на панели свойств опцию *Фиксация* установить в положение *Не фиксировать* компонент [в появившемся диалоге отключить опцию *Зафиксировать*].

Упражнение 8.1. Создание модели сборки (вставка компонентов).

Порядок работы

1. Выполните несколько моделей деталей в соответствующих файлах, руководствуясь рис. 8.1 (внутренний диаметр у каждой втулки должен быть равен диаметру соответствующей ступени вала, а длина втулок на 2...3 мм короче той же ступени вала):

- вал: Плоскость ZX; ориентация: Сверху; операция вращения;
- втулка 1: Плоскость ZX; ориентация: Сверху; операция вращения;
- втулка 2: Плоскость XY; ориентация: Спереди; операция выдавливания;
- втулка 3: Плоскость XY; ориентация: Спереди; операция вращения.

2. Все модели снабдите конструктивными осями (например, командой *Ось конической поверхности*), выполните на втулках разрезы (четверть разреза командой *Сечение по эскизу*) и каждую из них окрасьте в собственный цвет. Сформируйте атрибуты моделей.

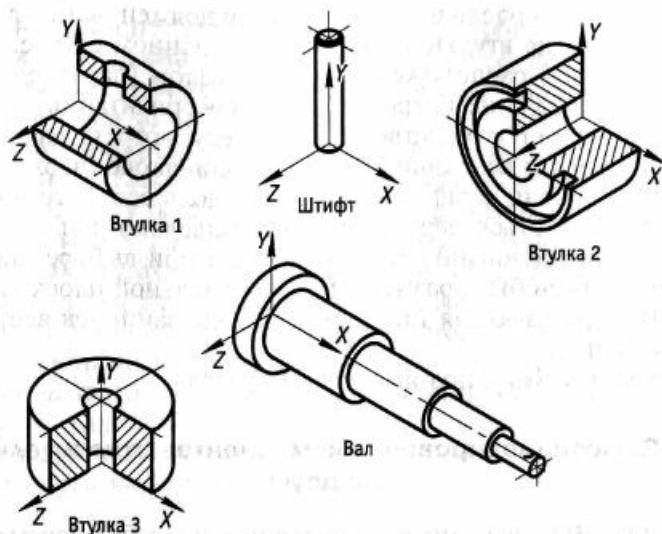


Рис. 8.1. Позиционирование компонентов относительно друг друга

Создайте объекты спецификации: *Спецификация* → *Добавить объект* → *Детали* → *Создать объект* [*Сервис* → *Объекты спецификации* → *Добавить объект* → *Детали* → *Создать*].

3. Откройте окно для сборки (кнопка *Сборка* на стандартной панели) [кнопка *Новая сборка* на панели управления] и щелкните по кнопке *Добавить из файла* на панели редактирования сборки или в меню *Операции* → *Добавить компонент из файла*.

4. Выберите файл с именем «Вал». На экране появится фантом изображения вала (рекомендуется выбрать ориентацию *Изометрия*). Точку привязки вала установите в начало координат. В дереве построения появится пиктограмма модели детали вала и сообщение о том, что ее положение фиксировано (буква «Ф»).

5. Таким же образом вызовите поочередно файлы всех втулок и установите их модели в произвольных местах экрана (см. рис. 8.1).

Обратите внимание на расположение осей координат. Только у вала и втулки 1 оси координат совпадают по направлению, так как основания их моделей строились в одинаковых плоскостях и сами модели были выполнены при помощи одной и той же операции. Основания втулки 2 и втулки 3 выполнены в одной плоскости, а для создания их твердотельных моделей были применены разные операции. Таким образом, чтобы установить втулки на соответствующих ступенях вала, две из них необходимо переориентировать. Этой лишней операции, причем не очень удобной, следует по возможности избегать.

6. Выполните модель штифта, который должен быть вставлен в боковое отверстие втулки 1. Например, в данном случае, учитывая, что втулка 1 расположена соосно с валом (параллельно оси X) и в дальнейшем не потребуются ее переориентация, расположение штифта в пространстве следует предусмотреть заранее. Так как оси втулки 1 и вала ориентированы одинаково (вдоль оси X), а ось отверстия для штифта направлена вдоль оси Y , то и его ось должна располагаться вертикально (параллельно оси Y). Таким образом, эскиз основания модели штифта при выборе операции вращения должен быть размещен во фронтальной плоскости (ось вращения и образующая цилиндра должны занимать вертикальное положение).

7. Сохраните файл под именем «Штурвал».

8.1.2. Позиционирование компонентов относительно друг друга

В Компас-3D предусмотрено несколько способов перемещения компонентов сборки в ее системе координат. Компонент можно поворачивать, либо передвигать, либо сопрягать относительно компонентов сборки.

Сдвиг компонента. Для плоскопараллельного перемещения компонента служит команда *Переместить компонент*, находящаяся на панели редактирования сборки.

После вызова команды курсор изменит свой вид. Для перемещения компонента нужно установить на нем курсор и, нажав левую клавишу мыши, перетащить объект.

Поворот компонента. Для поворота модели служит три команды. Компонент можно повернуть вокруг центра его габаритного параллелепипеда, вокруг одного из прямолинейных элементов модели (конструктивной оси, ребра, отрезка в эскизе), вокруг точки (вершины, точки в эскизе, системы координат). Команды *Повернуть компонент вокруг оси* или *Повернуть компонент вокруг точки* доступны только в том случае, когда в окне модели выделен один из уже указанных элементов.

В процессе работы над сборкой некоторые пиктограммы моделей будут отмечаться красными «галочками». Это означает, что система запрашивает подтверждение произведенных изменений. В таких случаях системе следует дать команду *Перестроить*, которая будет выполнена после нажатия одноименной кнопки на панели *Вид*.

8.1.3. Сопряжения компонентов сборки

Сдвиг и поворот компонента обеспечивает лишь его приблизительное положение в пространстве, однако все детали в любой

сборочной единице должны находиться в строгом взаимном соответствии между собой. Такое соответствие обеспечивается наложением определенных ограничений на перемещение модели детали. Этого можно достичь, если обеспечить соосность двух компонентов (например, между валом и втулкой), тогда их перемещение относительно друг друга будет возможно только вдоль их общей оси, т. е. компоненты станут сопряженными между собой. Если ограничить и это перемещение, то деталь займет то положение, которое необходимо для работы устройства в целом. В Компас-3D имеются различные типы сопряжений.

Команды типов сопряжений расположены в меню *Операции*, а кнопки быстрого вызова этих команд — на отдельной странице *Сопряжения* инструментальной панели. Можно задать сопряжения следующих типов:

- совпадение элементов;
- соосность элементов;
- касание элементов;
- параллельность элементов;
- перпендикулярность элементов;
- расположение элементов на заданном расстоянии;
- расположение элементов под заданным углом.

Порядок работы одинаков для любого типа сопряжения. Нужно выбрать необходимый тип сопряжения, а затем поочередно указать в окне *Документ сборки* сопрягаемые элементы обеих моделей (грани, ребра, оси, вершины). Если элемент указан ошибочно, то после команды *Указать заново* (кнопка на панели специального управления) можно продолжить работу. Если указанное сопряжение не противоречит наложенным ранее сопряжениям, то сборка перестроится в соответствии с последней командой.

Редактирование и удаление наложенных сопряжений производится в обычном порядке. При указании соответствующего сопряжения в дереве построения сопрягаемые элементы подсвечиваются. Затем, если вызвать контекстное меню, можно произвести редактирование сопряжения (например, изменить расстояние между параллельными гранями) или вовсе отказаться от данного сопряжения.

В этом же меню находится опция *Отношения*, с помощью которой можно вызвать окно диалога *Иерархия отношения объекта*, в котором перечислены компоненты и все связи, существующие между ними.

Упражнение 8.2. Создание модели сборки (позиционирование компонентов).

Порядок работы

1. Откройте файл «Штурвал».

2. Установите втулку 1 (рис. 8.2) на соответствующую ей ступень вала (третья ступень), используя описанные команды. Для того чтобы потом быстро вернуть втулку в исходное состояние, рекомендуется использовать следующий прием. Перед началом перемещения втулки сохраните файл, а затем после выполнения ряда операций по перемещению втулки закройте файл без сохранения и откройте его вновь.

3. Откройте на инструментальной панели страницу сопряжений и выберите команду *Соосность*. Укажите оси сопрягаемых деталей (вала 4 и втулки 1) непосредственно на моделях или в дереве построения (разверните дерево построения модели и укажите на соответствующую пиктограмму).

4. Установите втулку так, чтобы она отстояла от буртика вала на расстоянии, например, 1 мм. Для этого вызовите команду *На расстоянии* и задайте на панели свойств величину требуемого расстояния. Укажите сопрягаемую плоскость первого объекта. При установке курсора мыши на сопрягаемой плоскости ее контур обозначится штрихами красного цвета. Если плоскость выбрана правильно, то, не изменяя положение курсора, зафиксируйте его положение мышью. Контур указанной плоскости изобразится красной непрерывной линией. Укажите сопрягаемую плоскость второго объекта. Если плоскость окажется недоступной для указания, то изображение модели на экране можно повернуть, увеличить, передвинуть и т.д.

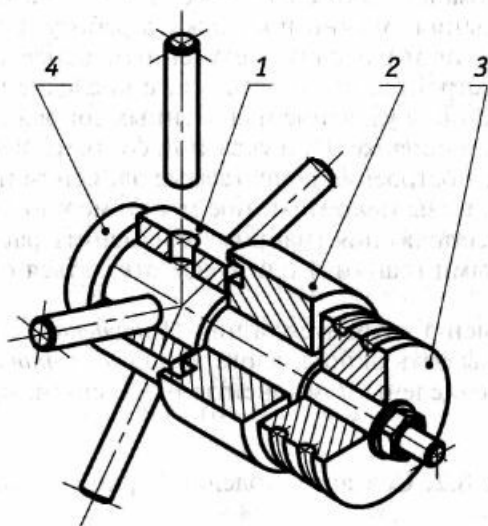


Рис. 8.2. Редактирование модели сборки:

1...3 — втулки; 4 — вал

5. Установите втулку 2 на следующую ступень вала с таким расчетом, чтобы кольцевой паз втулки был направлен в сторону первой втулки. Торец втулки должен прилегать к торцу первой ступени вала. Выполните команду *Соосность*. Если у вас не будет выполнено условие по ориентации втулки, то, чтобы добиться необходимого результата, следует удалить с помощью контекстного меню сопряжение соосности вал (4) — втулка (2). Затем установить втулку 2 вручную приблизительно в нужном положении командой *Повернуть компонент*. Требуемое положение втулки относительно вала надо установить повтором команды *Соосность*.

6. Установите втулку 3 на следующую ступень вала с таким расчетом, чтобы плоскость торца втулки совпадала с торцом второй ступени вала.

Теперь все втулки лишены свободы перемещения вдоль вала, но возможен поворот относительно оси вала каждой из них в отдельности.

Если плоскости разрезов втулок не совпадают друг с другом, то воспользуйтесь командой *Повернуть компонент вокруг оси*. Эта команда станет активной после указания оси, вокруг которой должен быть повернут компонент. Поверните втулку 2 так, чтобы плоскости ее разреза совпали с такими же плоскостями втулки 3. Откройте страницу *Сопряжения* и воспользуйтесь командой *Параллельность*. Укажите на втулках 2 и 3 плоскости разрезов, которые должны быть параллельными.

После наложения такой связи втулки 2 и 3 теперь смогут вращаться вокруг вала только совместно.

7. Установите штифт соосно с боковым отверстием втулки 1.

8. Сохраните файл.

Автоматическое наложение сопряжений. Для того чтобы зафиксировать деталь (в данном случае — штифт) в необходимом положении после операции сдвига или поворота, можно использовать режим автоматического наложения сопряжений.

Кнопка *Включить/Выключить* режим автосопряжений, расположенная на панели специального управления, служит индикатором этого режима: нажатая кнопка означает, что автосопряжение включено, отжатая — выключено.

После вызова команды *Переместить компонент* следует включить режим автосопряжений. Затем надо поместить указатель мыши на грань устанавливаемого в сборку элемента (при указании грани она подсветится) и нажать левую клавишу мыши (элемент выделится красным цветом). Не отпуская клавишу, необходимо переместить этот элемент до сопрягаемой с ним детали (валом). Когда сопрягаемый элемент вала тоже подсветится, отпустить клавишу мыши. В группе сопряжений дерева построения появится пиктог-

рамма созданного сопряжения, а взаимное перемещение деталей будет невозможно.

Для достижения этой цели можно воспользоваться командой *Касание*, находящейся на странице *Сопряжения* инструментальной панели. Порядок работы аналогичен уже описанному в Упражнении 8.2 (пп. 3 и 4).

Установка библиотечных компонентов. Модели стандартных крепежных изделий находятся в разделе «Машиностроение» библиотеки Компас под названием «Библиотека крепежа». Может случиться так, что при выборе и вставки стандартного изделия изображение объекта исчезнет с экрана. Это означает, что его изображение попало внутрь одного из объектов сборки. Чтобы его извлечь оттуда, надо последовательно исключать из расчета компоненты сборки (компонент → контекстное меню → исключить из расчета). После обнаружения компонента его следует передвинуть на свободное место экрана (редактирование сборки → переместить компонент). Далее вновь включаются в расчет все объекты сборки.

Контроль соударений. В этом режиме перемещение компонента может быть осуществлено только до ближайшего элемента (грани, ребра, вершины), принадлежащего другому компоненту. При этом момент соударения (столкновения) компонентов сопровождается звуковым сигналом, а их грани подсвечиваются.

Для работы в этом режиме необходимо вызвать команду *Переместить компонент* (или *Повернуть компонент*) и включить кнопку *Включить/Выключить контроль соударений компонентов*, расположенную на панели специального управления (нажатая кнопка — режим включен, отжатая — выключен).

Этот режим не накладывает сопряжений между взаимодействующими компонентами, поэтому в дальнейшем компоненты можно перемещать относительно друг друга.

Упражнение 8.3. Создание модели сборки (контроль сборки).

Порядок работы

1. Откройте файл «Штурвал».
2. Из окна *Библиотека крепежа* выберите последовательно шайбу и гайку с параметрами, соответствующими четвертой ступени вала. Для того чтобы точно выполнить позиционирование стандартных изделий относительно вала, следует воспользоваться сопряжением *Совпадение объектов*. После этого укажите сопрягаемые грани (соответствующие цилиндрические поверхности сопрягаемых деталей).

3. Вызовите команду *Переместить компонент* и нажмите кнопку *Включить/Выключить контроль соударений компонентов*. При этом режиме на панели свойств развернется строка настройки пара-

метров контроля соударений. В этой строке все переключатели установите в левое положение (т.е. сделайте активными все левые кнопки). Перемещайте штифт вниз до тех пор, пока не появятся звуковой и визуальный сигналы, извещающие о контакте штифта с валом. Однако с большой долей вероятности контакт у вас произойдет с началом отверстия втулки 1, и до вала вы не сможете переместить штифт. Причиной того, что штифт не доходит до вала, является равенство диаметров штифта и отверстия. Вызовите контекстное меню для втулки 1 и выберите команду *Редактировать в окне*. Измените размер отверстия на эскизе (например, сделайте его диаметром 5,2 мм вместо 5 мм). Повторите операцию перемещения штифта до вала.

4. Сохраните файл.

8.2. Команды редактирования модели сборки

Кроме описанных команд на странице сборки инструментальной панели имеются команды, предназначенные для редактирования сборки. Команды *Сечение плоскостью* (по эскизу), *Массив* (по образцу, по концентрической сетке и др.) всегда активны. Команды *Вырезать* (выдавливанием, вращением и т.д.) становятся доступными только после выполнения эскиза основания добавляемого элемента к уже созданной модели детали. Эти команды по своему назначению и исполнению аналогичны одноименным командам, предназначенным для создания моделей деталей.

Процесс редактирования компонентов сборки можно осуществлять несколькими способами.

Редактирование модели детали. Редактирование вошедшей в сборку модели детали (компонента) осуществляется обычным образом. Открывается файл, содержащий модель детали, и в нем производится редактирование модели. Изменения модели передаются в сборку при ее открытии.

Команда *Редактировать в окне*. После вызова контекстного меню на пиктограмме компонента сборки, который будет редактироваться, нужно выбрать команду *Редактировать в окне*. Система сама откроет файл редактируемой модели.

Команда *Редактировать на месте*. Команда *Редактировать на месте* назначается из контекстного меню, и процесс редактирования происходит непосредственно в окне сборки.

Упражнение 8.4. Редактирование модели сборки.

Порядок работы

1. Откройте файл «Втулка 1» и выполните пять сквозных отверстий на цилиндрической поверхности втулки, используя команду *Массив по концентрической сетке* (см. рис. 8.2).

2. Откройте окно сборки. Подтвердите запрос системы о перестройке сборки.

Таким образом, все изменения в модели автоматически сообщаются компоненту сборки.

3. В окне сборки командой *Массив по концентрической сетке* создайте массив из пяти штифтов. Для этого:

- выполните логическую цепочку: *Панель редактирования сборки* → *Массив по концентрической сетке* → *Панель свойств* → *Выбор объектов* → *Список компонентов* → в дереве построения укажите компонент (штифт);

- задайте параметры массива. Ось массива: Ось операции 1 (ось вала); радиальное направление: $N1 = 1$; кольцевое направление: $N2 = 5$, Шаг $2 = 360^\circ$; режим 2: между крайними экземплярами;

- создайте объект.

4. Вызовите контекстное меню на компоненте *Втулка 3* и выберите команду *Редактировать на месте*. Модель сборки приобретет другой цвет, причем активный компонент (подлежащий редактированию) станет темно-синим (по умолчанию), а все остальные (пассивные компоненты), составляющие сборку, будут темно-зелеными.

5. Назначьте стандартную плоскость или укажите грань, где вы будете строить эскиз дополнительного элемента модели.

6. Войдите в режим построения эскиза и обычным образом постройте эскиз кольцевых канавок.

7. Выйдите из режима редактирования эскиза и выполните необходимую операцию.

8. Закончите процесс редактирования модели. Для этого на панели текущего состояния нажмите кнопку *Редактировать на месте* (находится рядом с кнопкой *Эскиз*).

Все изменения, внесенные в компонент сборки, будут выполнены и на соответствующей модели детали.

Команда *Создать деталь*. Кнопка этой команды находится на инструментальной панели редактирования сборки и предназначена для создания новых, как правило, несложных моделей деталей, входящих в сборку. Кнопка для вызова этой команды будет активной только после выбора в дереве построения одной из главных плоскостей проекций, в которой и будет строиться эскиз основания конструируемой детали. После выбора плоскости и щелчка по кнопке *Создать деталь* на экране появится окно *Укажите имя файла для записи*. В этом окне выберите папку, в которую будет помещен создаваемый файл, присвойте ему имя и щелкните по кнопке *Сохранить*. В дереве построения появится пиктограмма будущей модели (рекомендуется сразу присвоить ей собственное имя), а система перейдет в режим создания нового эскиза. После создания эскиза и выполнения операции по формированию ос-

нования строящейся модели необходимо нажать кнопку *Закончить редактирование* (рядом с кнопкой *Эскиз*) и перестроить сборку. В модели сборки появится новый компонент, а в созданном перед этим файле модели сформируется сама модель.

Упражнение 8.5. Создание твердотельной модели сборочной единицы амортизатора.

Порядок работы

1. Откройте новый файл сборки и последовательно (корпус, пружина, направляющий цилиндр), используя сопряжения *Соосность*, а затем *Совпадение объектов*, выполните сборку. Для дальнейшего удобства работы при установке стандартных изделий исключите из расчета модель пружины. Установите крышку выше сборки на 40...60 мм соосно относительно корпуса, после этого разверните крышку так, чтобы ее плоскости разреза были параллельны плоскостям разреза корпуса.

В созданной сборке недостает одного компонента: модели толкателя. Для того чтобы включить в сборку эту модель, ее надо или предварительно создать обычным образом, или сконструировать непосредственно в окне сборки.

2. Придайте модели ориентацию *Спереди* и выберите фронтальную плоскость. Дайте команду *Создать деталь* и выполните эскиз основания толкателя (см. рис. 4.6). Выполните модель толкателя (в данном случае основание модели является самой моделью), закончите редактирование и перестройте сборку.

3. Установите на место крышку.

4. Установите Винт М8 × 20 ГОСТ 11738—84 с Шайбой 8 ГОСТ 6402—70 для крепления крышки к направляющему цилиндру.

5. Из библиотеки крепежа выберите пружинную шайбу с заданными параметрами (*Менеджер библиотек* → *Машиностроение* → *Библиотека крепежа*). Создайте объект спецификации. Для этого:

- появившийся фантом шайбы установите подальше от сборки. Дайте команду *Создать объект*;

- командой *Повернуть компонент* сориентируйте положение шайбы, близкое к рабочему;

- на инструментальной панели *Сопряжения* выберите команду *Соосность*;

- укажите на внутреннюю цилиндрическую поверхность шайбы, затем на внутреннюю поверхность отверстия под винт (если та или другая поверхность будет недоступна, переориентируйте положение детали);

- назначьте команду *Совпадение объектов*;

- укажите нижнюю плоскость шайбы, а затем ту плоскость крышки, на которую следует установить шайбу.

6. По описанному алгоритму установите винт, скрепляющий крышку с направляющим цилиндром.

7. Командой *Массив по концентрической сетке* установите еще четыре винта с шайбами.

8. Установите Шпильку М18×65 ГОСТ 22034—76 с таким расчетом, чтобы между ее нижним торцом и основанием корпуса расстояние составляло приблизительно 15 мм (см. рис. 4.6). При необходимости отредактируйте корпус.

9. Установите Шайбу 18 ГОСТ 11371—78 и Гайку М18 ГОСТ 5919—73 для стяжки направляющего цилиндра и корпуса.

10. Сохраните файл.

Проверка пересечений и перемещений объектов в сборке. Детали, составляющие сборочную единицу, могут перемещаться относительно друг друга, но не должны пересекаться между собой. Нередко не только при ручном выполнении чертежей, но даже и при использовании Компас-график на устранение таких ошибок затрачивается много времени и материальных средств. При твердотельном моделировании эти ошибки устраняются в полуавтоматическом режиме.

Кнопка-переключатель команды *Проверка пересечений* находится на панели *Измерения (3D)* компактной панели.

Упражнение 8.6. Проверка твердотельной модели амортизатора на пересечение и перемещение ее компонентов.

Порядок работы

1. Дайте команду *Проверка пересечений* (компактная панель → *Измерения (3D)* → *Проверка пересечений*).

2. На панели свойств в поле *Список компонентов* необходимо указать перечень взаимодействующих деталей. Для этого в дереве построения укажите на пиктограммы компонентов, которые должны подвергнуться проверке на пересечение (указанных компонентов может быть несколько, в нашем случае их два: корпус амортизатора и цилиндр направляющий), и сделайте запрос о проверке пересечений. Кнопка команды *Проверить пересечения* находится на панели специального управления на месте кнопки *Создать объект*. При наличии пересечений в соседнем поле *Обнаруженные пересечения* появится их перечень, а на модели пересекающиеся компоненты будут обозначены линиями красного цвета.

В нашем случае должно появиться ожидаемое (см. Упражнение 4.6, п. 2) сообщение о пересечении корпуса с цилиндром. Для того чтобы его исключить, надо наружный диаметр направляющего цилиндра сделать меньше, например на 0,5 мм (или внутренний диаметр цилиндра корпуса на те же 0,5 мм больше).

3. Отредактируйте, используя команду *Деформация сдвигом*, эскиз направляющего цилиндра с таким расчетом, чтобы его наружный диаметр стал равен 65,5 мм. Вновь проверьте наличие пересечения между корпусом и цилиндром.

Таким образом, можно проверить взаимодействие всех деталей, входящих в сборку. Кроме пересечения деталей необходимо проверить их возможное взаимное перемещение. Например, предельное сжатие пружины по расчету не должно превышать 20 мм, поэтому и направляющий цилиндр (вместе с крышкой и толкателем) может перемещаться вдоль своей оси не более чем на 20 ± 1 мм. Для того чтобы избежать поломки механизма, в нем должен быть предусмотрен ограничитель хода цилиндра. Таким ограничителем является внутренняя выступающая часть корпуса.

4. Проверьте расстояние между гранями (плоскостями) внутренних выступающих элементов направляющего цилиндра и корпуса. Для этого нужно выполнить команду *Расстояние и угол* (одноименная кнопка вызова команды находится на странице *Измерения (3D)* инструментальной панели). После вызова команды укажите поочередно на упомянутые грани (если изображение пружины не позволяет это сделать, то откажитесь от текущей команды, исключите пружину из расчета и вновь вызовите ту же команду). Так как направляющий цилиндр находится в крайнем верхнем положении, то в окне *Информация* будет отображен размер возможного перемещения цилиндра до крайнего нижнего положения. Величина этого размера не должна превышать 21 мм.

После указанных проверок ошибки при проектировании сводятся к минимуму.

8.3. Создание конструкторской документации по твердотельной модели сборочной единицы

После создания твердотельной модели сборочной единицы необходимо выполнить конструкторскую документацию для изготовления самого изделия, т.е. оформить главный документ для сборочной единицы — спецификацию, чертеж самой сборочной единицы, а также чертежи деталей, входящих в данную сборку.

Как уже говорилось, для того чтобы создать ассоциативный документ, предварительно следует создать новый файл для чертежа.

Упражнение 8.7. Выполнение конструкторской документации (создание сборочного чертежа амортизатора).

Порядок работы

1. В папке «Амортизатор 1 3D» создайте файл с именем «Амортизатор 1 3D СБ».

2. На панели ассоциативных видов выберите команду *Стандартные виды* и на панели свойств откройте *Схему видов* (см. Упражнение 7.20).

3. Создайте главный вид и вид сверху.

4. Обозначьте на виде сверху (предварительно сделав его активным) положение секущей плоскости для фронтального разреза.

5. Выполните фронтальный разрез (не обязательно в проекционной связи).

6. Откройте дерево построения. Раскройте содержание ветви *Разрез А—А*, затем — *Сборки*.

7. На пиктограммах тех элементов, которые условно не разрезаются (винты, шайбы, шпильки и т.д.) вызовите контекстное меню и выберите команду *Не резать*, затем дайте команду *Перестроить*.

8. Сохраните файл.

Создание сборочного чертежа принципиально ничем не отличается от создания рабочих чертежей деталей по их твердотельным моделям. Методика выполнения чертежей деталей подробно описана в гл. 7. Для выполнения спецификации как документа уже создан подчиненный режим спецификации. Таким образом, все подготовительные работы для создания рабочей документации уже выполнены.

Так как редактироваться будет копия чертежа, а оригинал ассоциативного чертежа останется в качестве контрольного документа, то любое изменение модели (детали или сборочной единицы) будет фиксироваться в контрольных документах как компонентов, входящих в сборку, так и самой сборки.

Подчиненный режим спецификации также может быть использован в качестве контроля правильности выполнения самой спецификации.

В подчиненном режиме спецификации, созданном на основе модели сборочной единицы, присутствуют только внутренние объекты, составляющие сборку. Внутренними объектами считаются изделия, входящие в разделы «Детали» и «Стандартные изделия». Объекты, входящие в разделы «Документация» и «Сборочные единицы», являются внешними. Для того чтобы создать в подчиненном режиме внешние объекты, необходимо добавить соответствующие разделы спецификации, например *Спецификация* → *Добавить раздел* → заполнить бланк объекта спецификации. Создание спецификации и ее подключение к специфицируемому изделию были описаны ранее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном учебном пособии по изучению графической системы Компас-3D-V7 рассмотрены как основные наиболее употребительные команды, предназначенные для создания машиностроительных чертежей, так и целый ряд функций и приложений системы (фрагмент, вид, параметризация, библиотеки, расчетные модули, составление спецификаций), которые студенты практически не используют при выполнении курсовых и дипломных проектов. Однако далеко не все возможности графической системы описаны в учебном пособии. Во-первых, это те команды, которые, по мнению авторов, редко применяются при конструировании (например, опция *Геометрический калькулятор*, построение пространственных ломаных кривых). Во-вторых, это команды, используемые при проектировании на этапе расчета и анализа физико-механических характеристик создаваемых моделей. При необходимости все эти команды можно освоить самостоятельно, имея начальный опыт работы с системой Компас. В-третьих, это команды, предназначенные для взаимодействия с другими системами (импорт и экспорт документов в форматах DXF, DWG, вставка в приложения Windows, например Word, и т.д.). Такие команды также можно освоить самостоятельно, используя справочную систему Компас и имея опыт работы с приложениями Windows. В-четвертых, это всевозможные настройки системы для конкретного пользователя (настройка основной надписи, настройка файла пользовательского меню, настройка шаблона технических требований и т.п.). Как правило, такие настройки являются одноразовыми и производятся с учетом специфики данного предприятия и удобства работы конкретного пользователя. Сведения по этим вопросам можно найти в технических руководствах, поставляемых вместе с системой при ее лицензионном приобретении.

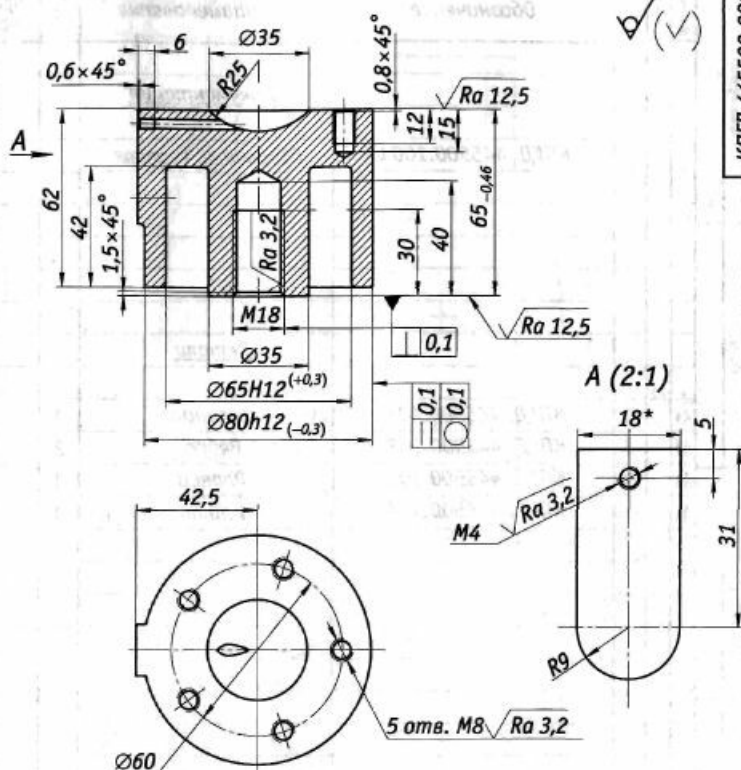
Описанная система, как и любые другие системы, постоянно развивается. Из года в год, от версии к версии повышаются качественные возможности моделирования все более сложных изделий, постоянно увеличивается количество библиотек, а их содержание совершенствуется, прибавляются прикладные программы. Однако принципы конструирования в среде Компас и методика создания конструкторской документации остаются неизменными. Поэтому, изучив приемы работы с одной из версий системы, в дальнейшем следует лишь совершенствовать свои навыки. Кроме того, приобретенные знания при необходимости значительно облегчат освоение подобных графических систем (AutoCAD, Mechanical Desktop, Solid Works).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

На рис. П.1.1 изображен чертеж направляющего цилиндра. В дальнейшем будет использован в качестве составной детали амортизирующего устройства.

В Приложении 1 представлен так же полный комплект рабочей документации для «Корпуса амортизатор 1». Корпус состоит из ряда деталей, соединенных между собой сваркой, поэтому он представляет собой неразъемную сборочную единицу. В рабочий комплект документов входит главный документ — спецификация (рис. П.1.2), сборочный чертеж (рис. П.1.3, Корпус сварной) и чертежи деталей, входящих в сборку сварного корпуса (рис. П.1.4... П.1.7). Вся документация для корпуса «Амортизатор 1» представляет собой образцы чертежей, предназначенные для сравнения их с чертежами, полученными в процессе выполнения соответствующих упражнений.

Приложение содержит рис. П.1.8 — чертеж «Корпуса амортизатор 2». Этот чертеж служит оригиналом для изготовления с него электронной копии и последующей самостоятельной разработки рабочих документов для сварного «Корпуса амортизатор 2», аналогичных документам для «Корпуса амортизатор 1».



1. *Размеры для справок
2. Неуказанные предельные отклонения размеров
 $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$
3. Неуказанные размеры литейных радиусов:
наружных не более 3 мм;
внутренних не более 5 мм.
4. Шероховатость фасок $Ra 6,3$

				КПГД 445500.001			
Мат. Листы	Вкладыши	Печать	Датум	Цилиндр направляющий		Лист	Масштаб
Рисунки	Самосвязи В.В.						1:1
Проект	Устройства Г.А.					Лист	Листов 1
Технический				СЧ 18 ГОСТ 1412-85		СП6ГПУ	
И. конструктор							
Утверждающий							

Рис. П.1.1. Чертеж направляющего цилиндра

Изм. лист		докум.		Подп.	Дата	КПГД. 445500.100			
Изм.	Лист	Разроб.	Самсонов В.В.			Корпус сварной			
		Пров.	Красильников Г.А.						
		Н.контр.							
Изм. лист		докум.		Подп.	Дата	КПГД. 445500.100			
Изм.	Лист	Разроб.	Самсонов В.В.			Корпус сварной			
		Пров.	Красильников Г.А.						
		Н.контр.							
Изм.	Лист	Разроб.	Самсонов В.В.	Подп.	Дата	Корпус сварной			
		Пров.	Красильников Г.А.						
		Н.контр.							
Изм.	Лист	Разроб.	Самсонов В.В.	Подп.	Дата	Корпус сварной			
		Пров.	Красильников Г.А.						
		Н.контр.							

Рис. П.1.2. Спецификация изделия

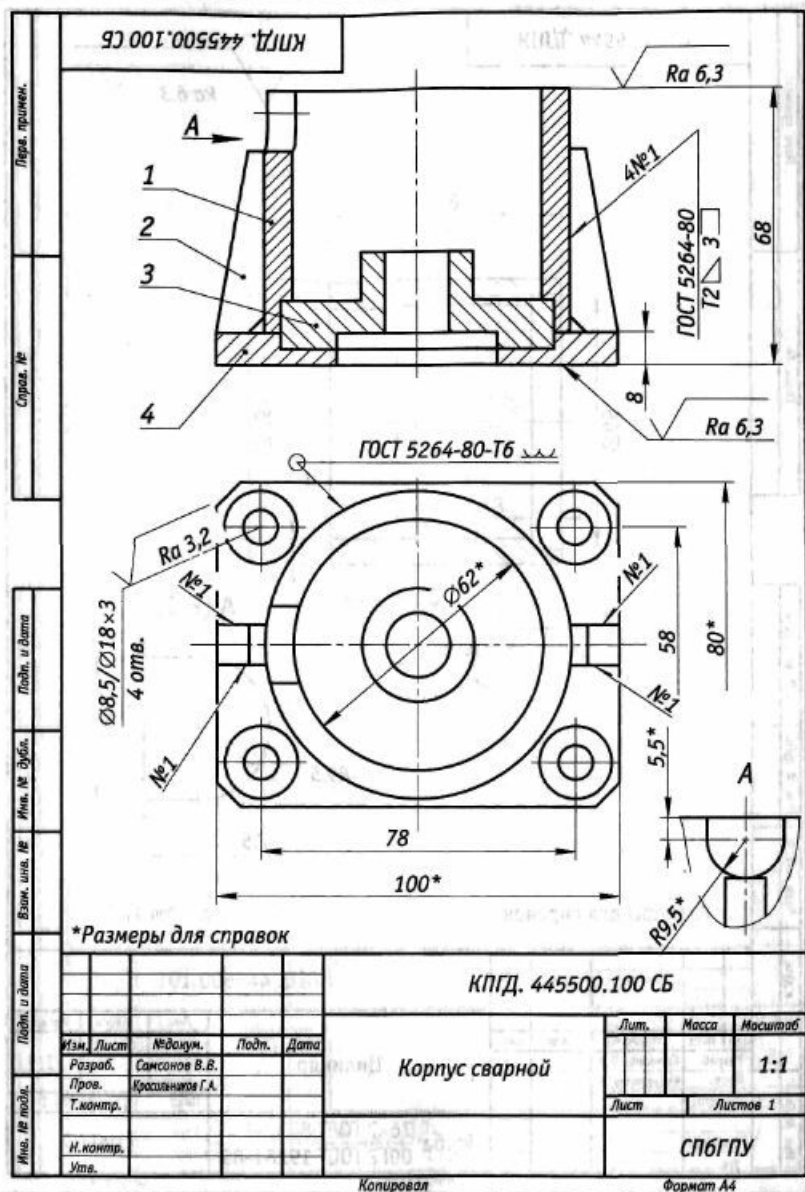


Рис. П.1.3. Сборочный чертеж корпуса «Амортизатор 1»

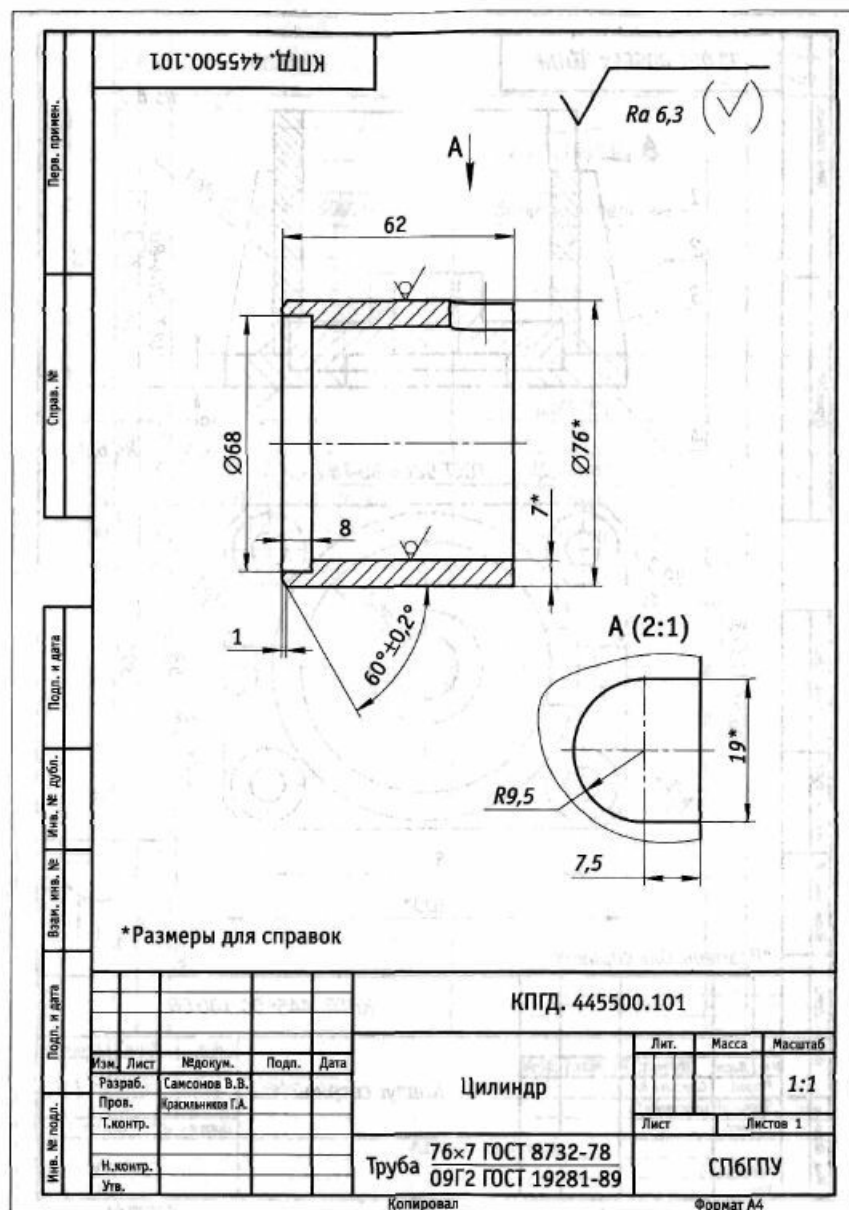


Рис. П.1.4. Чертеж цилиндра

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.																								
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">КПД. 445500.101</div> <div style="text-align: right;"> </div> </div>																														
*Размеры для справок																														
КПД. 445500.102					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Лит.</td> <td style="width: 15%;">Масса</td> <td style="width: 15%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">2:1</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">Листов 1</td> </tr> </table>		Лит.	Масса	Масштаб			2:1	Лист		Листов 1															
Лит.	Масса	Масштаб																												
		2:1																												
Лист		Листов 1																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Изм. Лист</td> <td style="width: 15%;">№ докум.</td> <td style="width: 15%;">Подп.</td> <td style="width: 15%;">Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td>Сансонов В.В.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td>Хроштинская Г.А.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.	Сансонов В.В.			Пров.	Хроштинская Г.А.			Т.контр.				Н.контр.				Утв.				<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>Ребро</p> <p>Полоса 10×14 ГОСТ 103—76</p> <p>Ст2 ГОСТ 535-88</p> </div> <div> <p>спбгпу</p> </div> </div>	
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата																											
Разраб.	Сансонов В.В.																													
Пров.	Хроштинская Г.А.																													
Т.контр.																														
Н.контр.																														
Утв.																														
Копировал					Формат А4																									

Рис. П.1.5. Чертеж ребра жесткости

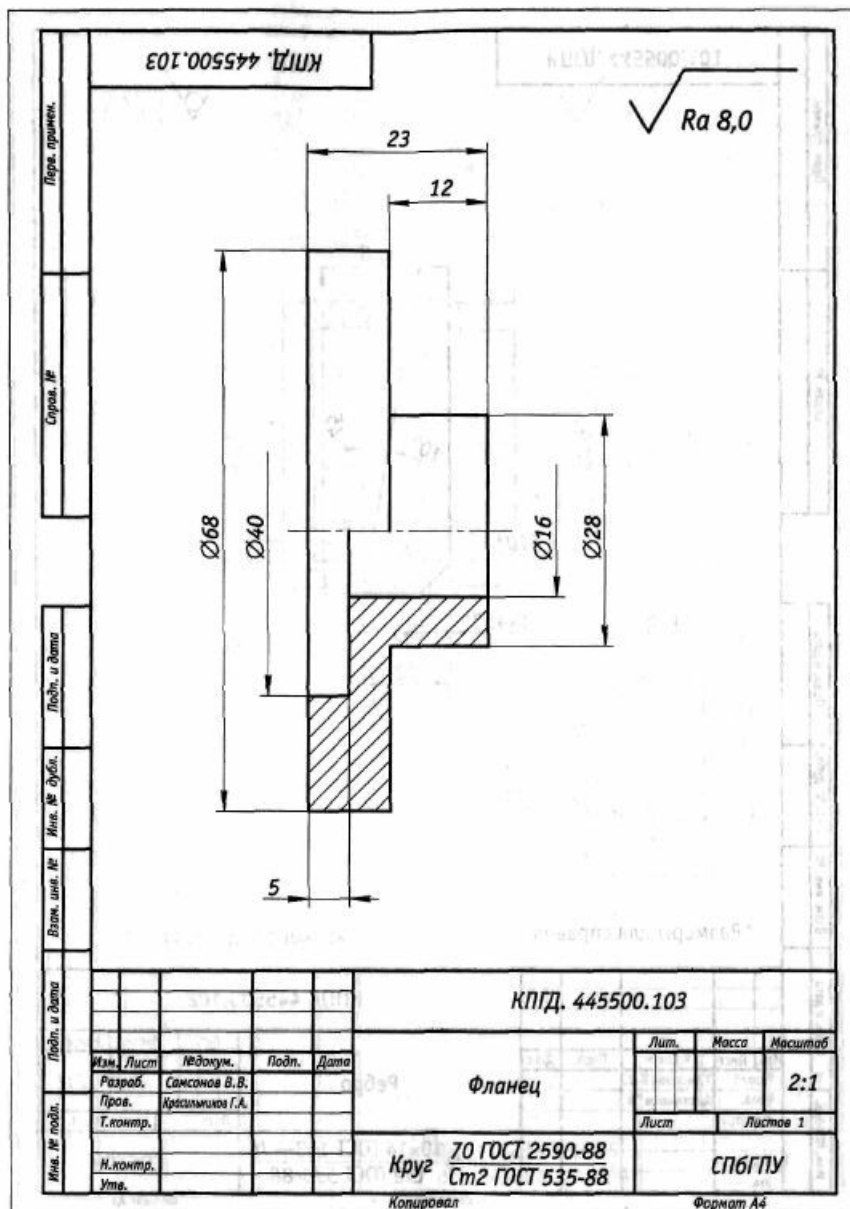


Рис. П.1.6. Чертеж фланца

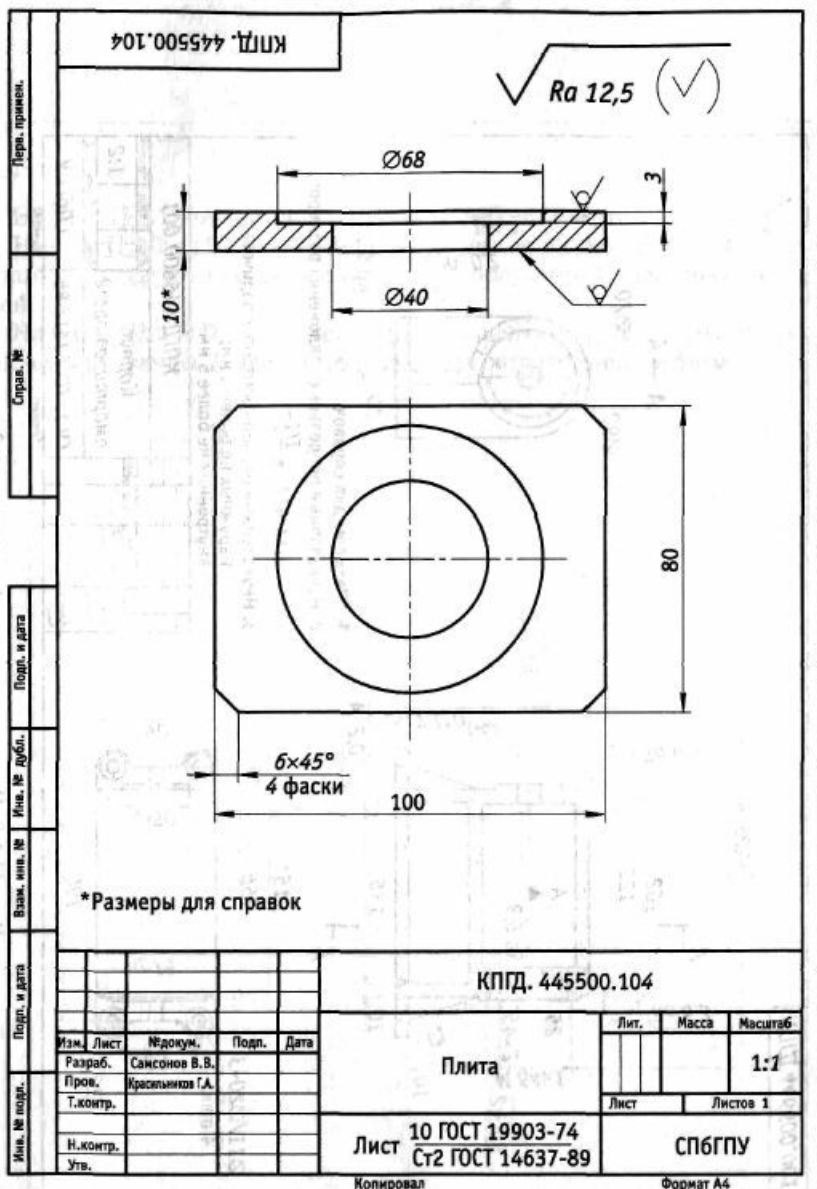


Рис. П.1.7. Чертеж плиты

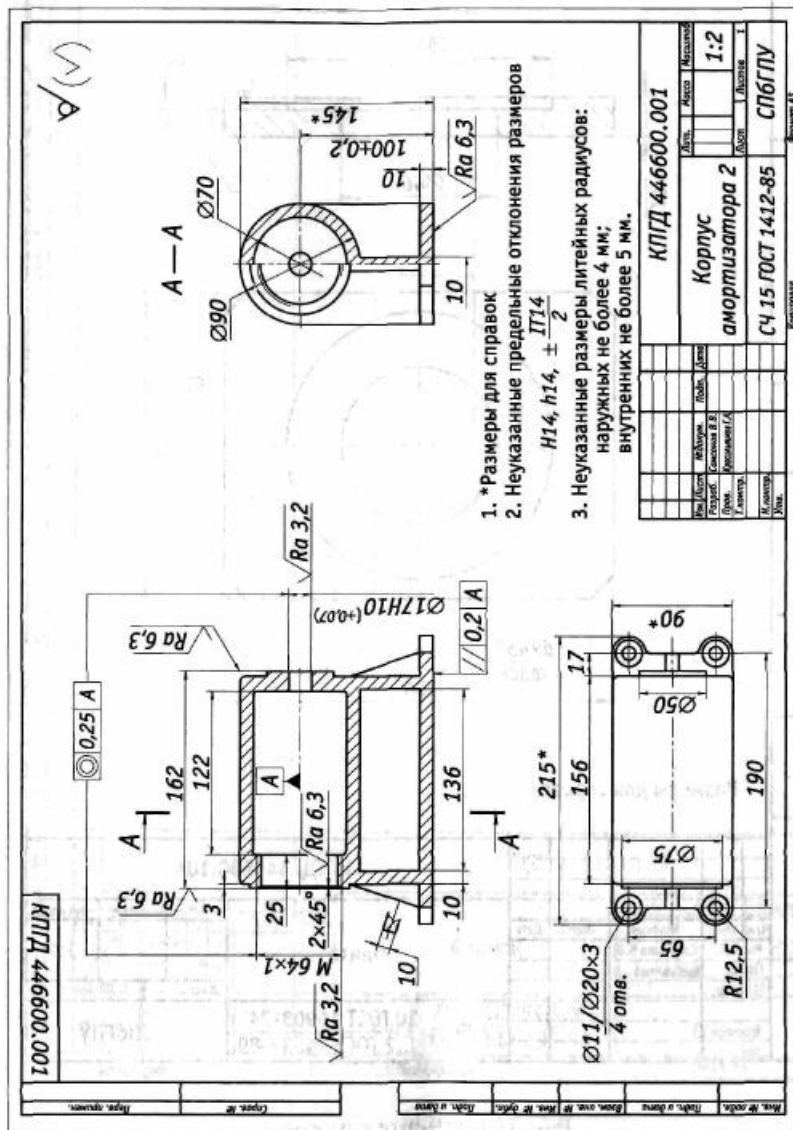


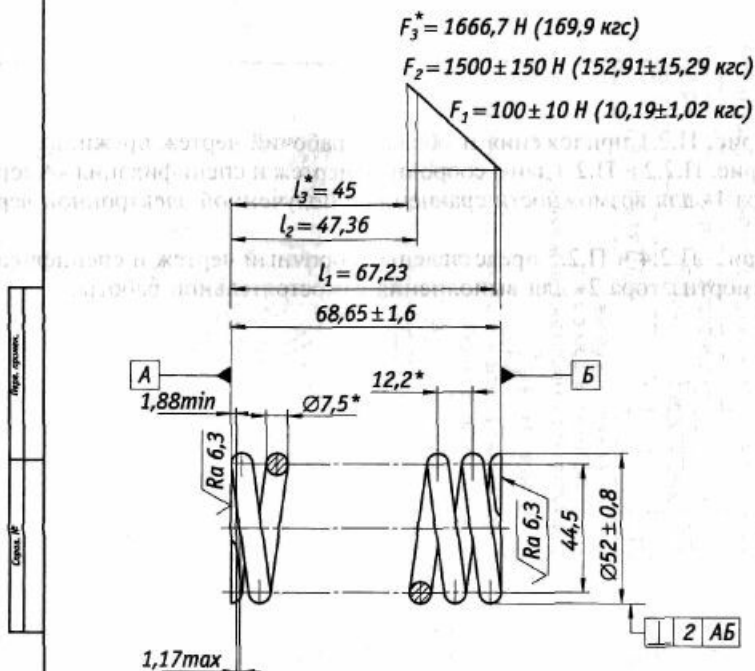
Рис. П.1.8. Чертеж корпуса «Амортизатор 2»

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

На рис. П.2.1 приложения изображен рабочий чертеж пружины.

На рис. П.2.2 и П.2.3 даны сборочный чертеж и спецификация «Амортизатора 1» для возможности сравнения с полученной электронной версией.

На рис. П.2.4 и П.2.5 представлены сборочный чертеж и спецификация «Амортизатора 2» для выполнения самостоятельной работы.



1. Модуль сдвига $G^* = 78500 \text{ МПа}$.
2. Напряжение касательное при кручении $T^* = 562,1 \text{ МПа}$.
3. Направление навитки пружины — любое.
4. Длина развернутой пружины $L^* = 910 \text{ мм}$.
5. Число рабочих витков $n = 5$.
6. Число рабочих витков $n_1 = 6,5$.
7. *Размеры и параметры для справок.

				КПД 445500.001			
Имя, Лист	Исполн.	Лист	Дата	Пружина сжатия			
Разраб.	Семикова В.В.						
Пров.	Красильникова Г.А.			Лист 0,322 1:1			
Т. контр.							
И. контр.				Лист Листов 1			
Уст.							
				Проволока Б-2-7,5 ГОСТ 9389-75			
				СПБГПУ			

Рис. П.2.1. Чертеж пружины

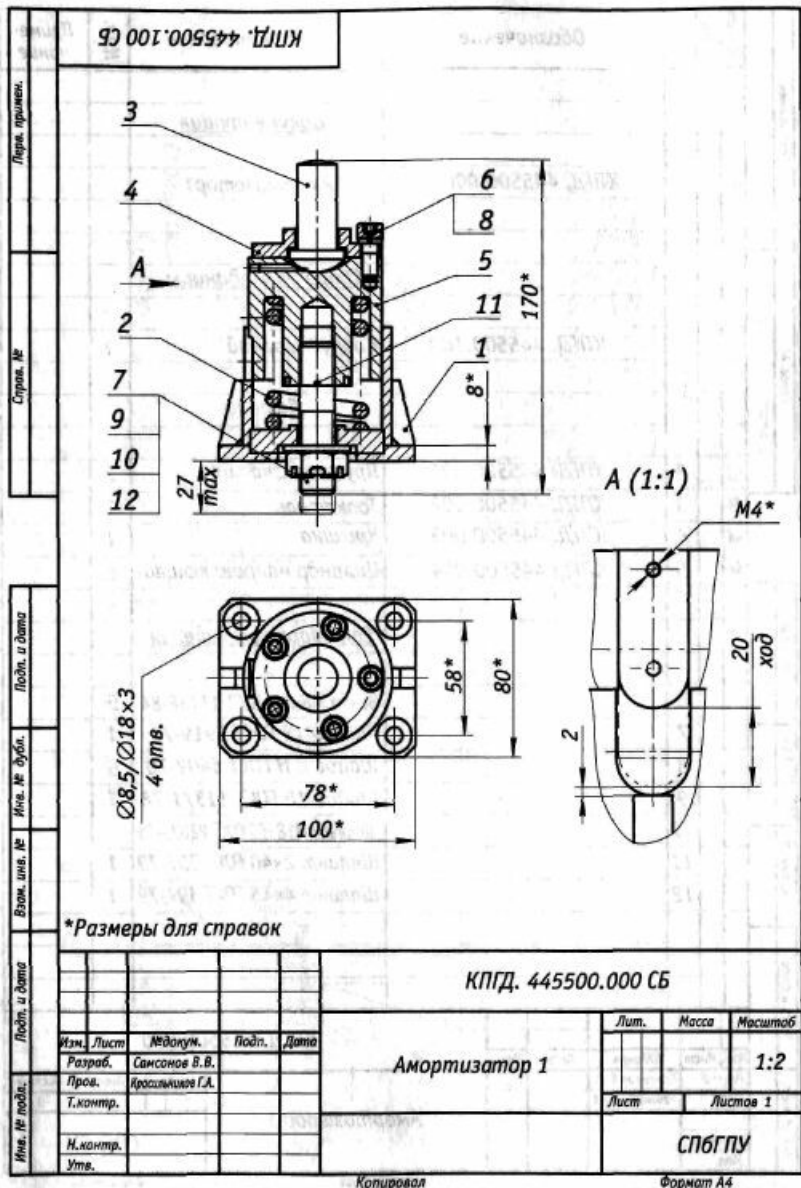


Рис. П.2.2. Сборочный чертеж «Амортизатор 1»

Формат		Зона	Пов.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					<u>Документация</u>		
А4				КПД. 445500.000 СБ	Амортизатор1		
					<u>Сборочные единицы</u>		
				КПД. 445500.100	Корпус сварной	1	
					<u>Детали</u>		
А3		2		КПД. 445500.001	Пружина сжатия	1	
А4		3		КПД. 445500.002	Толкатель	1	
А4		4		КПД. 445500.003	Крышка	1	
А4		5		КПД. 445500.004	Цилиндр направляющей	1	
					<u>Стандартные изделия</u>		
				6	Винт М8х20 ГОСТ 11738-84	5	
				7	Гайка М18 ГОСТ 5919-73	1	
				8	Шайба 8 Н ГОСТ 6402-70	5	
				9	Шайба 18 ГОСТ 11371-78	1	
				10	Шпилька М18х55 ГОСТ 22035-76	1	
				11	Шплинт 2х40 ГОСТ 397-79	1	
				12	Шплинт 4х45 ГОСТ 397-79	1	
				КПД. 445500.000			
Изм.		Лист	Методом.	Подп.	Дата		
Разраб.		Самсонов В.В.					
Пров.		Красильников Г.А.					
Н. контр.							
Утв.							
Амортизатор 1						Лит.	Лист
							1
						СПБГПУ	

Копировал

Формат А4

Рис. П.2.3. Спецификация сборочного чертежа «Амортизатор 1»

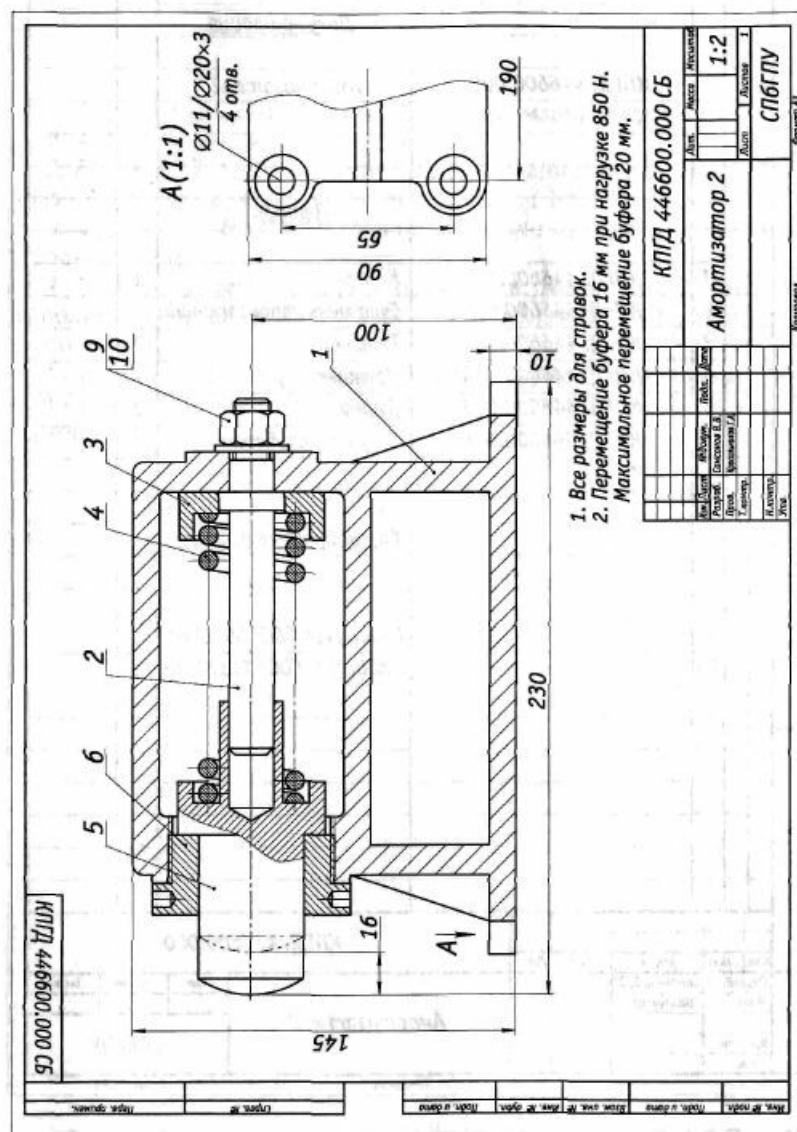


Рис. П.2.4. Сборочный чертёж «Амортизатор 2»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Анурьев В. И.** Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Анурьев. — М. : Машиностроение, 2001.
2. **Попова Г. Н.** Машиностроительное черчение : справочник / Г. Н. Попова, С. Ю. Алексеев. — СПб. : Политехника, 2005.
3. **Фролов С. А.** Начертательная геометрия : учебник. — М. : Машиностроение, 1978.
4. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. ГОСТ 2.301—68—2.309—68. — М. : Изд-во стандартов, 1991.
5. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. ГОСТ 2.001—70—2.122—79. — М. : Изд-во стандартов, 1988.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Компас-график как электронный кульман для разработки конструкторских документов	5
1.1. Управление системой	5
1.1.1. Отличия в изображениях рабочих экранов разных версий	5
1.1.2. Помощь при работе	6
1.1.3. Настройка пользовательских панелей	7
1.1.4. Управление изображением на экране	10
1.1.5. Использование контекстного меню	11
1.2. Графический редактор	11
1.2.1. Настройка параметров вспомогательных инструментов ...	11
1.2.2. Системы координат в Компас-график	13
1.2.3. Создание ЛСК и работа с ней	13
1.2.4. Привязки	15
1.2.5. Геометрические примитивы	16
1.3. Редактирование чертежа	22
1.3.1. Отмена и повтор действий	22
1.3.2. Выделение объектов	23
1.3.3. Редактирование чертежа с помощью мыши	25
1.3.4. Редактирование объектов с использованием команд	26
1.3.5. Команды для выполнения конструктивных элементов ...	32
1.3.6. Команды редактирования элементов объекта	37
Глава 2. Разработка конструкторских документов в среде Компас-график	40
2.1. Чертеж детали	40
2.1.1. Методика создания чертежа	41
2.1.2. Менеджер библиотек Компас	44
2.1.3. Оформление чертежей	47
2.1.4. Создание текстовых шаблонов	55
2.1.5. Вызов окна <i>Справочник материалов</i>	57
2.2. Сборочный чертеж	58
2.2.1. Конструирование неразъемной сборочной единицы	58
2.2.2. Оформление конструкторской документации для сборочной единицы	63
2.2.3. Детализирование сборочной единицы	65
2.3. Разработка спецификации	66
2.4. Вывод документов на печать	70

Глава 3. Новые технологии создания чертежей, предоставляемые системой Компас-график	71
3.1. Слои	71
3.1.1. Создание нового слоя	71
3.1.2. Возможные состояния слоев	72
3.1.3. Переключение между слоями	72
3.1.4. Изменение состояния слоя	72
3.1.5. Перенос объектов на другой слой	74
3.1.6. Выделение слоя	75
3.1.7. Удаление слоя	75
3.2. Фрагмент	76
3.2.1. Использование фрагментов	76
3.2.2. Способы вставки фрагментов в графический документ	76
3.2.3. Управление фрагментами	80
3.3. Вид	81
3.3.1. Создание нового вида	81
3.3.2. Новый вид. Масштаб	83
3.3.3. Изменение состояния вида	85
3.3.4. Изменение масштаба вида	85
3.3.5. Выделение вида. Удаление вида	86
3.4. Введение в параметрическую технологию	86
3.4.1. Взаимосвязи между примитивами	86
3.4.2. Рекомендации по разработке параметризованных чертежей	88
3.4.3. Принципы и приемы наложения связей и ограничений	88
3.4.4. Включение и настройка параметрического режима	89
Глава 4. Конструирование изделий и разработка конструкторской документации в среде Компас-график	94
4.1. Библиотека проектирования тел вращения Компас-SHAFT-2D	94
4.2. Конструирование сборочных единиц в среде Компас-график	100
4.2.1. Компоновка сборочной единицы	100
4.2.2. Расчет пружины и разработка ее чертежа	103
4.2.3. Редактирование сборочной единицы	106
4.2.4. Оформление чертежей	112
4.3. Составление спецификации в автоматизированном режиме	113
4.3.1. Создание объектов спецификации	114
4.3.2. Создание спецификации	117
4.3.3. Подключение спецификации к объектам сборки	118

Глава 5. Система моделирования трехмерных объектов Компас-3D	123
5.1. Образование и ориентация геометрических фигур в пространстве	123
5.2. Создание основания детали	125
5.3. Использование булевых операций при моделировании изделий	130
5.3.1. Предназначение булевых операций	131
5.3.2. Инструменты системы, предназначенные для выполнения булевых операций	131
Глава 6. Операции, предназначенные для создания основания модели	135
6.1. Общие требования к эскизам	135
6.2. Дерево построения	136
6.3. Редактирование элементов детали	137
6.4. Операции, создающие основание модели	137
6.4.1. Операция выдавливания	137
6.4.2. Элемент вращения	141
6.4.3. Кинематический элемент	143
6.4.4. Элемент по сечениям	146
Глава 7. Создание твердотельной модели и использование ее для построения ортогонального чертежа	149
7.1. Создание эскиза на плоской грани детали	149
7.1.1. Приклеивание элементов	150
7.1.2. Вырезание элементов	157
7.2. Создание конструктивных элементов	163
7.2.1. Команды <i>Скругление</i> и <i>Фаска</i>	163
7.2.2. Команда <i>Уклон</i>	165
7.2.3. Команда <i>Ребро жесткости</i>	165
7.2.4. Создание круглого отверстия	167
7.2.5. Массив элементов	168
7.2.6. Зеркальное копирование	171
7.2.7. Формирование атрибутов модели	172
7.3. Введение конструктивных вспомогательных элементов	173
7.3.1. Конструктивные оси	173
7.3.2. Конструктивные плоскости	175
7.3.3. Команды, предназначенные для сечения моделей	176
7.4. Построение винтовых поверхностей	180
7.4.1. Формирование модели цилиндрической пружины сжатия	180
7.4.2. «Подрезание» витков пружины	182
7.5. Создание ортогональных чертежей по твердотельным моделям	183
7.5.1. Ассоциативный чертеж модели	183
7.5.2. Выполнение конструкторской документации по модели	184
7.5.3. Выполнение рабочей документации	187

7.5.4. Анализ созданных моделей перед операцией их сборки	187
Глава 8. Создание твердотельной модели сборочной единицы	189
8.1. Вставка компонентов в сборочную единицу	189
8.1.1. Команда <i>Добавить компонент из файла</i>	189
8.1.2. Позиционирование компонентов относительно друг друга	192
8.1.3. Сопряжения компонентов сборки	192
8.2. Команды редактирования модели сборки	197
8.3. Создание конструкторской документации по твердотельной модели сборочной единицы	201
Заключение	203
Приложение 1	204
Приложение 2	213
Список литературы	219

Учебное издание

**Самсонов Владимир Викторович
Красильникова Галина Анатольевна**

Автоматизация конструкторских работ в среде Компас-3D

Учебное пособие

2-е издание, стереотипное

**Редактор И. В. Могилевец
Технический редактор Е. Ф. Коржуева
Компьютерная верстка: О. В. Пешкетова
Корректоры Н. Л. Котелина, Н. Т. Захарова**

Изд. № 102109709. Подписано в печать 10.11.2008. Формат 60 × 90/16.

Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 14,0. Тираж 2 000 экз. Заказ № 28292.

Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.004796.07.04 от 20.07.2004.
117342, Москва, ул. Бултерова, 17-Б, к. 360. Тел./факс: (495) 330-1092, 334-8337.

Отпечатано в соответствии с качеством предоставленных издательством
электронных носителей в ОАО «Саратовский полиграфкомбинат».

410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59. www.sarpk.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ В СРЕДЕ КОМПАС-3D

ISBN 978-5-7695-6206-8



Издательский центр «Академия»
www.academia-moscow.ru