

А. А. Гарабажиу

**ОСНОВЫ ТРЕХМЕРНОГО
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ
МАШИН В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D**

**Учебно-методическое пособие по дисциплине
«САПР машин и оборудования» для студентов
заочной формы обучения специальности 1-36 07 01
«Машины и аппараты химических производств
и предприятий строительных материалов»**

Минск БГТУ 2006

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. А. Гарабажиу

**ОСНОВЫ ТРЕХМЕРНОГО ПАРАМЕТРИ-
ЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ
МАШИН В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D**

**Учебно-методическое пособие по дисциплине
«САПР машин и оборудования» для студентов за-
очной формы обучения специальности 1-36 07 01
«Машины и аппараты химических производств
и предприятий строительных материалов»**

Минск 2006

УДК 66.02 (075.8)

ББК 35.11я73

Г 21

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом университета

Рецензенты:

доцент кафедры информатики и вычислительной техники БГТУ,
кандидат технических наук *С. И. Акунович*;
доцент кафедры технологии важнейших отраслей промышленности
БГЭУ, кандидат технических наук *Е. В. Перминов*

Гарабажиу, А. А.

Г 21 Основы трехмерного параметрического моделирования деталей машин в системе КОМПАС-3D : учеб.-метод. пособие по дисциплине «САПР машин и оборудования» для студентов заочной формы обучения специальности 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» / А. А. Гарабажиу. – Мн. : БГТУ, 2006. – 96 с.

ISBN 985-434-649-8

В пособии подробно рассмотрены структура, базовые приемы работы и основные способы построения трехмерной модели детали в одной из наиболее эффективных систем автоматизированного проектирования машин и оборудования – в системе КОМПАС-3D. Приведенные лабораторные работы позволят студентам закрепить полученные умения и навыки при трехмерном проектировании деталей машин любой степени сложности в системе КОМПАС-3D.

УДК 66.02 (075.8)

ББК 35.11я73

ISBN 985-434-649-8

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2006

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данная работа является логическим продолжением учебно-методического пособия «Системы автоматизированного проектирования машин и оборудования» Гарабажиу А. А. и Павлечко В. Н. [1] для студентов заочной формы обучения. В вышеупомянутом пособии подробно рассмотрены классификация, структура, основные принципы построения и проектирования в современных САПР, базовые приемы работы с одной из наиболее эффективных систем машиностроительного САПР – системой КОМПАС-ГРАФИК. Данная система предназначена для двухмерного проектирования деталей машин и сборочных узлов любой степени сложности. Логическим продолжением системы КОМПАС-ГРАФИК, в контексте пакета прикладных программ КОМПАС, является другая система машиностроительного САПР – система КОМПАС-3D, о которой и пойдет речь в данной работе. Система КОМПАС-3D предназначена для трехмерного твердотельного параметрического моделирования деталей машин и сборочных узлов. Однако для успешного освоения данной системы необходимо достаточно хорошо владеть основными приемами двухмерного проектирования в системе КОМПАС-ГРАФИК. Базовые приемы работы с системой КОМПАС-ГРАФИК подробно изложены в книгах [1, 3, 4, 7].

Несмотря на то, что в настоящее время профессиональная деятельность большинства пользователей САПР основывается на двухмерных, или плоских, технологиях и системы двухмерного проектирования (2D-системы) позволяют вполне успешно решать стоящие перед большинством пользователей задачи, по мере развития новых технологий все отчетливее проявляются серьезные ограничения, присущие плоскому проектированию.

Основной недостаток 2D-системы состоит в том, что при создании плоского чертежа конструктору приходится мыслить не в терминах проектируемой детали (основание, отверстие, ребро жесткости и т.д.), а в терминах вышеупомянутого традиционного набора геометрических примитивов и вычерчивать конструктивные особенности детали на всех ее видах. По своему характеру эта работа достаточно рутинная и требует больших затрат времени. Если возникает необходимость внести в деталь какие-либо изменения, то их необходимо заново отобразить на всех видах детали, что также связано с большими затратами времени. Частично эту проблему можно решить за счет создания параметрических плоских чертежей. Однако не все современные 2D-системы обладают такими

возможностями. К тому же создание сложного параметрического чертежа является совсем непростой задачей.

Ограничения 2D-систем особенно наглядно проявляются в тех случаях, когда поверхность проектируемой детали имеет сложную форму или когда необходимо построить аксонометрическую проекцию какой-либо детали. Большая трудоемкость построения сложных поверхностей и аксонометрических проекций может заставить конструктора отказаться от их изображения или упростить форму детали. В первом случае это может привести к возникновению трудностей в понимании проекта, во втором – к снижению привлекательности изделия с точки зрения потребителя.

К ограничениям двухмерного проектирования можно также отнести: трудности в понимании взаимного расположения и взаимодействия деталей в сборочных единицах, сложность или невозможность передачи данных двухмерного проектирования в системы инженерного анализа и подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Приведенные примеры позволяют сделать вывод о том, что использование только двухмерных САПР как средства проектирования и подготовки чертежей порождает серьезные проблемы и увеличивает сроки выпуска новых изделий.

В связи с этим в настоящее время все большее распространение получают системы автоматизированного проектирования, основанные на трехмерном твердотельном моделировании деталей машин.

Современные системы трехмерного проектирования (3D-системы) располагают весьма эффективными средствами моделирования, позволяющими создать трехмерные модели самых сложных деталей и сборочных узлов. Используя наглядные методы создания объемных элементов, конструктор оперирует простыми и четкими понятиями: основание, бобышка, ребро жесткости, отверстие, фаска, оболочка. При этом процесс проектирования часто воспроизводит технологический процесс изготовления детали.

В процессе построения трехмерных моделей сборочных единиц конструктор имеет возможность временно отключить отображение любых элементов, что порой очень удобно, если модель содержит в себе корпусные детали, в которых размещаются остальные компоненты изделия. В любой момент времени непосредственно на экране монитора конструктор может выполнить разрез трехмерной модели стандартными или дополнительными плоскостями проекций либо построить свой, даже самый невероятный разрез.

После построения 3D-модели детали или сборочного узла либо непосредственно в ходе их проектирования конструктор может получить их чертеж, избежав таким образом механического создания видов средствами двухмерного проектирования. Двухмерный чертеж детали будет создан системой автоматически и с абсолютной точностью, независимо от сложности модели. Полученный таким образом документ можно доработать в системе КОМПАС-ГРАФИК: проставить необходимые размеры и технологические обозначения, нанести позиции деталей, заполнить основную надпись или подготовить спецификацию.

Во всех современных 3D-системах объемные модели и их плоские чертежи ассоциированы между собой: любое изменение, внесенное в модель, будет немедленно и точно отражено на всех видах ее двухмерного чертежа.

Современные 3D-системы располагают мощными средствами редактирования модели, позволяющими задавать параметрические связи и ассоциации как между отдельными элементами деталей, так и между деталями в сборочных единицах. Это дает возможность быстро вносить изменения в проект, создавать различные варианты отдельных деталей и всего изделия в целом.

По трехмерной модели система легко может определить ее физические характеристики: площадь поверхности, объем, координаты центра тяжести и т.д. Если заранее определить свойства материала детали, то система автоматически вычислит ее массу. Это касается как отдельной детали, так и сборочных узлов любой степени сложности.

Некоторые современные 3D-системы, например Solid Works, Pro/Engineer, T-FlexCAD, КОМПАС-3D, снабжены встроенными модулями, расширяющими их возможности: создание литейных форм, работа с деталями из листового металла, проектирование трубопроводов и т. д.

Трехмерные твердотельные модели включают в себя всю геометрическую информацию, необходимую для работы систем инженерного анализа (например, Ansis). В этом заключается одно из главных преимуществ 3D-моделирования. Такая модель может быть передана в какую-либо систему инженерных расчетов в целях выполнения ее анализа: расчета напряжений и деформаций, частотного анализа для определения собственных частот и форм колебаний, тепловых расчетов и связанных с нагревом температурных деформаций и напряжений и т. п.

Трехмерная модель является гораздо более наглядным представлением изделия, нежели ее плоский чертеж. Кроме создания любой аксонометрической проекции, 3D-системы позволяют легко стро-

ить разнесенные виды изделия, с помощью которых можно демонстрировать порядок сборки, разборки или технического обслуживания изделия. Такая возможность может быть очень полезной при подготовке технической документации и рекламных материалов на изделие.

Разнесенные виды и анимационные ролики могут быть использованы как наглядные пособия при подготовке производства, при обучении персонала, занимающегося техническим обслуживанием выпускаемой продукции, а также в отделе маркетинга для демонстрации заказчику возможностей и характеристик предлагаемой продукции еще до выпуска первых опытных образцов.

Кроме этого, многие 3D-системы снабжены специальными подсистемами создания фотореалистичных изображений, позволяющих нанести на поверхность смоделированных деталей или узлов различные текстуры (например, текстура грубой чугуновой отливки и т.д.). Кроме того, подобные подсистемы позволяют выбрать фоновое изображение, на котором будет размещаться модель детали. Данные о текстурах и фоновых изображениях выбираются из готовых библиотек, где присутствуют описания различных конструкционных материалов, видов камня, дерева и многое другое. При необходимости библиотеки могут быть дополнены пользователем. На основе информации о растровых источниках света генерируются тени и полутени, придающие достоверность компьютерному изображению пока не существующей реально конструкции.

Приведенные выше достоинства трехмерного проектирования деталей машин на ПЭВМ говорят сами за себя. Однако в настоящее время многие специалисты используют лишь хорошо зарекомендовавшие себя, но постепенно утрачивающие актуальность 2D-системы. Это объясняется тем, что большинство современных систем трехмерного проектирования имеют высокую стоимость и трудны в усвоении. Поэтому система КОМПАС-3D может быть хорошей альтернативой другим 3D-системам в связи с ее относительно невысокой стоимостью и легкостью усвоения.

Принимая во внимание большую значимость машиностроительных САПР в подготовке будущих инженеров-механиков, в данной работе подробно рассмотрены структура и базовые приемы работы с одной из наиболее эффективных систем машиностроительного САПР – системой КОМПАС-3D. Приведенные здесь же лабораторные работы позволят студентам закрепить полученные умения и навыки при трехмерном проектировании деталей машин любой степени сложности в системе КОМПАС-3D.

1. БАЗОВЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ С СИСТЕМОЙ КОМПАС-3D

В настоящее время система КОМПАС является одной из наиболее эффективных конструкторских САПР общего машиностроения. Неотъемлемой частью данной системы является редактор трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D, предназначенный для создания трехмерных параметрических моделей отдельных деталей и сборочных узлов любой степени сложности с целью передачи их геометрии в пакеты инженерного анализа и в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ, расчета геометрических и массо-центровочных характеристик деталей, взаимного преобразования 2D- и 3D-моделей. Рассмотрим подробнее базовые приемы работы с системой трехмерного твердотельного моделирования деталей машин КОМПАС-3D.

1.1. Структура главного окна системы КОМПАС-3D

Запуск программы КОМПАС-3D можно осуществить при помощи соответствующего ярлыка или через кнопку **Пуск** на рабочем столе ПЭВМ. После запуска программы и открытия любого 3D-документа (трехмерная модель детали или сборки) на экране появляется главное окно системы со всеми ее элементами (рис. 1).

Главное окно системы КОМПАС-3D включает в себя:

• строку главного меню;	• панель переключения;
• панель управления;	• панель инструментов;
• строку параметров объектов;	• панель расширенных команд;
• строку текущего состояния;	• панель специального управления;
• строку сообщений;	• дерево построения.

Строка меню располагается в верхней части главного окна и включает в себя перечень всех команд системы. *Строка главного меню* системы состоит из следующих подменю:

• файл (команды открытия, сохранения, создания, печати, импорта, экспорта файлов);	• редактор (команда удаления различных объектов);
• операции (команды создания и редактирования объектов трехмерной модели детали или сборки);	• сервис (сервисные команды изменения масштаба, системы координат, ориентации, отображения изображения детали или сборки);

<ul style="list-style-type: none"> • компоновка (команды перемещения, поворота и разнесения компонентов трехмерной модели сборки). Данное подменю появляется в <i>Строке главного меню</i> только при создании или редактировании 3D-сборки; • окно (команды управления окнами с различными документами); 	<ul style="list-style-type: none"> • настройка (команды настройки параметров системы и нового документа); • справка (команды справочной системы КОМПАС).
---	--

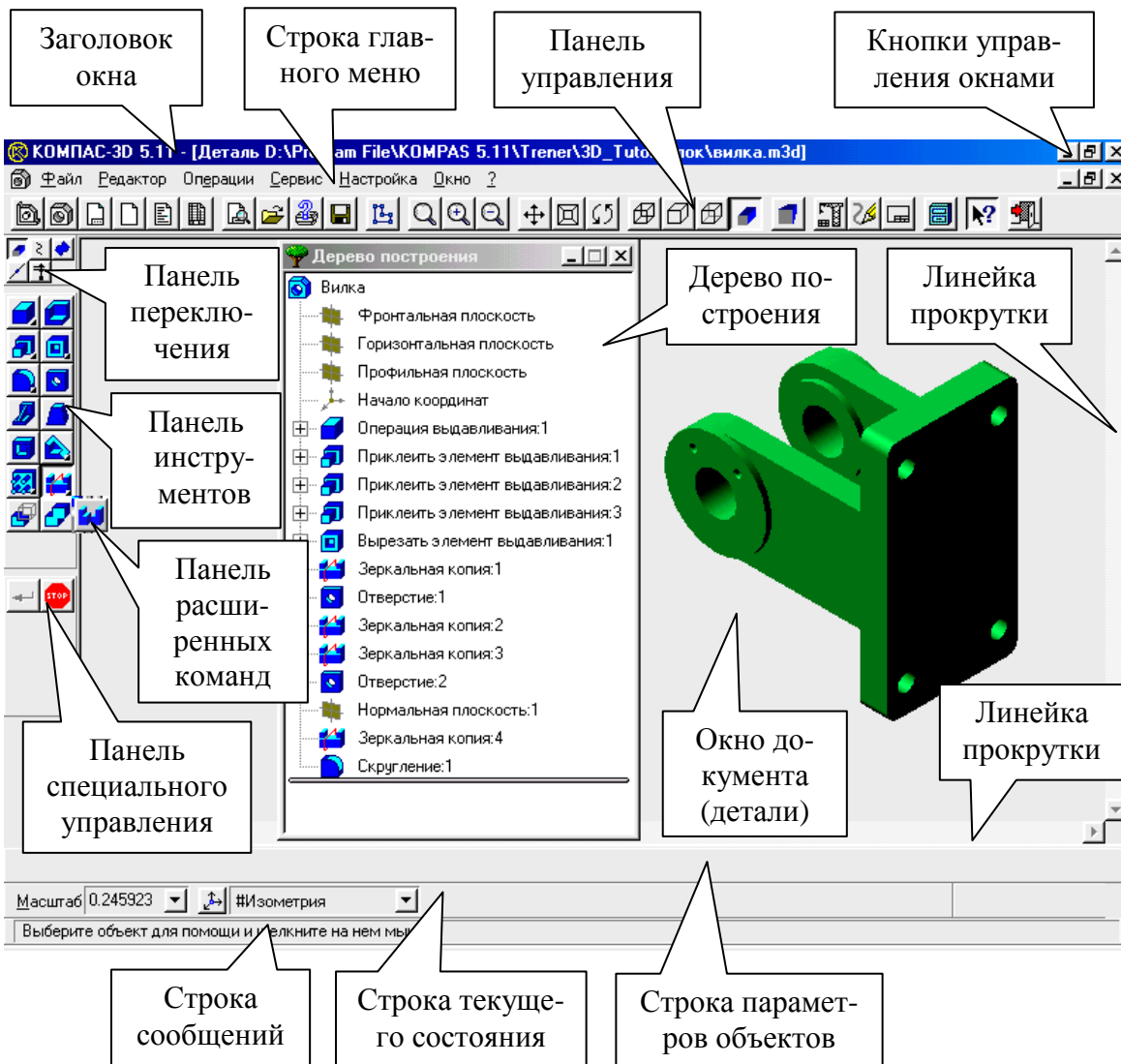


Рис. 1. Структура главного окна системы КОМПАС-3D

Вызов какой-либо команды из *Строки главного меню* осуществляется простым щелчком левой клавиши мыши на имени соответствующей команды.

На **панели управления** располагаются кнопки (пиктограммы) наиболее часто встречающихся в процессе трехмерного проектирования команд. Перечень кнопок на *Панели управления* зависит от режима работы системы (моделирование детали или сборки) и может быть изменен с помощью средств настройки системы (рис. 2). Многие команды на *Панели управления* продублированы командами *Главного меню*. Запуск команд на *Панели управления* осуществляется простым щелчком мыши на соответствующей кнопке.

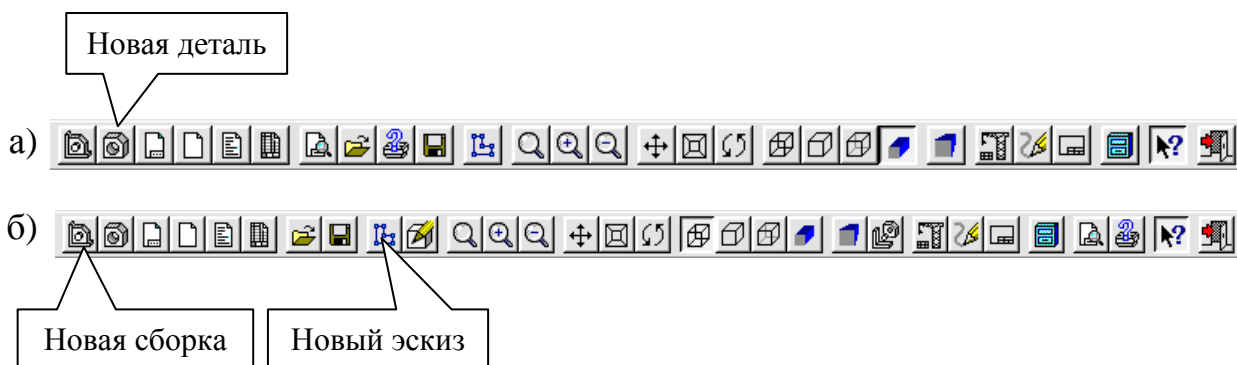


Рис. 2. Панель управления системы КОМПАС-3D: а) при создании или редактировании детали; б) при создании или редактировании сборочного узла

Строка параметров объектов является одним из важнейших элементом интерфейса КОМПАС-3D. Она автоматически появляется на экране (в нижней его части под рабочим окном модели) только в режиме редактирования или создания нового эскиза модели после вызова команды **Новый эскиз** из меню **Операции** или нажатия одноименной кнопки на *Панели управления* (рис. 2). **Эскиз** – это плоская фигура, выполненная при помощи стандартных средств чертежно-конструкторского редактора КОМПАС-ГРАФИК. Трехмерная модель детали образуется путем определенного перемещения плоских фигур (эскизов) в пространстве. Вид *Строки параметров объектов* в КОМПАС-3D зависит от типа создаваемого или редактируемого эскиза и ничем не отличается от *Строки параметров объектов* в КОМПАС-ГРАФИК (рис. 3 [1]).

Строка текущего состояния располагается в нижней части главного окна КОМПАС-3D под *Строкой параметров объектов* (рис. 1) и отображает параметры текущего состояния активного документа систе-

мы. Состав *Строки текущего состояния* может быть различен и зависит от режима работы системы КОМПАС-3D. Так, например, в режиме создания или редактирования трехмерной модели детали в *Строке текущего состояния* отображаются такие параметры документа, как текущий масштаб и ориентация изображения детали на экране ПЭВМ (рис. 3).

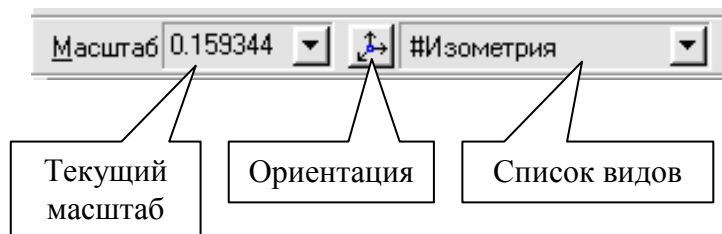


Рис. 3. *Строка текущего состояния* системы КОМПАС-3D

Строка сообщений занимает самую нижнюю строку программного окна КОМПАС-3D (рис. 1) и отображает различные подсказки, сообщения и запросы системы в процессе работы. В частности, это может быть: а) краткая информация об элементе экрана, к которому подведен курсор; б) сообщение о необходимости ввода каких-либо параметров системы в данный момент; в) краткая информация о текущем действии, выполняемом системой. Вид *Строки сообщений* в КОМПАС-3D зависит от режима работы системы и ничем не отличается от *Строки сообщений* в КОМПАС-ГРАФИК (рис. 5 [1]). В процессе трехмерного моделирования рекомендуется обращать внимание на информацию, отображаемую системой в *Строке сообщений*. Это поможет избежать всевозможных ошибок в процессе построения трехмерной модели.

Инструментальная панель системы КОМПАС-3D, так же как и в КОМПАС-ГРАФИК, по умолчанию располагается в левой части главного окна системы и состоит из двух частей: **панели переключения** и **панели инструментов** (рис. 1). Каждой кнопке на *Панели переключения* соответствует одноименная страница *Панели инструментов*, а каждая страница *Панели инструментов* содержит набор кнопок, сгруппированных по функциональному назначению. Состав кнопок на *Панели инструментов* зависит от типа активного документа, с которым ведется работа в настоящий момент времени (трехмерная модель детали или сборочного узла).

В режиме создания или редактирования трехмерной модели детали на *Панели переключения* КОМПАС-3D отображается следующий набор кнопок и соответствующие им страницы *Панели инструментов*:

- **построение детали**, содержит команды, при помощи которых можно выполнить построение трехмерной твердотельной модели детали: создать основание детали, добавить к основанию дополнительные элементы (бобышки, отверстия, скругления, ребра жесткости и т.д.) (рис. 4, а). Перечень вышеупомянутых команд данной *Панели инструментов* можно также вызвать из меню **Операции**;

- **пространственные кривые**, содержит команды, с помощью которых в окне модели можно создавать цилиндрические и конические спирали, трехмерные ломаные линии и плавные кривые (сплайны) (рис. 4, б). Перечень вышеупомянутых команд данной *Панели инструментов* можно также вызвать из меню **Операции**;






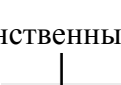

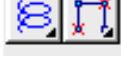
- **поверхности**, содержит одну единственную команду, позволяющую импортировать в файл трехмерной модели детали КОМПАС-3D поверхности, записанные в файлах форматов SAT или IGES (рис. 4, в). Перечень вышеупомянутых команд данной *Панели инструментов* можно также вызвать из меню **Операции**;

- **вспомогательная геометрия**, содержит команды, позволяющие создавать в окне модели объекты вспомогательной геометрии: конструктивные оси, плоскости и линии разрезов (рис. 4, г). Перечень вышеупомянутых команд данной *Панели инструментов* можно также вызвать из меню **Операции**;

- **измерения**, содержит команды, позволяющие выполнять измерения различных геометрических характеристик трехмерной модели детали: определять расстояния между ребрами и гранями, подсчитывать длины ребер и площадь граней, вычислять массо-центровочные характеристики модели (рис. 4, д).


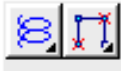
Некоторые команды на страницах *Панели инструментов* допускают несколько вариантов выполнения. Например, вспомогательная плоскость в КОМПАС-3D может быть построена различными способами: через три вершины, под углом к другой плоскости, через ребро и вершину и т.д. По умолчанию система всегда строит вспомогательную смещенную плоскость. Чтобы получить доступ к другим вариантам построения вспомогательной плоскости, необходимо вызвать на экран **панель расширенных команд** построения вспомогательной плоскости. Кнопки на страницах *Панели инструментов*, имеющие *Панель расширенных команд*, помечены черным треугольником в правом нижнем углу (рис. 4). Для того чтобы открыть *Панель расширенных команд*, необходимо щелкнуть левой клавишей мыши по кнопке с черным треугольником и удерживать ее в нажатом положении.

а)

Построение детали		
Операция выдавливания		— Деталь-заготовка
Приклеить выдавливанием		— Вырезать выдавливанием
Скругление		— Отверстие
Ребро жесткости		— Уклон
Оболочка		— Сечение плоскостью
Массив по сетке		— Зеркальная копия
Вычистить компоненты		— Объединить компоненты

б)

Пространственные кривые

		
Спираль цилиндрическая		— Ломаная

в)

		— Поверхности
Импортированная поверхность		

г)

Вспомогательная геометрия		
Ось через две вершины		— Смещенная плоскость
Линия разъема		

д)

		— Измерения
Расстояние и угол		— Длина ребра
Площадь		— МЦХ модели

Рис. 4. Панель инструментов КОМПАС-3D

Панель специального управления автоматически появляется в левой части главного окна системы только после вызова какой-либо команды на *Панели инструментов* или *Панели управления*, а также в режиме редактирования формообразующих элементов модели. На *Панели спецуправления* находятся кнопки, позволяющие управлять ходом выполнения активизированной в настоящий момент времени команды. Содержание данной панели зависит от типа активизированной системой команды. По большому счету, вид *Панели спецуправления* в системе КОМПАС-3D ничем не отличается от вида той же панели в КОМПАС-ГРАФИК (рис. 7 [1]). Выбор какой-либо команды на *Панели спецуправления* осуществляется простым щелчком мыши на соответствующей кнопке. После завершения работы активизированной команды *Панель спецуправления* автоматически убирается с экрана.

Дерево построения автоматически появляется на экране при создании или редактировании трехмерной модели детали или сборки и является важнейшим элементом интерфейса КОМПАС-3D. В *Дереве построения* в графической форме отображается последовательность формообразующих элементов, составляющих деталь или сборочный узел в порядке их создания. Другими словами, **Дерево построения** – отдельное окно интерфейса КОМПАС-3D, в котором в виде структурированного списка или «дерева» отражается последовательность построения трехмерной модели детали или сборки.

Дерево построения является неотъемлемой частью любой трехмерной модели и оформляется в виде отдельного окна со стандартными элементами управления: заголовком, системным меню, границами и кнопками управления окном. В *Дереве построения* всегда присутствуют следующие элементы: наименование детали, плоскости проекции, символ начала координат, символ группы сопряжений (при создании трехмерной модели сборки), оси, операции и эскизы (рис. 5). Слева от названия каждого объекта в окне *Дерева построения* отображается пиктограмма, соответствующая способу, которым этот элемент был получен. Пиктограмма в *Дереве построения* возникает автоматически сразу после построения того или иного формообразующего элемента модели. Обычно пиктограммы отображаются в *Дереве построения* синим цветом. Если объект выделен, то его пиктограмма в *Дереве* принимает зеленый цвет. Если объект указан для выполнения операции, то его пиктограмма в *Дереве* становится красной. Пиктограмму, в отличие от названия объекта, изменить невозможно. Благодаря этому при лю-

бом переименовании элементов в *Дереве построения* остается наглядная информация о способе и порядке их создания.

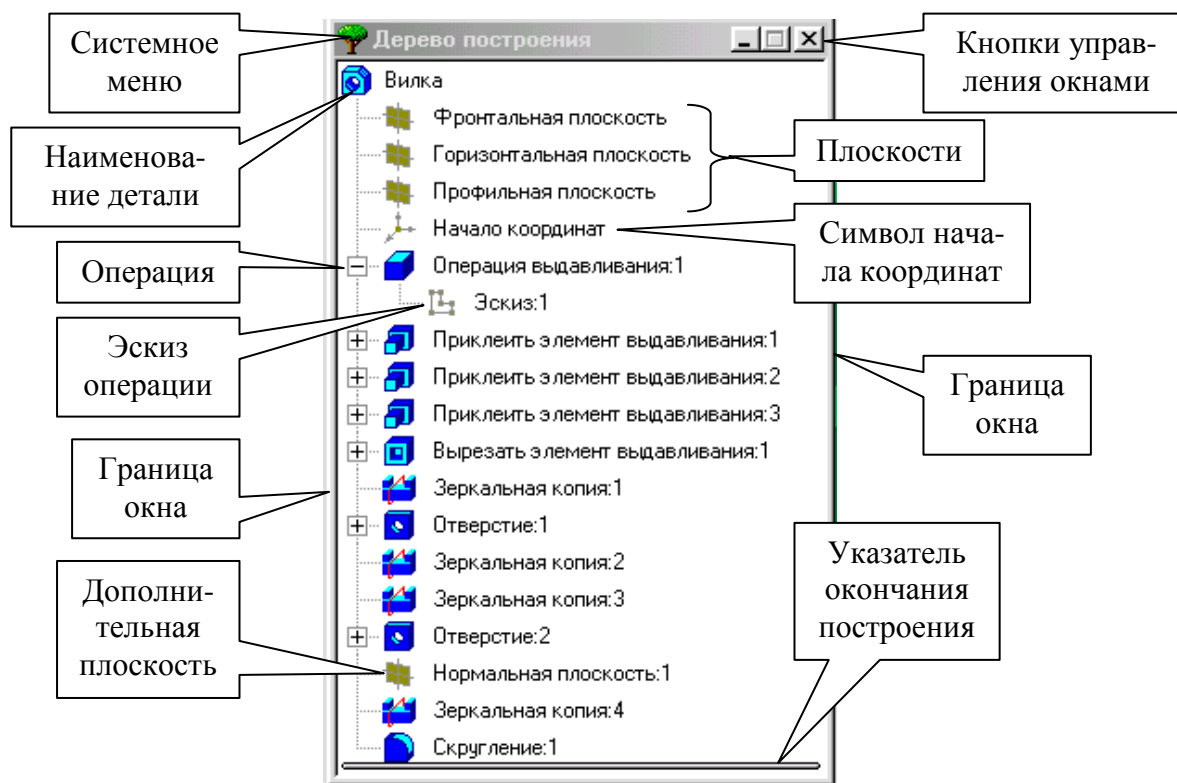


Рис. 5. *Дерево построения* трехмерной модели детали в системе КОМПАС-3D

Слева от пиктограммы и названия какого-либо объекта (операции) в окне *Дерева построения* может отображаться значок «+» (рис. 5). Это означает, что при выполнении данной операции дополнительно строился один или несколько эскизов. Если щелкнуть левой клавишей мыши на значке «+», то в *Дереве построения* развернется список эскизов, участвовавших в построении данного формообразующего элемента модели.

Отключить изображение окна *Дерева построения* на экране в системе КОМПАС-3D можно при помощи команды **Дерево построения** из меню **Сервис** (при этом рядом с названием команды должен исчезнуть значок «галочка») или при помощи кнопок управления окном. Если открыто несколько окон одного документа-модели, то изображение *Дерева построения* может быть включено или выключено в любом из них [2].

1.2. Выбор объектов в системе КОМПАС-3D

При выполнении в КОМПАС-3D большинства команд трехмерного проектирования моделей, а также сервисных команд довольно

часто требуется указывать или выделять те или иные объекты модели – эскизы, вершины, ребра и грани, вспомогательные элементы и т.п.

Выделение объектов происходит в том случае, когда не активна ни одна из команд трехмерного моделирования. Чаще всего объекты выделяют перед выполнением какой-либо формообразующей операции, для просмотра объектов или для редактирования их параметров.

Указание объектов происходит в процессе задания параметров текущей операции. Например, после вызова операции **Скругления** нужно последовательно указать подлежащие скруглению ребра или грани модели.

I. Выбор объектов в Дереве построения

Дерево построения в КОМПАС-3D служит не только для фиксации последовательности построения модели, но и для облегчения выбора и указания объектов при выполнении тех или иных команд. Чтобы указать или выделить объект в *Дереве*, необходимо щелкнуть мышью по его названию или пиктограмме.

При указании или выделении любого объекта *Дерева* соответствующая ему часть модели подсвечивается в *Окне модели*. Чтобы выделить несколько объектов в *Дереве построения*, необходимо нажать клавишу **[Ctrl]** на клавиатуре и, удерживая ее в нажатом положении, указать последовательно курсором нужное количество объектов. Чтобы выделить в *Дереве построения* группу объектов, расположенных последовательно друг за другом, необходимо выделить первый (последний) из этих объектов, нажать и удерживать клавишу **[Shift]** на клавиатуре, а затем выделить последний (первый) объект. После этого выделение будет распространено на все объекты группы.

Однако здесь следует отметить, что указание и выделение объектов в *Дереве* может производиться только в режиме трехмерного проектирования детали. Если система находится в режиме построения или редактирования эскиза, то указание и выделение объектов в *Дереве построения* невозможно (несмотря на то, что само *Дерево* будет присутствовать на экране).







Для отмены выделения того или иного объекта в окне *Дерева построения* необходимо щелкнуть мышью в любой пустой области *Окна модели*.

II. Выбор объектов в окне модели

При выделении и указании вершин, ребер, граней, осей, плоскостей, пространственных кривых и эскизов в *Окне модели* система автоматически производит динамический поиск объектов: при прохождении курсора над объектом этот объект подсвечивается, а курсор меняет свой внешний вид (табл. 1).

Указание объекта при нажатой клавише [**Shift**] позволяет выделить в *Окне модели* компонент, элементом которого является или в состав которого входит указанный объект. Таким образом, можно, например, выделить всю деталь, указав один из ее элементов – грань, ребро или вершину.

Табл. 1. **Выбор объектов в окне модели**

Вид курсора	Выбор объекта	Последовательность действий
	Вершина	Для выбора вершины подведите к ней курсор. Когда курсор примет вид «звездочки», щелкните левой клавишей мыши
	Ребро	Для выбора ребра подведите к нему курсор. Когда курсор примет вид «палочки», щелкните левой клавишей мыши
	Ось	Для выбора оси подведите к ней курсор. Когда курсор примет вид «оси», щелкните левой клавишей мыши
	Грань	Для выбора грани подведите к ней курсор. Когда курсор примет вид «поверхности», щелкните левой клавишей мыши
	Плоскость	Для выбора плоскости подведите к ней курсор. Когда курсор примет вид «плоскости», щелкните левой клавишей мыши
	Пространственная кривая или эскиз	Для выбора пространственной кривой или эскиза подведите к ним курсор. Когда курсор примет вид «кривой», щелкните левой клавишей мыши

Если при нажатой клавише [**Shift**] выбирается какой-либо вспомогательный элемент, то в *Окне модели* будет подсвечиваться деталь или сборочная единица, которой принадлежит выбранный вспомогательный элемент.

Иногда для выполнения той или иной команды трехмерного моделирования требуется выделить группу объектов. Чтобы выделить в *Окне модели* несколько объектов (граней, эскизов, вспомогательных элементов и т.п.), следует выбирать их, удерживая нажатой клавишу [**Ctrl**]. Чтобы выделить в *Окне модели* несколько деталей, следует выбирать их, удерживая нажатой клавишу [**Shift**].

Для отмены выделения любого объекта в *Окне модели* достаточно щелкнуть мышью в любой пустой области данного окна.

Выбор групп объектов и деталей может быть совмещен. Это означает, что можно сначала выделить, например, несколько объектов, удерживая клавишу [Ctrl], затем отпустить эту клавишу, нажать клавишу [Shift] (при этом выделение с объектов не снимается) и, удерживая ее, выделить несколько деталей. Таким образом, в *Окне модели* будут одновременно выделены группа объектов и группа деталей.

III. Выбор скрытых, совпадающих или близко расположенных объектов

Иногда объект модели, который требуется выбрать, расположен слишком близко к другим объектам, наложен на них или скрыт под ними. В этом случае очень трудно, а иногда и вовсе невозможно указать нужный объект курсором.

Для выбора любого из близко расположенных (в том числе наложенных друг на друга) объектов служит команда **Перебор объектов** из *Контекстного меню*. Данная команда доступна только в том случае, если система ожидает указания объекта или происходит выделение объекта, а в «ловушку» курсора в это время попадает более одного объекта. Для быстрого вызова команды **Перебор объектов** служит комбинация клавиш [Ctrl + T].

После вызова данной команды объекты можно перебирать, нажимая клавишу [Пробел] или вызывая команду **Следующий объект** из *Контекстного меню*. Когда требуемый объект будет выделен, для выхода из режима перебора объектов необходимо задействовать команду **Закончить перебор объектов** из *Контекстного меню* или перейти к выполнению другой команды.

Если указание (выделение) объекта происходит в процессе выполнения какой-либо команды трехмерного моделирования, то после подсвечивания требуемого объекта необходимо вызвать команду **Выбрать подсвеченный объект** из *Контекстного меню*. После этого система вернется в режим работы команды, для которой производилось указание (выделение) объекта.

Для выхода из режима перебора без указания объекта необходимо вызвать команду **Отказ от перебора** из *Контекстного меню*.

IV. Фильтры объектов

При выделении и указании вершин, ребер, граней, осей и плоскостей в *Окне редактирования модели* система автоматически производит

динамический поиск объектов: при прохождении курсора над объектом, который может быть выбран в данный момент, этот объект подсвечивается, а курсор меняет внешний вид (табл. 1). При этом в «ловушку» курсора может попасть сразу несколько объектов (например, грань и ее ребро) и подсвечиваться будет не тот объект, который хотелось бы выделить. Для облегчения выбора в *Окне модели* объектов нужного типа в КОМПАС-3D используются так называемые **Фильтры объектов**.

Для вызова на экран дополнительной панели **Фильтры объектов** необходимо активизировать одноименную команду из меню **Сервис**. На рис. 6 представлено изображение данной панели с расшифровкой ее ключевых кнопок.



Рис. 6. Панель **Фильтры объектов** в системе КОМПАС-3D

По умолчанию на панели **Фильтры объектов** всегда нажата кнопка **Фильтровать все**. Нажатие этой кнопки означает, что в *Окне модели* могут быть подсвечены и указаны (выделены) курсором вершины, ребра, грани, оси и плоскости трехмерной модели. Если в процессе трехмерного моделирования необходимо указать (выделить) объекты определенного типа (например, только вершины модели), то на панели **Фильтры объектов** необходимо нажать соответствующую кнопку (рис. 6). Если на панели **Фильтры объектов** нажата одна из пяти кнопок фильтрации объектов определенного типа (вершин, ребер, граней, осей и плоскостей), то кнопка **Фильтровать все** будет выключена. Если же выключить все кнопки, отвечающие за фильтрацию объектов определенного типа, то на панели **Фильтры объектов** автоматически включится кнопка **Фильтровать все**. То есть полностью отключить в процессе работы фильтрацию тех или иных объектов невозможно. На панели **Фильтры объектов** можно одновременно включать несколько кнопок фильтрации объектов определенного типа. Переключать кнопки на данной панели можно в любой момент работы с моделью.

Отключить отображение на экране дополнительной панели **Фильтры объектов** можно при помощи соответствующей кнопки управления окном [3].

1.3. Управление изображением детали в системе КОМПАС-3D

По аналогии с системой КОМПАС-ГРАФИК в КОМПАС-3D имеется большой спектр возможностей по управлению изображением детали или сборочного узла (сдвиг, поворот, а также команды изменения масштаба, отображения и ориентации детали на экране).

I. Управление масштабом отображения детали

В процессе работы над трехмерной моделью детали или сборки постоянно возникает необходимость в изменении масштаба ее отображения на экране, т.к. размеры проектируемой детали могут значительно отличаться от размеров экрана монитора. Система КОМПАС-3D позволяет работать с моделями самых разных размеров за счет увеличения или уменьшения масштаба отображения детали в окне документа, причем эти изменения не оказывают никакого влияния на ее реальные размеры. Чтобы правильно понять работу механизма изменения масштаба, представьте себе, что Вы приближаетесь или удаляетесь от модели. Точно такие же действия совершает система КОМПАС-3D при изменении масштаба отображения документа.

Для управления масштабом изображения модели детали на экране в КОМПАС-3D предназначены команды: **Увеличить масштаб рамкой, Увеличить масштаб, Уменьшить масштаб, Масштаб по выделенным объектам, Приблизить/отдалить, Показать все**. Все эти команды расположены в меню **Сервис**, а кнопки для их быстрого запуска – на *Панели управления* (рис. 7).

Сразу после открытия документа или в процессе работы над ним бывает необходимо увидеть его целиком. Для этого необходимо нажать кнопку **Показать все** на *Панели управления* (рис. 7) или активизировать одноименную команду из меню **Сервис**. После этого система автоматически подберет максимально возможный масштаб отображения, при котором деталь целиком будет представлена в окне документа. Если деталь имеет большие размеры, то в ходе выполнения данной команды ее мелкие элементы станут трудноразличимыми, зато хорошо будет видна ее общая форма. Небольшие детали, напротив, будут увеличены.

Если в процессе работы над трехмерной моделью детали требуется более подробно рассмотреть какую-то ее часть, выполнить построения или корректировку ее элементов на ограниченном участке, то, в данном случае, необходимо предварительно увеличить этот участок на весь экран. Для этого можно воспользоваться командой **Увеличить масштаб рамкой** из меню **Сервис**, нажать одноименную

кнопку на *Панели управления* (рис. 7) либо нажать комбинацию клавиш [**Ctrl+I**]. Далее необходимо указать начальную и конечную точки прямоугольной рамки, которая должна охватить требуемую область детали. После этого система автоматически отредактирует в окне изображение детали, отобразит в увеличенном масштабе ту часть документа, которая была выделена рамкой.

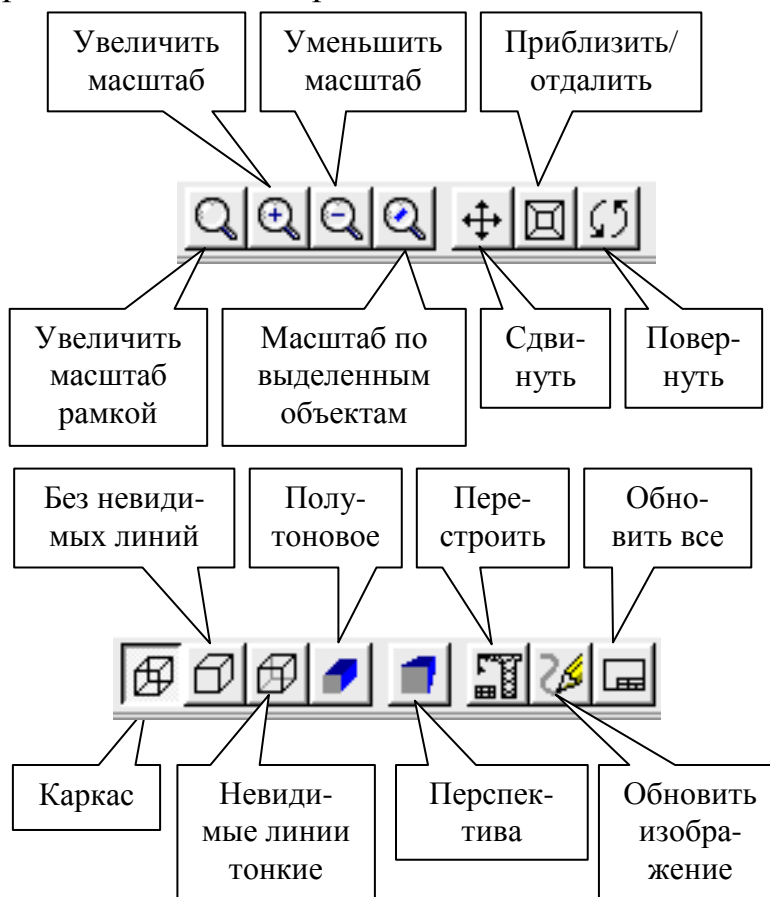


Рис. 7. Команды управления изображением трехмерной модели детали в системе КОМПАС-3D

Для того чтобы увеличить или уменьшить масштаб изображения модели в фиксированное количество раз (по умолчанию в 2 раза), необходимо активизировать команды **Увеличить масштаб**, **Уменьшить масштаб** из меню **Сервис**, нажать одноименные кнопки на *Панели управления* (рис. 7) либо нажать клавиши [+] и [-] на цифровой (дополнительной) клавиатуре. При этом масштаб окна изменится в соответствии со значением масштабного коэффициента. Коэффициент изменения масштаба можно отредактировать с помощью диалога: меню **Настройка – Настройка параметров системы – Редактор модели –**

Параметры управления изображением – Коэффициент изменения масштаба. При использовании данных команд изменения масштаба за центр каждого нового изображения принимается центр предыдущего. Для того чтобы при увеличении/уменьшении изображения за центр нового экрана принималось **текущее положение курсора**, необходимо использовать комбинации клавиш [**Shift + +**] и [**Shift + –**].

Для того чтобы изменить масштаб изображения выделенных элементов детали, необходимо активизировать команду **Масштаб по выделенным объектам** из меню **Сервис**, нажать одноименную кнопку на *Панели управления* (рис. 7) либо нажать комбинацию клавиш [**Ctrl + L**]. После этого система автоматически подберет максимально возможный масштаб отображения выделенных элементов детали на весь экран. Если ни один элемент детали не выделен, то данная команда будет недоступна.

Все вышеописанные команды изменяют масштаб изображения детали дискретно. Для того чтобы плавно изменить масштаб изображения, необходимо активизировать команду **Приблизить/отдалить** из меню **Сервис** либо нажать одноименную кнопку на *Панели управления* (рис. 7). Далее необходимо нажать левую кнопку мыши и перемещать курсор в вертикальном направлении. При движении курсора вверх изображение будет плавно увеличиваться, в обратном направлении – уменьшаться.

При использовании данной команды за центр панорамирования изображения принимается центральная точка окна документа. Для того чтобы при приближении/отдалении изображения за центр нового экрана принималось **текущее положение курсора**, необходимо при движении курсора вверх/вниз одновременно удерживать в нажатом положении левую кнопку мыши и клавишу [**Shift**].

Если в процессе работы над трехмерной моделью детали Вы используете мышь с колесиком, то в этом случае плавно изменять масштаб изображения детали можно простым вращением данного колесика. Если же при этом еще и удерживать в нажатом положении клавишу [**Shift**], то за центр нового изображения детали будет приниматься не центр окна документа, а **текущее положение курсора**.

Установить конкретный масштаб текущего изображения детали можно, введя его значение в поле **Текущий масштаб** в *Строке текущего состояния* или выбрав значение из списка масштабов (рис. 8). Активизировать поле **Текущий масштаб** можно не только щелчком мыши, но и при помощи комбинации клавиш [**Alt + V**]. При этом за центр каждого нового изображения детали будет приниматься центр предыдущего.

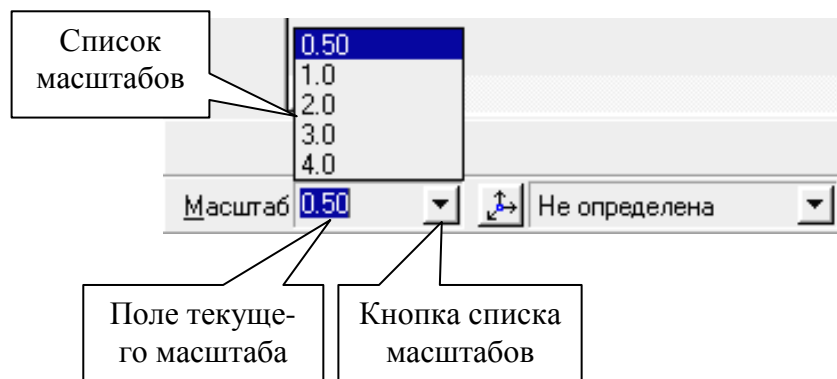


Рис. 8. Определение конкретного значения масштаба в *Строке текущего состояния* системы КОМПАС-3D

II. Сдвиг изображения детали

В процессе работы над трехмерной моделью детали часто возникает необходимость в просматривании разных участков модели при неизменном масштабе. Для этой цели в КОМПАС-3D предназначена команда **Сдвинуть изображение**.

Сдвиг изображения детали с помощью мыши можно осуществить посредством команды **Сдвинуть изображение** из меню **Сервис** или кнопки **Сдвинуть** на *Панели управления* (рис. 7). После запуска данной команды курсор мыши изменит свою форму на четырехстороннюю стрелку. Поместив курсор в центр изображения детали и удерживая в нажатом положении левую кнопку мыши, можно перемещать изображение детали вместе с курсором. После того как на экране появится необходимый участок модели, кнопку **Сдвинуть** можно отключить щелчком мыши.

В любом режиме работы системы КОМПАС-3D можно быстро **перемещать изображение детали с помощью клавиатуры и мыши**, не прибегая к использованию кнопки **Сдвинуть** на *Панели управления*. Для этого необходимо одновременно нажать на клавиши [**Shift**] и [**Ctrl**]. Удерживая в нажатом положении данные клавиши, поместите курсор в центр изображения детали и нажмите на колесико мыши. При этом курсор мыши изменит свою форму на четырехстороннюю стрелку. Удерживая нажатыми вышеупомянутые клавиши и колесико мыши, можно перемещать изображение детали вместе с курсором.

Если в процессе работы над трехмерной моделью детали Вы установили такой масштаб ее отображения, при котором она не помещается в окне документа целиком, то на экране автоматически появляются дополнительные средства управления изображением – горизонтальные и вертикальные **линейки прокрутки**, которые отображаются

в *Окне документа* внизу и справа (рис. 1). В этом случае для прокрутки изображения в окне документа можно воспользоваться кнопками со стрелками, расположенными по краям линеек, или бегунком. Положение бегунка на линейке приблизительно показывает, какая часть документа отображается на экране в настоящее время.

III. Вращение детали

При создании трехмерной модели детали часто возникает необходимость в просмотре ее с разных сторон или ракурсов. Для этого в КОМПАС-3D предусмотрена возможность вращения модели.

Для осуществления **вращения модели при помощи мыши** в произвольном направлении необходимо задействовать команду **Повернуть изображение** из меню **Сервис** или нажать кнопку **Повернуть** на *Панели управления* (рис. 7). После запуска данной команды внешний вид курсора изменится и превратится в две дугообразные стрелки. Далее необходимо поместить курсор в центр изображения детали и, удерживая в нажатом положении левую клавишу мыши или ее колесико, перемещать курсор. Деталь будет вращаться вокруг своего геометрического центра, а направление вращения будет зависеть от направления перемещения курсора. Если требуется повернуть модель в плоскости экрана, то необходимо перемещать курсор с нажатой левой клавишей мыши, одновременно удерживая в нажатом положении кнопку **[Alt]** на клавиатуре.

Осуществлять **вращение детали** на экране можно также **при помощи клавиатуры**, используя клавиатурные команды, представленные в табл. 2.

Табл. 2. Вращение детали при помощи клавиатуры

Клавиатурные комбинации	Назначение
[Ctrl + Shift + ↑] [Ctrl + Shift + ↓]	Вращение детали в вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости экрана
[Ctrl + Shift + →] [Ctrl + Shift + ←]	Вращение детали в горизонтальной плоскости, перпендикулярной плоскости экрана
[Alt + →] [Alt + ←]	Вращение детали в плоскости экрана
[Пробел + ↑] [Пробел + ↓]	Поворот детали на 90° в горизонтальной плоскости, перпендикулярной плоскости экрана
[Пробел + →] [Пробел + ←]	Поворот детали на 90° в вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости экрана

Угол поворота модели при однократном нажатии любой из указанных в табл. 2 клавиатурных комбинаций называется **шагом угла поворота детали**. Для того чтобы настроить его величину, необходимо вызвать из меню **Настройка** команду **Настройка системы**, в появившемся диалоге выбрать пункт **Редактор моделей – Параметры управления изображением**. Далее в поле **Шаг угла поворота детали** необходимо ввести требуемое значение шага или выбрать его из списка. Зафиксировать установленные параметры управления изображением модели можно при помощи кнопки **ОК** данного диалога. После этого поворот модели при помощи клавиатурных комбинаций будет производиться с зафиксированным шагом.

IV. Управление ориентацией детали

Любую модель можно расположить в пространстве таким образом, что одна из трех стандартных плоскостей проекций будет параллельна плоскости экрана. При этом можно получить любую стандартную проекцию детали, соответствующую ее основным видам на листе чертежа.

Для получения требуемой проекции детали необходимо щелкнуть мышью на кнопке **Список видов** в *Строке текущего состояния* и выбрать название стандартной проекции из списка видов. После этого выбранная проекция будет отображена в поле **Текущая ориентация изображения**, а изображение детали на экране будет перестроено в соответствии с указанным направлением взгляда (рис. 9).

Иной раз в процессе работы может возникнуть необходимость расположить параллельно плоскости экрана не одну из стандартных плоскостей проекций, а определенную плоскую грань детали или вспомогательную плоскость. Для получения такой ориентации необходимо указать щелчком мыши требуемый плоский объект в модели, а затем выбрать из списка видов в *Строке текущего состояния* строку **Нормально к...** (рис. 9).

Список стандартных видов в *Строке текущего состояния* можно расширить, запомнив текущую ориентацию модели под каким-либо именем, и впоследствии возвращаться к ней в любое время, выбирая ее имя из списка. Для этого необходимо вначале установить приемлемую ориентацию модели и нажать кнопку **Ориентация** в *Строке текущего состояния* (рис. 9). В появившемся на экране диалоговом окне **Ориентация вида** необходимо нажать кнопку **Добавить** и ввести имя нового вида (рис. 10). После последовательного нажатия на кнопки **ОК** и **Выход** данного диалога система автоматически добавит созданную ориентацию в список стандартных видов.

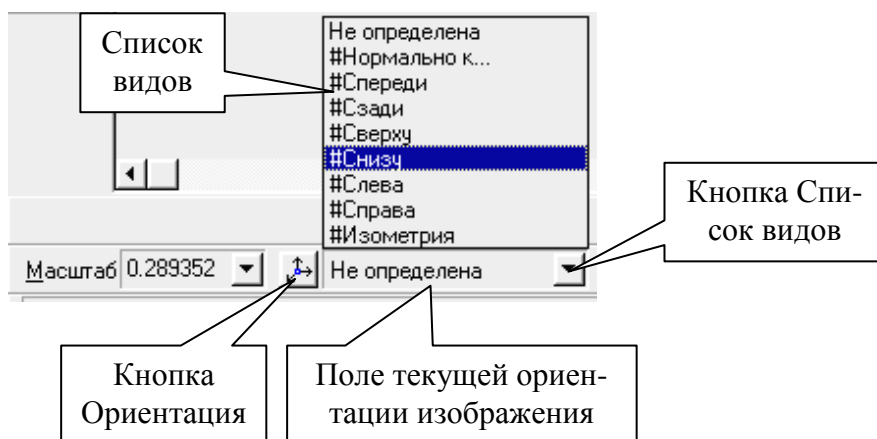


Рис. 9. Управление ориентацией детали при помощи *Строки текущего состояния* системы КОМПАС-3D

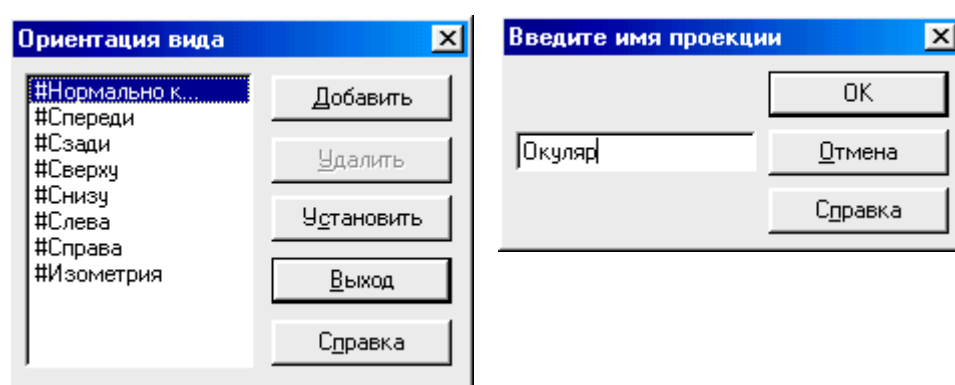


Рис. 10. Диалоговое окно **Ориентация вида** в системе КОМПАС-3D

При помощи диалогового окна **Ориентация вида** можно не только создавать новый вид, но и выбирать любой из существующих видов. Для этого щелчком мыши необходимо выбрать нужный вид в списке и нажать кнопку **Установить**. Кроме этого, в данном диалоге можно удалить ставший ненужным любой пользовательский вид при помощи кнопки **Удалить**. Стандартные виды, помеченные значком «#», удалить невозможно (рис. 10).

V. Управление режимом отображения детали

В любой момент работы над трехмерной моделью детали в КОМПАС-3D можно установить различные варианты ее отображения (каркас, без невидимых линий, невидимые линии тонкие, полутонное и перспектива). В зависимости от ситуации более удобным может быть тот или иной режим отображения.

Какой бы тип отображения ни был выбран, он не оказывает никакого влияния на свойства модели. Например, при выборе каркасно-

го отображения модель остается сплошной и твердотельной (а не превращается в набор «проволочных» ребер), просто ее поверхность и материал не показываются на экране.

Каркас представляет собой совокупность всех ребер и линии очерка (границ проекции детали на плоскость экрана) модели. Данный режим отображения устанавливается по умолчанию для всех новых моделей (рис. 11, а).

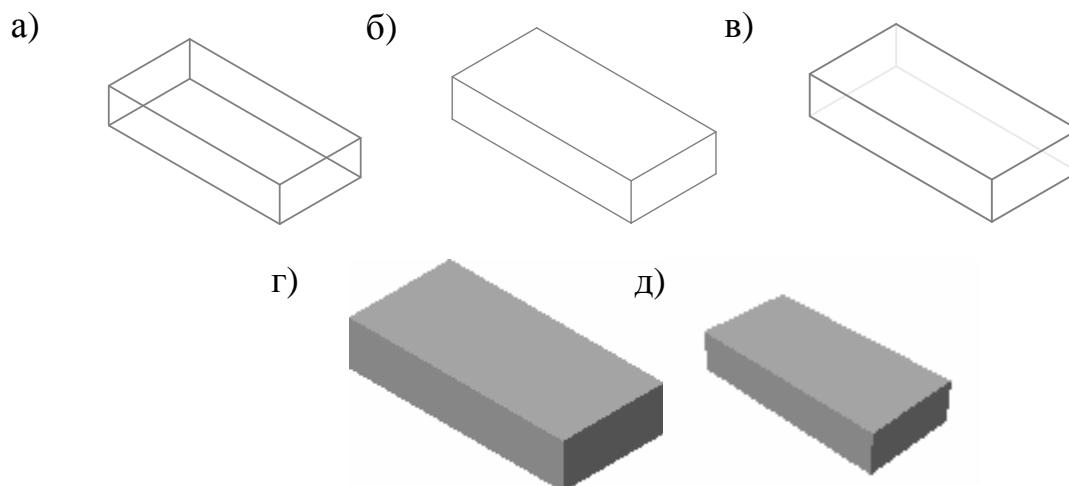


Рис. 11. Различные режимы отображения детали в системе КОМПАС-3D:
а) каркас; б) без видимых линий; в) видимые линии тонкие; г) полутоновое;
д) перспектива полутоновая

Отображение модели **без невидимых линий** представляет собой совокупность видимых (при текущей ориентации модели) ребер, видимых частей ребер и линии очерка модели (рис. 11, б).

В режиме **невидимые линии тонкие** можно отобразить деталь с невидимыми линиями (невидимыми ребрами и частями ребер) – более светлыми, чем видимые линии (рис. 11, в).

Полутоновое отображение позволяет получить более полное представление о форме поверхности детали. При полутоновом отображении детали учитываются оптические свойства ее поверхности (цвет, блеск, диффузия и т.д.) (рис. 11, г).

Любой оптический прибор (например, глаз человека или фотоаппарат) воспринимает изображение предметов, протяженных вдоль его оси, с искажением, иначе говоря, в **перспективе**. Посредством данного режима отображения можно получить еще более реалистичное изображение детали в соответствии с особенностями зрительного восприятия человека. Точка схода перспективы расположена посередине окна детали. Все вышеперечисленные режимы отображения (каркас, без невидимых

димых линий, невидимые линии тонкие и полутонкое) можно сочетать с перспективной проекцией. Так, на рис. 11, д представлено отображение модели в режимах **Полутонное** и **Перспектива**.

Для установки того или иного режима отображения детали необходимо активизировать соответствующую команду из меню **Сервис – Отображения** или нажать соответствующую кнопку на *Панели управления* (рис. 7). После этого система автоматически перестроит изображение детали в соответствии с установленным режимом.

Все команды управления изображением детали в КОМПАС-3D являются *прозрачными*: их можно выполнять во время работы с любой другой командой системы. При этом выполнение текущей команды будет временно приостановлено, а после изменения масштаба, ориентации или варианта отображения – возобновлено. Во время работы с трехмерной моделью детали можно произвольно комбинировать все описанные выше команды управления изображением [3].

2. ОСНОВЫ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D

Во всех современных системах трехмерного моделирования построение твердотельной модели осуществляется по общему принципу, который состоит в последовательном выполнении **булевых операций** (объединения, вычитания и пересечения) над объемными элементами (призмами, пирамидами, цилиндрами, конусами, сферами и т.д.). Многократно выполняя те или иные булевы операции над различными объемными элементами, можно построить трехмерную модель детали любой степени сложности.

Плоская фигура, в результате перемещения которой образуется объемное тело, называется **эскизом**, а само перемещение – **операцией**.

Эскиз может располагаться в одной из стандартных плоскостей проекций, на плоской грани существующей модели или на вспомогательной плоскости, положение которой задано пользователем. Эскизы изображаются средствами чертежно-конструкторского редактора КОМПАС-ГРАФИК и состоят из отдельных графических примитивов: отрезков, дуг, окружностей, ломаных линий и т.д. При построении эскиза доступны все команды построения и редактирования изображения, средства создания параметрических зависимостей и различные сервисные возможности. Единственным исключением является невозможность ввода некоторых технологических обозначений, объектов оформления и таблиц. Для правильного формирования объемного элемента построение изображения в эскизе должно подчиняться некоторым правилам, которые подробно изложены в книге Е. М. Кудрявцева [4].

Современные системы трехмерного моделирования располагают различными наборами инструментов для построения объемного изображения деталей. Однако практически во всех системах присутствуют базовые типы следующих операций:

- **операция выдавливания** – осуществляет выдавливание эскиза в направлении, перпендикулярном плоскости эскиза;
- **операция вращения** – осуществляет вращение эскиза вокруг оси, лежащей в плоскости эскиза;
- **кинематическая операция** – осуществляет перемещение эскиза вдоль направляющей;
- **операция по сечениям** – осуществляет построение объемного элемента по нескольким эскизам, которые рассматриваются как сечение элемента в нескольких параллельных плоскостях.

Таким образом, процесс создания трехмерной модели заключается в многократном добавлении или вычитании дополнительных объемов, каждый из которых представляет собой элемент, образованный при помощи операций над плоскими эскизами.

2.1. Основные способы построения основания трехмерной модели детали

Для создания нового эскиза-основания трехмерной модели детали вначале необходимо в *Дереве построения* (рис. 5) простым щелчком мыши выбрать соответствующую плоскость проекций. При этом построение эскиза удобнее производить тогда, когда его плоскость проекций располагается строго параллельно плоскости экрана. Если же плоскость проекций эскиза будет расположена перпендикулярно плоскости экрана, то построение какого-либо контура в нем будет совершенно невозможно.

Для того чтобы разместить выделенную плоскость проекций эскиза параллельно плоскости экрана, необходимо выбрать строку **Нормально к...** в **Поле текущей ориентации изображения** *Строки текущего состояния* системы (рис. 9).

Для того чтобы создать новый эскиз в выделенной плоскости проекций, необходимо из *Контекстного меню* выбрать команду **Новый эскиз** или нажать одноименную кнопку на *Панели управления* (рис. 2). После этого система автоматически перейдет в режим создания (редактирования) эскиза. Режим создания (редактирования) эскиза фактически ничем не отличается от режима создания (редактирования) фрагмента в системе КОМПАС-ГРАФИК.

После создания контура нового эскиза основания детали необходимо перейти в режим трехмерного моделирования. Для этого необходимо нажать кнопку **Закончить эскиз** на *Панели управления* системы (рис. 2). После этого система автоматически перейдет в режим трехмерного моделирования и выделит в *Окне модели* контур нового эскиза.

Далее необходимо указать, каким способом требуется перемещать эскиз в пространстве для получения основания трехмерной модели, т.е. выбрать вид формообразующей операции. Перечень основных формообразующих операций, применяемых в системе КОМПАС-3D, был рассмотрен нами в предыдущем разделе. Рассмотрим подробнее базовые приемы создания основания трехмерной модели детали при помощи четырех основных формообразующих операций.

2.1.1. Создание основания детали при помощи операции выдавливания

Для создания основания 3D-детали в виде элемента выдавливания необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Операция вы-**

давливания или нажать одноименную кнопку на *Панели инструментов* (рис. 4, а). Команда **Операция выдавливания** доступна, если в модели еще нет основания детали и выделен только один эскиз. *Панели расширенных команд Панели инструментов Построение детали* представлены на рис. 12.

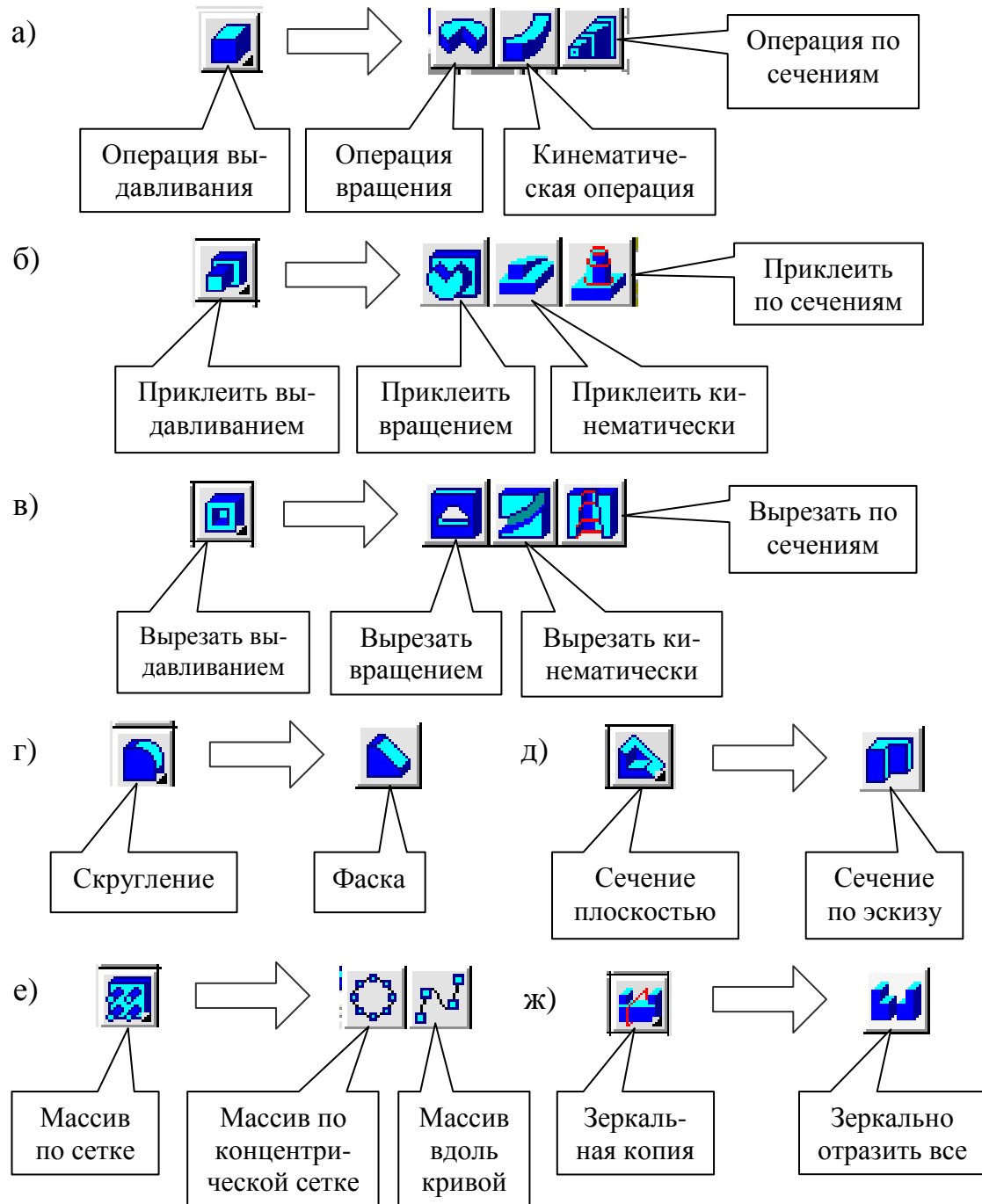


Рис. 12. Панели расширенных команд *Панели инструментов Построение детали* в системе КОМПАС-3D

После вызова данной команды на экране появляется диалоговое окно ввода параметров элемента выдавливания (рис. 13), в котором можно задать параметры формообразующего элемента выдавливания – основания детали, приклеиваемого к модели элемента или вырезаемого из модели элемента.

Диалог, представленный на рис. 13, появляется на экране не только после вызова команды **Операция выдавливания**, но и после вызова команд **Приклеить выдавливанием** (рис. 12, б) и **Вырезать выдавливанием** (рис. 12, в). Рассмотрим подробнее опции данного диалога.

I. Вкладка **Параметры операции выдавливания** (рис. 13, а).

В этой вкладке требуется ввести следующие параметры операции выдавливания:

• направление выдавливания;	• расстояние выдавливания;
• тип выдавливания;	• уклон.

Направление выдавливания. Если эскиз построен на плоской грани детали, то его, как правило, требуется выдавливать в одном направлении (если элемент приклеивается – то наружу относительно поверхности детали, если вырезается – внутрь). Это направление автоматически воспринимается системой как **Прямое** и отображается на фантоме в окне детали в виде стрелки. При выборе прямого направления выдавливание будет производиться по стрелке, при выборе обратного направления – в противоположную стрелке сторону.

Иногда (особенно при построении основания детали) элемент требуется выдавливать в обоих направлениях относительно плоскости эскиза. Для этого служит опция **Два направления**. При выборе опции **Средняя плоскость** выдавливание будет производиться в обе стороны симметрично относительно плоскости эскиза.

Тип выдавливания. Данный параметр подразумевает под собой глубину выдавливания при помощи нескольких опций: **На расстояние**, **До вершины**, **До поверхности**, **Через все** и **До ближайшей поверхности**.

Выбор опции **На расстояние** означает, что выдавливание может производиться только на заданное расстояние.

Выбор опции **До вершины** означает, что глубина выдавливания определяется автоматически по положению указанной пользователем в *Окне модели* вершины: плоскость торца элемента должна проходить через вершину или на заданном расстоянии от вершины.

Выбор опции **До поверхности** означает, что глубина выдавливания определяется автоматически по положению указанной пользователем в *Окне модели* поверхности: поверхность торца элемента должна «заходить» за поверхность или «не доходить» до нее на заданное расстояние.

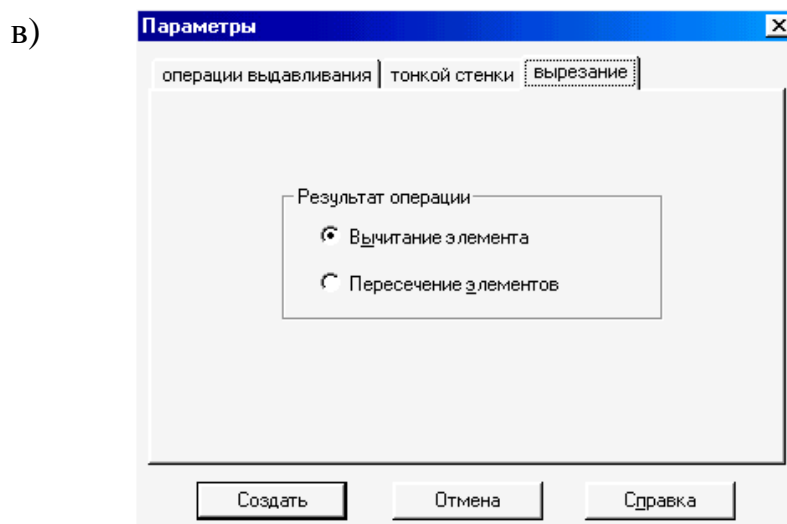
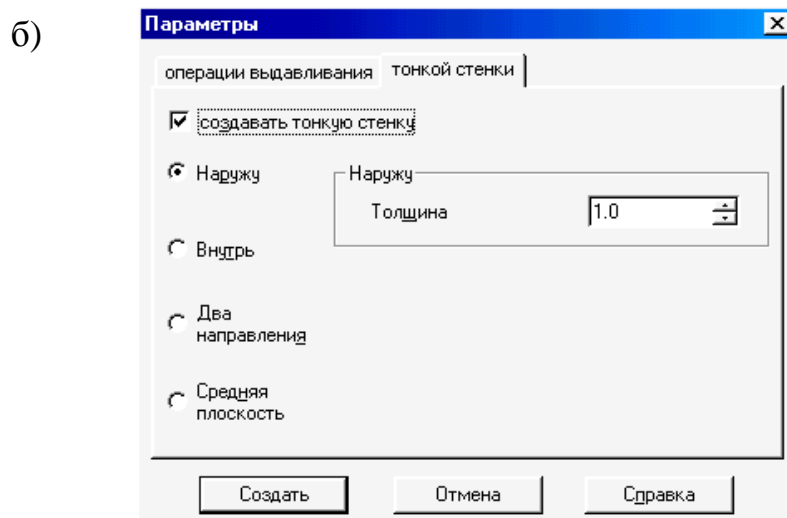
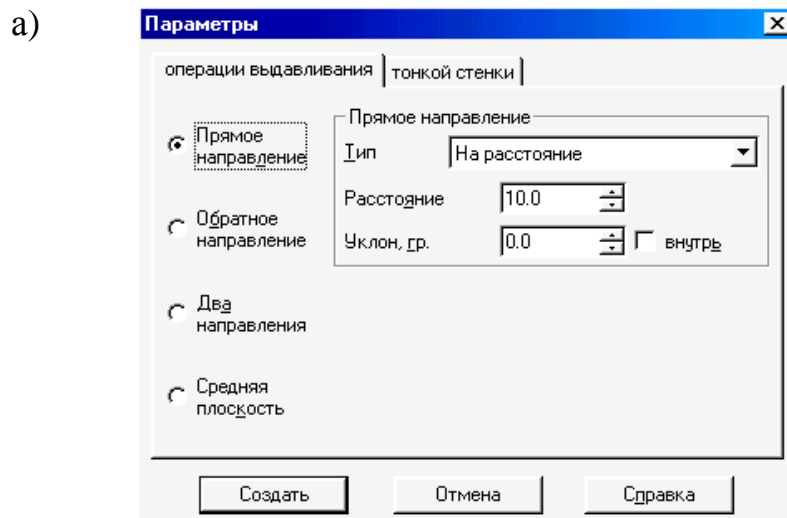


Рис. 13. Диалоговое окно ввода параметров операции выдавливания

Выбор опции **Через все** означает, что глубина выдавливания определяется автоматически: элемент выдавливается до грани, наиболее удаленной от плоскости эскиза в направлении выдавливания. Эта опция недоступна при создании основания детали.

Выбор опции **До ближайшей поверхности** означает, что глубина выдавливания определяется автоматически: элемент выдавливается до грани, наименее удаленной от плоскости эскиза в направлении выдавливания. Эта опция недоступна при создании основания детали.

Расстояние выдавливания. Значение, введенное в это поле, в зависимости от выбранного **Типа выдавливания**, может восприниматься системой как глубина выдавливания либо расстояние между вершиной (поверхностью) и торцом детали.

Уклон. При выборе любого **Типа выдавливания** доступны опции придания элементу уклона.

Если необходимо создать грани элемента с уклоном в направлении выдавливания, то в соответствующее поле диалога (рис. 13, а) нужно ввести угол уклона и указать его направление, включив или выключив опцию **Внутрь**. При создании уклона внутрь сечение элемента будет уменьшаться в направлении выдавливания, при создании уклона наружу (т.е. когда опция **Внутрь** выключена) сечение будет увеличиваться в направлении выдавливания. При выдавливании в **Два направления** тип и расстояние выдавливания, а также угол и направление уклона требуется ввести дважды – для прямого и обратного направления. При выдавливании при помощи **Средней плоскости** в диалоге (рис. 13, а) необходимо задать общую глубину выдавливания и параметры уклона будут считаться одинаковыми в обоих направлениях.

II. Вкладка **Параметры тонкой стенки** (рис. 13, б).

В этой вкладке при необходимости можно установить параметры тонкостенного элемента выдавливания. При создании (приклеивании или вырезании) тонкостенного элемента, поверхность которого представляет собой след движения контура эскиза, в окне **Создавать тонкую стенку** диалога (рис. 13, б) необходимо один раз щелкнуть мышью. После этого становятся доступными остальные опции вкладки:

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• направление формирования тонкой стенки;• толщина тонкой стенки. |
|--|

Если контур в эскизе элемента выдавливания построен незамкнутым, то опция **Создавать тонкую стенку** будет включена по умолчанию, и выключить ее не представляется возможным, т.к. в этом случае может быть построен только тонкостенный элемент.

Направление формирования тонкой стенки. При формировании тонкой стенки детали материал добавляется к поверхности выдавливания (или вырезается рядом с поверхностью выдавливания) при помощи нескольких опций: **Наружу**, **Внутрь**, **Два направления** и **Средняя плоскость**. Характеристика вышеперечисленных опций направления формирования тонкой стенки полностью идентична характеристикам опций *Направление выдавливания*.

Толщина тонкой стенки. Данное поле диалогового окна (рис. 13, б) предназначено для ввода численного значения толщины стенки. Если тонкая стенка создается в **Двух направлениях**, то толщина ее вводится два раза (для направления **Внутрь** и **Наружу**). Если поверхность элемента выбрана в качестве **Средней плоскости** тонкой стенки, то введенное численное значение ее толщины считается общим (в каждую сторону откладывается его половина).

III. Вкладка **Параметры вырезания** (рис. 13, в).

Данная вкладка появляется в диалоге (рис. 13) только при использовании команды **Вырезать выдавливанием** (рис. 12, в). При этом конечный результат операции может быть получен путем **Вычитания элемента** или **Пересечения элементов**.

Если элемент выдавливания с заданными параметрами пересекается с существующей моделью, то при вырезании можно удалить материал модели, находящийся внутри поверхности элемента выдавливания или снаружи этой поверхности, т. е. вычесть элемент из модели или получить пересечение элемента и модели.

Все значения параметров при их вводе и редактировании в диалоговом окне (рис. 13) немедленно отображаются на экране компьютера в виде фантома элемента выдавливания, вырезания или приклеивания (рис. 14, б).

После задания всех параметров элемента выдавливания необходимо нажать кнопку **Создать** в диалоговом окне (рис. 13). Затем созданный элемент выдавливания автоматически отобразится в *Окне модели* (рис. 14), а соответствующая ему пиктограмма – в *Дереве построения* модели.

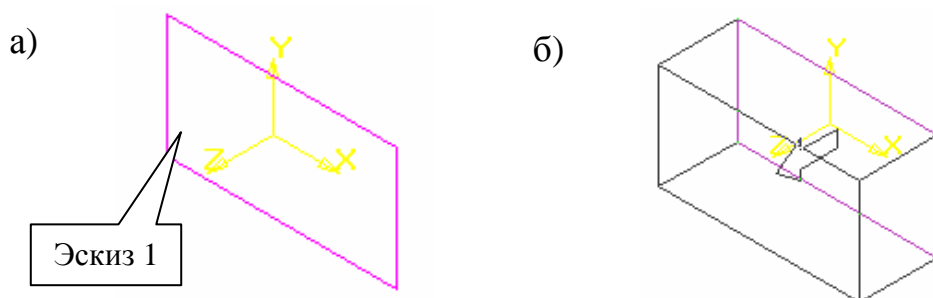


Рис. 14. Графическая последовательность построения основания детали при помощи операции выдавливания

2.1.2. Создание основания детали при помощи операции вращения

Для создания основания 3D-детали в виде элемента вращения необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Операция вращения** или нажать одноименную кнопку на *Панели расширенных команд* (рис. 12, а). Команда **Операция вращения** доступна, если в трехмерной модели еще нет основания детали и выделен только один эскиз.

После вызова данной команды на экране появляется диалоговое окно ввода параметров элемента вращения (рис. 15), в котором можно задать параметры формообразующего элемента вращения – основания детали, приклеиваемого к модели элемента или вырезаемого из модели элемента.

Диалог, представленный на рис. 15, появляется на экране не только после вызова команды **Операция вращения**, но и после вызова команд **Приклеить вращением** (рис. 12, б) и **Вырезать вращением** (рис. 12, в). Рассмотрим подробнее опции данного диалога.

I. Вкладка **Параметры операции вращения** (рис. 15, а).

В этой вкладке требуется ввести следующие параметры операции вращения:

• тип элемента вращения;	• угол вращения.
• направление вращения;	

Тип элемента вращения. Если контур в эскизе сечения не замкнут, то в КОМПАС-3D возможны два варианта построения элемента вращения – сфероид и тороид, которые можно выбрать из соответствующего списка диалога (рис. 15, а). При создании **сфероида** концы контура проецируются на ось вращения, и построение элемента производится с учетом этих проекций, в результате которых получается сплошной элемент. При создании **тороида** вращается только контур в эскизе, и к получившейся поверхности добавляется слой материала, в результате чего получается тонкостенная оболочка – элемент с отверстием вдоль оси вращения.

Направление вращения. Если эскиз построен на плоской грани детали, то его, как правило, требуется вращать в одном направлении (если элемент приклеивается, эскиз вращается наружу относительно поверхности детали, если вырезается – внутрь). Это направление автоматически воспринимается системой как **Прямое** и отображается на фантоме в окне модели в виде стрелки. При выборе **Прямого направления** вращение эскиза будет производиться по стрелке, при выборе **Обратного направления** – в противоположную стрелке сторону. В тех случаях, когда необходимо вращать элемент в обоих направлениях относительно плоскости эскиза, выбирают опцию **Два направления**. При выборе опции **Средняя плоскость** вращение будет производиться в обе стороны симметрично относительно плоскости эскиза.

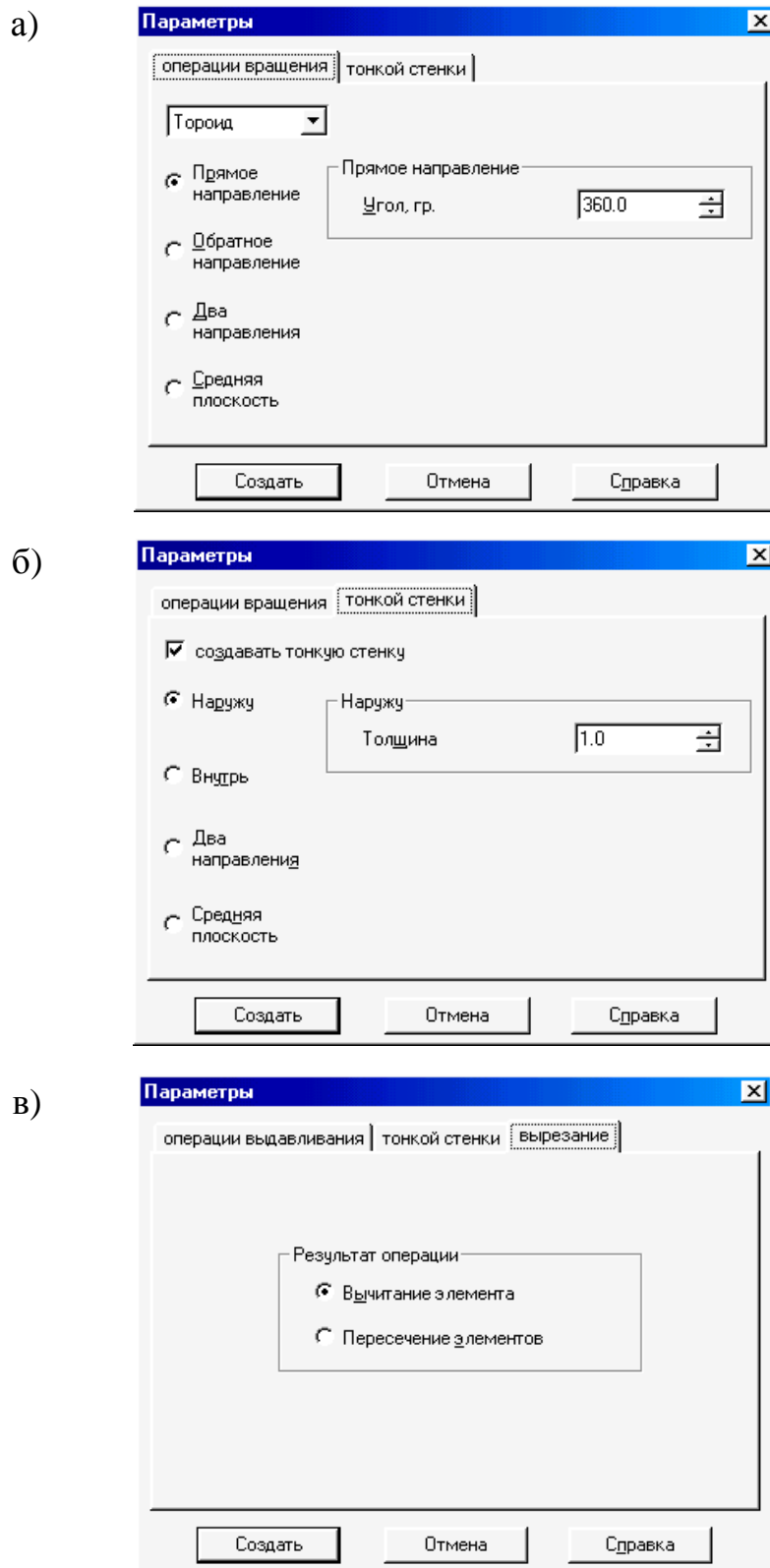


Рис. 15. Диалоговое окно ввода параметров операции вращения

Угол вращения. В данное поле диалогового окна (рис. 15, а) необходимо ввести численное значение угла, на который будет производиться вращение эскиза детали. Если была выбрана опция вращения в **Двух направлениях**, то угол необходимо будет ввести дважды – для прямого и обратного направлений. Если же была выбрана опция **Средняя плоскость**, то численное значение угла вращения задается один раз, и оно воспринимается системой как общий угол, т.е. в каждую сторону откладывается ровно половина угла.

II. Вкладка **Параметры тонкой стенки** (рис. 15, б).

В этой вкладке при необходимости можно установить параметры тонкостенного элемента вращения. При создании (приклеивании или вырезании) тонкостенного элемента, поверхность которого представляет собой след вращения контура эскиза, в окне **Создавать тонкую стенку** диалога (рис. 15, б) необходимо один раз щелкнуть мышью. После этого становятся доступными остальные опции вкладки:

- | | |
|---|--------------------------|
| • направление формирования тонкой стенки; | • толщина тонкой стенки. |
|---|--------------------------|

Если контур в эскизе сечения не замкнут и выбрано построение тороида, то опция **Создавать тонкую стенку** будет включена по умолчанию, и выключить ее не представляется возможным, т.к. в этом случае может быть построен только тонкостенный элемент.

Направление формирования тонкой стенки. При формировании тонкой стенки детали материал добавляется к поверхности вращения (или вырезается рядом с поверхностью вращения) при помощи нескольких опций: **Наружу**, **Внутрь**, **Два направления** и **Средняя плоскость**. Характеристика вышеперечисленных опций направления формирования тонкой стенки полностью идентична характеристикам опций *Направление вращения*.

Толщина тонкой стенки. Данное поле диалогового окна (рис. 15, б) предназначено для ввода численного значения толщины стенки. Если тонкая стенка создается в **Двух направлениях**, то толщина ее вводится два раза (для направления **Внутрь** и **Наружу**). Если поверхность элемента выбрана в качестве **Средней плоскости** тонкой стенки, то введенное численное значение ее толщины считается общим (в каждую сторону откладывается его половина).

III. Вкладка **Параметры вырезания** (рис. 15, в).

Данная вкладка появляется в диалоге (рис. 15) только при использовании команды **Вырезать вращением** (рис. 12, в). При этом конечный результат операции может быть получен путем **Вычитания элемента** или **Пересечения элементов**.

Если элемент вращения с заданными параметрами пересекается с существующей моделью, то при вырезании можно удалить материал модели, находящийся внутри поверхности элемента вращения или снаружи этой поверхности, т.е. вычистить элемент из модели или получить пересечение элемента и модели.

Все значения параметров при их вводе и редактировании в диалоговом окне (рис. 15) немедленно отображаются на экране компьютера в виде фантома элемента вращения, вырезания или приклеивания.

На рис. 16 представлена графическая последовательность построения основания детали при помощи **Операции вращения**. Вначале средствами КОМПАС-ГРАФИК, с учетом вышеприведенных требований, создается эскиз основания детали (рис. 16, а). При вводе численных значений параметров в диалоговом окне (рис. 15) система немедленно отображает на экране компьютера в виде фантома направление перемещения элемента вращения детали (рис. 16, б). После задания всех параметров элемента вращения и нажатия кнопки **Создать** в диалоговом окне (рис. 15) система автоматически отображает в *Окне модели* готовый элемент вращения детали (рис. 16, в), а соответствующая ему пиктограмма появляется в *Дереве построения* модели.

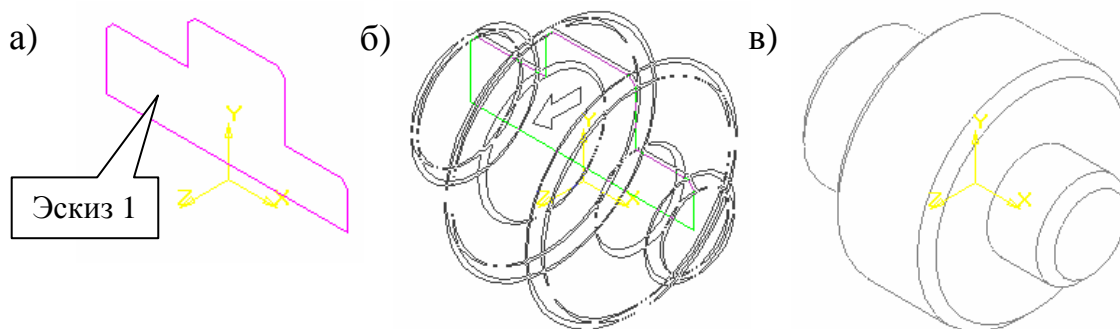


Рис. 16. Графическая последовательность построения основания детали при помощи операции вращения

2.1.3. Создание основания детали при помощи кинематической операции

Для создания основания 3D-детали в виде кинематического элемента необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Операция – Кинематическая** или нажать кнопку **Кинематическая операция** на *Панели расширенных команд* (рис. 12, а). Команда **Кинематическая операция** доступна, если в модели еще нет основания детали, но есть не менее двух эскизов. Выделение эскизов перед вызовом данной команды необязательно. При выполнении **Кинематической операции** использу-

ются как минимум два эскиза; в одном из них изображено сечение кинематического элемента, в остальных – траектория движения сечения.

После вызова данной команды на экране появляется диалоговое окно ввода параметров кинематического элемента (рис. 17). В этом диалоге требуется задать параметры формообразующего кинематического элемента – основания детали, приклеиваемого к модели элемента или вырезаемого из модели элемента.

Диалог, представленный на рис. 17, появляется на экране не только после вызова команды **Кинематическая операция**, но и после вызова команд **Приклеить кинематически** (рис. 12, б) и **Вырезать кинематически** (рис. 12, в). Рассмотрим подробнее опции данного диалога.

I. Вкладка **Параметры кинематической операции** (рис. 17, а).

В этой вкладке требуется ввести следующие параметры кинематической операции:

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| • объекты перемещения; | • тип движения сечения. |
|------------------------|-------------------------|

Объекты кинематической операции. К объектам **Кинематической операции** относятся эскиз-сечение кинематического элемента и траектория его движения. Для того чтобы определить сечение кинематического элемента, необходимо включить опцию **Сечение** в диалоговом окне (рис. 17, а) и выбрать нужный эскиз, указав его в *Дереве построения* или щелкнув мышью на любом графическом объекте этого эскиза в *Окне модели*. Для того чтобы определить траекторию движения сечения, необходимо включить опцию **Траектория** в диалоговом окне (рис. 17, а) и выбрать нужный объект в *Дереве построения* или в *Окне модели* (например, эскиз или ребро модели).

Тип движения сечения. Перемещение эскиза-сечения вдоль указанной траектории можно осуществлять различными способами: **Параллельно самому себе**, **Сохраняя угол наклона** и **Ортогонально траектории**.

При выборе способа движения эскиза-сечения **Параллельно самому себе** сечение будет перемещаться таким образом, что в любой точке кинематического элемента его плоскость будет параллельна плоскости эскиза, содержащего сечение.

При выборе способа движения эскиза-сечения **Сохраняя угол наклона** сечение будет перемещаться таким образом, что в любой точке кинематического элемента угол между плоскостью сечения и траекторией его движения будет постоянным и равным углу между плоскостью эскиза-сечения и траекторией его движения в ее начальной точке.

При выборе способа движения эскиза-сечения **Ортогонально траектории** сечение будет перемещаться таким образом, что в любой

точке кинематического элемента плоскость сечения будет перпендикулярна траектории движения.

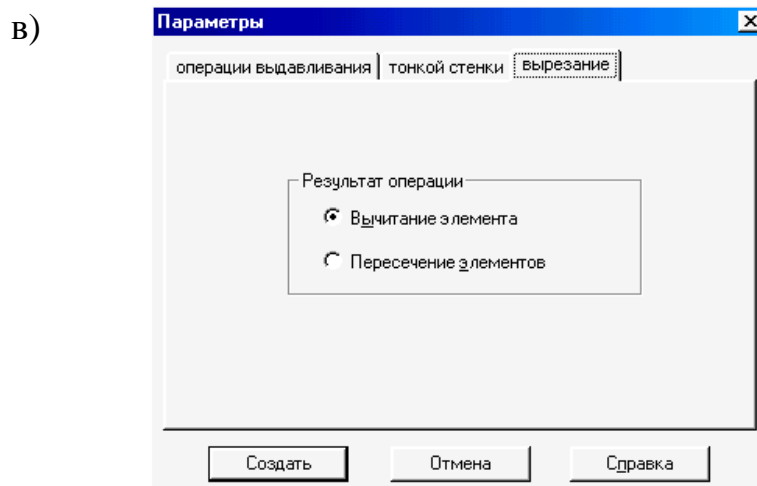
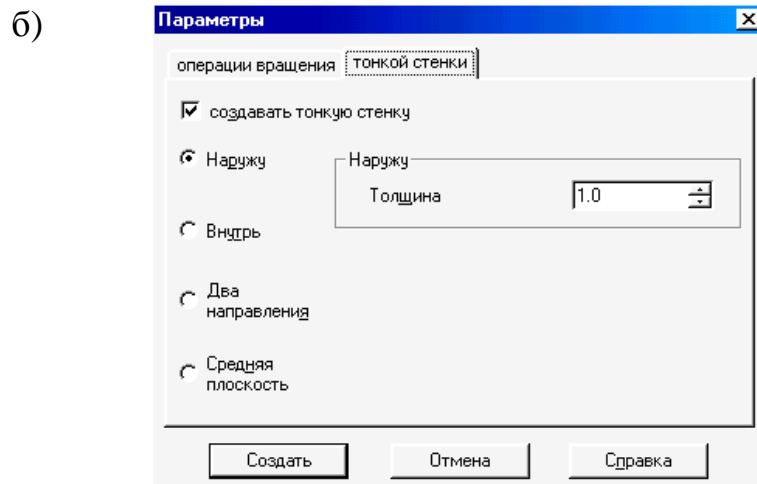
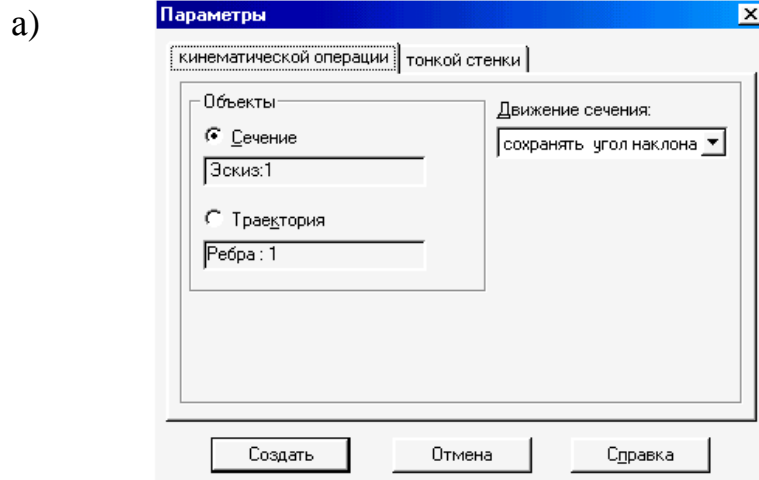


Рис. 17. Диалоговое окно ввода параметров кинематической операции

II. Вкладка **Параметры тонкой стенки** (рис. 17, б).

В этой вкладке при необходимости можно установить параметры тонкостенного кинематического элемента. При создании (приклеивании или вырезании) тонкостенного элемента, поверхность которого представляет собой след движения контура в эскизе-сечении, в окне **Создавать тонкую стенку** диалога (рис. 17, б) необходимо один раз щелкнуть мышью. После этого становятся доступными остальные опции вкладки:

- | | |
|---|--------------------------|
| • направление формирования тонкой стенки; | • толщина тонкой стенки. |
|---|--------------------------|

Если контуры в эскизах-сечениях не замкнуты, то опция **Создавать тонкую стенку** будет включена по умолчанию, и выключить ее не представляется возможным, т.к. в этом случае может быть построен только тонкостенный элемент.

Направление формирования тонкой стенки. При формировании тонкой стенки модели материал добавляется к кинематической поверхности (или вырезается рядом с кинематической поверхностью) при помощи нескольких опций: **Наружу**, **Внутрь**, **Два направления** и **Средняя плоскость**.

Если эскиз кинематического элемента построен на плоской грани детали, то его, как правило, требуется перемещать в одном направлении (если элемент приклеивается, эскиз перемещается наружу относительно поверхности детали, если вырезается – внутрь). Это направление автоматически воспринимается системой как **Наружное** и отображается на фантоме в *Окне модели* в виде стрелки. При выборе **Наружного направления** перемещение эскиза будет осуществляться по стрелке, при выборе **Внутреннего направления** – в противоположную стрелке сторону. В тех случаях, когда необходимо перемещать элемент в обоих направлениях относительно плоскости эскиза, выбирают опцию **Два направления**. При выборе опции **Средняя плоскость** перемещение будет производиться в обе стороны симметрично относительно кинематической плоскости.

Толщина тонкой стенки. Данное поле диалогового окна (рис. 17, б) предназначено для ввода численного значения толщины стенки. Если тонкая стенка создается в **Двух направлениях**, то толщина ее вводится два раза (для направления **Внутрь** и **Наружу**). Если поверхность элемента выбрана в качестве **Средней плоскости** тонкой стенки, то введенное численное значение ее толщины считается общим (в каждую сторону откладывается ровно его половина).

III. Вкладка **Параметры вырезания** (рис. 17, в).

Данная вкладка появляется в диалоге (рис. 17) только при использовании команды **Вырезать кинематически** (рис. 12, в). При

этом конечный результат операции может быть получен путем **Вычитания элемента** или **Пересечения элементов**.

Если кинематический элемент с заданными параметрами пересекается с существующей моделью, то при вырезании можно удалить материал модели, находящийся внутри поверхности кинематического элемента или снаружи этой поверхности, т.е. вычистить элемент из модели или получить пересечение элемента и модели.

Все значения параметров при их вводе и редактировании в диалоговом окне (рис. 17) немедленно отображаются на экране компьютера в виде фантома кинематического элемента, вырезания или приклеивания.

На рис. 18 представлена графическая последовательность построения основания детали при помощи **Кинематической операции**. Вначале средствами КОМПАС-ГРАФИК, с учетом вышеприведенных требований, последовательно создается эскиз основания детали (рис. 18, а) и эскиз траектории движения основания (рис. 18, б). При вводе численных значений параметров в диалоговом окне (рис. 17) система немедленно отображает на экране компьютера в виде фантома направление перемещения кинематического элемента детали (рис. 18, в). После задания всех параметров кинематического элемента и нажатия кнопки **Создать** в диалоговом окне (рис. 17) система автоматически отображает в *Окне модели* готовый кинематический элемент детали (рис. 18, г), а соответствующая ему пиктограмма появляется в *Дереве построения* модели.

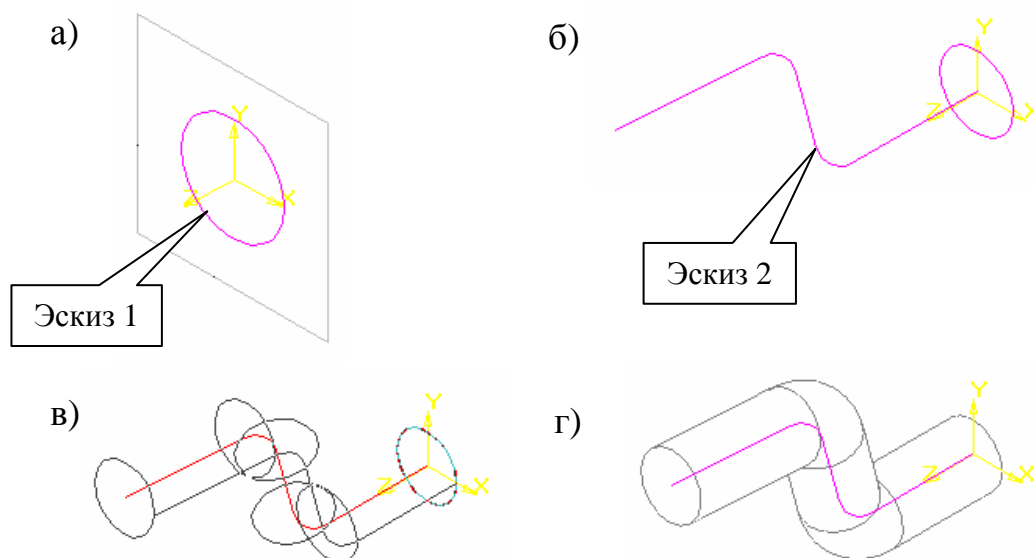


Рис. 18. Графическая последовательность построения основания детали при помощи кинематической операции

2.1.4. Создание основания детали при помощи операции по сечениям

Для создания основания 3D-детали в виде элемента по сечениям необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Операция по сечениям** или нажать одноименную кнопку на *Панели расширенных команд* (рис. 12, а). Команда **Операция по сечениям** доступна, если в модели еще нет основания детали, но есть не менее двух эскизов. Выделение эскизов перед вызовом данной команды необязательно. При выполнении **Операции по сечениям** используется несколько эскизов, в каждом из которых отображается определенное сечение элемента. При этом каждый из эскизов элемента отображается в отдельной вспомогательной плоскости. Данные плоскости строятся при помощи команды **Смещенная плоскость** на *Панели инструментов Вспомогательная геометрия*.

После вызова данной команды на экране появляется диалоговое окно ввода параметров элемента по сечениям (рис. 19). В этом диалоге требуется задать параметры формообразующего элемента по сечениям – основания детали, приклеиваемого к модели элемента или вырезаемого из модели элемента.

Диалог, представленный на рис. 19, появляется на экране не только после вызова команды **Операция по сечениям**, но и после вызова команд **Приклеить по сечениям** (рис. 12, б) и **Вырезать по сечениям** (рис. 12, в). Рассмотрим подробнее опции данного диалога.

I. Вкладка **Параметры операции по сечениям** (рис. 19, а).

В этой вкладке требуется ввести следующие параметры кинематической операции:

- | | |
|------------------------|--|
| • объекты перемещения; | • генерация траектории движения сечения. |
|------------------------|--|

Объекты операции по сечениям. К объектам **Операции по сечениям** относятся эскиз-сечение элемента по сечениям и направляющая – контур, задающий направление построения элемента по сечениям. Для того чтобы определить эскиз-сечение элемента, необходимо включить опцию **Сечение** в диалоговом окне (рис. 19, а) и указать щелчком мыши в *Дереве построения* все сечения (эскизы) элемента в том порядке, в котором они следовали в элементе. После этого список сечений в порядке их указания появится в справочном окне диалога. Для того чтобы определить направляющую элемента по сечениям, необходимо включить опцию **Направляющая** в диалоговом окне (рис. 19, а) и указать щелчком мыши в *Дереве построения* или в *Окне модели* контур, задающий направление построения элемента по сечениям. При необходимости **Операция по сечениям** может быть выполнена и без указания направляющей построения элемента.

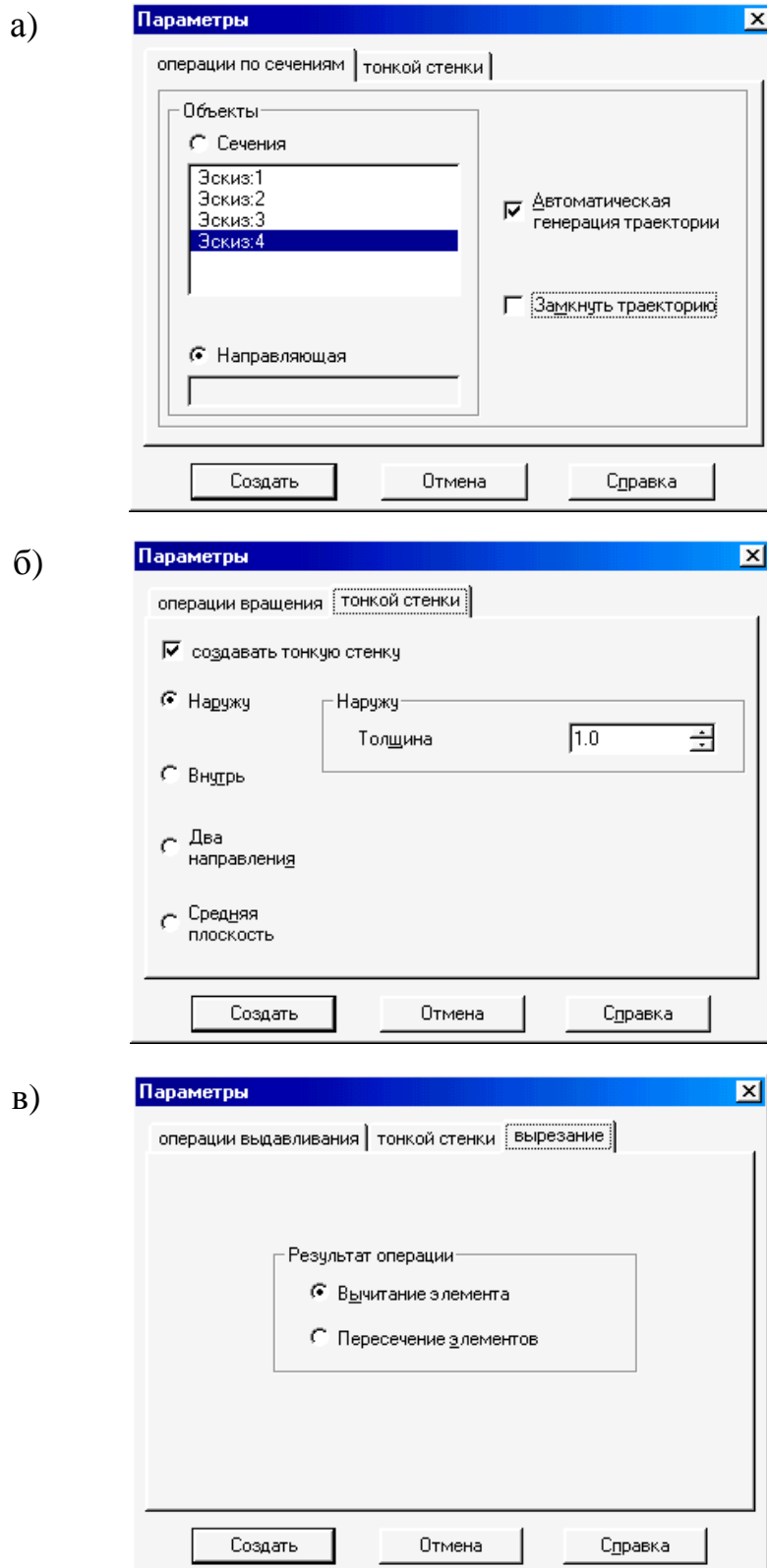


Рис. 19. Диалоговое окно ввода параметров операции по сечениям

Генерация траектории движения сечения. Генерация траектории движения эскиза-сечения в КОМПАС-3D может осуществляться двумя способами: автоматически и по замкнутой траектории. Опция **Автоматическая генерация траектории** в диалоговом окне (рис. 19, а) обычно включается по умолчанию при выполнении **Операции по сечениям**. При этом система автоматически определяет, какие точки указанных эскизов-сечений будут соединяться при построении элемента. Если опция **Автоматическая генерация траектории** не включена, то система по умолчанию будет последовательно соединять выделенные эскизы по точкам, ближайшим к точкам их указания. Если эскизы указывались в *Дереве построения* модели, то в системе срабатывает алгоритм автоматической генерации траектории. Опция **Замкнуть траекторию** в диалоговом окне (рис. 19, а) включается в том случае, если при построении модели необходимо соединить сечения (эскизы), которые были указаны первым и последним, т.е. создать (приклеить, вырезать) замкнутый элемент.

II. Вкладка **Параметры тонкой стенки** (рис. 19, б).

В этой вкладке при необходимости можно установить параметры тонкостенного элемента по сечениям. При создании (приклеивании или вырезании) тонкостенного элемента, поверхность которого представляет собой элемент по сечениям, в окне **Создавать тонкую стенку** диалога (рис. 19, б) необходимо один раз щелкнуть мышью. После этого становятся доступными остальные опции вкладки:

- | | |
|---|--------------------------|
| • направление формирования тонкой стенки; | • толщина тонкой стенки. |
|---|--------------------------|

Если контуры в эскизах-сечениях не замкнуты, то опция **Создавать тонкую стенку** будет включена по умолчанию, и выключить ее не представляется возможным, т.к. в этом случае может быть построен только тонкостенный элемент.

Направление формирования тонкой стенки. При формировании тонкой стенки модели материал добавляется к поверхности по сечениям (или вырезается рядом с поверхностью по сечениям) при помощи нескольких опций: **Наружу, Внутрь, Два направления** и **Средняя плоскость**.

Если эскиз элемента по сечениям построен на плоской грани детали, то его, как правило, требуется перемещать в одном направлении (если элемент приклеивается, эскиз перемещается наружу относительно поверхности детали, если вырезается – внутрь). Это направление автоматически воспринимается системой как **Наружное** и отображается на фантоме в *Окне модели* в виде стрелки. При выборе **Наружного направления** перемещение эскиза будет осуществляться по

стрелке, при выборе **Внутреннего направления** – в противоположную стрелке сторону. В тех случаях, когда необходимо перемещать элемент в обоих направлениях относительно плоскости эскиза, выбирают опцию **Два направления**. При выборе опции **Средняя плоскость** перемещение будет производиться в обе стороны симметрично относительно плоскости по сечениям.

Толщина тонкой стенки. Данное поле диалогового окна (рис. 19, б) предназначено для ввода численного значения толщины стенки. Если тонкая стенка создается в **Двух направлениях**, то толщина ее вводится два раза (для направления **Внутрь** и **Наружу**). Если поверхность элемента выбрана в качестве **Средней плоскости** тонкой стенки, то введенное численное значение ее толщины считается общим (в каждую сторону откладывается ровно его половина).

III. Вкладка **Параметры вырезания** (рис. 19, в).

Данная вкладка появляется в диалоге (рис. 19) только при использовании команды **Вырезать по сечениям** (рис. 12, в). При этом конечный результат операции может быть получен путем **Вычитания элемента** или **Пересечения элементов**.

Если элемент по сечениям с заданными параметрами пересекается с существующей моделью, то при вырезании можно удалить материал модели, находящийся внутри поверхности элемента по сечениям или снаружи этой поверхности, т.е. вычистить элемент из модели или получить пересечение элемента и модели.

Все значения параметров при их вводе и редактировании в диалоговом окне (рис. 19) немедленно отображаются на экране компьютера в виде фантома элемента по сечениям, вырезания или приклеивания.

На рис. 20 представлена графическая последовательность построения основания детали при помощи **Операции по сечениям**.

Вначале средствами КОМПАС-ГРАФИК, с учетом вышеприведенных требований, создается эскиз основания детали в горизонтальной плоскости проекций (рис. 20, а). После этого в КОМПАС-3D строится вспомогательная смещенная плоскость (рис. 20, б). Далее во вспомогательной плоскости средствами КОМПАС-ГРАФИК создается дополнительный эскиз-сечение детали (рис. 20, в). После этого производится запуск команды **Операция по сечениям**. После задания всех параметров элемента по сечениям и нажатия кнопки **Создать** в диалоговом окне (рис. 19) система автоматически отображает в *Окне модели* готовый элемент по сечениям детали (рис. 20, г), а соответствующая ему пиктограмма появляется в *Дереве построения* модели.

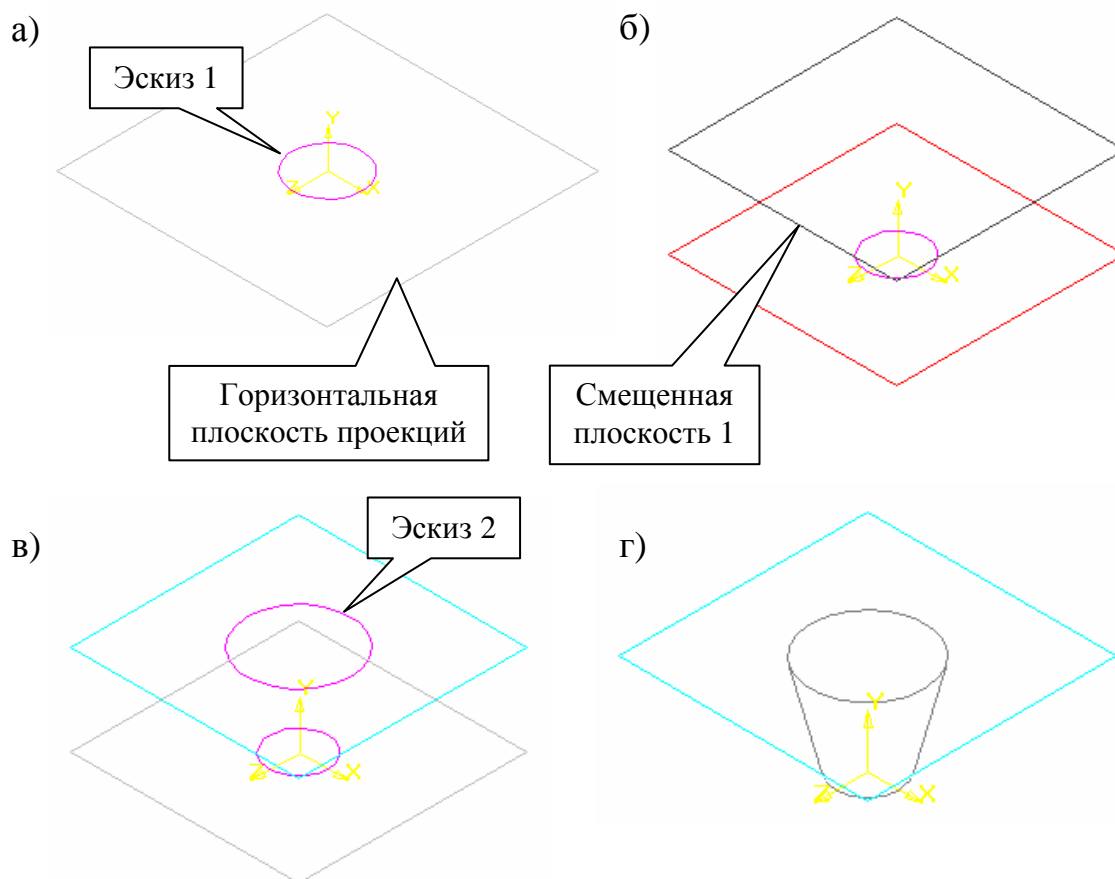


Рис. 20. Графическая последовательность построения основания детали при помощи операции по сечениям

2.2. Построение дополнительных и вспомогательных конструктивных элементов трехмерной модели детали

В системе КОМПАС-3D помимо основных формообразующих операций трехмерного моделирования предусмотрены также операции построения дополнительных и вспомогательных конструктивных элементов трехмерной модели детали.

К дополнительным операциям трехмерного моделирования относится создание:

• фаски;	• ребра жесткости;
• скругления;	• оболочки;
• круглого отверстия;	• отсечение части детали.
• уклона;	

Если существующих в модели граней, ребер и плоскостей проекций недостаточно для выполнения тех или иных операций трехмер-

ного моделирования, то в КОМПАС-3D можно создать вспомогательные плоскости и оси, задав их положение одним из предусмотренных системой способов.

Рассмотрим подробнее основные приемы создания дополнительных и вспомогательных конструктивных элементов в системе КОМПАС-3D, которые могут пригодиться пользователям при выполнении лабораторных работ, приведенных в конце данного учебно-методического пособия.

2.2.1. Построение фасок

Операция **Фаска** позволяет создать одну или несколько фасок на выделенных ребрах детали. При этом данная операция не может быть выполнена для ребер, образованных гладко сопряженными гранями детали.

Для создания фаски на определенном ребре детали необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Фаска** или нажать одноименную кнопку на *Панели инструментов* (рис. 12, г).

После вызова данной команды на экране появляется диалоговое окно ввода параметров элемента фаски (рис. 21). В этом диалоге в первую очередь необходимо указать способ построения фаски – **По стороне и углу** (рис. 21, а) или **По двум сторонам** (рис. 21, б), включив щелчком мыши соответствующую опцию диалога. Если фаска строится **По стороне и углу**, то в диалоговом окне (рис. 21, а) необходимо ввести длину стороны фаски и угол между этой стороной и поверхностью фаски. Если же фаска строится **По двум сторонам**, то в диалоговом окне (рис. 21, б) в полях *L1* и *L2* необходимо ввести численные значения обоих катетов фаски.

После этого, не закрывая диалогового окна (рис. 21), в *Окне модели* необходимо выделить курсором мыши ребра детали, на которых требуется построить фаску. В результате этого количество выделенных объектов (граней и ребер) отобразится в одноименном поле диалогового окна (рис. 21).

Если необходимо построить фаски на всех ребрах определенной грани детали, то в *Окне модели* нужно выделить эту грань целиком. Выделение ребер детали для построения фаски можно осуществлять и перед запуском операции **Фаска**.

После указания ребра детали в *Окне модели* автоматически возникнет стрелка-фантом, направленная вдоль одной из граней детали и указывающая направление построения будущей фаски (рис. 22, а).

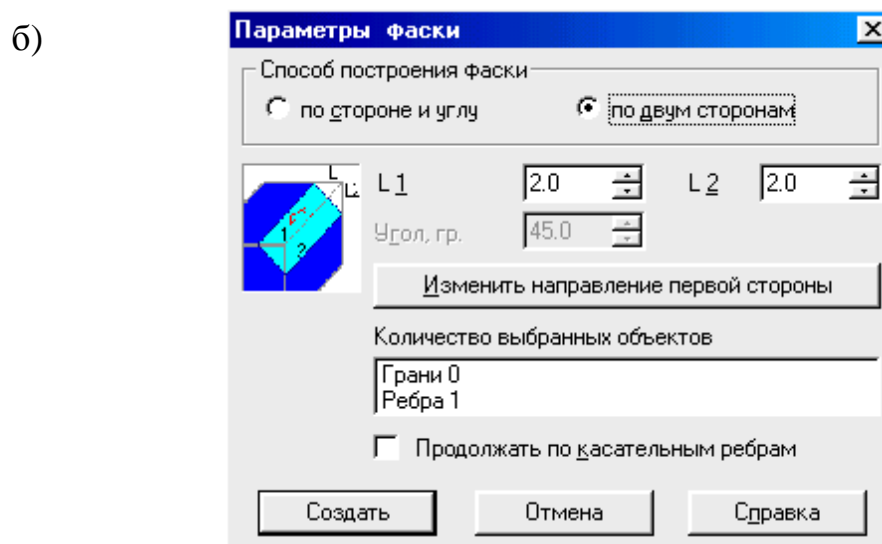
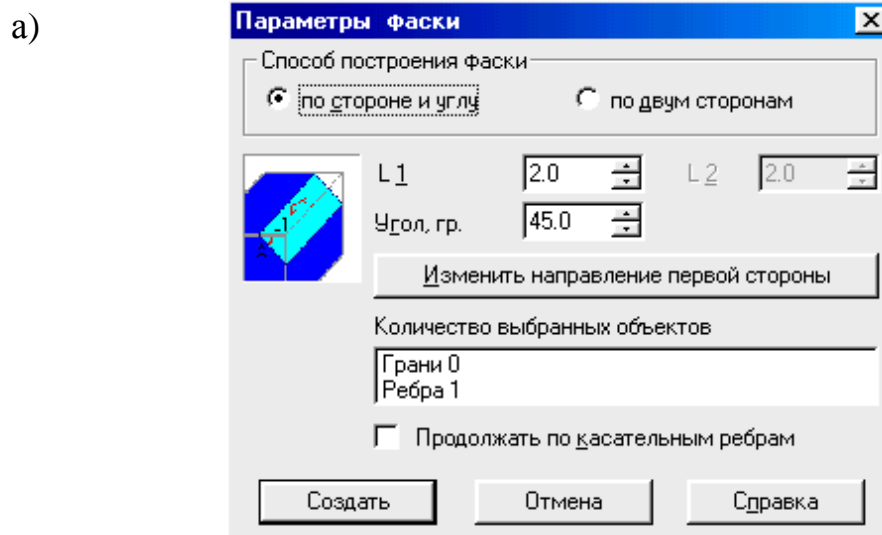


Рис. 21. Диалоговое окно ввода параметров операции **Фаска**

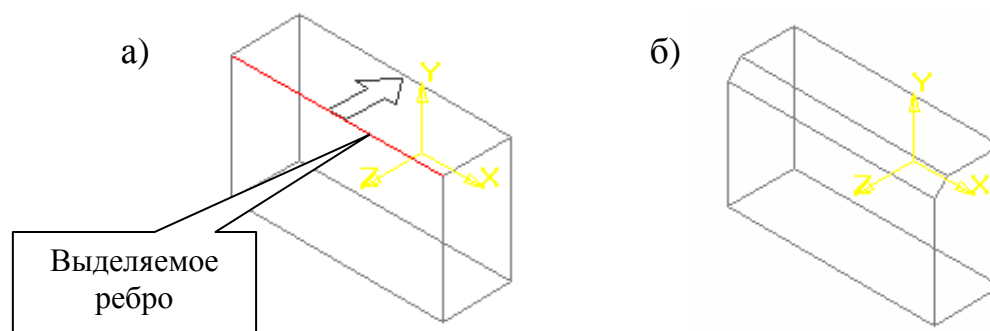


Рис. 22. Графическая последовательность построения фаски на трехмерной модели детали

Если фаска строится **По стороне и углу** (рис. 21, а), то стрелка-фантом будет указывать направление, в котором откладывается указанная длина катета фаски и ее угол. Если необходимо изменить направление построения катета фаски, то для этого следует нажать кнопку **Изменить направление первой стороны** диалога (рис. 21, а). При однократном нажатии на данную кнопку направление стрелки-фантома (а значит, и направление катета фаски) будет изменяться. Если угол фаски равен 45° , то результат ее построения не будет зависеть от направления создания катета.

Если фаска строится **По двум сторонам** (рис. 21, б), то стрелка-фантом будет указывать направление, в котором откладывается катет фаски длиной $L1$.

Если данный катет необходимо отложить в другом направлении (вдоль другой грани детали), то для этого следует нажать кнопку **Изменить направление первой стороны** диалога (рис. 21, б). Если оба катета фаски равны, то результат ее построения не будет зависеть от направления создания первого катета.

Если несколько ребер детали, на которых строится фаска, гладко соединены (имеют общую касательную в точке соединения), то, выделив одно из этих ребер и включив опцию **Продолжать по касательным ребрам**, система автоматически определит другие ребра, на которые требуется распространить фаску.

После ввода всех параметров будущей фаски в диалоговом окне (рис. 21) необходимо нажать кнопку **Создать** для ее построения. После этого система автоматически построит на выделенных ребрах детали фаску с заданными параметрами (рис. 22, б).

2.2.2. Построение скруглений

Операция **Скругление** позволяет построить одно или несколько скруглений на выделенных ребрах детали. При этом данная операция не может быть выполнена для ребер, образованных гладко сопряженными гранями детали.

Для создания скругления на определенном ребре детали необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Скругление** или нажать одноименную кнопку на *Панели инструментов* (рис. 12, г).

После вызова данной команды на экране появляется диалоговое окно ввода параметров элемента скругления (рис. 23) со следующими опциями: **Радиус скругления**, **Количество выбранных объектов**, **Продолжать по касательным ребрам** и **Сохранять кромку**.

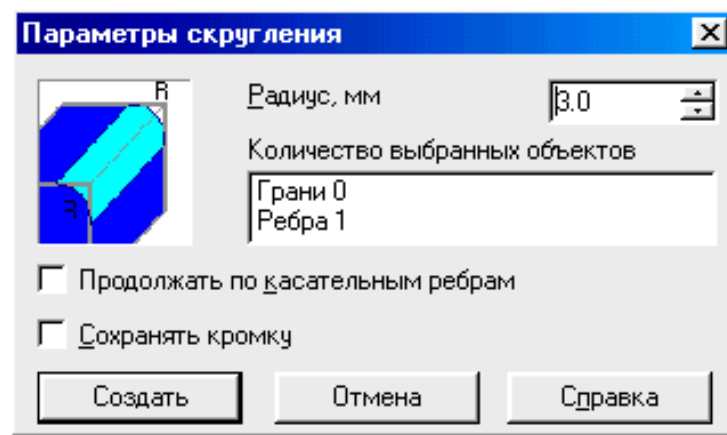


Рис. 23. Диалоговое окно ввода параметров операции **Скругление**

В поле опции **Радиус скругления** необходимо ввести численное значение радиуса скругления. После этого, не закрывая диалогового окна (рис. 23), в *Окне модели* необходимо выделить курсором мыши ребра детали, на которых требуется построить скругление (рис. 24, а). В результате этого **количество выделенных объектов** (граней и ребер) отобразится в одноименном поле диалогового окна (рис. 23). Если необходимо построить скругления на всех ребрах определенной грани детали, то в *Окне модели* нужно выделить эту грань целиком. Выделение ребер детали для построения скругления можно осуществлять и перед запуском операции **Скругление**.

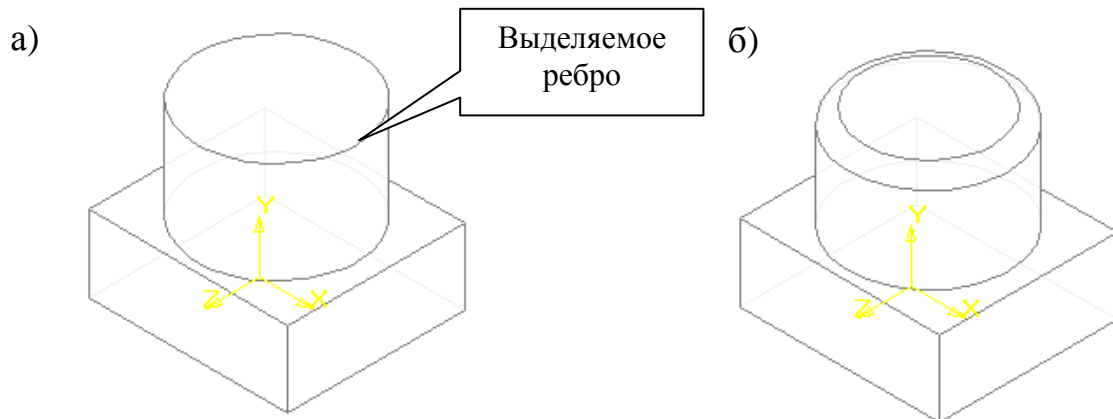


Рис. 24. Графическая последовательность построения скругления на трехмерной модели детали

Если несколько ребер детали, на которых необходимо построить скругления, гладко соединены (имеют общую касательную в точке соединения), то, выделив одно из этих ребер и включив опцию **Продолжать по касательным ребрам**, система автоматически определит другие ребра, на которые требуется распространить скругление.

В том случае, когда поверхность скругления пересекается с соседними гранями детали, система КОМПАС-3D позволяет выбрать такой вариант построения скругления, при котором будет сохранена форма ребер этих граней. Для этого необходимо включить (поставить «галочку») опцию **Сохранять кромку** в диалоговом окне (рис. 23). Если же при построении скругления опция **Сохранять кромку** будет выключена, то система по умолчанию построит скругление с сохранением поверхности, и форма ребер соседних граней может быть изменена.

После ввода всех параметров будущего скругления в диалоговом окне (рис. 23) необходимо нажать кнопку **Создать** для его построения. После этого система автоматически построит на выделенных ребрах детали скругление с заданными параметрами (рис. 24, б).

2.2.3. Построение ребер жесткости

Операция **Ребро жесткости** позволяет построить одно или несколько ребер жесткости по выделенному эскизу модели. Данная команда будет доступна только в том случае, если в *Дереве построения* выделен один эскиз детали.

Требования, предъявляемые к эскизу ребра жесткости, можно найти в книге Е. М. Кудрявцева [4]. Контур эскиза ребра жесткости строится заранее стандартными средствами КОМПАС-ГРАФИК (рис. 25, б). Однако здесь следует отметить, что контур в эскизе ребра жесткости может не доходить до тела детали. В этом случае при построении ребра система автоматически продолжит его контур до пересечения с ближайшей гранью модели. Криволинейные контуры эскиза ребра жесткости будут продолжены системой в крайних точках по касательным к самим контурам.

Для создания ребра жесткости по выделенному эскизу модели необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Ребро жесткости** или нажать одноименную кнопку на *Панели инструментов* (рис. 4, а).

После вызова данной команды на экране появляется диалоговое окно ввода параметров элемента ребра жесткости (рис. 26, а) со следующими вкладками: **Направление построения ребра жесткости** и **Толщина ребра жесткости**. Рассмотрим подробнее опции каждой вкладки данного диалога.

I. Вкладка **Направление построения ребра жесткости** (рис. 26, а).

В этой вкладке необходимо указать направление построения ребра жесткости.

Если требуется построить ребро жесткости, расположенное перпендикулярно плоскости эскиза этого ребра, то в диалоговом окне

(рис. 26, а) необходимо щелчком мыши включить (поставить «галочку» в пустой ячейке) опцию **Ортогонально эскизу**. Если же данная опция будет отключена, то система по умолчанию будет располагать ребро жесткости в плоскости его эскиза. После этого в диалоговом окне (рис. 26, а) необходимо выбрать направление построения ребра жесткости: **Прямое** (вертикально вниз) или **Обратное** (вертикально вверх), включив соответствующую опцию. Направление построения элемента отображается в *Окне модели* в виде стрелки-фантома (рис. 25, в).

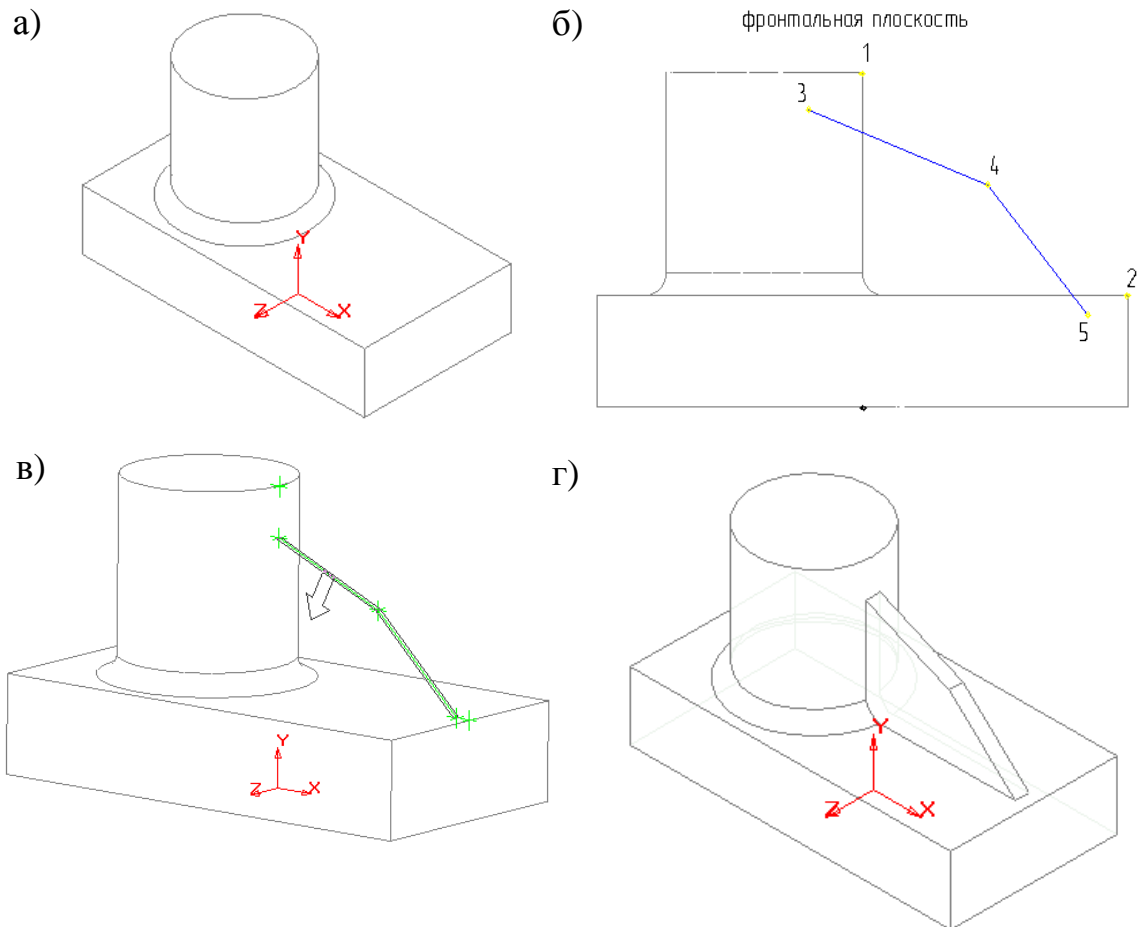
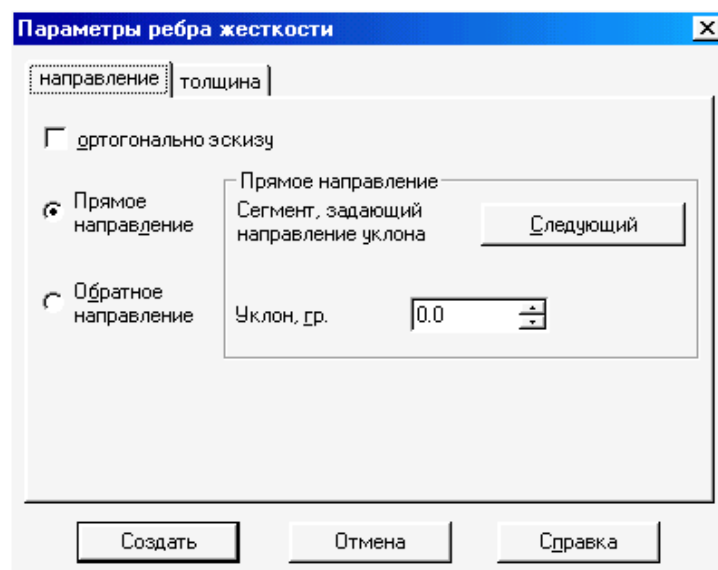


Рис. 25. Графическая последовательность построения ребра жесткости на трехмерной модели детали

Если нужно построить ребро жесткости таким образом, чтобы боковые грани элемента имели уклон, то в соответствующем поле диалогового окна (рис. 26, а) необходимо будет ввести численное значение угла уклона. По умолчанию грани ребра жесткости отклоняются системой только наружу, и изменить это направление уклона не представляется возможным.

а)



б)

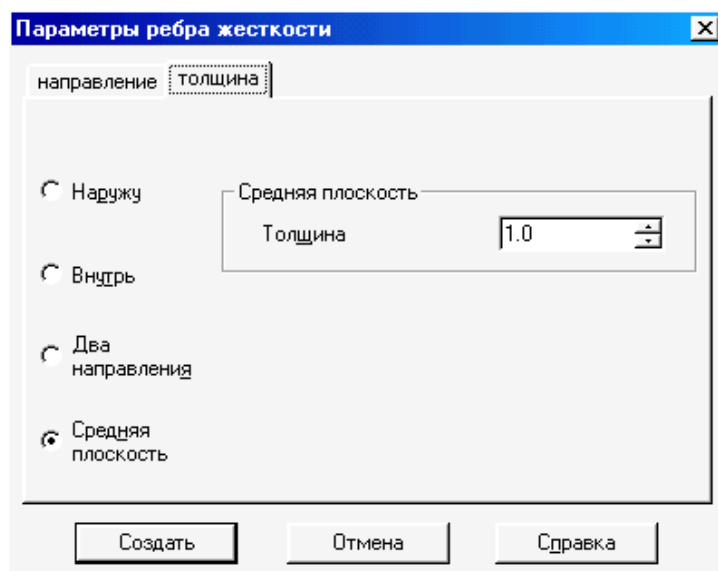


Рис. 26. Диалоговое окно ввода параметров операции **Ребро жесткости**

Если эскиз ребра жесткости состоит из нескольких сегментов (отрезков, кривых), то в диалоговом окне (рис. 26, а) можно выбрать сегмент, задающий направление уклона. Для этого в данном диалоге необходимо нажать кнопку **Следующий**. Торцевая грань ребра жесткости, соответствующая направляющему сегменту, будет восприниматься системой как основание уклона, а боковые грани ребра будут наклонены по отношению к ней на заданный угол.

II. Вкладка **Толщина ребра жесткости** (рис. 26, б).

В этой вкладке необходимо ввести параметры тонкой стенки ребра жесткости.

При формировании ребра жесткости система по умолчанию добавляет материал к его поверхности. При этом можно задать направление формирования тонкой стенки ребра жесткости: **Наружу, Внутрь, Два направления** и **Средняя плоскость**, включив соответствующую опцию в диалоговом окне (рис. 26, б).

При выборе опции **Наружу/Внутрь** материал будет добавляться к поверхности ребра жесткости с левой/правой стороны относительно плоскости его эскиза. При выборе опции **Два направления** материал будет добавляться к поверхности элемента с обеих сторон одновременно. При выборе опции **Средняя плоскость** материал будет добавляться к поверхности элемента одновременно с обеих сторон и симметрично поверхности ребра жесткости.

Кроме направления формирования тонкой стенки ребра жесткости в соответствующем поле диалогового окна (рис. 26, б), можно также ввести численное значение толщины ребра. Если тонкая стенка ребра жесткости создается в **Двух направлениях**, то толщина ее вводится два раза (для направления **Внутрь** и **Наружу**). Если поверхность элемента выбрана в качестве **Средней плоскости** тонкой стенки, то введенное численное значение ее толщины считается общим (в каждую сторону откладывается его половина).

После задания направления формирования и толщины тонкой стенки ребра жесткости, в диалоговом окне (рис. 26) необходимо нажать кнопку **Создать**. После этого система в трехмерной модели детали автоматически построит ребро жесткости с заданными параметрами (рис. 25, г).

2.2.4. Отсечение части детали по эскизу

Операция **Сечение по эскизу** позволяет удалить часть модели, находящуюся по одну сторону пересекающей ее цилиндрической поверхности, образованной перемещением указанного эскиза в направлении, перпендикулярном его плоскости. Данная команда доступна только в том случае, если в КОМПАС-3D предварительно выделен эскиз, в котором изображен профиль цилиндрической поверхности. При этом эскиз сечения всегда должен представлять собой один разомкнутый контур, который, в свою очередь, должен пересекать проекцию детали на плоскость эскиза (рис. 27, а).

Для отсечения части детали по эскизу необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Сечение – По эскизу** или нажать одноименную кнопку на *Панели инструментов* (рис. 12, д).

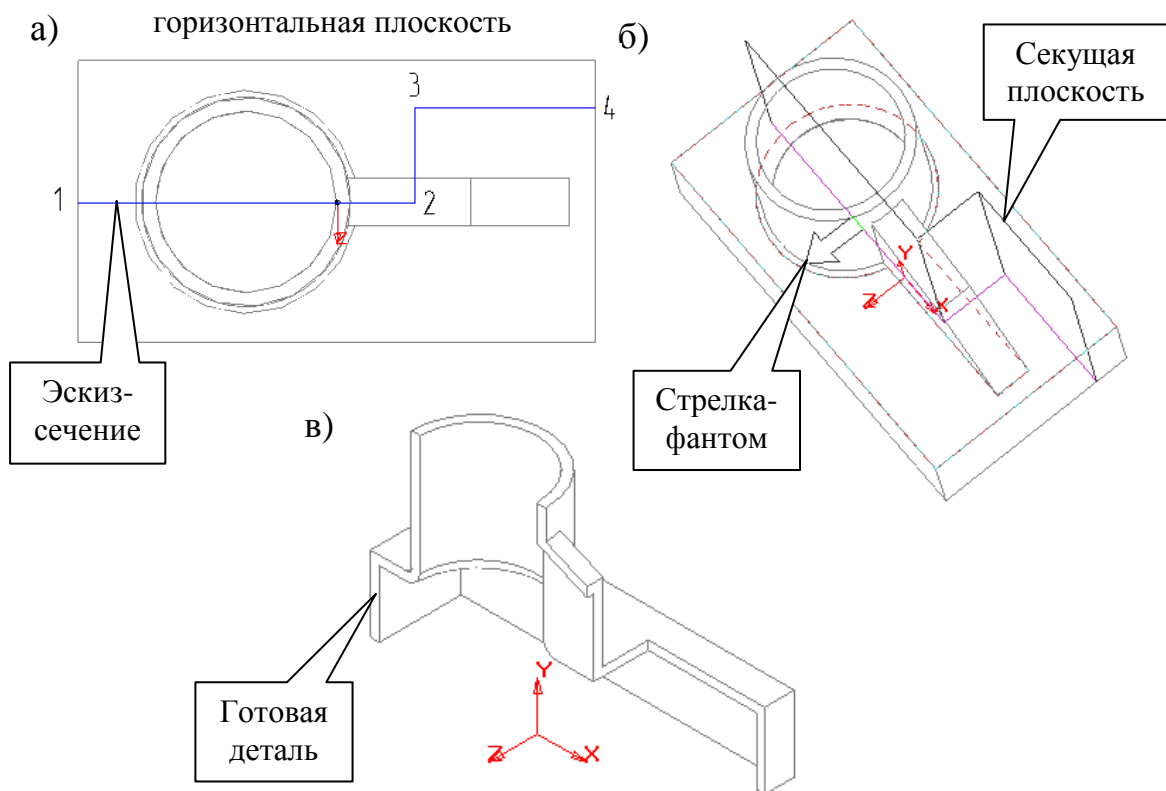


Рис. 27. Графическая последовательность сечения по эскизу трехмерной модели детали

После вызова данной команды на экране появляется диалоговое окно ввода параметров элемента сечения по эскизу (рис. 28), в котором необходимо ввести наименование эскиза-сечения и указать направление отсечения детали. Рассмотрим подробнее опции данного диалога.

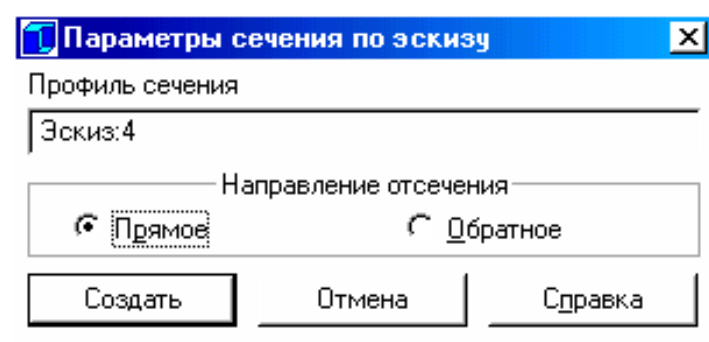


Рис. 28. Диалоговое окно ввода параметров операции **Сечение по эскизу**

После выделения эскиза-сечения и запуска команды **Сечение по эскизу** в поле **Профиль сечения** диалога (рис. 28) отображается наименование эскиза. После этого в данном диалоговом окне необходимо ука-

зать направление отсечения детали (**Прямое** или **Обратное**). При этом за **Прямое** направление система воспринимает направление вдоль положительной части оси Z или вдоль отрицательной части оси Y . За **Обратное** направление система определяет направление вдоль отрицательной части оси Z или вдоль положительной части оси Y . Направление отсечения детали отображается системой в *Окне модели* в виде фантом-стрелки (рис. 27, б).

После ввода параметров сечения по эскизу в диалоговом окне (рис. 28) необходимо нажать кнопку **Создать**. После этого система автоматически перестроит трехмерную модель детали и отсечет определенную ее часть по выделенному эскизу-сечению (рис. 27, в).

2.2.5. Построение массива по сетке

Операция **Массив по сетке** позволяет построить в КОМПАС-3D массив, элементы которого располагаются в узлах параллелограммной сетки. Параллелограммная сетка характеризуется направлением образующих ее векторов и расстоянием между ними. Началом координат сетки можно считать любую точку исходных элементов. Схема образования параллелограммной сетки представлена на рис. 29.

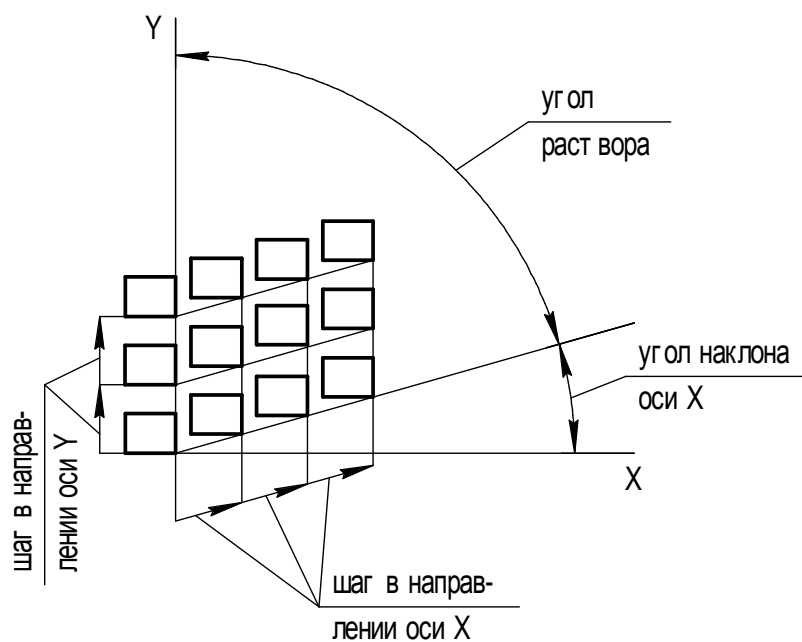


Рис. 29. Схема образования параллелограммной сетки

Перед вызовом данной команды необходимо обязательно выделить в *Дереве построения* или в *Окне модели* исходные элементы для создания массива (рис. 30, а).

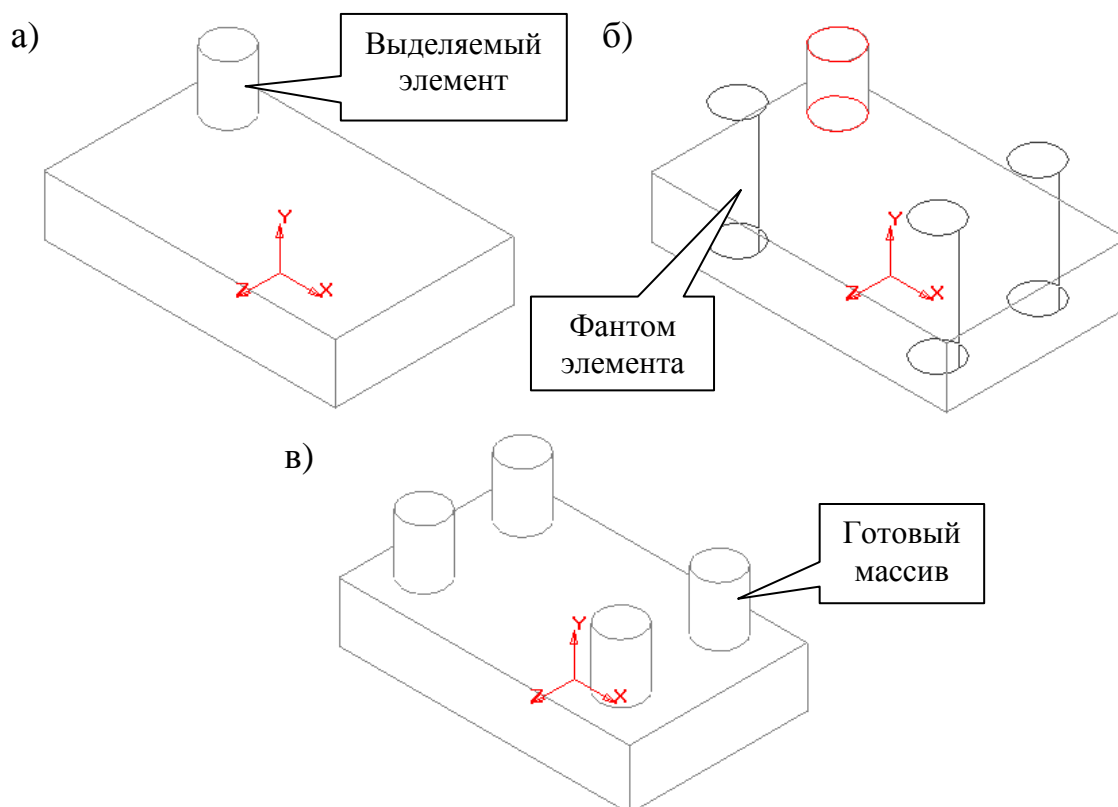


Рис. 30. Графическая последовательность построения массива по сетке элементов трехмерной модели детали

Для построения массива выделенного элемента по сетке необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Массив элементов – По сетке** или нажать одноименную кнопку на *Панели инструментов* (рис. 12, е).

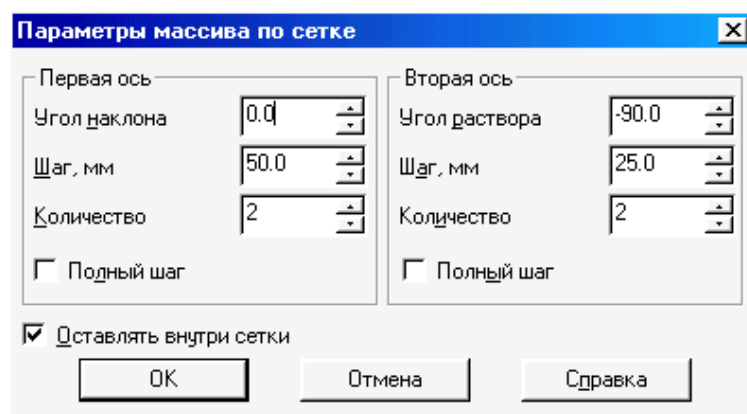
После вызова данной команды на экране появляется диалоговое окно ввода параметров массива элемента по параллелограммной сетке (рис. 31, а). Рассмотрим подробнее опции данного диалога.

В поле ввода **Угол наклона** опции **Первая ось** необходимо ввести численное значение угла наклона первой оси сетки к оси *X* локальной системы координат, в которой производится создание массива. В поле ввода **Угол раствора** опции **Вторая ось** необходимо ввести численное значение угла раствора между первой и второй осью параллелограммной сетки.

В поле ввода **Шаг** опций **Первая ось** и **Вторая ось** необходимо ввести численное значение расстояния между элементами массива, расположенными вдоль первой и второй осью сетки соответственно.

В поле ввода **Количество** опций **Первая ось** и **Вторая ось** необходимо ввести количество элементов массива вдоль первой и второй осью сетки соответственно.

а)



б)

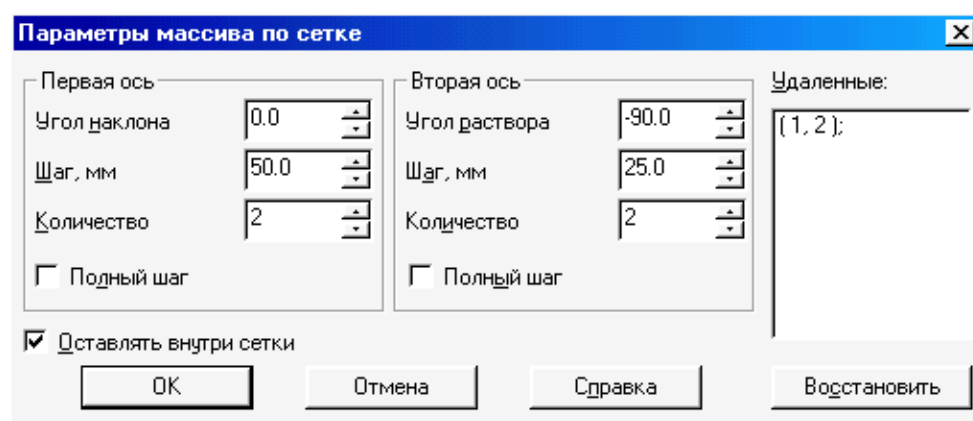


Рис. 31. Диалоговое окно ввода параметров операции **Массив по сетке**

Если поле ввода **Полный шаг** опций **Первая ось** и **Вторая ось** отмечено «галочкой», то введенное ранее численное значение шага воспринимается системой как расстояние между соответствующими точками первого и последнего элементов массива в направлении первой и второй осей сетки соответственно. Если же в поле ввода **Полный шаг** опций **Первая ось** и **Вторая ось** значок «галочки» отсутствует, то введенное ранее численное значение шага воспринимается системой как расстояние между соответствующими точками соседних элементов массива в направлении первой и второй осей сетки соответственно.

Если в ходе 3D-моделирования нужно расположить элементы массива во всех узлах параллелограммной сетки (в этом случае их количество будет равно произведению количества вдоль первой оси и количества вдоль второй оси), то в диалоговом окне (рис. 31, а) необходимо включить опцию **Оставлять внутри сетки**. Если же нужно расположить элементы массива по внешнему контуру сетки, то в данном диалоговом окне опцию **Оставлять внутри сетки** необходимо выключить.

Введение численных значений параметров массива по параллелограммной сетке в диалоговом окне (рис. 31, а) мгновенно отражается в *Окне модели* в виде фантома массива элементов (рис. 30, б). Эта особенность построения массива позволяет оценить правильность ввода его параметров и при необходимости внести в них изменения.

После ввода параметров массива по параллелограммной сетке в диалоговом окне (рис. 31, а) необходимо нажать кнопку **Создать**. После этого система автоматически построит заданный массив выделенного элемента по параллелограммной сетке (рис. 30, в).

Если в процессе редактирования массива по сетке был удален один или несколько его элементов, то в диалоговом окне ввода параметров массива появится дополнительная опция **Удаленные** (рис. 31, б). В поле ввода **Удаленные** отображается список номеров удаленных элементов массива. Номер удаленного элемента массива состоит из двух чисел: первое – номер элемента вдоль первой оси сетки, второе – номер элемента вдоль второй оси (нумерация элементов начинается с единицы). Для того чтобы отменить удаление какого-либо элемента (восстановить этот элемент в массиве), необходимо выделить его индексное обозначение в списке **Удаленные** и нажать кнопку **Восстановить** диалога (рис. 31, б).

2.2.6. Построение массива по концентрической сетке

Операция **Массив по концентрической сетке** позволяет построить в КОМПАС-3D массив, элементы которого располагаются в узлах концентрической сетки. Концентрическая сетка характеризуется положением ее плоскости и центра, радиусами окружностей и углом между пересекающимися их радиальными лучами. Схема образования концентрической сетки представлена на рис. 32.

Перед вызовом данной команды необходимо обязательно выделить в *Дереве построения* или в *Окне модели* исходные элементы для создания массива (рис. 33, а).

Для построения массива выделенного элемента по концентрической сетке необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Массив элементов – По концентрической сетке** или нажать одноименную кнопку на *Панели инструментов* (рис. 12, е).

После вызова данной команды на экране появляется диалоговое окно ввода параметров массива элемента по концентрической сетке (рис. 34, а). Положение плоскости концентрической сетки и ее центра можно определить, предварительно построив ось массива. Плоскость сет-

ки должна быть перпендикулярна оси массива, а центр сетки – лежать на этой оси (рис. 33, б). В качестве оси массива можно использовать вспомогательную ось, прямолинейное ребро детали или отрезок в эскизе.

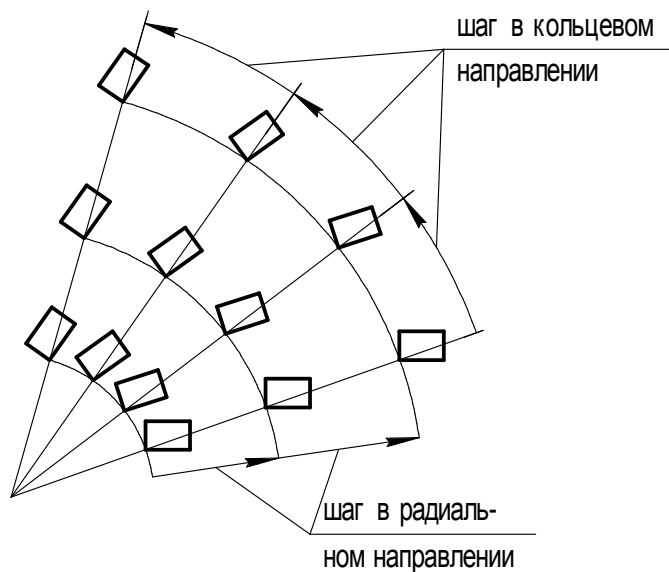


Рис. 32. Схема образования концентрической сетки

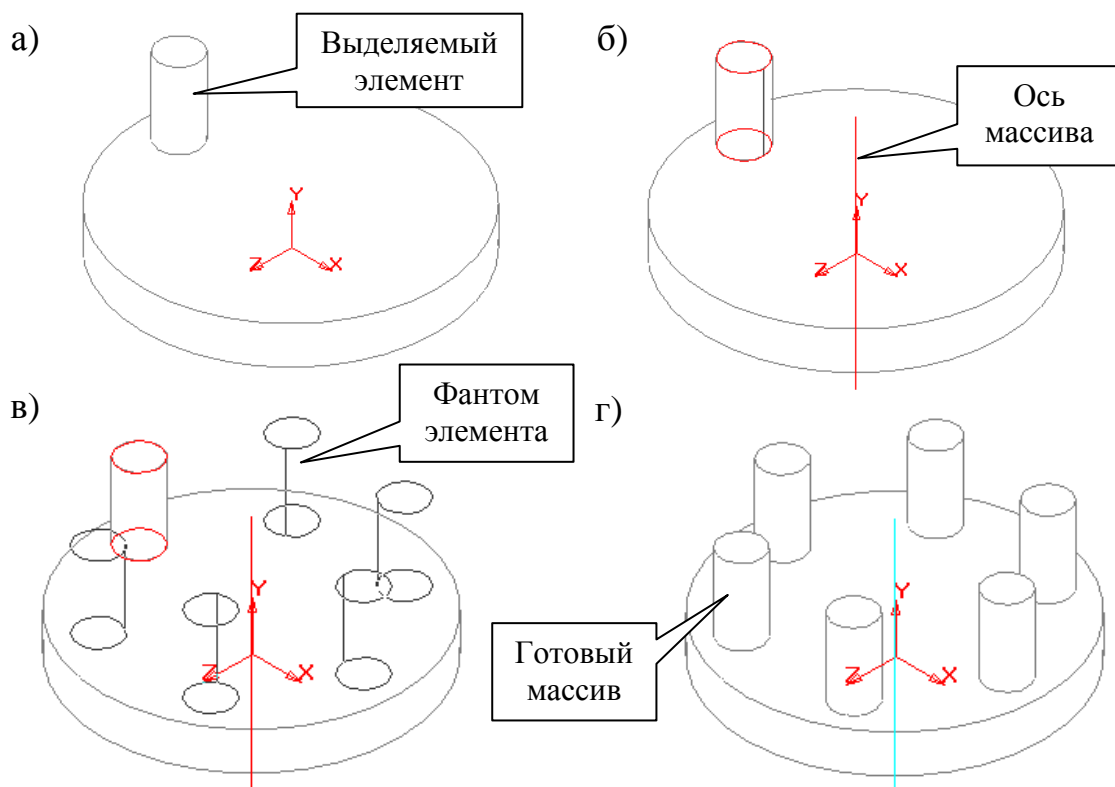


Рис. 33. Графическая последовательность построения массива элементов трехмерной модели детали по концентрической сетке

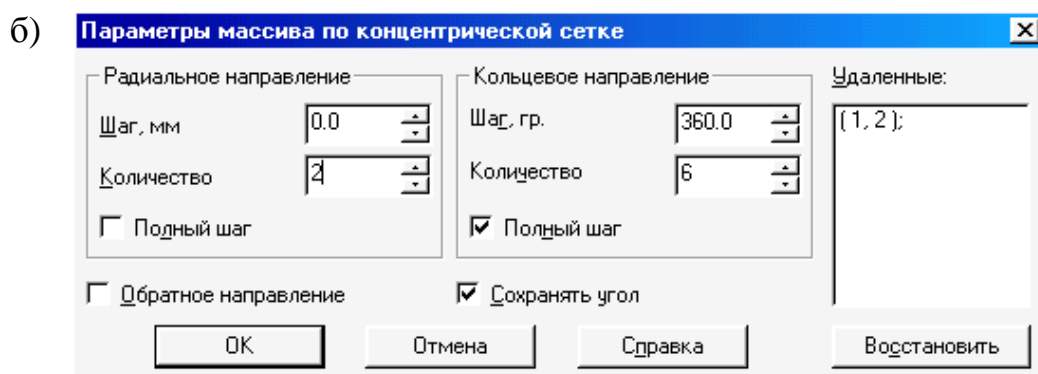
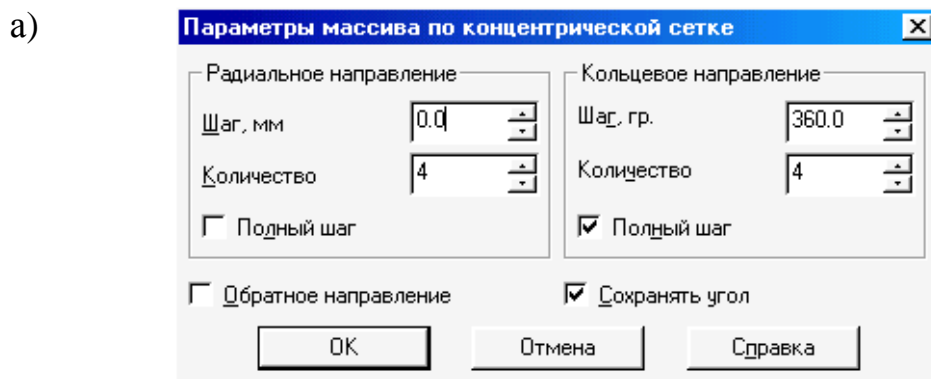


Рис. 34. Диалоговое окно ввода параметров операции **Массив по концентрической сетке**

Радиус внутренней окружности концентрической сетки определяется системой автоматически. Он равен расстоянию от любой точки исходных объектов до центра сетки (т. е. считается, что исходные объекты лежат на внутренней окружности сетки).

После отображения на экране диалога (рис. 34, а) необходимо выделить курсором в *Окне модели* ось массива. Рассмотрим подробнее опции данного диалога.

В поле ввода **Шаг** опций **Радиальное направление** и **Кольцевое направление** необходимо ввести численное значение расстояния между элементами массива, расположенными в радиальном направлении (т. е. расстояние между элементами, лежащими на одном луче сетки, или расстояние между окружностями сетки) и в кольцевом направлении (т. е. угол между элементами, лежащими на одной окружности сетки, или угол между лучами сетки).

В поле ввода **Количество** опции **Радиальное направление** необходимо ввести количество окружностей концентрической сетки. Заданное значение показывает, сколько элементов массива должно получиться на каждом радиальном луче сетки.

В поле ввода **Количество** опции **Кольцевое направление** необходимо ввести количество лучей концентрической сетки. Заданное значение показывает, сколько элементов массива должно получиться на каждой окружности сетки.

Если поле ввода **Полный шаг** опции **Радиальное направление** отмечено «галочкой», то введенное ранее численное значение шага воспринимается системой как расстояние между внутренней и наружной окружностями сетки (между соответствующими точками элементов на этих окружностях). Если же в поле ввода **Полный шаг** опции **Радиальное направление** значок «галочки» отсутствует, то введенное ранее численное значение шага воспринимается системой как расстояние между соседними окружностями сетки (между соответствующими точками элементов на этих окружностях).

Если поле ввода **Полный шаг** опции **Кольцевое направление** отмечено «галочкой», то введенное ранее численное значение шага воспринимается системой как угол между первым и последним лучами сетки (между соответствующими точками элементов на этих лучах). Если же в поле ввода **Полный шаг** опции **Кольцевое направление** значок «галочки» отсутствует, то введенное ранее численное значение шага воспринимается системой как угол между соседними лучами сетки (между соответствующими точками элементов на этих лучах).

Для того чтобы изменить направление отсчета углов относительно первого луча сетки массива, необходимо включить опцию **Обратное направление**.

Для того чтобы отменить сохранение величин углов относительно первого луча сетки массива, необходимо выключить опцию **Сохранять угол**.

Введение численных значений параметров массива по концентрической сетке в диалоговом окне (рис. 34, а) мгновенно отражается в *Окне модели* в виде фантома массива элементов (рис. 33, в). Эта особенность построения массива позволяет оценить правильность ввода его параметров и при необходимости внести в них изменения.

После ввода параметров массива по концентрической сетке в диалоговом окне (рис. 34, а) необходимо нажать кнопку **Создать**. После этого система автоматически построит заданный массив выделенного элемента по концентрической сетке (рис. 33, г).

Если в процессе редактирования массива по концентрической сетке был удален один или несколько его элементов, то в диалоговом окне ввода параметров массива появится дополнительная опция **Уда-**

ленные (рис. 34, б). В поле ввода **Удаленные** отображается список номеров удаленных элементов массива. Номер удаленного элемента массива состоит из двух чисел: первое – номер элемента в радиальном направлении, второе – номер элемента в кольцевом направлении (нумерация элементов начинается с единицы). Для того чтобы отменить удаление какого-либо элемента (восстановить этот элемент в массиве), необходимо выделить его индексное обозначение в списке **Удаленные** и нажать кнопку **Восстановить** диалога (рис. 34, б).

2.2.7. Построение вспомогательной оси конической грани детали

Команда **Ось конической грани** позволяет построить в КОМПАС-3D одну или несколько конструктивных осей, являющихся осями вращения конической или цилиндрической грани детали.

Для запуска данной команды необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Ось – Конической поверхности** или нажать кнопку **Ось конической грани** на *Панели инструментов Вспомогательная геометрия* (рис. 4, г).

После вызова данной команды на *Панели инструментов* (рис. 4, г) необходимо в *Окне модели* указать курсором и щелкнуть мышью по изображению конической или цилиндрической поверхности (грани) детали, ось вращения которого требуется построить. После этого система автоматически построит в *Окне модели* вспомогательную ось для указанной конической или цилиндрической поверхности детали, а в *Дереве построения* отобразит пиктограмму данной операции.

2.2.8. Построение смещенной плоскости

Команда **Смещенная плоскость** позволяет построить в КОМПАС-3D одну или несколько вспомогательных конструктивных плоскостей, расположенных на заданном расстоянии от указанной опорной плоскости детали. В качестве опорной плоскости можно использовать плоскости проекций или плоские грани модели.

Для запуска данной команды необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Плоскость – Смещенная** или нажать кнопку **Смещенная плоскость** на *Панели инструментов Вспомогательная геометрия* (рис. 4, г).

После вызова команды **Смещенная плоскость** на *Панели инструментов* (рис. 4, г) в соответствующем поле *Строки параметров объектов* необходимо ввести численное значение расстояния от опорной плоскости до новой вспомогательной плоскости детали и направление

смещения вспомогательной плоскости (рис. 35). После указания расстояния и направления смещения будущей плоскости в *Окне модели* появляется ее фантом в виде прямоугольника (рис. 20, б).

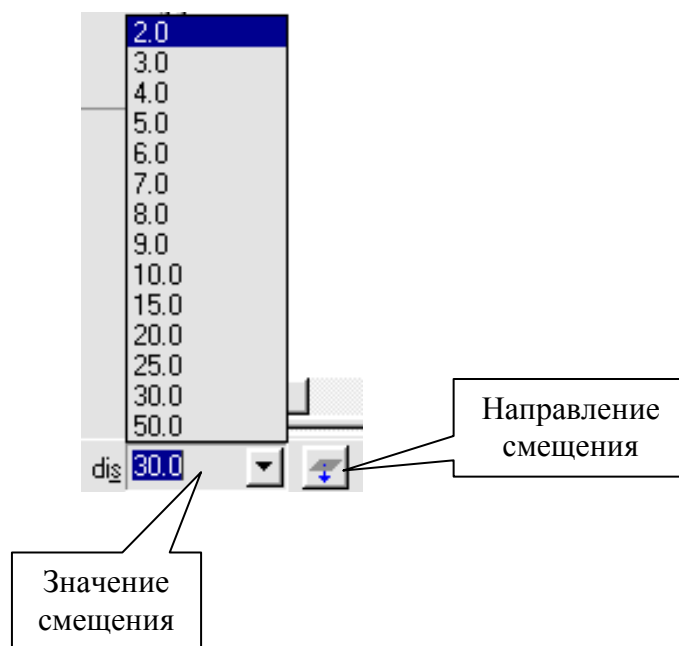


Рис. 35. Строка параметров объектов при создании вспомогательной смещенной плоскости

Для подтверждения правильности построения фантома вспомогательной плоскости необходимо нажать кнопку **Создать объект** на *Панели спецуправления* КОМПАС-3D (рис. 7 [1]).

Прямоугольник, изображающий вспомогательную плоскость, по умолчанию немного выступает за пределы объектов модели, на которых базировалось построение этой плоскости. Иногда для понимания расположения плоскости требуется, чтобы символизирующий ее прямоугольник был больше (меньше) или смещен в другое место плоскости. В КОМПАС-3D можно изменять размер и положение этого прямоугольника, перетаскивая мышью его характерные точки (они появляются, когда плоскость выделена).

2.2.9. Построение касательной плоскости

Команда **Касательная плоскость** позволяет построить в КОМПАС-3D одну или несколько вспомогательных плоскостей, проходящих касательно к опорной цилиндрической или конической грани детали.

Для запуска данной команды необходимо вызвать из меню **Операции** команду **Плоскость – Касательная** или нажать кнопку **Каса-**

тальная плоскость на *Панели инструментов* **Вспомогательная геометрия** (рис. 4, г).

После вызова команды **Нормальная плоскость** на *Панели инструментов* (рис. 4, г) необходимо указать курсором в *Окне модели* опорную цилиндрическую или коническую грань детали, касательно к которой должна пройти вспомогательная плоскость (рис. 36, а). Так как к любой цилиндрической или конической поверхности можно провести множество касательных плоскостей, то для определения одной из них системе требуется задать дополнительное условие. После указания опорной грани в *Окне модели* необходимо выделить линию касания создаваемой плоскости с опорной гранью детали (рис. 36, б). Линия касания определяется пересечением опорной грани и нормальной к ней плоскости.

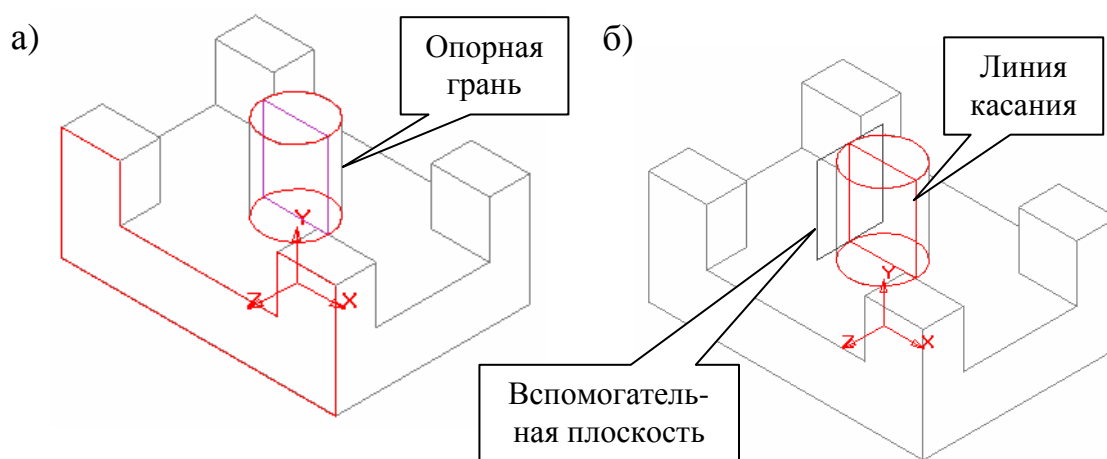


Рис. 36. Графическая последовательность построения касательной плоскости для трехмерной модели детали

Если требуется расположить создаваемую плоскость по другую сторону относительно линии касания опорной и нормальной к ней плоскости, то в *Строке параметров объектов* необходимо нажать на кнопку **Изменить положение** или вызвать одноименную команду из *Контекстного меню*. После этого в *Окне модели* появится фантом создаваемой плоскости в виде прямоугольника (рис. 36, б).

Для подтверждения правильности построения фантома вспомогательной плоскости необходимо нажать кнопку **Создать объект** на *Панели спецуправления КОМПАС-3D* (рис. 7 [1]).

Лабораторная работа № 1

ПОСТРОЕНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D ПРИ ПОМОЩИ ОПЕРАЦИЙ ВЫДАВЛИВАНИЯ И ВРАЩЕНИЯ

Цель работы – закрепить основные приемы построения и редактирования трехмерной модели детали в системе КОМПАС-3D при помощи операций **Выдавливания** и **Вращения**.

Задание

Используя возможности трехмерного твердотельного моделирования деталей машин системы КОМПАС-3D, построить и отредактировать трехмерные модели опорной втулки и клапана, в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 37 и 38.

Последовательность выполнения работы

1. Запустить на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D.

2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или пиктограммы **Новая деталь** на *Панели управления* (рис. 2, а) системы открыть в КОМПАС-3D новое окно для создания трехмерной модели детали.

3. Используя соответствующие команды *Панели инструментов* **Построение детали**, построить в новом окне детали в масштабе 1:1 трехмерную твердотельную модель опорной втулки в соответствии со своим вариантом (табл. 3) и по аналогии с рис. 37.

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы номер варианта численных значений размеров формообразующих элементов опорной втулки (табл. 3) выбирается таким образом, чтобы он соответствовал порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя.

а) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) в горизонтальной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 1 прямоугольного основания опорной втулки (прямоугольник длиной L и шириной B) (рис. 37).

б) При помощи операции **Выдавливания** (подраздел 2.1.1) построить трехмерную модель прямоугольного основания втулки путем выдавливания эскиза № 1 вдоль оси z на высоту H_2 (рис. 37).

в) При помощи операции **Скругление** (см. подраздел 2.2.2) выполнить скругление вертикальных ребер трехмерной модели прямоугольного основания детали радиусом RG (рис. 37).

Табл. 3. **Перечень численных значений размеров формообразующих элементов опорной втулки**

№ варианта	Численные значения размеров, мм												
	L	L_1	B	B_1	H	H_1	H_2	$\square F$	$\varnothing Q$	$\varnothing Q_1$	$\varnothing Q_2$	RG	C
1	40	30	25	16	26	21	6	10	20	6	5	1,5	0,5
2	43	32	28	18	28	23	8	11	22	8	6	2	1
3	46	34	31	20	30	25	10	12	24	10	7	2	1
4	49	36	34	22	32	27	12	13	26	12	8	2	1
5	52	38	37	24	34	29	14	14	28	14	9	2,5	1,5
6	55	40	40	26	36	31	16	15	30	16	10	2,5	1,5
7	58	42	43	28	38	33	18	16	32	18	11	2,5	1,5
8	61	44	46	30	40	35	20	17	34	20	12	3	2
9	64	46	49	32	42	37	22	18	36	22	13	3	2
10	67	48	52	34	44	39	24	19	38	24	14	3	2
11	70	50	55	36	46	41	26	20	40	26	15	3,5	2,5
12	73	52	58	38	48	43	28	21	42	28	16	3,5	2,5
13	76	54	61	40	50	45	30	22	44	30	17	3,5	2,5
14	79	56	64	42	52	47	32	23	46	32	18	4	3
15	82	58	67	44	54	49	34	24	48	34	19	4	3

г) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) на верхней грани прямоугольного основания втулки параметрический эскиз № 2 цилиндрической бобышки детали (окружность диаметром $\varnothing Q$) (рис. 37).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности эскиза № 2 должен совпасть с точкой пересечения диагоналей прямоугольного контура эскиза № 1.

д) При помощи операции **Приклеить выдавливанием** (подраздел 2.1.1) построить трехмерную модель цилиндрической бобышки опорной втулки путем выдавливания эскиза № 2 вдоль оси z на расстояние $H_1 - H_2$ (рис. 37).

е) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) на верхней (торцевой) грани цилиндрической бобышки детали параметрический эскиз № 3 призматического выступа втулки (квадрат со сторонами $\square F$) (рис. 37).

ж) При помощи операции **Приклеить выдавливанием** (подраздел 2.1.1) построить трехмерную модель призматического выступа опорной втулки путем выдавливания эскиза № 3 вдоль оси z на расстояние $H - H_1$ (рис. 37).

з) При помощи операции **Фаска** (подраздел 2.2.1) построить четыре фаски размером $S \times 45^\circ$ на конечных ребрах верхней (торцевой)

границы трехмерной модели призматического выступа опорной втулки (рис. 37).

и) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) на верхней (торцевой) грани призматического выступа детали параметрический эскиз № 4 цилиндрического отверстия опорной втулки (окружность диаметром $\varnothing Q_1$) (рис. 37).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности эскиза № 4 должен совпасть с точкой пересечения диагоналей прямоугольного контура эскиза № 3.

к) При помощи операции **Вырезать выдавливанием** (подраздел 2.1.1) построить трехмерную модель цилиндрического отверстия опорной втулки путем выдавливания эскиза № 4 вдоль оси z на расстояние H (рис. 37).

л) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) на верхней (торцевой) грани трехмерной модели прямоугольного основания опорной втулки параметрический эскиз № 5 цилиндрического отверстия детали (окружность диаметром $\varnothing Q_2$) (рис. 37).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности эскиза № 5 должен располагаться на расстоянии $L_1/2$ и $B_1/2$ относительно вертикальной и горизонтальной осей симметрии прямоугольного основания опорной втулки.

м) При помощи операции **Вырезать выдавливанием** (подраздел 2.1.1) построить цилиндрическое отверстие в трехмерной модели прямоугольного основания опорной втулки путем выдавливания эскиза № 5 вдоль оси z на расстояние H_2 (рис. 37).

н) При помощи операции **Массив по сетке** (подраздел 2.2.5) построить массив из четырех цилиндрических отверстий диаметром $\varnothing Q_2$, расположенных на расстоянии L_1 и B_1 друг относительно друга (рис. 37).

о) При помощи операции **Фаска** (подраздел 2.2.1) построить четыре фаски размером $S \times 45^\circ$ на торцевых ребрах верхних граней четырех цилиндрических отверстий трехмерной модели прямоугольного основания втулки (рис. 37).

4. Используя соответствующие команды *Панели инструментов* **Построение детали**, отредактировать ранее построенную трехмерную твердотельную модель опорной втулки:

а) При помощи операции **Вырезать выдавливанием** (подраздел 2.1.1) уменьшить глубину сквозного цилиндрического отверстия опорной втулки диаметром $\varnothing Q_1$ на 10 мм.

б) При помощи операции **Приклеить выдавливанием** (подраздел 2.1.1) увеличить высоту призматического выступа опорной втулки на 10 мм.

в) При помощи операции **Приклеить выдавливанием** (подраздел 2.1.1) изменить форму бобышки опорной втулки с цилиндрической на усеченную коническую форму, сужающуюся кверху (наружу) с углом наклона образующей цилиндра к его основанию 15° .

г) На верхней грани прямоугольного основания опорной втулки построить (раздел 3.3 [1], [7]) параметрический эскиз № 6 прохождения секущих плоскостей сложного ступенчатого разреза А–А (рис. 37). При помощи операции **Сечение по эскизу** (подраздел 2.2.4) выполнить сложный ступенчатый разрез трехмерной модели опорной втулки путем удаления части детали относительно контура эскиза № 6 по аналогии с рис. 37.

5. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или пиктограммы **Новая деталь** на *Панели управления* (рис. 2, а) системы открыть в КОМПАС-3D новое окно для создания трехмерной модели детали.

6. Используя соответствующие команды *Панели инструментов* **Построение детали**, построить в новом окне детали в масштабе 1:1 трехмерную твердотельную модель клапана в соответствии со своим вариантом (табл. 4) и по аналогии с рис. 38.

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы номер варианта численных значений размеров формообразующих элементов клапана (табл. 4) выбирается таким образом, чтобы он соответствовал порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя.

а) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во фронтальной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 1 первой, второй, третьей, четвертой и пятой ступеней клапана (замкнутая ломаная линия половины контура главного вида клапана) (рис. 38).

б) При помощи операции **Вращения** (подраздел 2.1.2) построить трехмерную модель первых пяти цилиндрических ступеней клапана путем вращения параметрического эскиза № 1 относительно оси вращения клапана (рис. 38).

в) При помощи операции **Фаска** (подраздел 2.2.1) построить две фаски размером $S \times 45^\circ$ на торцевых гранях второй и четвертой ступеней клапана (рис. 38).

г) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во фронтальной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 2 конического отверстия в первой ступени клапана (замкнутая ломаная линия половины контура главного вида конического отверстия) с размерами $\varnothing Q_4$, $L_1/2$ и α (рис. 38).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы ось вращения контура параметрического эскиза № 2 должна совпасть с осью вращения контура эскиза № 1.

д) При помощи операции **Вырезать вращением** (подраздел 2.1.2) построить трехмерную модель конического отверстия в первой ступени клапана путем вращения параметрического эскиза № 2 относительно оси вращения клапана (рис. 38).

е) На торцевой грани второй ступени клапана построить (раздел 3.3 [1], [7]) параметрический эскиз № 3 продольного призматического отверстия детали (равносторонний пятиугольник, описанный вокруг окружности диаметром $\varnothing Q_7$) (рис. 38).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности, вписанной в равносторонний пятиугольник параметрического эскиза № 3, должен совпасть с осью вращения клапана.

ж) При помощи операции **Вырезать выдавливанием** (подраздел 2.1.1) построить трехмерную модель пятиугольного призматического отверстия клапана путем выдавливания эскиза № 3 вдоль оси x на расстояние $L_6 - L_1/2$ (рис. 38).

з) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во фронтальной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 4 шестой конической ступени клапана (замкнутая ломаная линия половины контура главного вида шестой конической ступени клапана) диаметром $\varnothing Q_5$ и длиной L_4 (рис. 38).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы ось вращения контура параметрического эскиза № 4 должна совпасть с осью вращения контура эскиза № 1.

и) При помощи операции **Приклеить вращением** (подраздел 2.1.2) построить трехмерную модель шестой конической ступени клапана путем вращения параметрического эскиза № 4 относительно оси вращения клапана (рис. 38).

к) При помощи команды **Касательная плоскость** (подраздел 2.2.9) построить вспомогательную плоскость № 1, расположенную параллельно фронтальной плоскости проекций трехмерной модели и проходящую касательно цилиндрической поверхности пятой ступени клапана.

л) Во вспомогательной плоскости № 1 построить (раздел 3.3 [1], [7]) параметрический эскиз № 5 поперечного цилиндрического отверстия клапана (окружность диаметром $\varnothing Q_6$) (рис. 38).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности параметрического эскиза № 5 должен располагаться вдоль прямой линии параллельной оси x на расстоянии L_5 от правого торца клапана (рис. 38).

м) При помощи операции **Вырезать выдавливанием** (подраздел 2.1.1) построить трехмерную модель поперечного сквозного цилиндрического отверстия клапана путем выдавливания эскиза № 5 вдоль оси z на расстояние Q_4 (рис. 38).

7. Используя соответствующие команды *Панели инструментов Построение детали*, отредактировать ранее построенную трехмерную твердотельную модель клапана:

а) При помощи соответствующих команд *Панелей инструментов Геометрические построения, Редактирование* системы КОМПАС-ГРАФИК (с. 34–53 и 56–65 [1], [7]) изменить контур параметрического эскиза № 3 продольного призматического отверстия клапана с пятиугольного на шестиугольный.

б) При помощи операции **Вырезать выдавливанием** (подраздел 2.1.1) увеличить глубину продольного призматического отверстия клапана на 5 мм.

в) Изменить контур шестой ступени клапана с конического на четырехугольный призматический толщиной Q_5 и длиной L_4 :

- в *Дереве построения* (рис. 5) трехмерной модели клапана удалить операцию **Приклеить элементом вращением** и эскиз № 4;

- на торцевой грани пятой ступени клапана построить (раздел 3.3 [1], [7]) параметрический эскиз № 6 шестой призматической ступени клапана (квадрат с размерами Q_5);

- при помощи операции **Приклеить выдавливанием** (подраздел 2.1.1) построить трехмерную модель шестой призматической ступени клапана путем выдавливания контура эскиза № 6 вдоль оси x на расстояние L_4 .

г) На торцевой грани первой ступени клапана построить (раздел 3.3 [1], [7]) параметрический эскиз № 7 прохождения секущих плоскостей простого фронтального разреза (рис. 38). При помощи операции **Сечение по эскизу** (подраздел 2.2.4) выполнить простой фронтальный разрез трехмерной модели клапана путем удаления $\frac{1}{4}$ части детали относительно контура эскиза № 7 по аналогии с рис. 38.

Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант отредактированных трехмерных моделей опорной втулки и клапана, выполненных в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 37 и 38. Преподавателем оценивается объем, правильность построения и редактирования трехмерных моделей деталей.

Табл. 4. Перечень численных значений размеров формообразующих элементов клапана

№ варианта	Численные значения размеров, мм																α, град
	∅Q	∅Q ₁	∅Q ₂	∅Q ₃	∅Q ₄	∅Q ₅	∅Q ₆	∅Q ₇	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	C	
1	60	52	38	32	22	20	8	14	99	41	54	34	14	20	55	3	80
2	59	51	37	32	22	20	8	14	98	40	53	33	14	20	54	3	80
3	58	50	36	30	21	19	8	13	97	39	52	32	13	19	53	3	79
4	57	49	35	30	21	19	7	13	96	38	51	31	13	19	52	2,5	79
5	56	48	34	28	20	18	7	12	95	37	50	30	12	18	51	2,5	78
6	55	47	33	28	20	18	7	12	94	36	49	29	12	18	50	2,5	78
7	54	46	32	26	19	17	6	11	93	35	48	28	11	17	49	2	77
8	53	45	31	26	19	17	6	11	92	34	47	27	11	17	48	2	77
9	52	44	30	24	18	16	6	10	91	33	46	26	10	16	47	2	76
10	51	43	29	24	18	16	5	10	90	32	45	25	10	16	46	1,5	76
11	50	42	28	22	17	15	5	9	89	31	44	24	9	15	45	1,5	75
12	49	41	27	22	17	15	5	9	88	30	43	23	9	15	44	1,5	75
13	48	40	26	20	16	14	4	8	87	29	42	22	8	14	43	1	74
14	47	39	25	20	16	14	4	8	86	28	41	21	8	14	42	1	74
15	46	38	24	18	15	13	4	7	85	27	40	20	7	13	41	1	73

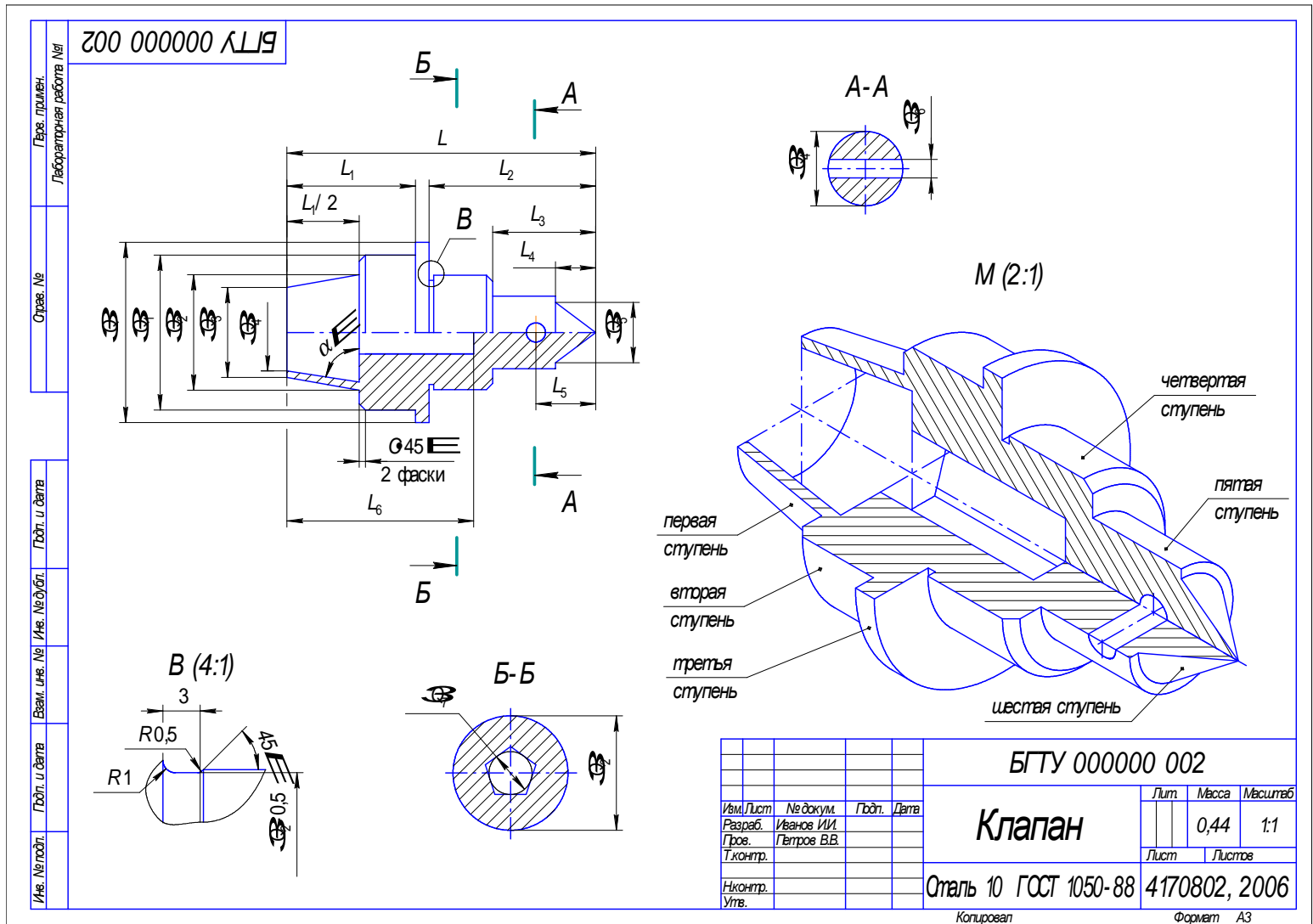


Рис. 38. Рабочий чертеж клапана

Лабораторная работа № 2
ПОСТРОЕНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ
МОДЕЛИ ДЕТАЛИ В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D ПРИ ПОМОЩИ
КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ И ОПЕРАЦИИ
ПО СЕЧЕНИЯМ

Цель работы – закрепить основные приемы построения и редактирования трехмерной модели детали в системе КОМПАС-3D при помощи **Кинематической операции** и операции **По сечениям**.

Задание

Используя возможности трехмерного твердотельного моделирования деталей машин системы КОМПАС-3D, построить и отредактировать трехмерные модели переходника и распределительной втулки в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 39 и 40.

Последовательность выполнения работы

1. Запустить на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D.

2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или пиктограммы **Новая деталь** на *Панели управления* (рис. 2, а) системы открыть в КОМПАС-3D новое окно для создания трехмерной модели детали.

3. Используя соответствующие команды *Панели инструментов* **Построение детали**, построить в новом окне детали в масштабе 1:1 трехмерную твердотельную модель переходника в соответствии со своим вариантом (табл. 5) и по аналогии с рис. 39.

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы номер варианта численных значений размеров формообразующих элементов переходника (табл. 5) выбирается таким образом, чтобы он соответствовал порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя.

а) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во фронтальной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 1 сечения шестигранного патрубка переходника (равносторонний шестиугольник с размерами B на H_2) (рис. 39).

б) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) в горизонтальной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 2 (прямую линию длиной L) траектории перемещения эскиза-сечения № 1 вдоль оси z (рис. 39).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы прямая линия контура параметрического эскиза № 2 должна начинаться в плоскости параметрического эскиза № 1 и проходить строго параллельно оси z .

Табл. 5. Перечень численных значений размеров формообразующих элементов переходника

№ варианта	Численные значения размеров, мм								
	L	L_1	B	B_1	$\varnothing Q$	H	H_1	H_2	C
1	90	20	45	4	35	90	80	51,96	4
2	88	20	44	4	34	88	78	50,81	4
3	86	19	43	4	33	86	76	49,65	4
4	84	19	42	3,5	32	84	74	48,5	3,5
5	82	18	41	3,5	31	82	72	47,34	3,5
6	80	18	40	3,5	30	80	70	46,19	3,5
7	78	17	39	3	29	78	68	45,03	3
8	76	17	38	3	28	76	66	43,88	3
9	74	16	37	3	27	74	64	42,72	3
10	72	16	36	2,5	26	72	62	41,57	2,5
11	70	15	35	2,5	25	70	60	40,41	2,5
12	68	15	34	2,5	24	68	58	39,26	2,5
13	66	14	33	2	23	66	56	38,11	2
14	64	14	32	2	22	64	54	36,95	2
15	62	13	31	2	21	62	52	35,8	2

в) При помощи команды **Кинематическая операция** (подраздел 2.1.3) построить трехмерную модель шестигранного патрубка переходника путем перемещения эскиза-сечения № 1 вдоль эскиз-траектории № 2 на расстояние L (рис. 39).

г) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) в горизонтальной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 3 сечения цилиндрического патрубка переходника (окружность диаметром B) (рис. 39).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности параметрического эскиза № 3 должен располагаться строго вдоль оси z на расстоянии $L/2$ от торцевой грани шестигранного патрубка переходника.

д) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во фронтальной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 4 (прямую линию длиной $H - H_2/2$) траектории перемещения эскиза-сечения № 3 вдоль оси y (рис. 39).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы прямая линия контура параметрического эскиза № 4 должна начинаться в плоскости параметрического эскиза № 3 и проходить строго параллельно оси y .

е) При помощи операции **Приклеить кинематически** (подраздел 2.1.3) построить трехмерную модель цилиндрического патрубка

переходника путем перемещения эскиза-сечения № 3 вдоль эскиза-траектории № 4 на расстояние $H - H_2/2$ (рис. 39).

ж) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) на торцевой грани шестигранного патрубка переходника параметрический эскиз № 5 цилиндрического отверстия детали (окружность диаметром $\varnothing Q$) (рис. 39).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр цилиндрического отверстия параметрического эскиза № 5 должен совпасть с центром шестигранного контура параметрического эскиза № 1 переходника.

з) При помощи операции **Вырезать кинематически** (подраздел 2.1.3) построить трехмерную модель цилиндрического отверстия в шестигранном патрубке переходника путем перемещения эскиза-сечения № 5 вдоль эскиза-траектории № 2 на расстояние L (рис. 39).

и) При помощи операции **Фаска** (подраздел 2.2.1) построить две фаски размером $S \times 45^\circ$ на торцевых ребрах цилиндрического отверстия шестигранного патрубка переходника (рис. 39).

к) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) на торцевой грани цилиндрического патрубка переходника параметрический эскиз № 6 призматического отверстия детали (равносторонний пятиугольник, описанный вокруг окружности диаметром $\varnothing Q$) (рис. 39).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр пятиугольного контура параметрического эскиза № 6 должен совпасть с центром цилиндрического контура параметрического эскиза № 3 переходника.

л) При помощи операции **Вырезать кинематически** (подраздел 2.1.3) построить трехмерную модель пятигранного призматического отверстия в цилиндрическом патрубке переходника путем перемещения эскиза-сечения № 6 вдоль эскиза-траектории № 4 на расстояние $H - H_2/2$ (рис. 39).

м) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) в профильной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 7 ребра жесткости переходника (наклонную прямую линию с размерами $H_1 - H_2$ и B_1) (рис. 39).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы прямолинейный контур параметрического эскиза № 7 должен совпасть с вертикальной и горизонтальной осями симметрии переходника.

н) При помощи операции **Ребро жесткости** (подраздел 2.2.3) построить трехмерную модель ребра жесткости переходника толщиной B_1 (рис. 39).

4. Используя соответствующие команды *Панели инструментов* **Построение детали**, отредактировать ранее построенную трехмерную твердотельную модель переходника:

а) Увеличить высоту цилиндрического патрубка переходника на 15 мм:

- при помощи соответствующих команд *Панелей инструментов Геометрические построения, Редактирование* системы КОМПАС-ГРАФИК (с. 34–53 и 56–65 [1], [7]) увеличить длину прямолинейного контура параметрического эскиза-траектории № 4 на 15 мм вверх вдоль оси u ;

- при помощи операции **Приклеить кинематически** (подраздел 2.1.3) перестроить трехмерную модель цилиндрического патрубка переходника, увеличив его высоту на 15 мм путем перемещения эскиза-сечения № 3 вдоль отредактированного эскиза-траектории № 4.

б) При помощи операции **Скругление** (подраздел 2.2.2) выполнить скругление радиусом 2 мм верхнего торцевого ребра диаметром B цилиндрического патрубка переходника.

в) На левой торцевой грани шестигранного патрубка переходника построить (раздел 3.3 [1], [7]) параметрический эскиз № 8 прохождения секущих плоскостей простого фронтального разреза (рис. 39). При помощи операции **Сечение по эскизу** (подраздел 2.2.4) выполнить простой фронтальный разрез трехмерной модели переходника путем удаления $\frac{1}{4}$ части детали относительно контура эскиза № 8 по аналогии с рис. 39.

5. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или пиктограммы **Новая деталь** на *Панели управления* (рис. 2, а) системы открыть в КОМПАС-3D новое окно для создания трехмерной модели детали.

6. Используя соответствующие команды *Панели инструментов Построение детали*, построить в новом окне детали в масштабе 1:1 трехмерную твердотельную модель распределительной втулки в соответствии со своим вариантом (табл. 6) и по аналогии с рис. 40.

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы номер варианта численных значений размеров формообразующих элементов распределительной втулки (табл. 6) выбирается таким образом, чтобы он соответствовал порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя.

а) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во фронтальной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 1 поперечного сечения распределительной втулки (окружность диаметром $\varnothing Q_2$) (рис. 40).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности параметрического эскиза № 1 должен совпасть с началом абсолютной системы координат рабочего окна трехмерной модели распределительной втулки.

б) При помощи команды **Смещенная плоскость** (подраздел 2.2.8) построить вспомогательную плоскость № 1, расположенную параллельно фронтальной плоскости проекций трехмерной модели и смещенную относительно этой плоскости на расстояние $L - L_1$ вдоль оси z .

Табл. 6. **Перечень численных значений размеров формообразующих элементов распределительной втулки**

№ варианта	Численные значения размеров, мм										
	L	L_1	L_2	B	H	$\varnothing Q$	$\varnothing Q_1$	$\varnothing Q_2$	$\varnothing Q_3$	$\varnothing Q_4$	$\varnothing Q_5$
1	86	50	14	45	51,96	40	45	35	25	33	10
2	84	49	14	44	50,81	39	44	34	24	32	10
3	82	48	14	43	49,65	38	43	33	23	31	10
4	80	47	13	42	48,5	37	42	32	22	30	9
5	78	46	13	41	47,34	36	41	31	21	29	9
6	76	45	13	40	46,19	35	40	30	20	28	9
7	74	44	12	39	45,03	34	39	29	19	27	8
8	72	43	12	38	43,88	33	38	28	18	26	8
9	70	42	12	37	42,72	32	37	27	17	25	8
10	68	41	11	36	41,57	31	36	26	16	24	7
11	66	40	11	35	40,41	30	35	25	15	23	7
12	64	39	11	34	39,26	29	34	24	14	22	7
13	62	38	10	33	38,11	28	33	23	13	21	6
14	60	37	10	32	36,95	27	32	22	12	20	6
15	58	36	10	31	35,8	26	31	21	11	19	6

в) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во вспомогательной плоскости № 1 параметрический эскиз № 2 поперечного сечения распределительной втулки (окружность диаметром $\varnothing Q_1$) (рис. 40).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности параметрического эскиза № 2 должен располагаться вдоль оси z .

г) При помощи команды **Операция по сечениям** (подраздел 2.1.4) построить трехмерную модель конической ступени распределительной втулки путем последовательного указания в *Дереве построения* (рис. 5) трехмерной модели наименований параметрических эскизов № 1 и № 2 (рис. 40).

д) При помощи команды **Смещенная плоскость** (подраздел 2.2.8) построить вспомогательную плоскость № 2, расположенную параллельно фронтальной плоскости проекций трехмерной модели и смещенную относительно этой плоскости на расстояние $L - L_2$ вдоль оси z .

е) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во вспомогательной плоскости № 2 параметрический эскиз № 3 поперечного сечения распределительной втулки (окружность диаметром $\varnothing Q_1$) (рис. 40).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности параметрического эскиза № 3 должен располагаться вдоль оси z .

ж) При помощи операции **Приклеить по сечениям** (подраздел 2.1.4) построить трехмерную модель цилиндрической ступени распределительной втулки путем последовательного указания в *Дереве построения* (рис. 5) трехмерной модели наименований параметрических эскизов № 2 и № 3 (рис. 40).

з) При помощи команды **Смещенная плоскость** (подраздел 2.2.8) построить вспомогательную плоскость № 3, расположенную параллельно фронтальной плоскости проекций трехмерной модели и смещенную относительно этой плоскости на расстояние L вдоль оси z .

и) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во вспомогательной плоскости № 2 параметрический эскиз № 4 поперечного сечения распределительной втулки (равносторонний шестиугольник, описанный вокруг окружности диаметром $\varnothing Q_1$) (рис. 40).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр шестиугольного контура параметрического эскиза № 4 должен располагаться вдоль оси z .

к) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во вспомогательной плоскости № 3 параметрический эскиз № 5 поперечного сечения распределительной втулки (равносторонний шестиугольник, описанный вокруг окружности диаметром $\varnothing Q_1$) (рис. 40).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр шестиугольного контура параметрического эскиза № 5 должен располагаться вдоль оси z .

л) При помощи операции **Приклеить по сечениям** (подраздел 2.1.4) построить трехмерную модель шестиугольной призматической ступени распределительной втулки путем последовательного указания в *Дереве построения* (рис. 5) трехмерной модели наименований параметрических эскизов № 4 и № 5 (рис. 40).

м) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во вспомогательной плоскости № 3 параметрический эскиз № 6 поперечного сечения распределительной втулки (окружность диаметром $\varnothing Q$) (рис. 40).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности параметрического эскиза № 6 должен располагаться вдоль оси z .

н) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во вспомогательной плоскости № 2 параметрический эскиз № 7 поперечного сечения распределительной втулки (окружность диаметром $\varnothing Q$) (рис. 40).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности параметрического эскиза № 7 должен располагаться вдоль оси z .

о) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во вспомогательной плоскости № 1 параметрический эскиз № 8 поперечного сечения распределительной втулки (окружность диаметром $\varnothing Q_4$) (рис. 40).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности параметрического эскиза № 8 должен располагаться вдоль оси z .

п) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во фронтальной плоскости проекций трехмерной модели параметрический эскиз № 9 поперечного сечения распределительной втулки (окружность диаметром $\varnothing Q_3$) (рис. 40).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности параметрического эскиза № 9 должен совпасть с началом абсолютной системы координат рабочего окна трехмерной модели распределительной втулки.

р) При помощи операции **Вырезать по сечениям** (подраздел 2.1.4) построить трехмерную модель продольного цилиндроконического отверстия распределительной втулки путем последовательного указания в *Дереве построения* (рис. 5) трехмерной модели наименований параметрических эскизов № 6–9 (рис. 40).

с) При помощи команды **Касательная плоскость** (подраздел 2.2.9) построить вспомогательную плоскость № 4, расположенную параллельно горизонтальной плоскости проекций трехмерной модели и проходящую касательно цилиндрической ступени распределительной втулки.

т) Построить (раздел 3.3 [1], [7]) во вспомогательной плоскости № 4 параметрический эскиз № 10 поперечного сечения бокового цилиндрического отверстия распределительной втулки (окружность диаметром $\varnothing Q_5$) (рис. 40).

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы центр окружности параметрического эскиза № 10 должен располагаться вдоль касательной прямой линии параллельной оси z на расстоянии $(L_1 - L_2)/2$ от левой торцевой поверхности шестиугольной призматической ступени распределительной втулки.

у) При помощи операции **Вырезать выдавливанием** (подраздел 2.1.1) построить трехмерную модель бокового цилиндрического отверстия распределительной втулки путем выдавливания параметрического эскиза № 10 вдоль оси y на расстояние $Q_1/2$ (рис. 40).

ф) При помощи команды **Ось конической грани** (подраздел 2.2.7) построить вспомогательную ось вращения № 1 цилиндрической ступени распределительной втулки.

х) При помощи операции **Массив по концентрической сетке** (подраздел 2.2.6) построить массив из 6-ти цилиндрических отверстий диаметром $\varnothing Q_5$ относительно вспомогательной оси вращения № 1, расположенных вдоль окружности диаметром $\varnothing Q_1$ на расстоянии $(L_1 - L_2)/2$ от левой торцевой поверхности шестиугольной призматической ступени распределительной втулки (рис. 40).

7. Используя соответствующие команды *Панели инструментов Построение детали*, отредактировать ранее построенную трехмерную твердотельную модель распределительной втулки:

а) При помощи операции **Скругление** (подраздел 2.2.2) выполнить скругление радиусом 2 мм правого торцевого ребра диаметром $\varnothing Q_2$ конической ступени распределительной втулки.

б) Уменьшить диаметр $\varnothing Q_4$ конической части продольного цилиндроконического отверстия распределительной втулки на 5 мм:

- при помощи соответствующих команд *Панелей инструментов Геометрические построения, Редактирование* системы КОМПАС-ГРАФИК (с. 34–53 и 56–65 [1], [7]) уменьшить диаметр $\varnothing Q_4$ параметрического эскиза № 8 конической части продольного цилиндроконического отверстия распределительной втулки на 5 мм;

- при помощи операции **Вырезать по сечениям** (подраздел 2.1.4) перестроить трехмерную модель продольного цилиндроконического отверстия распределительной втулки путем последовательного указания в *Дереве построения* (рис. 5) трехмерной модели наименований параметрических эскизов № 6–9 (рис. 40).

в) Увеличить длину L_2 шестиугольной призматической ступени распределительной втулки на 5 мм:

- щелчком левой клавиши мыши выделить в *Дереве построения* (рис. 5) трехмерной модели наименование вспомогательной конструктивной плоскости **Смещенная плоскость № 3**;

- щелчком правой клавиши мыши вызвать на экране ПЭВМ *Контекстное меню* системы и указать в нем команду **Редактировать плоскость**;

- в *Строке параметров объектов* в поле ввода **Значение смещения** (см. рис. 35) ввести новое численное значение смещения $L + 5$ вспомогательной плоскости № 3 относительно фронтальной плоскости проекций трехмерной модели детали;

- на *Панели специуправления* системы нажать кнопку **Создать объект** (рис. 7 [1]) и перестроить трехмерную модель шестиугольной призматической ступени распределительной втулки, увеличив ее длину на 5 мм.

г) На левой торцевой грани шестиугольной призматической ступени распределительной втулки построить (раздел 3.3 [1], [7]) параметрический эскиз № 11 прохождения секущих плоскостей простого фронтального разреза (рис. 40). При помощи операции **Сечение по эскизу**

(подраздел 2.2.4) выполнить простой фронтальный разрез трехмерной модели распределительной втулки путем удаления $\frac{1}{4}$ части детали относительно контура эскиза № 10 по аналогии с рис. 40.

Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант отредактированных трехмерных моделей переходника и распределительной втулки, выполненных в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рис. 39 и 40. Преподавателем оценивается объем, правильность построения и редактирования трехмерных моделей деталей.

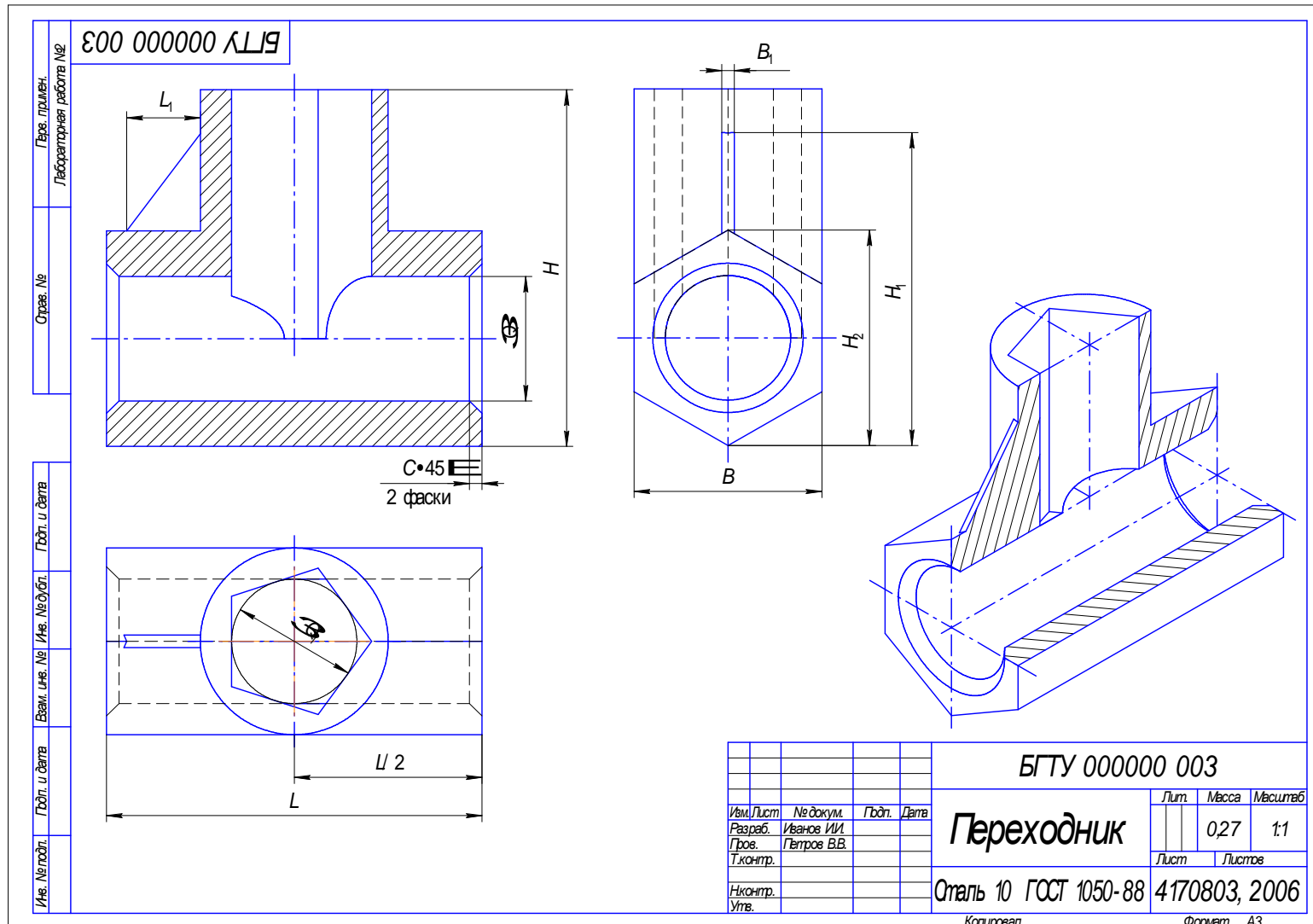


Рис. 39. Рабочий чертеж переходника

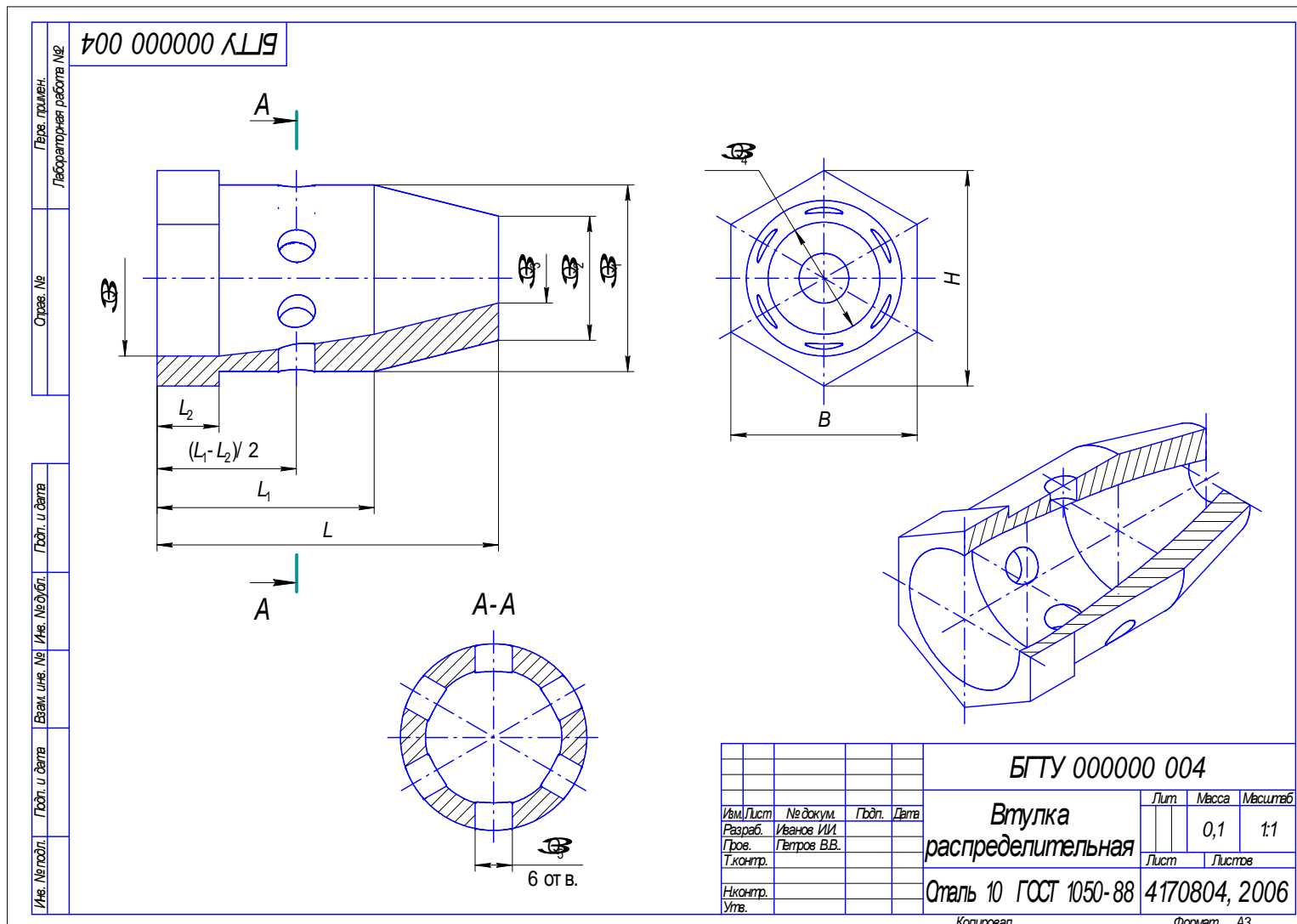


Рис. 40. Рабочий чертеж распределительной втулки

Лабораторная работа № 3

СОЗДАНИЕ АССОЦИАТИВНОГО РАБОЧЕГО ЧЕРТЕЖА ПО ГОТОВОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D

Цель работы – закрепить основные приемы создания и редактирования ассоциативного рабочего чертежа по готовой трехмерной модели детали в системе КОМПАС-3D.

Задание

I. Используя возможности трехмерного твердотельного моделирования системы КОМПАС-3D, построить трехмерную модель предопределенной детали машин в соответствии со своим вариантом и по аналогии с рисунками, приведенными в табл. 7.

II. Используя ассоциативные возможности системы, создать в КОМПАС-ГРАФИК рабочий чертеж предопределенной детали машин по ее готовой трехмерной модели.

Последовательность выполнения работы

1. Запустите на рабочем столе ПЭВМ ярлык программы КОМПАС-3D.

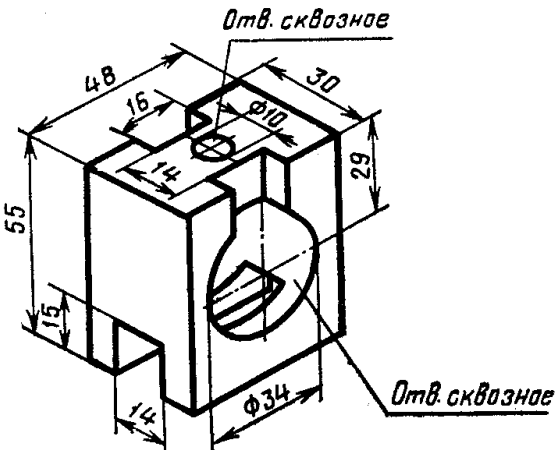
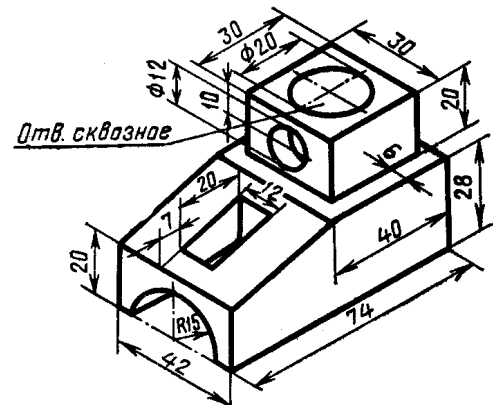
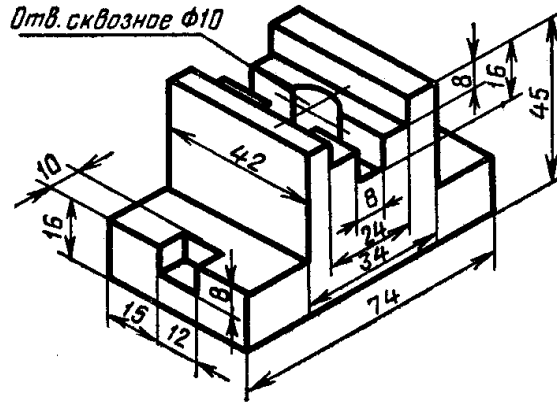
2. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или пиктограммы **Новая деталь** на *Панели управления* (рис. 2, а) системы открыть в КОМПАС-3D новое окно для создания трехмерной модели детали.

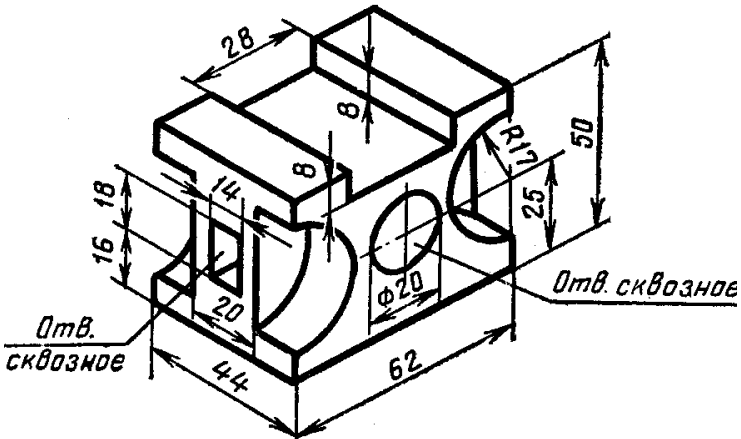
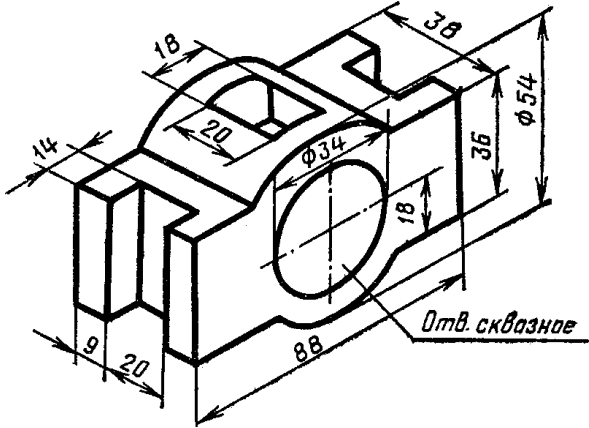
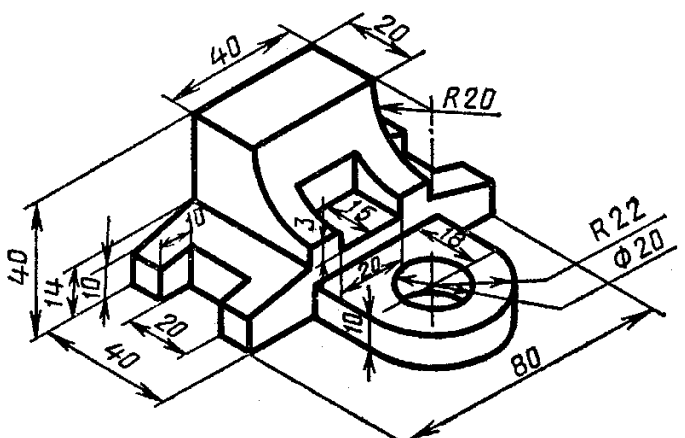
3. Используя соответствующие команды *Панелей инструментов* **Построение детали**, **Вспомогательная геометрия** (глава 2), построить в новом окне модели в масштабе 1:1 трехмерную твердотельную модель предопределенной детали машин в соответствии со своим вариантом и по данным, представленным в табл. 7.

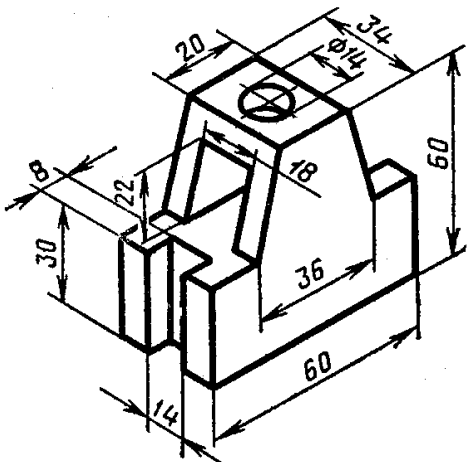
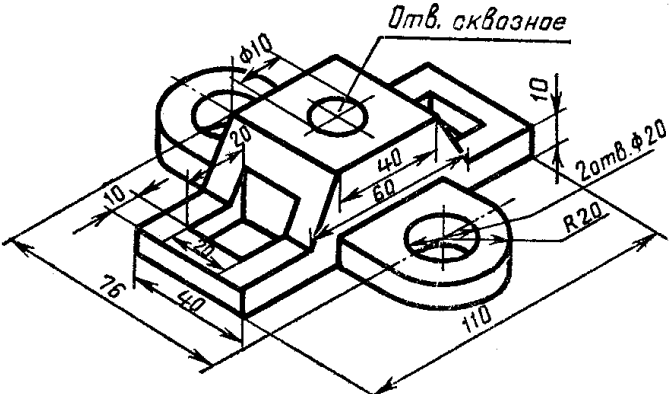
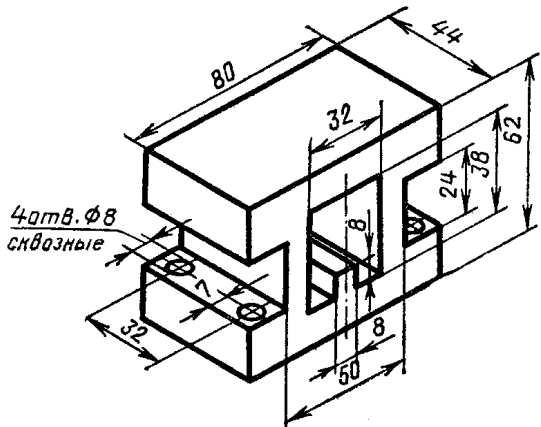
Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы номер варианта исходных данных для построения трехмерной модели детали (табл. 7) выбирается таким образом, чтобы он соответствовал порядковому номеру студента в учебном журнале преподавателя.

4. При помощи команды **Сохранить как** из меню **Файл** сохранить готовую трехмерную модель предопределенной детали машин на жестком диске ПЭВМ по адресу: C:\Program files\Ascon\Kompas-3D V7\Лаб. работы\Лаб. раб. № 3\Иванов.m3d.

5. При помощи команды **Создать** из меню **Файл** или одноименной пиктограммы на *Панели управления* (рис. 10 [1]) системы создать в КОМПАС-ГРАФИК новый лист чертежа формата А3.

1	2	3
4	<p style="text-align: center;">Опора</p> 	<p>Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>
5	<p style="text-align: center;">Корпус</p> 	<p>Сталь 10 ГОСТ 1050-88</p>
6	<p style="text-align: center;">Опора</p> 	<p>Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>

1	2	3
7	<p style="text-align: center;">Опора</p> 	<p>Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>
8	<p style="text-align: center;">Втулка опорная</p> 	<p>Сталь 40 ГОСТ 1050-88</p>
9	<p style="text-align: center;">Опора</p> 	<p>Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>

1	2	3
10	<p style="text-align: center;">Корпус</p> 	<p>Сталь 10 ГОСТ 1050-88</p>
11	<p style="text-align: center;">Крышка</p> 	<p>Сталь 20 ГОСТ 1050-88</p>
12	<p style="text-align: center;">Корпус</p> 	<p>Сталь 10 ГОСТ 1050-88</p>

б. Используя соответствующие команды *Панели инструментов Ассоциативные виды* (с. 122–141 [3], с. 288–308 [4], [7]), построить на новом листе чертежа в масштабе 1:1 геометрический контур рабочего чертежа predetermined детали машин по ее готовой трехмерной модели, созданной ранее.

Примечание. При выполнении данного пункта лабораторной работы последовательность построения ассоциативного рабочего чертежа детали машин может быть следующей:

а) Создать главный вид детали, который содержал бы максимально возможную информацию о предмете.

б) Построить дополнительные виды детали (вид слева, вид сверху, местный вид, выносной элемент и т. д.).

в) Выполнить при необходимости разрез или сечение детали.

7. Используя соответствующие команды *Панели инструментов Размеры и технологические обозначения* (с. 141–158 [3], с. 360–364 и 392–401 [4], [7]), нанести на ассоциативном рабочем чертеже детали машин минимально необходимое количество размеров и технологических обозначений.

8. Используя команды **Неуказанная шероховатость**, **Технические требования** и **Основная надпись** из меню **Компоновка** (с. 158–164 [3], с. 402–411 [4], [7]), нанести на ассоциативном рабочем чертеже значок неуказанной шероховатости, ввести технические требования на изготовление детали, а также последовательно заполнить соответствующие графы основной надписи чертежа.

Содержание отчета

В качестве отчета по лабораторной работе студентам необходимо представить на ПЭВМ электронный вариант трехмерной модели детали машин и ее ассоциативного рабочего чертежа, выполненных в соответствии со своим вариантом и по данным, представленным в табл. 7. Преподавателем оценивается объем и правильность построения трехмерной модели детали и ее ассоциативного рабочего чертежа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Системы автоматизированного проектирования машин и оборудования: учебно-методическое пособие для студентов заочной формы обучения специальности 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» / Сост. А. А. Гарабажиу, В. Н. Павлечко. – Мн.: БГТУ, 2004. – 69 с.
2. Потемкин А. Трехмерное твердотельное моделирование. – М.: Компьютер Пресс, 2002. – 296 с.
3. Потемкин А. Твердотельное моделирование в системе КОМПАС-3D. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 512 с.
4. Кудрявцев Е. М. КОМПАС-3D V6. Основы работы в системе. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 528 с.
5. Михалкин К. С., Хабаров С. К. КОМПАС-3D V6. Практическое руководство. – М.: ООО «БИНОМ-Пресс», 2004. – 288 с.
6. Потемкин А. КОМПАС-3D V6 Plus: практическое руководство. – М.: ЛОРИ, 2005. – 284 с.
7. Потемкин А. Инженерная графика. Просто и доступно. – М.: ЛОРИ, 2000. – 494 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Базовые приемы работы с системой КОМПАС-3D	7
1.1. Структура главного окна системы КОМПАС-3D	7
1.2. Выбор объектов в системе КОМПАС-3D	14
1.3. Управление изображением детали в системе КОМПАС-3D	19
2. Основы трехмерного моделирования деталей машин в системе КОМПАС-3D	28
2.1. Основные способы построения основания трехмерной модели детали	29
2.1.1. Создание основания детали при помощи операции выдавливания	29
2.1.2. Создание основания детали при помощи операции вращения	35
2.1.3. Создание основания детали при помощи кинематической операции	38
2.1.4. Создание основания детали при помощи операции по сечениям	43
2.2. Построение дополнительных и вспомогательных конструктивных элементов трехмерной модели детали	47
2.2.1. Построение фасок	48
2.2.2. Построение скруглений	50
2.2.3. Построение ребер жесткости	52
2.2.4. Отсечение части детали по эскизу	55
2.2.5. Построение массива по сетке	57
2.2.6. Построение массива по концентрической сетке	60
2.2.7. Построение вспомогательной оси конической грани детали	64
2.2.8. Построение смещенной плоскости	64
2.2.9. Построение касательной плоскости	65
Лабораторная работа № 1. Построение и редактирование трехмерной модели детали в системе КОМПАС-3D при помощи операций выдавливания и вращения	67
Лабораторная работа № 2. Построение и редактирование трехмерной модели детали в системе КОМПАС-3D при помощи кинематической операции и операции по сечениям	76
Лабораторная работа № 3. Создание ассоциативного рабочего чертежа по готовой трехмерной модели детали в системе КОМПАС-3D	87
Литература	94

Учебное издание

Гарабажу Александр Андреевич

**ОСНОВЫ ТРЕХМЕРНОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В СИСТЕМЕ
КОМПАС-3D**

Учебно-методическое пособие

Редактор М. Ф. Мурашко

Подписано в печать 01.06.2006. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 5,8.
Тираж 100 экз. Заказ .

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050. Минск, Свердлова, 13а.
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет».
220050. Минск, Свердлова, 13.
ЛП № 02330/0056739 от 22.01.2004.