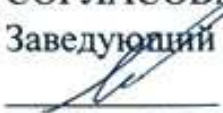
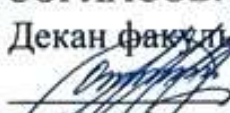


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Машиностроительный факультет
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой

С. В. Монтик
«13» 05 2025 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета

С. Р. Онысько
«21» 05 2025 г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«3D МОДЕЛИРОВАНИЕ»
(название дисциплины)

для специальности

6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»

Составитель: Кудрицкий Ярослав Владимирович, старший преподаватель

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета университета 26.06.2025 г., протокол № 4.

рассмотрено 24/05-143

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины. «3D моделирование» - прикладная дисциплина, в которой изучаются базовые приёмы работы с типовыми CAD системами машиностроительного профиля для создания трехмерных моделей.

Сокращение времени на подготовку и реализацию производственного процесса, снижение трудоемкости, материалоемкости и энергоемкости в совокупности с иными мероприятиями направлено на уменьшение себестоимости изделий машиностроения. Достижение этих целей возможно при активном использовании систем автоматизированного проектирования, базовыми из которых являются CAD- системы.

Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «3D моделирование» является ознакомление студентов с основными приемами и методиками, позволяющими повысить скорость и качество выполнения этапов проектирования, связанных с построением трехмерных моделей различных объектов.

Задачи дисциплины

Основной задачей изучения дисциплины «3D моделирование» является освоение наиболее часто используемых инструментов и базовых приёмов работы с CAD системами. Овладение методиками создания типовых конструктивных элементов. Умение выполнять построение 3D- моделей по наиболее рациональному сценарию, а также выполнять поиск возможных ошибок и их редактирование.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы учебно-методического обеспечения образовательного процесса, и представляет собой сборник материалов теоретического и практического характера для организации работы студентов специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» дневной и заочной форм получения образования по изучению дисциплины «3D моделирование».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом

комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26 июля 2011 г., № 167, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «3D моделирование» для специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».

Цели ЭУМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательным стандартам высшего образования специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», а также учебно-программной документации образовательных программ высшего образования. Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура учебно-методического комплекса по дисциплине «3D моделирование»

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Практический раздел ЭУМК содержит материалы для проведения лабораторных учебных занятий в виде методических указаний для выполнения лабораторных работ.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для итоговой аттестаций (вопросы и типовые задания к зачету), позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования, и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел ЭУМК включает учебную программу учреждения высшего образования по дисциплине «3D моделирование».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК теоретических материалов, основная часть материала представляется с использованием персонального компьютера и мультимедийного проектора; при подготовке к зачету, выполнению и защите лабораторных работ студенты могут использовать конспект лекций;
- лабораторные занятия проводятся в учебном классе, оборудованном компьютерами с использованием представленных в ЭУМК методических указаний, а также программного комплекса АСКОН (CAD-CAPP-CAM);
- зачет проводится в компьютерном классе, и включает практическую задачу, связанную с построением 3D модели, предполагающий применение основных типов твердотельных операций, вопросы к зачету приведены в разделе контроля знаний.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

ТЕМА 1

Модель в КОМПАС-3D

В КОМПАС-3D возможно создание двух типов моделей: деталь и сборка.

- Деталь — тип модели, предназначенный для представления изделий, изготавливаемых без применения сборочных операций. Создается и хранится в документе «деталь», расширение файла — m3d.

- Сборка — тип модели, предназначенный для представления изделий, изготавливаемых с применением сборочных операций. Создается и хранится в документе «сборка», расширение файла — a3d. Разновидность сборки — технологическая сборка. Создается и хранится в документе «технологическая сборка», расширение файла — t3d.

Трехмерная модель в КОМПАС-3D состоит из объектов. Объекты подразделяются на:

- геометрические,
- элементы оформления,
- объекты «измерение»,
- компоненты.

К геометрическим объектам относятся: тела, поверхности, кривые, точки, эскизы, объекты вспомогательной геометрии. К элементам оформления относятся размеры, условное обозначение резьбы, линии-выноски, обозначения шероховатости, базы, позиции, допуски формы и расположения.

Компонент — это объект модели, в свою очередь являющийся моделью: деталью или сборкой.

Объекты модели создаются и редактируются путем выполнения операций. При создании и редактировании объекта возможно формирование ассоциативной связи его с другим объектом. Ассоциативная связь — это однонаправленная зависимость расположения или геометрии одного объекта от расположения или геометрии другого объекта. Зависимый объект считается производным, а объект, от которого производный объект зависит — исходным по отношению к производному.

Модели в целом, а также отдельным ее частям (телам, компонентам) можно назначить параметры для расчета МЦХ — материал и плотность материала, а также задать свойства — данные об изделии, которое эта модель (часть модели) представляет.

Состав модели, последовательность ее построения и связи между объектами модели отображаются в Дереве построения.

Геометрические объекты

Геометрические объекты состоят из примитивов. Примитивами являются:

- вершина,
- ребро,
- грань.

Вершина — примитив, представляющий собой точку либо окончание ребра. Частным случаем вершины является ребро нулевой длины (например, вершина конуса).

Ребро — примитив, представляющий собой участок кривой либо граничной линии грани, ограниченный вершинами и не содержащий внутри себя других вершин. В частных случаях ребро может не ограничиваться вершинами (замкнутые ребра).

Грань — примитив, представляющий собой часть поверхности либо поверхность, ограниченную ребрами и не содержащую внутри себя других ребер. В частных случаях грань может не ограничиваться ребрами (например, сферические и тороидальные грани).

Такие объекты, как плоскости и оси, не имеют примитивов.

Остальные объекты, в зависимости от своего типа, состоят из одного или нескольких примитивов. Например, объект «точка» состоит из одной вершины, ломаные и эскизы — из ребер и вершин, тела — из ребер, вершин и граней.

Тело — объект модели, имеющий некоторый объем и соотнесенный с каким-либо материалом. Тело не имеет самостоятельного файлового представления.

Тело, как правило, представляет собой совокупность граней, ребер и вершин. В частном случае тело может быть представлено одной гранью (например, сферическое и тороидальное тела).

Грани тела образуют замкнутую поверхность. Нарушение замкнутости приводит к нарушению целостности тела.

Построение тел в модели описано в разделе [Тела](#).

Особый вид тел — листовые тела. Они предназначены для моделирования деталей, полученных из листового материала с помощью операций гибки. Построение листовых тел описано в разделе [Листовые тела](#).

Поверхность — геометрический объект, представленный связной совокупностью граней или одной гранью. Грани поверхности не могут являться гранями каких-либо других объектов (других поверхностей, тел).

Построение поверхностей описано в разделе [Поверхности](#).

Эскиз — объект трехмерного моделирования, созданный на плоскости или плоской грани средствами чертежно-графического редактора.

Эскизы используются в некоторых операциях. Например, эскиз может задавать форму сечения тела, полученного операцией выдавливания, контур ребра жесткости и т.п.

Требования к эскизу определяются операцией, в которой он используется.

Построение эскизов описано в разделе [Эскизы](#).

Объектами вспомогательной геометрии являются:

- системы координат,
- координатные и вспомогательные плоскости,
- координатные и вспомогательные оси,
- контрольные точки,
- присоединительные точки.

Построение в модели объектов вспомогательной геометрии описано в разделе [Вспомогательные объекты](#).

Элементы оформления

Элементами оформления являются:

- условное обозначение резьбы,
- размеры:
- линейный,
- угловой,
- диаметральный,
- радиальный,
- обозначения:
- обозначение шероховатости,
- обозначение базы,
- линия-выноска,
- обозначение позиции,
- обозначение допуска формы и расположения,
- обозначение резьбы,
- осевые линии.

Построение в модели элементов оформления описано в разделах [Размеры](#), [Обозначения](#)

Объекты «измерение»

Объект «измерение» — объект, содержащий результаты работы операции измерения.

Объектами «измерение» являются:

- расстояние и угол,
- длина ребра,
- площадь.

Значение, хранящееся в объекте «измерение», всегда соответствует фактическому значению измеренного параметра модели.

Выполнение измерений в модели описано в разделе [Измерения](#).

Компоненты

Компонент — объект модели, представленный другой, хранящейся в отдельном файле, моделью. Компонентами могут являться детали, сборки, стандартные изделия и библиотечные элементы. Особый тип компонента — локальная деталь. Локальная деталь не имеет самостоятельного файлового представления, а хранится непосредственно в содержащей ее модели. Компоненты, в свою очередь, могут включать в себя другие компоненты и так далее.

Один и тот же компонент может быть вставлен в разные модели. Возможна повторная вставка в модель уже имеющегося в ней компонента.

В модели, содержащей компоненты, можно выполнить операции, имитирующие обработку изделия в сборе, например, создать отверстие, проходящее через несколько компонентов. Результат этих операций не передается в файлы компонентов.

Компоненты могут быть связаны друг с другом сопряжениями. Существует два вида сопряжений:

- позиционирующие сопряжения — определенным образом фиксируют один объект относительно другого,
- сопряжения механической связи — определяют закон движения одного объекта относительно другого.

О добавлении в модель компонентов и наложении на них сопряжений рассказано в разделе [Компоненты](#).

Режимы работы с моделью

В КОМПАС-3D существуют специальные режимы работы с трехмерной моделью (см. таблицу).

Режимы работы с моделью

Название	Назначение	Особенности
Режим эскиза (см. раздел Режим эскиза)	Создание нового или редактирование существующего эскиза.	Доступны команды создания геометрических объектов и размеров.
Режим отображения модели в перспективной проекции (см. раздел Перспектива)	Отображение модели с учетом перспективы.	Степень вносимого перспективой искажения изображения настраивается.
Режим проверки гладкости поверхности (см. раздел Проверка гладкости поверхности)	Визуальная оценка гладкости соединения граней, а также выявление малозаметных изменений кривизны внутри граней.	Все грани модели представляются зеркально отражающими заданное изображение. Вид изображения настраивается.
Режим сечения модели (см. раздел Сечение модели)	Визуальная оценка взаимного расположения деталей и узлов сборочной модели, конструктивных элементов детали, толщины ее стенок и т.д.	Модель отображается усеченной секущей плоскостью или набором плоскостей. При выполнении операций в этом режиме доступно указание вершин, ребер и граней модели, в том числе усеченных,

Название	Назначение	Особенности
Режим представления листового тела в развернутом виде (см. раздел Развертка)	Отображение выбранных пользователем сгибов в согнутом состоянии, остальных — в разомкнутом.	но недоступно указание вершин, ребер и граней сечения. Возможны только следующие действия: – просмотр и печать модели; – измерение геометрических и массовых характеристик модели.
Режим разнесения компонентов сборки (см. раздел Разнесение компонентов сборки)	Отображение компонентов сборки в разнесенном виде (это может потребоваться для более наглядного представления сборки).	Возможны только следующие действия: – просмотр и печать модели; – создание отчетов.
Режим редактирования компонента на месте (см. раздел Работа в режиме контекстного редактирования)	Редактирование указанного компонента на вкладке содержащей его модели в окружении других компонентов.	Команды построения и редактирования распространяются только на указанный компонент. Остальные компоненты видны в графической области, но недоступны для редактирования, их можно использовать при выполнении команд (указывать грани, ребра, вершины).
Режим пересчета размеров модели с использованием допусков (см. раздел Режим пересчета размеров модели)	Пересчет размеров модели с учетом назначенных допусков. Расчет размеров модели производится согласно текущему пересчету (см. раздел Системные и пользовательские пересчеты размеров).	Возможны только следующие действия: – просмотр и печать модели; – измерение геометрических и массовых характеристик модели; – создание отчетов.
Режим отображения размеров выбранного элемента (см. раздел Отображение размеров выбранного элемента)	– Просмотр размеров объекта (эскиза или операции) вне процесса его редактирования. – Изменение значений размеров объекта.	При выборе объекта на экране отображаются его размеры — размеры эскизов или операций, выраженные в линейных или угловых величинах.
Режим Слайдовая форма .	Произвольное изменение формы и положения выбранной грани путем преобразования ее в сплайновую поверхность и перемещения точек этой поверхности.	Режим доступен, если модель содержит хотя бы одно тело или поверхность.

Базовая точка трехмерного объекта — это точка, которая используется как начальная для построения геометрии объекта в модели. Положение базовой точки объекта определяется системой автоматически и зависит от типа объекта и способа его построения. Например, базовой точкой компонента является начало его абсолютной системы координат, базовой точкой операции, построенной на эскизе, является центр масс кривых этого эскиза.

Базовая точка показывается на экране в виде трех взаимно перпендикулярных векторов.

Например, базовая точка отображается при выборе копируемого объекта для построения массива (рис. [Примеры отображения базовой точки трехмерного объекта](#)).

Дерево модели

При работе с любой деталью или сборкой на экране по умолчанию показывается [Панель дерева документа](#). Для управления ее отображением служит команда **Настройка — Панели — Дерево документа**.

В верхней части Панели дерева находятся кнопки переключения содержимого панели:

- **История построения** — отображение Дерева построения модели в виде списка объектов в порядке их создания,
- **Структурное представление** — отображение Дерева построения модели с группировкой объектов по типам,
- **Исполнения** — отображение Дерева исполнений,
- **Зоны** — отображение Дерева зон.

В нижней части Панели дерева располагаются кнопки:

- **Отношения** — [просмотр отношений](#), в которых участвует выделенный объект,
- **Параметры** — отображение [Панели параметров](#) в нижней части дерева.

Корневой объект Дерева построения — сама модель, т.е. деталь или сборка. Пиктограммы и названия объектов автоматически появляются в Дереве построения сразу после создания этих объектов в модели (см. раздел [Названия и пиктограммы объектов в Дереве](#)).

Компоненты модели — детали и под сборки — являются самостоятельными моделями. Поэтому на соответствующих им ветвях Дерева размещаются, в свою очередь, составляющие их объекты.

Дерево содержит дополнительную информацию о модели, представленную в виде [пиктограмм в левой части Дерева](#) и [значков перед наименованиями объектов](#).

Приемы работы с объектами в Дереве модели

- Приемы работы общего характера описаны в разделе [Использование Дерева документа](#).
- Поиск объектов в Дереве документа описан в разделе [Поиск в Дереве документа](#).
- Изменение порядка построения (доступно, если в Дереве включено отображение [истории построения](#)) описано в разделе [Изменение последовательности операций](#).
- Выделение и указание объектов в Дереве описано в разделе [Выбор объектов в Дереве построения](#).
- Управлять объектами можно с помощью пиктограмм или контекстных меню.
- Пиктограммы отображаются в полях левой части Дерева ([см. рисунок](#)). Они позволяют настраивать объекты по отдельности. При подведении курсора к пиктограмме появляется ярлык с наименованием текущего значения свойства. Щелчок по пиктограмме меняет значение

свойства на противоположное (если значений два) или раскрывает список значений ([см. рисунок](#)). Набор свойств и, соответственно, пиктограмм, зависит от типа объекта, например:

— видимый/скрытый объект (об управлении видимостью см. раздел [Управление видимостью отдельных объектов](#)),

— объект, включенный в расчет/исключенный из расчета (об исключении из расчета см. раздел [Исключение объектов из расчета](#)).

Набор полей с пиктограммами можно настроить. Для этого служит меню, вызываемое кнопкой в заголовке Древа. Например, при работе со сборками можно включить отображение поля, показывающего тип загрузки сборки и компонентов.

- Контекстные меню вызываются щелчком правой кнопки мыши на выделенном объекте Древа. Контекстные меню позволяют настраивать объекты как по отдельности, так и группами (для этого перед вызовом команды нужно выделить все объекты, к которым она должна быть применена). Контекстное меню содержит не только команды изменения свойств, но и другие команды управления объектами, см. рисунок.

Отображение истории построения модели в Древе

История построения модели отображается в Древе, если нажата кнопка **История построения**, расположенная в верхней части Панели древа. При этом объекты модели располагаются в Древе построения в том порядке, в котором они были созданы (см. рисунок).

При работе с Древом, отображающим историю построения модели, доступны следующие возможности:

- Изменение последовательности операций (см. раздел [Изменение последовательности операций](#)),
- Использование Указателя окончания построения (см. раздел [Указатель окончания построения модели](#)).

Структурное представление Древа построения

Структура модели отображается в Древе построения при нажатой кнопке **Структурное представление**, расположенной в верхней части Панели древа.

Структура модели представляет собой набор разделов, в которые по типам объединяются объекты модели (см. рисунок). Каждый раздел Древа имеет название и пиктограмму. Внутри разделов объекты располагаются в порядке создания.

Такие объекты, как *Разбиение поверхности*, *Удалить грани*, *Сшивка поверхностей* могут располагаться в разделе *Поверхность* или *Тело* в зависимости от того, к чему они относятся. Например, операция разбиения поверхности тела помещается в раздел, соответствующий этому телу, а операция разбиения поверхности — в раздел *Поверхность*.

Объекты, которые относятся к нескольким телам, к телу и поверхности или к телу и компоненту одновременно, размещаются на первом уровне Древа (например, «Фаска», примененная к телу и поверхности; «Отверстие», примененное к телу и к компоненту).

Кроме того, на первом уровне Дерева построения отображаются некоторые ошибочные операции (например, содержащие ошибку «Не задана область применения операции»).

Объекты могут дублироваться в Дереве построения, например, объекты, входящие в макроэлементы, размещаются на своих местах и в разделе *Макро*.

Состав Дерева построения можно настроить, включая/отключая отображение разделов. [Подробнее...](#)

Модель может содержать одинаковые компоненты. Например, несколько одинаковых компонентов можно получить, создав массив. Одинаковые компоненты формируют ветвь в разделе *Компоненты* или в группе компонентов, объединенных по типу (группы отображаются в Дереве при включенной группировке, см. раздел [Дерево модели — Общие настройки отображения](#)). Название ветви образуется по шаблону: <Имя компонента> (xN), где N — общее количество одинаковых компонентов. На следующем рисунке показаны ветви одинаковых компонентов, а также группы компонентов, объединенных по типам.

Настройка отображения Дерева построения

Общие настройки Дерева построения

Пользователь может выбрать умолчательный вид Дерева — структурное представление или история построения, а также включить/отключить группирование компонентов по типам. Для этого служит диалог [общей настройки отображения Дерева](#).

Настройка структурного представления Дерева

Включать/отключать отображение разделов возможно непосредственно в Дереве или в [настроечном диалоге](#).

Настройка в Дереве осуществляется с помощью стрелки рядом с кнопкой **Состав дерева**. После нажатия на стрелку появляется меню, которое содержит команды, одноименные разделам (см. рисунок).

Чтобы включить или выключить отображение раздела в Дереве построения, вызовите нужную команду.

Настройка состава Дерева. Существование в Дереве «пустых» разделов невозможно. Поэтому разделы, отображение которых включено, появляются в Дереве только после создания в модели первого объекта соответствующего типа. Например, если в модели нет ни одного эскиза, то и раздела *Эскизы* в Дереве не будет.

Объекты, входящие в отключенный раздел, по-прежнему отображаются в графической области (если только их показ не отключен специально).

Если модель открыта в нескольких окнах, то настройка состава Дерева, произведенная в одном из них, распространяется на все окна этой модели.

Названия объектов, имеющих свойства — корневого объекта Дерева, исполнений, компонентов и тел — составляются из значений свойств этих объектов; перед значениями свойств могут стоять произвольные символы — префиксы.

В качестве примера рассмотрим название компонента «АБВГ.001.000. М=50». В него включены значения свойств *Обозначение* — АБВГ.001.000 и *Масса* — 50. Перед значением свойства *Масса* вставлен префикс «М=». Свойства, входящие в название, и порядок их следования задаются в [диалоге настройки формата имени в Дереве документа](#). По умолчанию названия объектов состоят из их обозначений и наименований. Если значения тех свойств объекта, которые включены в название, не заданы, то название присваивается в соответствии с типом объекта (*Деталь, Сборка, Тело*).

Остальным объектам в Дереве названия присваиваются автоматически, в зависимости от способа, которым они получены. Например: *Элемент вращения, Ось через ребро, Фаска, Соосность (Крышка – Прокладка)* и т.д.

Объект можно переименовать непосредственно в Дереве, нажав клавишу <F2>. Кроме того, переименовать объект можно [на Панели параметров](#) или в процессе [редактирования свойств](#). При переименовании необходимо иметь в виду следующее:

- Для некоторых объектов, например, сопряжений, переименование не предусмотрено.
- Название объекта, составленное из свойств, можно изменять в Дереве клавишей <F2> лишь при условии, что в название входит свойство *Наименование*. При этом меняется значение только данного свойства, но не остальных входящих в название свойств.
- Свойства компонентов сборки по умолчанию связаны со свойствами соответствующих моделей в файлах-источниках компонентов. Переименование компонента в сборке прерывает эту связь для свойства *Наименование*, в результате чего изменение наименования источника перестает передаваться в сборку. Если требуется восстановить связь (и вернуть компоненту наименование из источника), необходимо [отредактировать свойства компонента](#).

Пиктограммы объектов в Дереве

[Наверх](#)

Слева от названия каждого объекта в Дереве отображается пиктограмма. Пиктограмму, в отличие от названия объекта, изменить невозможно. Благодаря этому при любом переименовании объектов в Дереве построения остается наглядная информация о способе их создания.

Обычно пиктограммы отображаются в Дереве построения темно-серым цветом. Если объект указан для выполнения операции, то его пиктограмма в Дереве красная.

Между пиктограммой и названием объекта могут появляться значки, свидетельствующие о состоянии объекта. Например, компонент может иметь признак запрета на редактирование, фиксации и т.п. После изменения состояния объекта значок исчезает или заменяется другим.

Например, на рис. а) компонент **Выключатель** зафиксирован — на это указывает значок рядом с его пиктограммой, а компонент **Клавиша** полностью определен сопряжениями — на это указывает значок. На рис. б) фиксация компонента **Выключатель** отменена (значок исчез), этот компонент определен не полностью, о чем говорит значок; значки и рядом с пиктограммой компонента **Клавиша** указывают на запрет редактирования и фиксацию этого компонента.

Значки в Дереве модели

а) компонент **Выключатель** зафиксирован, компонент **Клавиша** полностью определен; б) компонент **Выключатель** не зафиксирован и не определен, компонент **Клавиша** недоступен для редактирования и зафиксирован

Список дополнительных обозначений приведен в таблице [Значки в Дереве документа](#) Приложения [Элементы интерфейса](#).

Указатель окончания построения модели

Указатель окончания построения модели — горизонтальная линия, ограничивающая Дерево построения снизу или разбивающая его на две части.

Указатель окончания построения присутствует в Дереве, если в нем включено [отображение истории построения модели](#).

Положение Указателя в Дереве можно изменить. Чтобы переместить указатель, подведите к нему курсор. Когда курсор примет форму двусторонней стрелки, нажмите левую кнопку мыши. Не отпуская кнопку, переместите Указатель вверх или вниз.

Объекты, оказавшиеся в Дереве построения ниже Указателя, условно удаляются. Такие объекты, а также производные от них не отображаются в графической области модели, однако информация о них не удаляется из документа. Пиктограммы и названия условно удаленных объектов отображаются в Дереве построения светло-серым цветом.

Вместо перемещения Указателя мышью можно воспользоваться командой **Указатель под выделенный объект**. Она находится в контекстном меню объекта, выделенного в Дереве построения.

Несмотря на то что при перемещении Указателя мышью его можно подвести вплотную к верхней границе окна Древа построения, он может располагаться только среди операций.

После каждого перемещения Указателя в Дереве модель перестраивается.

Для быстрого перемещения Указателя в конец Древа построения можно воспользоваться командой **Указатель в конец Древа** из контекстного меню на любом объекте под Указателем.

После перемещения Указателя вниз условно удаленные объекты модели восстанавливаются.

Иерархические связи между объектами

Иерархические связи между объектами модели являются неотъемлемой частью этой модели. Пользователь не может отказаться от формирования этих связей или удалить их.

Связи возникают по мере создания объектов модели и существуют, пока эти объекты не будут удалены или отредактированы. Иерархические связи сохраняются при любом перестроении модели.

Например, при создании эскиза на грани формообразующего элемента между эскизом и гранью возникает связь. В результате этот эскиз при любых изменениях модели будет оставаться на «своей» грани (до тех пор, пока его не удалят или не перенесут на другую грань).

Любой объект участвует в иерархических связях со своими исходными и производными объектами. Связи обладают следующими свойствами:

- при изменении исходного объекта меняется производный,
- производный объект можно изменить путем редактирования как исходного объекта, так и собственных, независимых параметров этого производного объекта.

Просмотр отношений объектов

Отношения, в которых участвует какой-либо объект, можно просмотреть в Дереве построения. Для этого нажмите кнопку **Отношения** в нижней части Древа и выделите нужный объект — иерархия отношений объекта отобразится в нижней части панели Древа (см. рисунок).

При выделении в Дереве построения другого объекта содержимое области просмотра иерархии отношений изменяется — в ней показываются объекты, являющиеся исходными и производными по отношению к вновь выбранному.

Просмотр иерархии

В первой строке области отношений показано название элемента, отношения которого рассматриваются.

В двух разделах, подчиненных рассматриваемому элементу, в виде структурированных списков отображаются элементы, входящие в иерархию этого элемента. Разделы в этих списках можно

раскрывать и закрывать, щелкая мышью на значках  и  рядом с их названиями. Для просмотра длинных списков можно пользоваться линейкой прокрутки.

В разделе **Исходные объекты** показан список исходных объектов, в разделе **Производные объекты** — производных. Названия объектов в окне отношений совпадают с их названиями в Дереве построения (если вы вводили новые имена элементов взамен сформированных по умолчанию, эти имена будут показаны в окне отношений).

На первом уровне списка исходных объектов находятся элементы, **непосредственно исходные**, т.е. непосредственно подчиняющие данный. Если эти элементы в свою очередь подчиняются другим элементам, то на следующем уровне списка находятся вышестоящие исходные элементы.

На первом уровне списка производных объектов находятся элементы, **непосредственно производные**, т.е. непосредственно подчиненные данному. Если эти элементы в свою очередь подчиняют другие элементы, то на следующем уровне списка находятся нижестоящие производные элементы.

Таким образом, окно отношений позволяет проследить не только прямые (непосредственные), но и косвенные (опосредованные) отношения подчинения.

Иерархию объекта требуется знать, как правило, для того чтобы установить, изменение (редактирование или удаление) каких объектов может прямо или косвенно повлиять на данный объект, и на какие объекты может повлиять изменение данного объекта.

– В области просмотра отношений доступны такие же контекстные меню объектов, как и в Дереве построения. Из этих меню можно быстро вызвать часто используемые команды, например, редактирования или удаления объектов.

– Иерархию отношений объектов можно просматривать в отдельном окне Древа построения. Для этого выделите объект в Дереве построения или в графической области модели и вызовите из контекстного меню команду **Отношения в дополнительном окне**.

ТЕМА 2

Абсолютная система координат

В каждой модели существует **абсолютная система координат** и определяемые ею плоскости и оси. Названия координатных осей и плоскостей появляются в Дереве построения сразу после создания нового файла модели.

Изображение абсолютной системы координат модели показывается посередине окна в виде трех ортогональных отрезков красного, синего и зеленого цветов. Общее начало отрезков — это начало абсолютной системы координат модели, точка с координатами 0, 0, 0.

Плоскости показываются на экране условно — в виде прямоугольников красного, синего и зеленого цветов, лежащих в этих плоскостях. По умолчанию прямоугольники расположены так, что их центры совмещены с началом координат — такое отображение позволяет пользователю увидеть размещение плоскостей в пространстве. Иногда для понимания расположения плоскости требуется, чтобы символизирующий ее прямоугольник был больше (меньше) или находился в другом месте плоскости. Вы можете изменить размер и положение этого прямоугольника, перетаскивая мышью его характерные точки (они появляются, когда плоскость выделена).

Координатные оси и плоскости абсолютной системы координат невозможно удалить из файла модели. Их можно переименовать (см. раздел [Названия и пиктограммы объектов в Дереве](#)), а также включить/выключить их показ в графической области модели (см. раздел [Управление видимостью объектов](#)).

В левом нижнем углу графической области отображается элемент управления ориентацией модели. Он состоит из трех объемных стрелок красного, зеленого и синего цветов, показывающих положительные направления осей X, Y, Z абсолютной системы координат. Данный элемент управления позволяет сменить ориентацию модели, например, щелчком мыши по стрелке или поворотом в пространстве. Подробно приемы работы с ним описаны в разделе [Управление ориентацией в графической области модели](#).

При повороте модели другими способами элемент поворачивается — так же, как и значок, расположенный в начале абсолютной системы координат, но, в отличие от последнего, не сдвигается при перемещении модели и не может быть отключен.

Правосторонняя и левосторонняя системы координат

Абсолютная система координат может быть правосторонней и левосторонней.

Большинство моделей содержит правостороннюю систему координат. Эта система характеризуется тем, что при взгляде с конца вектора Z на плоскость XY ось X совмещается с осью Y поворотом против часовой стрелки.

Правосторонняя система координат обозначается в Дереве построения пиктограммой.

В левосторонней системе координат ось Z инвертирована. При взгляде с конца вектора Z на плоскость XY ось X совмещается с осью Y поворотом по часовой стрелке.

Модели с левосторонней системой координат появляются в следующих случаях:

- при создании компонентов зеркальным отражением, если в результате отражения создается новая модель (см. раздел [Выбор результата зеркального отражения компонента](#)),
- при создании зеркальных исполнений (см. раздел [Способы создания зеркальных исполнений](#)),
- при ручном инвертировании оси Z (см. раздел [Преобразование правосторонней системы координат в левостороннюю](#)).

Левосторонняя система координат обозначается соответствующей пиктограммой в Дереве построения самих моделей и вставок этих моделей в другие документы.

Кроме того, левосторонняя система координат может быть создана в компоненте и сохранена только в модели, содержащей этот компонент (без передачи в модель-источник компонента, т.е. в источнике остается правосторонняя СК). Это происходит в следующих случаях:

- при создании компонентов зеркальным отражением, если созданные компоненты являются зеркальными вставками исходных (см. раздел [Выбор результата зеркального отражения компонента](#)),
- при создании массива по образцу, использующего в качестве образца зеркальный массив (см. разделы [Зеркальный массив](#) и [Массив по образцу](#)) — в данном случае компонент является экземпляром массива.

Системы координат таких компонентов обозначаются в Дереве построения содержащей их модели пиктограммой правосторонней СК, так как обозначения в Дереве отражают состояние объектов в моделях-источниках компонентов.

Все построения выполняются одинаково в правосторонней и левосторонней системах координат.

Преобразование правосторонней системы координат в левостороннюю

При необходимости вы можете преобразовать правостороннюю систему координат в левостороннюю и наоборот. Для этого из контекстного меню абсолютной системы координат в Дереве построения вызовите команду **Левосторонняя СК**.

Если рядом с названием команды в меню отображается «галочка», то система левосторонняя. Если «галочки» рядом с названием команды нет, то система правосторонняя.

Преобразование системы координат модели имеет следующие особенности.

- Если модель содержит вставки и/или локальные системы координат, то преобразование выполняется для всех систем координат вставок, а также локальных систем координат. При этом пиктограммы данных систем координат в Дереве построения модели не изменяются.
- При инвертировании оси Z компонента модели преобразование выполняется в его модели-источнике.

Локальные системы координат

Иногда для построения частей детали абсолютная система координат не подходит или ее использование возможно, но требует дополнительных расчетов, например, если части детали повернуты относительно абсолютной системы координат.

В таких случаях для упрощения работы можно использовать **локальные системы координат (ЛСК)**.

ЛСК используются в следующих случаях.

- В качестве системы координат тех объектов, положение и/или ориентация которых задается относительно координатной системы (а не относительно других объектов модели).

[Подробнее о системе координат объекта...](#)

Создаваемая ЛСК располагается в модели требуемым образом, а потом в ней создаются объекты. Например, если требуется получить ломаную, сегменты которой располагаются перпендикулярно друг другу, но под углом к осям абсолютной системы координат, можно предварительно создать ЛСК, оси которой параллельны сегментам будущей ломаной, а начало совпадает с ее первой вершиной.

Если системой координат объекта является ЛСК, то этот объект можно перемещать и поворачивать в абсолютной системе координат модели путем изменения положения ЛСК. Чтобы отменить зависимость объекта от ЛСК, перенесите его в абсолютную систему координат модели.

- Для позиционирования деталей-заготовок, импортированных поверхностей, компонентов.

При использовании ЛСК для вставки компонентов имейте в виду следующее.

Сопряжение [Совпадение](#), наложенное на две ЛСК, делает их (и, следовательно, содержащие их компоненты) неподвижными друг относительно друга.

- Элементы ЛСК — точку начала, координатные плоскости и оси — можно использовать при построении модели так же, как другие точечные, плоские и прямолинейные объекты.

Создание ЛСК подробно описано в разделе [Порядок создания ЛСК](#).

В модели можно построить несколько ЛСК и переключаться между ними, делая нужную ЛСК [текущей](#).

При построении объекта можно выбрать в качестве текущей нужную систему координат. Она станет системой координат этого объекта. Объекты постоянно сохраняют связь со своими системами координат. Благодаря этому можно быстро изменить положение объекта, изменив положение его системы координат.

Все имеющиеся в модели ЛСК показываются в Дереве построения, как и остальные объекты. Если в Дереве включено [отображение структуры модели](#), то ЛСК находятся в разделе *Системы координат*.

Вы можете отключать отображение в графической области модели отдельных ЛСК или всех систем координат сразу, а также исключать ЛСК из расчета, используя те же приемы, что и при работе с другими объектами (см. разделы [Управление видимостью объектов](#) и [Исключение объектов из расчета](#)).

При исключении ЛСК из расчета все построенные в ней объекты также исключаются, а при удалении — удаляются.

Текущая система координат. Выбор текущей системы координат

Только одна система координат модели может быть текущей в данный момент времени.

Перед названием текущей системы координат в Дереве построения отображается значок .

Если текущей является ЛСК, то она отображается в графической области модели цветами, заданными для ее элементов. Остальные ЛСК имеют серый цвет.

Абсолютная система координат модели отображается цветной вне зависимости от того, является она текущей или нет.

Чтобы присвоить статус «текущая» системе координат (локальной или абсолютной), вызовите команду **Текущая СК** из ее контекстного меню в Дереве построения. Рядом с названием команды в меню появится «галочка».

- Если текущей назначена ЛСК, то команда **Текущая СК** в ее контекстном меню остается доступной. Повторный вызов команды снимает статус текущей с ЛСК; «галочка» рядом с названием команды исчезает; текущей становится абсолютная система координат.
- Если текущей назначена абсолютная система координат, то команда **Текущая СК** в ее контекстном меню недоступна.

Если при [настройке ЛСК](#) включена опция **При создании ЛСК назначать ее текущей СК**, то каждая новая ЛСК автоматически получает статус «текущая».

Система координат объекта

Система координат объекта — система координат, относительно которой задано положение и/или ориентация объекта.

Список объектов, использующих систему координат, представлен в таблице.

Объекты, использующие систему координат

Объект	Параметры объекта, зависящие от системы координат
Точка по координатам	Координаты точки.
Точка переносом	Ориентация осей для задания координат точки относительно опорной.
Точка на поверхности	Координаты точки при способе смещения По координатам на плоскости .

Объект	Параметры объекта, зависящие от системы координат
Ломаная, сплайн	– Координаты вершин при использовании способа По координатам . – Ориентация осей при использовании способов По оси X , По оси Y , По оси Z .
ЛСК	– Координаты точки начала. – Углы Эйлера.
Дуга окружности, отрезок	Координаты точек.
Эскиз	– Положение начала координат. – Ориентация осей.
Импортированная поверхность	Позиция и ориентация.
Группа точек по кривой, по поверхности	Координаты точек (доступны после разрушения группы).
Группа точек из файла	Положение точек. Точки строятся в текущей системе координат согласно координатам, записанным в файле.
Поверхность по сети точек, по пласту точек	Координаты точек (созданных с помощью команды Построение точки) или положение точек (полученных из файла).
Кривая по закону	Положение кривой. Кривая строится в текущей системе координат согласно заданным функциям ¹ .
Операция изменения положения тела или поверхности	Положение тела или поверхности. Тело или поверхность связывается с условной системой координат, начальное положение которой совпадает с текущей системой координат; для задания положения тела или поверхности задается необходимое положение условной системы координат.
Массив по таблице	Положение экземпляров массива. Массив строится в текущей системе координат по точкам, координаты которых записаны в файле. — ²
Отверстие в листовом теле	Координаты центра отверстия при способе смещения По координатам на плоскости ³ .
Зона	Координаты противоположных вершин параллелепипеда зоны и его ориентация.

Система координат объекта выбирается при его построении с помощью секции **Система координат** Панели параметров. При необходимости объект можно перенести из его системы координат в другую. Для этого войдите в редактирование объекта и выберите другую систему координат с помощью элементов секции **Система координат**.

Если объект построен не в абсолютной, а в локальной системе координат, то пиктограмма этого объекта отмечается в Дереве построения значком.

Настройка систем координат

Вы можете выполнить следующие настройки систем координат модели:

- для абсолютной системы координат — задать наименования и цвет изображения координатных плоскостей, осей и обозначения начала координат (см. раздел [Свойства абсолютной СК](#)),
- для локальных систем координат — задать наименования и цвет изображения координатных плоскостей, осей и обозначения начала координат (см. раздел [Свойства локальных СК](#)), а также выбрать умолчательные способы работы с локальными системами координат (см. раздел [ЛСК](#)).

Масштабирование и сдвиг изображения модели

Для изменения масштаба изображения модели используются ряд команд масштабирования. [Подробнее о масштабе отображения документа...](#)

[Способы вызова команд масштабирования](#)

- Главное меню: **Вид — Масштаб** — название команды
- Панель быстрого доступа: меню кнопки **Увеличить масштаб рамкой** — название команды
- Найдите и запустите команду с помощью [поля поиска](#) в строке Главного меню

Список команд масштабирования приведен в таблице.

Команды изменения масштаба

Название команды	Результат выполнения команды
Показать все	В графической области отображается весь редактируемый документ.
Увеличить масштаб рамкой	Масштаб изображения увеличивается так, что область, ограниченная рамкой, полностью уместается в графической области.
Приблизить/отдалить	Плавное изменение масштаба, при приближении или отдалении изображение.
Увеличить масштаб	Масштаб отображения модели увеличивается.
Уменьшить масштаб	Масштаб отображения модели уменьшается.

Название команды	Результат выполнения команды
Показать эскиз полностью	В графической области отображается весь эскиз (в режиме эскиза).
Масштаб по выделенным объектам	Все выделенные объекты отображаются в максимально возможном масштабе.
Предыдущий масштаб	Возврат к предыдущему масштабу отображения модели.
Последующий масштаб	Возврат к последующему масштабу отображения модели.

Команда **Сдвинуть** находится в меню **Вид**.

Для быстрого сдвига изображения (без вызова специальной команды) можно воспользоваться клавишами со стрелками на клавиатуре. Нажатие на любую из них вызывает перемещение изображения в соответствующую сторону.

Поворот модели

При моделировании детали или сборки обычно возникает необходимость видеть ее с разных сторон. Для поворота модели можно использовать:

- команду **Повернуть**,
- клавиатурные комбинации,
- мышь.

Поворот модели при помощи команды Повернуть

Чтобы повернуть модель в окне, вызовите команду **Вид — Повернуть**. Данная команда позволяет поворачивать модель вокруг центра габаритного параллелепипеда всей модели или любого ее объекта, а также вокруг любого объекта модели. Для этого после вызова команды выполните описанные ниже действия.

• Поворот вокруг центра габаритного параллелепипеда.

Нажмите левую кнопку мыши в графической области модели, курсор изменит вид — превратится в «звездочку» с двумя дугообразными стрелками. Не отпуская кнопку, перемещайте курсор.

• **Поворот вокруг точки** (вершины, центра сферы). Подведите курсор к нужному объекту в графической области модели. Когда объект подсветится, а курсор примет вид, соответствующий выбираемому объекту (см. приложение [Вид курсора при выборе объектов различных типов в графической области модели](#)), щелкните левой кнопкой мыши. Затем нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещайте курсор (его вид такой же, как при вращении вокруг центра габаритного параллелепипеда).

Направление вращения вокруг центра габаритного параллелепипеда или вокруг точки зависит от направления перемещения курсора (табл. [Зависимость направления поворота модели от перемещения курсора](#)).

Зависимость направления поворота модели от перемещения курсора

Направление перемещения курсора	Направление поворота модели
Вертикально	В вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости экрана.
Горизонтально	В горизонтальной плоскости, перпендикулярной плоскости экрана.
По диагонали	Направление складывается из соответствующих вертикальной и горизонтальной компонент.
Горизонтально при нажатой клавише <Alt>	В плоскости экрана.

• **Поворот вокруг прямой** (оси, прямолинейного ребра, оси конической или цилиндрической грани, касательной к кривой).

Подведите курсор к нужному элементу в графической области модели. Когда элемент подсветится, а курсор примет вид, соответствующий выбираемому объекту, щелкните левой кнопкой мыши. Фантом оси или касательной к кривой отобразится на экране. Нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещайте курсор (он имеет вид оси с двумя дугообразными стрелками).

• **Поворот вокруг перпендикуляра к поверхности** (грани, координатной или вспомогательной плоскости).

Подведите курсор к нужной точке поверхности и щелкните левой кнопкой мыши. На экране появится фантом перпендикуляра к поверхности в выбранной точке. Нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещайте курсор (он примет вид плоскости с двумя дугообразными стрелками).

• **Поворот вокруг центра габаритного параллелепипеда объекта** (операции, кривой и т.п.)

Выделите объект в Дереве построения модели, затем переместите курсор в графическую область модели. Нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещайте курсор (он примет вид двух дугообразных стрелок).

Чтобы выйти из команды поворота, нажмите клавишу <Esc>.

Поворот модели при помощи клавиатуры

Чтобы повернуть модель вокруг центра габаритного параллелепипеда без вызова специальной команды, можно воспользоваться клавиатурными комбинациями (они перечислены в таблице).

Комбинации клавиш для поворота модели

Комбинация клавиш	Направление поворота
<Ctrl> + <↑>	Вверх в вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости экрана
<Ctrl> + <↓>	Вниз в вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости экрана
<Ctrl> + <→>	Вправо в горизонтальной плоскости
<Ctrl> + <←>	Влево в горизонтальной плоскости
<Shift> + <→>	Против часовой стрелки в плоскости экрана
<Shift> + <←>	По часовой стрелке в плоскости экрана
<Пробел> + <↑>	На 90° вверх в вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости экрана
<Пробел> + <↓>	На 90° вниз в вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости экрана
<Пробел> + <→>	На 90° вправо в горизонтальной плоскости
<Пробел> + <←>	На 90° влево в горизонтальной плоскости

Угол поворота модели при однократном нажатии комбинации <Ctrl> + <стрелки> или <Shift> + <стрелки> называется **шагом угла поворота модели**. Его величину можно [настроить](#).

Поворот модели при помощи мыши

Для вращения модели нужно перемещать мышь с нажатой правой кнопкой.

При этом, если центр габаритного параллелепипеда модели оказывается за пределами экрана (обычно это происходит при значительном увеличении масштаба отображения), в качестве центра вращения используется ближайшая к курсору точка модели.

Если же центр габаритного параллелепипеда не выходит за экран, то вращение происходит вокруг этого центра. В таком случае для вращения модели вокруг ближайшей к курсору точки нажмите и удерживайте клавишу <Ctrl>.

Если требуется поворачивать модель в плоскости экрана, во время вращения удерживайте нажатой клавишу <Alt>.

Выбор объектов – общие сведения

Для выполнения многих команд требуется выбор объектов. Например, для команд построения трехмерных элементов, нужно указать объекты, на которых базируется это построение — эскизы, вершины, ребра и грани, вспомогательные оси и плоскости и т.п. Нужные объекты можно выбирать как до запуска команды, так и в процессе ее выполнения.

Кроме того, выбор объекта может потребоваться для просмотра и редактирования его параметров. В этом случае не запускается ни одна из команд. На Панели параметров отображаются параметры выбранного объекта (см. раздел [Панель параметров при изменении параметров объекта](#)).

Объекты можно выбирать в графической области модели (см. раздел [Выбор объектов в графической области](#)) или в Дереве построения (см. раздел [Выбор объектов в Дереве построения](#)).

В Дереве построения объект выбирается целиком, а в графической области можно выбрать отдельные части объекта (если они есть). Например, чтобы в качестве направляющей для операции по траектории использовать всю ломаную, укажите ее в Дереве построения, а чтобы использовать один или несколько сегментов ломаной, указывайте их в графической области. Еще пример: указав поверхность выдавливания в Дереве построения, можно найти все линии пересечения ее с плоскостью, а указав в графической области отдельную грань этой поверхности — линию пересечения грани с плоскостью.

Для быстрого выбора объектов нужного типа в графической области можно использовать [фильтры](#).

Такие объекты, как тела и компоненты, нельзя просто указать в графической области. Для их выбора требуется включить соответствующий фильтр. Можно также указать тело или компонент в Дереве построения. Для этого в Дереве должно быть включено отображение структуры модели (см. раздел [Структурное представление Деревя построения](#)). Есть еще один способ выбора тела или компонента: укажите принадлежащий ему объект и вызовите из контекстного меню команду **Выбрать тело** или **Выбрать компонент** соответственно.

Для выбора объектов можно использовать специальные команды, которые содержатся в меню **Выделить** (см. раздел [Выбор объектов с помощью команд](#)).

Часто для выполнения команды требуется выбрать объект, обладающий определенными геометрическими свойствами. Например, для отсечения части модели плоскостью необходимо указать объект, который будет играть роль плоскости отсечения. Таким объектом может являться плоская грань, координатная или вспомогательная плоскость.

По наличию у объекта тех или иных геометрических свойств он относится к одному из типов, приведенных в таблице.

Типы объектов модели

Тип объектов	Объекты, относящиеся к данному типу
Точечные объекты	– начало координат, – характерная точка геометрического объекта в эскизе, – отдельная точка в эскизе, – отдельная точка в пространстве, – вершина пространственной кривой, – вершина ребра, – точки группы, – точки в составе экземпляров массива точек, – контрольные и присоединительные точки.
Прямолинейные объекты	– отрезок, – отрезок в эскизе, – сегмент ломаной, – координатная или вспомогательная ось, – прямолинейное ребро, – осевая линия.
Плоские объекты	– координатная или вспомогательная плоскость, – плоская грань, – плоскость эскиза (для некоторых команд).

Выбранные объекты подсвечиваются в графической области. Цвет подсветки можно [настроить](#).

При необходимости вы можете отменить выделение объектов. Если ни одна команда не запущена, то для отмены выделения щелкните мышью на свободном месте графической области или нажмите клавишу <Esc>. Если объекты выбираются в процессе выполнения команды, то для отмены выделения используются элементы Панели параметров.

С помощью клавиш *<Shift>* и *<Ctrl>* можно инвертировать выделение (подробнее см. раздел [Выбор объектов в графической области](#)).

Выбор объектов в графической области

В графической области модели возможно выделение объектов следующими способами:

- [указание объектов мышью](#),
- [выделение объектов охватывающей или секущей рамкой](#).

Указание объектов мышью

Чтобы выделить объект указанием, подведите к нему курсор. Когда рядом с курсором появится символ текущего объекта и объект подсветится, нажмите левую кнопку мыши.

Во время прохождения курсора в графической области модели система автоматически производит **динамический поиск** объектов. Если объект найден, то он подсвечивается, а его символ появляется рядом с курсором. Например, когда курсор находится над ребром, то он

имеет вид  , а когда над гранью —  (перечень видов курсора приведен в приложении [Вид курсора при выборе объектов различных типов в графической области модели](#)). Когда курсор смещается с объекта, символ исчезает, подсвечивание снимается, и динамический поиск возобновляется.

При выполнении операции динамический поиск производится с учетом типов объектов, используемых в ней. Во время прохождения курсора над моделью подсвечивается объект требуемого в данный момент типа.

Щелчок мышью по объекту при нажатой комбинации клавиш *<Shift>* + *<Ctrl>* позволяет выделить в графической области всю модель, которой принадлежит этот объект. Например, при работе со сборкой можно выделить компонент, указав один из его объектов, а при работе с деталью — всю эту деталь. Указание с *<Shift>* + *<Ctrl>* любого объекта уже выделенной модели отменяет ее выделение.

С помощью клавиш *<Shift>* и *<Ctrl>* можно добавлять новые объекты к выделенным и исключать их из числа выделенных. Для этого указывайте объекты, удерживая нажатой или клавишу *<Shift>*, или клавишу *<Ctrl>*. Такое указание инвертирует выделение объекта — невыделенный объект выделяется, а с выделенного объекта выделение снимается. При этом выделение остальных объектов остается без изменений. Используя этот прием, можно формировать нужные группы выделенных объектов.

Выбор групп объектов и деталей можно совместить. Это означает, что можно, например, сначала выделить несколько объектов, удерживая клавишу *<Ctrl>*, затем, не отпуская ее, нажать клавишу *<Shift>* (при этом выделение с объектов не снимается) и, удерживая обе клавиши, выделить несколько деталей. Таким образом, в графической области модели будут одновременно выделены группа объектов и группа деталей.

Выделение объектов рамкой

Объекты в графической области можно выделить с помощью **охватывающей** или **секущей** рамки. Для этого установите курсор на свободное место (так, чтобы он не захватывал никаких объектов), нажмите левую кнопку мыши и перемещайте курсор, удерживая кнопку нажатой. На экране будет отображаться рамка, следующая за курсором.

- При перемещении курсора слева направо формируется **охватывающая** рамка. Она отображается сплошной линией и заливается голубым цветом. После того как вы отпустите кнопку мыши, будут выделены те объекты, которые целиком попали внутрь рамки.
- При перемещении курсора справа налево формируется **секущая** рамка. Она отображается пунктиром и заливается светло-зеленым цветом. После того как вы отпустите кнопку мыши, будут выделены те объекты, которые хотя бы частично попали внутрь рамки.

При формировании новой рамки в графической области предыдущее выделение отменяется. Если требуется добавить объекты к ранее выделенным, выполняйте выделение рамкой при нажатой клавише **<Shift>**.

Удерживание в процессе выделения клавиши **<Ctrl>** позволяет инвертировать выделение — невыделенные объекты, попавшие в рамку, выделяются, а с выделенных объектов выделение снимается.

При работе со сборкой может потребоваться выделить ее компоненты. Для этого выполняйте выделение рамкой при нажатых клавишах **<Shift>** + **<Ctrl>**. При выделении охватывающей рамкой компонент должен попасть в рамку целиком, а при выделении секущей — хотя бы частично. Если в рамку попадает уже выделенный компонент, то выделение с него снимается.

Чтобы при выделении рамкой были выбраны только объекты определенных типов, включите соответствующие фильтры. [Подробнее об использовании фильтров...](#)

Особенности выделения объектов рамкой

- При выделении рамкой выделяются только объекты модели, которые видны на экране. Объекты, полностью заслоненные другими объектами, не выделяются. Если требуется, чтобы заслоненные объекты попали в выделение, используйте [специальные команды выделения рамкой](#).
- Объект, попавший в рамку, может включать в себя другие объекты. Например, ломаная состоит из ребер и вершин, тело — из ребер, вершин и граней и т.п. При попадании в рамку становится выделенным сам этот «составной» объект, а не объекты, входящие в него. Например, при выделении секущей рамкой в рамку попала часть ломаной, содержащая несколько ребер и вершин. В результате будет выделена сама ломаная (полностью), а не ее ребра и вершины. Если выделение выполняется охватывающей рамкой, то при попадании в рамку ребра ломаной и вершин на его концах будут выделены ребро и вершины, а при попадании всей ломаной — объект «ломаная», а не набор ребер и вершин.
- Можно выделять объекты охватывающей и секущей рамками в процессе выполнения различных команд. В этом случае выделение объектов имеет следующие особенности.
- Если для выполнения команды требуется выбор одного объекта (на Панели параметров отображается [однострочный регистратор](#)), то выбирается первый подходящий объект, попавший в рамку. При повторном формировании рамки происходит следующее: если в рамку попадает

ранее выбранный объект, то его выбор отменяется (объект удаляется из регистратора); если ранее выбранный объект не попал в рамку, то вместо него выбирается первый подходящий объект из попавших в рамку.

- Если для выполнения команды возможен выбор одного или нескольких объектов (на Панели параметров отображается [многострочный регистратор](#)), то выбираются все подходящие объекты. При повторном формировании рамки выделение инвертируется. При выделении с <Shift> происходит добавление объектов к выделенным. Ранее выделенные объекты, попавшие в рамку, остаются выделенными.

- Выделять объекты рамкой можно не только в главном окне КОМПАС-3D, но и в [Окне модели-источника](#) в различных процессах. Выделение выполняется так же, как в главном окне системы (особенности выделения при работе в различных процессах описаны в предыдущем пункте).

- Если включен [режим сечения модели](#), то с помощью рамки можно выделить только те объекты, которые хотя бы частично видны на экране. Объекты, которые полностью попали в отсеченную часть (не отображаются на экране), выделить нельзя. Для выделения объекта охватывающей рамкой необходимо, чтобы вся оставшаяся на экране часть объекта попала в рамку. Использование текущей рамки при включенном режиме сечения модели не имеет особенностей.

Фильтры объектов

Иногда в «ловушку» курсора при прохождении курсора над моделью попадает сразу несколько объектов (например, грань и ее ребро), причем подсвечивается не тот объект, который вы хотите указать.

Для облегчения выбора объектов нужного типа используются Фильтры объектов.

Команды включения фильтров расположены в меню кнопки **Фильтровать все объекты** Панели быстрого доступа и пункте **Выделить — Фильтровать объекты** Главного меню.

По умолчанию активна команда **Фильтровать все объекты** (соответствующая ей кнопка Панели быстрого доступа имеет черный фон). Это означает, что подсвечиваются и могут быть указаны и вершины, и ребра, и грани, и оси, и плоскости и т.д. — все объекты, перечисленные в меню **Фильтровать объекты**.

Если для выполнения задуманного вами действия необходимо указание определенных объектов (или примитивов объектов), вызовите соответствующую команду из меню. Фон кнопки **Фильтровать все объекты** станет серым. Это означает, что один из фильтров включен.

Если отключаются все команды, соответствующие типам примитивов или объектов, то кнопка **Фильтровать все объекты** автоматически включается (то есть полностью отключить указание всех типов примитивов и объектов невозможно).

Команды фильтрации условно разделены на три группы:

- 1-я группа — трехмерные примитивы: • **Грани**, • **Ребра**, • **Вершины**,
- 2-я группа — объекты, имеющие примитивы: • **Компоненты**, • **Тела**, • **Поверхности**, • **Кривые**, • **Точки**, • **Эскизы**, • **Системы координат**, • **Контрольные точки**,

- 3-я группа — объекты, не имеющие примитивов: • **Оси**, • **Плоскости**, • **Элементы оформления**, • **Резьбы**.

Группы команд разграничены в меню разделителями.

Вы можете выбрать несколько типов объектов для фильтрации, вызвав нужные команды из меню. Переключать фильтры можно в любой момент работы с моделью.

Фильтрация несколькими фильтрами одновременно может быть произведена следующими способами.

- **Сочетание фильтров.** Если все выбранные фильтры относятся к одной группе, то в результате вы можете отфильтровать или все примитивы, или все объекты, кнопки которых нажаты. Объекты при этом выделяются целиком.

- **Пример 1.** При активных командах **Компоненты** и **Поверхности** для выбора доступны все компоненты и поверхности модели. При выборе объекта курсор принимает вид, соответствующий динамическому поиску компонента или поверхности.

- **Пример 2.** При активных командах **Вершины**, **Ребра** для выбора доступны все вершины и ребра модели.

При выборе объекта курсор принимает вид, соответствующий динамическому поиску вершин или ребер.

- **Наложение фильтров.** Если выбраны фильтры из разных групп, например, из 1-й и 2-й группы, то в результате вы можете отфильтровать примитивы, имеющиеся у объектов выбранного типа. При этом выделяются не целые объекты, а их примитивы — ребра, грани или вершины.

- **Пример 1.** При активных командах **Ребра** и **Компоненты** для выбора доступны только ребра компонентов.

При выборе объекта курсор принимает вид, соответствующий динамическому поиску ребер.

- **Пример 2.** При активных командах **Грани** и **Точки** фильтрация не производится, так как точка не имеет примитива «грань».

Фильтры 3-й группы в наложении не участвуют, а производят фильтрацию как при сочетании фильтров.

Выбор скрытых, совпадающих или близко расположенных объектов

Иногда объект, который требуется выбрать в графической области модели, расположен близко к другим объектам, или наложен на них, или скрыт под ними. При этом трудно (а иногда и вовсе невозможно) указать его курсором.

Для выбора любого из близко расположенных (в том числе наложенных друг на друга) объектов воспользуйтесь перебором объектов. Перебор возможен, когда система ожидает указания или выделения объекта, а в «ловушку» курсора попадает более одного объекта.

Чтобы выбрать один из скрытых, совпадающих или близко расположенных объектов, выполните следующие действия.

1. Наведите курсор на группу объектов, содержащую нужный объект и выделите один из них.
2. Вызовите из контекстного меню команду **Перебор объектов**. Можно также нажать комбинацию клавиш `<Ctrl> + <t>`.
3. На экране появляется диалог **Перебор объектов**. Он содержит список объектов, попавших в ловушку курсора в момент выделения первого объекта.
4. Перебирайте объекты, наводя курсор на пункты списка. Соответствующие объекты будут поочередно подсвечиваться в графической области.
5. После подсвечивания нужного объекта щелкните на его названии левой кнопкой мыши.
6. Перебор закончится на текущем объекте, диалог закроется.
7. Для выхода из режима перебора без указания объекта нажмите клавишу `<Esc>`.

Если перебор использовался для указания объекта при выполнении какой-либо команды, система вернется к этой команде.

Выбор объектов в Дереве построения

Некоторые объекты нужно выделять и указывать не только в графической области модели, но и в Дереве построения.

Чтобы указать или выделить объект в Дереве, щелкните мышью по его названию или пиктограмме.

Для быстрого перемещения в конец Древа и в его начало используйте клавиши `<End>` и `<Home>` соответственно.

Таким способом вы можете выделить или указать эскиз, плоскость, ось, формообразующий или конструктивный элемент (отверстие, фаску, элемент, приклеенный операцией вращения, и др.), компонент или сопряжение.

При указании или выделении в Дереве любого объекта соответствующая ему часть модели подсвечивается или выделяется в графической области модели.

Если в Дереве выделено сопряжение, то в графической области выделяются объекты, участвующие в этом сопряжении.

Чтобы выделить несколько объектов в Дереве построения, указывайте их, удерживая нажатой клавишу `<Ctrl>`.

Чтобы выделить в Дереве построения группу объектов, расположенных подряд друг за другом, выделите первый (последний) из этих объектов, нажмите и удерживайте клавишу `<Shift>`, затем выделите последний (первый) объект. Выделение будет распространено на все объекты группы.

После того как объект выделен любым способом (в том числе в графической области), соответствующая ему строка в Дереве построения подсвечивается. Например, при указании ребра цвет изменяет строка операции, образовавшей это ребро, а при указании плоскости цвет изменяет пиктограмма этой плоскости.

После того как объект указан любым способом, соответствующая ему пиктограмма в Дереве построения из серой превращается в красную. Например, при указании грани цвет изменяет пиктограмма операции, образовавшей эту грань, а при указании эскиза цвет изменяет пиктограмма этого эскиза.

Компоненты отображаются в Дереве построения в виде пиктограмм. Слева от пиктограммы расположен знак. Он означает, что список объектов, составляющих компонент, свернут. Таким образом, объекты, из которых состоит компонент, могут быть не видны в Дереве даже в том случае, если они выделены в графической области.

Чтобы увидеть в Дереве объект, выделенный в графической области модели, вызовите команду **Показать в дереве** из контекстного меню или с [контекстной панели](#). После вызова команды строка соответствующего компонента подсвечивается, а Дерево построения разворачивается так, чтобы она была видна.

Если в графической области модели выделен объект, принадлежащий формообразующему элементу (например, грань элемента выдавливания), то после вызова команды **Показать в дереве** в Дереве построения подсвечивается строка этого формообразующего элемента.

Управление параметрами операций. Общие сведения

В КОМПАС-3D объекты модели создаются и редактируются путем выполнения операций. Большинство операций имеют определенный набор числовых параметров. Например, числовыми параметрами операции выдавливания являются расстояние выдавливания, угол наклона и толщина стенки, операции масштабирования — коэффициент масштабирования.

Каждому числовому параметру операции соответствует **характерная точка** трехмерного объекта. Характерные точки отображаются на экране во время выполнения операции в виде цветных квадратов.

Если значение параметра операции выражено в линейных или угловых величинах, то во время выполнения операции этот параметр отображается на экране в виде размера соответствующего типа (**размера операции**).

В приведенных выше примерах расстояние выдавливания, угол наклона и толщина стенки отображаются в виде соответствующих размеров и характерных точек; коэффициент масштабирования отображается только в виде характерной точки.

Некоторые операции создаются на основе эскиза. Если в эскизе пользователем проставлены размеры, то в процессе выполнения операции эти размеры также отображаются на экране.

Размеры эскизов и операций отображаются на экране при создании/редактировании операций, если в [диалоге настройки отображения размеров и обозначений](#) включена опция **Размеры эскизов и операций**.

[Подробнее о размерах эскизов и операций...](#)

Пример построения элемента выдавливания на основе эскиза

Для каждого числового параметра операции автоматически создается **переменная**. Переменная для размера эскиза создается пользователем (см. раздел [Установка значения размера](#)). Имена переменных отображаются под размерными линиями размеров. Если имена переменных не отображаются, вызовите команду **Вид — Отображать — Имена переменных в размерах**.

Значением числового параметра может являться число или константа. Кроме того, значение параметра можно задать математическим выражением.

Для задания числовых параметров операции можно использовать следующие приемы:

- ввод значения параметра или выражения для вычисления значения параметра в соответствующее поле Панели параметров (см. разделы [Ввод значений параметров в поля](#) и [Синтаксис выражений](#));
- перемещение характерной точки мышью (см. раздел [Характерные точки объектов](#));
- задание значения размера эскиза или размера операции с помощью [диалога установки значения размера](#) (диалог вызывается двойным щелчком мышью по размерной надписи размера в графической области модели).

Если числовой параметр операции отображается на экране в виде размера, то на значение этого параметра можно назначить **допуск**. [Подробнее...](#)

Числовые значения параметров операции можно изменить после создания операции. [Подробнее о способах редактирования параметров операции...](#)

Характерные точки объектов

Использование характерных точек позволяет во время построения объектов изменять различные их параметры (размеры, положение, форму и др.) без помощи клавиатуры — путем перемещения точек мышью.

Характерные точки трехмерных объектов соответствуют числовым параметрам операции (числовым полям, находящимся на Панели параметров). Характерные точки отображаются на экране в виде цветных квадратов. Треугольник, расположенный рядом с квадратиком, показывает возможное направление перемещения характерной точки.

Характерные точки конической спирали

Чтобы изменить значение какого-либо параметра, переместите соответствующую ему характерную точку мышью. Для этого подведите курсор к нужной точке. После того как точка будет выделена и рядом с ней появится надпись, содержащая имя и значение параметра (или выражение для вычисления значения параметра), нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская ее, перемещайте мышь. Вслед за курсором будет перемещаться выбранная характерная точка. Значение соответствующего ей параметра будет изменяться и отображаться в надписи рядом с курсором, а фантом объекта — динамически перестраиваться. Когда нужное значение будет достигнуто, отпустите кнопку мыши.

Значения некоторых параметров могут откладываться как в одну, так и в другую сторону от нейтрального положения. При перемещении характерной точки, соответствующей такому параметру, перед значением в поле Панели параметров автоматически добавляется/удаляется знак «-».

Контролировать изменение значения параметра при перемещении характерной точки удобнее в режиме округления значений.

Чтобы включить этот режим, нажмите кнопку **Округление** на Панели быстрого доступа. В режиме округления параметр, соответствующий перемещаемой характерной точке, может принимать только целые значения.

Особенности задания числовых параметров операции в полях Панели параметров

При вводе значений числовых параметров операции в поля Панели параметров обратите внимание на следующие особенности.

- Если в поле вводится выражение, то в процессе ввода в поле отображается это выражение, а после подтверждения ввода (нажатия клавиши `<Enter>`) — выражение и результат его вычисления.
- Если значение, заданное выражением, изменяется с помощью колеса мыши или [характерной точки](#), то к выражению добавляется свободный член. Значение свободного члена равно величине изменения. Знак перед свободным членом зависит от того, увеличивается значение параметра или уменьшается.
- Если выражение для вычисления значения содержит переменную, отсутствующую в модели, то после подтверждения ввода эта переменная примет умолчательное значение, а значение параметра операции будет равно результату вычисления выражения с новой переменной. После создания операции новая переменная автоматически появится в модели, а ее имя и умолчательное значение отобразятся в главном разделе [Панели переменных](#).
- Если в качестве значения параметра в поле вводится только имя переменной, отсутствующей в модели, то после подтверждении ввода эта переменная примет то значение, которое содержалось в поле до ее ввода. Если в поле содержалось выражение, то значение новой переменной будет равно результату вычисления выражения. После создания операции новая переменная автоматически появится в модели, а ее имя и значение отобразятся в главном разделе [Панели переменных](#).

ТЕМА 3

Общие сведения об эскизе

Эскиз — объект трехмерного моделирования, созданный средствами чертежно-графического редактора. Эскизы используются для разных целей, например:

- задание формы сечения тела или поверхности,
- задание траектории перемещения сечения,
- задание положения экземпляров массива.

Эскиз может располагаться на координатной или вспомогательной плоскости, а также на плоской грани. [Подробнее о плоскости размещения эскиза...](#)

Эскиз может содержать одну или несколько цепочек объектов — [контуров эскиза](#). Контуры могут быть замкнуты или разомкнуты. Они могут пересекаться друг с другом. Если при этом образуются замкнутые области, то эти области можно указывать в качестве исходных элементов при различных построениях. Самопересечение контуров не допускается.

Один и тот же эскиз может использоваться в нескольких различных операциях. Для выполнения некоторых операций можно указать как эскиз целиком, так и замкнутую область в эскизе, ограниченную контуром или несколькими пересекающимися контурами. [Подробнее об использовании эскиза в операциях...](#)

Работа с эскизом ведется в специальном режиме работы с моделью — [режиме эскиза](#).

По умолчанию каждый новый эскиз создается параметрическим (в системе включен [параметрический режим](#)). Настройка параметрического режима в эскизе описана в разделе [Параметризация](#).

При работе в параметрическом режиме на объекты эскиза автоматически накладываются параметрические связи и ограничения.

[Параметризация геометрических объектов](#)

[Диагностика состояния параметрического эскиза](#)

Вы можете построить непараметрический эскиз, отключив параметрический режим. Однако такой стиль работы не рекомендуется.

Если в модели уже имеются объекты (грани, ребра, вершины и др.), то их можно использовать при построении эскиза. Вы можете спроецировать объекты в эскиз или выполнить привязку к объектам. В последнем случае проекции объектов в эскизе создаются автоматически. [Подробнее об использовании объектов модели при построении эскиза...](#)

Режим эскиза

Режим эскиза — специальный режим работы с трехмерной моделью КОМПАС-3D, в котором выполняется построение эскиза.

Запуск режима эскиза

после щелчка по значку  в поле Панели параметров (данный вариант доступен, если в операции используется ранее созданный эскиз). При переходе в режим эскиза цвет закладки текущего документа и заголовка Панели параметров меняется на зеленый. В графической области модели появляется значок режима эскиза. Меняется состав Инструментальной области окна, Главного меню и Панели быстрого доступа — становятся доступными команды построения и редактирования графических объектов, выделения, измерений, простановки размеров, наложения параметрических связей и ограничений.

На экране отображается система координат эскиза.

Работа в режиме эскиза практически аналогична работе в КОМПАС-фрагменте. Отличием является невозможность создания таких объектов, как технологические обозначения и таблицы, штриховки, заливки, линии обрыва и некоторые другие. Это связано с тем, что они, в отличие от графических объектов, не участвуют в образовании формы трехмерного элемента при перемещении эскиза и, в отличие от размеров, не определяют конфигурацию эскиза.

Создайте или отредактируйте изображение в эскизе, а затем завершите работу в режиме.

Завершение работы в режиме эскиза

вызвать команду трехмерного моделирования (в этом случае работа в режиме эскиза завершится и запустится выполнение вызванной команды). Диагностика состояния параметрического эскиза

Если эскиз параметрический, то он может находиться в одном из трех состояний: **полностью определенный**, **не полностью определенный** или **переопределенный**. Эти состояния показываются в Дереве построения значками перед названиями эскизов:

- полностью определенный эскиз, т.е. его объекты не имеют ни одной степени свободы в системе координат эскиза,
- не полностью определенный эскиз,
- переопределенный эскиз.

Рекомендуется, чтобы все эскизы в модели были полностью определены. В этом случае системы уравнений эскизов решаются более устойчиво.

Чтобы просмотреть или изменить состояние эскиза, войдите в режим его редактирования. Включите отображение ограничений и степеней свободы объектов, если оно отключено.

- Если эскиз определен полностью, то ни один из его объектов не имеет ни одной степени свободы, т.е. при включенном отображении степеней свободы символы степеней свободы не отображаются.
- Если эскиз определен не полностью, то хотя бы один из его объектов имеет хотя бы одну степень свободы. Для полного определения эскиза следует наложить на его объекты связи и/или ограничения так, чтобы ни один объект не имел ни одной степени свободы.

- Переопределенным считается эскиз, на объекты которого наложены избыточные связи и/или ограничения (при этом степени свободы у объектов могут как присутствовать, так и отсутствовать). Значки избыточных связей и/или ограничений отображаются оранжевым цветом. Например, избыточной является связь *параллельность*, наложенная на отрезки, уже имеющие ограничение *горизонтальность*.

Если эскиз непараметрический (т.е. его объекты не связаны ни друг с другом, ни с объектами модели и не имеют ограничений), то перед его названием в Дереве построения нет никаких значков.

Использование эскиза в операциях

В операциях построения геометрических элементов (в зависимости от предъявляемых требований) можно использовать:

- эскиз целиком,
- отдельные объекты, построенные в эскизе,
- замкнутые области, ограниченные контурами эскиза или полученные их пересечением.

Эскизы и их элементы могут использоваться в качестве сечений, направляющих объектов, секущих объектов и др.

Объекты, доступные при выполнении операций

Контуры в эскизе. Использование эскизов и областей, ограниченных контурами эскиза, в операциях

Выбор эскиза и его частей при выполнении операции

Создание/редактирование эскиза в процессе выполнения операции

Объекты, доступные при выполнении операций

Вне режима работы с эскизом на экране отображаются не все построенные в нем графические объекты, а лишь те, которые лежат на текущем и активных слоях (эскиз может содержать несколько слоев, как и фрагмент, см. раздел [Слои](#)) и имеют один из следующих типов и/или стилей:

- точка,
- Осевая линия,
- линия со стилем *Основная*,
- отрезок со стилем *Осевая*.

При выполнении операции, использующей эскиз, учитываются именно те его графические объекты, которые видны вне режима эскиза.

Размеры, проставленные в эскизе, доступны при выполнении операции, а также при включении [специального режима отображения размеров](#).

Таким образом, если для построения изображения в эскизе (особенно параметрическом) требуются вспомогательные объекты, которые не должны учитываться при выполнении операции, используйте для них стиль линии, отличный от *Основной* и *Осевой*.

Размеры, которые не должны быть видны вне режима эскиза, перенесите на погашенный слой.

Контуры в эскизе. Использование эскизов и областей, ограниченных контурами эскиза, в операциях

[Наверх](#)

Эскиз может содержать одну или несколько цепочек объектов — контуров эскиза.

Объединение объектов эскиза в контуры имеет особенности. Например, если в эскизе построены два отрезка, соединяющиеся в вершине, то они представляют собой цепочку и составляют один контур. Если отрезки пересекаются, то контуров будет два. В случае, когда несколько отрезков имеют общую вершину, в эскизе сформируется несколько контуров.

Объединение объектов эскиза в контуры выполняется системой.

В различных операциях можно использовать:

- эскизы целиком

[Требования к контурам при использовании эскиза](#)

Если при выполнении операции появляется сообщение о самопересечении контура, рекомендуется отредактировать исходный эскиз или разбить его на несколько более простых эскизов и выполнить нужную операцию над каждым эскизом отдельно.

- отдельные объекты (не контуры) эскиза
- области, ограниченные отдельными контурами эскиза или полученные пересечением/касанием контуров

В некоторых операциях можно использовать только эскизы, содержащие один контур. Например, в операции [Ребро жесткости](#). При выборе эскиза с несколькими контурами на экране появляется сообщение об ошибке.

Есть операции, для которых количество контуров в эскизе не ограничивается. Например, эскиз, содержащий несколько непересекающихся контуров, можно выбрать в качестве сечения [элемента выдавливания](#) (рис. Построение элемента выдавливания, а, б). В результате получится [тело, состоящее из частей](#).

В ряде операций можно использовать не только эскиз целиком, но и отдельные области, ограниченные контурами эскиза или полученные в результате пересечения/касания контуров. Например, при построении элемента выдавливания, указанного в предыдущем абзаце, можно использовать не весь эскиз, а одну из областей, ограниченную контурами.

Построение элемента выдавливания

- а) эскиз, содержащий несколько непересекающихся контуров,
б) сечением элемента является весь эскиз,
в) сечением элемента является одна из областей в эскизе

Если контуры в эскизе касаются или пересекаются, и в результате получаются замкнутые области, то эти области также можно использовать при выполнении операций.

Выбор области, образованной касанием контуров

Требования к эскизам, предъявляемые в различных операциях, подробно описаны в разделах, посвященных этим операциям.

Если в качестве сечения элемента при выполнении операции выбран эскиз, то после завершения операции этот эскиз скрывается. Если сечением является область в эскизе, то эскиз остается видимым. При необходимости вы можете скрыть его (см. раздел [Управление видимостью объектов](#)).

Выбор эскиза и его частей при выполнении операции

- Чтобы выбрать нужный эскиз, укажите один из его объектов в графической области модели или сам эскиз в Дереве построения.
- Чтобы выбрать область в эскизе, щелкните мышью внутри этой области.

Выбранный эскиз/область эскиза подсвечивается. В соответствующем поле Панели параметров появляется название эскиза, а в случае выбора области также слово *Область*.

В некоторых операциях можно использовать отдельные объекты эскиза. Они указываются в графической области модели.

Например, чтобы выбрать объект эскиза в качестве траектории движения сечения [Элемент по траектории](#), активизируйте поле **Траектория** Панели параметров и укажите нужный объект в графической области. Если траекторией должен быть весь эскиз, укажите его в Дереве построения модели.

Создание/редактирование эскиза в процессе выполнения операции

При выполнении некоторых операций, в которых используются эскизы (например, в качестве сечений элементов), можно создавать нужные эскизы, а также редактировать их, не прерывая операцию. Для этого используются элементы Панели параметров.

- Чтобы создать эскиз, нажмите кнопку **Построить эскиз**. Запустится [процесс задания плоскости эскиза](#). После выбора плоскости система перейдет в [режим эскиза](#) для построения нужного изображения. Выполните действия, необходимые для построения, и завершите работу

в режиме эскиза. Система вернется в процесс выполнения текущей операции. Созданный эскиз появится в Дереве построения и будет автоматически выбран.

- Чтобы отредактировать выбранный эскиз, щелкните по значку  в поле, содержащем название этого эскиза. Система перейдет в режим эскиза. Внесите в эскиз необходимые изменения и завершите работу в режиме. Система вернется в процесс выполнения текущей операции.

В [операции выдавливания](#) для редактирования эскиза, выбранного в качестве сечения, требуется выделить название эскиза в поле **Сечение** и нажать кнопку **Редактировать** рядом с полем. Если сечением является область в эскизе или несколько областей, то нужно выделить название области и нажать кнопку **Редактировать**.

Плоскость для построения эскиза

Выбор плоскости для построения эскиза

Эскиз операции может быть построен на любой плоскости — вспомогательной или координатной, а также на любой плоской грани модели. Выбор плоскости для эскиза не влияет на дальнейший порядок работы с моделью.

Плоскость для построения эскиза можно выбрать как до, так и после вызова команды [создания эскиза](#).

Если при вызове команды создания эскиза плоскость для его построения не выбрана, то автоматически запускается процесс размещения эскиза, позволяющий выбрать имеющуюся в модели плоскость или создать новую. [Подробнее...](#)

При необходимости уже созданный эскиз можно [перенести на другую плоскость](#).

Если в эскизе есть [проекции](#) других объектов, а также если базирующаяся на эскизе операция является, в свою очередь, основой для других операций, то смена плоскости эскиза может привести к появлению ошибок в модели.

От того, на какой плоскости располагается эскиз первого тела или поверхности, зависит положение объекта в стандартных ориентациях: спереди, сверху, слева и т.д. В КОМПАС-3D доступно несколько аксонометрических схем, отличающихся положениями модели в стандартных ориентациях. Если ни одна из предопределенных схем не дает нужного положения модели, это не означает, что эскиз первого тела или поверхности нужно переносить на другую плоскость или поворачивать. Вы можете создать собственную аксонометрическую схему в процессе [Ориентация вида](#).

Ориентация **Изометрия** и стандартные виды

Ориентация плоскости эскиза и масштаб отображения эскиза

По умолчанию система настроена так, что при входе в [режим эскиза](#) происходит минимальный поворот модели, при котором плоскость эскиза становится параллельна экрану, а при выходе из режима эскиза модель возвращается в прежнее положение.

Масштаб отображения эскиза по умолчанию определяется следующим образом:

- при создании нового эскиза:
- если эскиз строится на координатной плоскости — принимается равным 1,
- если эскиз строится на вспомогательной плоскости или плоской грани — подбирается по габариту объекта,
- при редактировании существующего эскиза подбирается по габаритам изображения в эскизе, т.е. автоматически выполняется команда **Показать эскиз полностью**.

Настройку автоматической установки ориентации и масштаба можно изменить в [диалоге настройки изменения ориентации](#).

Если автоматический поворот модели отключен или при построении эскиза положение модели изменялось вручную, то вы можете разместить плоскость эскиза параллельно экрану с помощью команды **Нормально к...** Данная команда вызывается из контекстного меню (если не активна ни одна другая команда) или с помощью одноименной кнопки Панели быстрого доступа.

После вызова команды **Нормально к...** плоскость эскиза становится параллельна экрану. Повторный вызов команды разворачивает плоскость эскиза обратной стороной к наблюдателю.

Порядок создания эскиза

Эскиз размещается на плоском объекте — координатной или вспомогательной плоскости либо плоской грани.

Создание эскиза выполняется в специальном режиме — [режиме эскиза](#).

Порядок действий

1. Вызовите команду **Создать эскиз** и укажите плоскость для размещения эскиза.

[Способы вызова команды](#)

Создание эскиза может быть запущено автоматически при вызове команды создания графического объекта в разделе **Инструменты эскиза** Инструментальной области окна. Кроме того, нужный эскиз может быть создан в процессе выполнения команды построения трехмерного элемента (например, команды **Элемент выдавливания**). В этих случаях сначала запускается процесс размещения эскиза, а затем — процесс его создания.

Плоскость можно указать как до вызова команды создания эскиза, так и после.

- Если плоскость указана, то сразу после вызова команды происходит переход в режим эскиза. Система координат эскиза совпадает с текущей системой координат модели.

- Если плоскость не указана, то после вызова команды запускается процесс размещения эскиза, позволяющий [выбрать нужную плоскость](#). В этом процессе вы можете выбрать плоский объект или построить вспомогательную плоскость, а также выбрать систему координат модели, определяющую положение эскиза. После задания плоскости эскиза система переходит в режим эскиза.

При переходе в режим эскиза в Дереве построения появляется пиктограмма эскиза, отмеченная значком. Это означает, что эскиз в данный момент редактируется.

На экране отображается система координат эскиза и характерные признаки режима эскиза.

2. Постройте в эскизе нужное изображение. Для этого используются команды создания графических объектов.

Кроме того, вы можете вставить в эскиз готовое изображение следующими способами:

- добавить изображение из библиотеки с помощью Панели библиотек (подробнее см. раздел [Использование библиотеки элементов](#)),
- перенести изображение из ранее созданного чертежа или фрагмента с помощью буфера обмена,
- добавить фрагмент или рисунок с помощью команд меню **Вставка**.

3. Завершите работу в режиме эскиза. Для этого нажмите кнопку **Создать эскиз** на Панели быстрого доступа, или щелкните мышью по значку режима эскиза в графической области модели, или вызовите из контекстного меню команду **Создать эскиз**.

Новый эскиз будет выделен в Дереве и в графической области модели.

Команды запуска операций, которые могут быть выполнены на основе созданного эскиза, можно вызвать прямо из режима эскиза. Например, построив в эскизе сечение тела выдавливания, можно сразу вызвать команду **Операция выдавливания**. Режим редактирования эскиза автоматически завершится, будет запущена команда построения тела выдавливания.

Эскиз относится к объектам, использующим систему координат (о системе координат объекта см. раздел [Система координат объекта](#)).

Задание плоскости эскиза

Для выбора плоскости создаваемого эскиза используется процесс размещения эскиза.

Данный процесс запускается автоматически в следующих случаях:

- после вызова команды **Создать эскиз**, если перед ее вызовом не была указана плоскость или плоская грань,
- в процессе выполнения команды построения трехмерного элемента (например, команды **Элемент выдавливания**) после нажатия кнопки **Создать эскиз** на Панели параметров,

- после вызова команды создания нужного графического объекта в разделе **Инструменты эскиза** Инструментальной области окна.

В процессе размещения эскиза вы можете:

- задать плоскость эскиза,
- выбрать систему координат модели, определяющую положение системы координат эскиза (если модель содержит локальные системы координат),
- задать наименование эскиза и [свойства его отображения](#).

После задания плоскости эскиза система автоматически переходит в [режим эскиза](#). Поэтому если требуется также изменить положение системы координат эскиза или свойства его отображения, выполните эти действия до задания плоскости.

Процесс размещения эскиза используется не только при [создании](#) эскиза, но и при его [редактировании](#). В последнем случае процесс предназначен для изменения положения эскиза и имеет более широкий набор возможностей, например, доступны элементы задания позиции и ориентации системы координат эскиза.

Задание плоскости эскиза

Чтобы задать плоскость для размещения эскиза, укажите вспомогательную или координатную плоскость или плоскую грань в графической области модели. Выбранный объект подсветится, его имя будет занесено в поле **Базовая плоскость**.

При необходимости вы можете построить нужную плоскость, не прерывая процесс размещения эскиза. Для этого нажмите кнопку **Построить плоскость** рядом с полем **Базовая плоскость**. Запустится [подпроцесс создания плоскости](#). Выполните действия, необходимые для построения, и завершите создание плоскости. Созданная плоскость будет автоматически выбрана в качестве плоскости эскиза.

После задания плоскости система переходит в режим эскиза.

Выбор системы координат модели

[Наверх](#)

По умолчанию положение системы координат эскиза определяется проекцией текущей системы координат модели на плоскость эскиза. Вы можете выбрать другую систему координат модели. Для этого раскройте секцию **Система координат** и выберите нужную систему координат из списка **СК**. Положение системы координат эскиза будет определяться выбранной системой координат модели.

При необходимости вы можете создать локальную систему координат, не прерывая процесс размещения эскиза. Для этого нажмите кнопку **Построить ЛСК** рядом со списком **СК**. Запустится [подпроцесс создания ЛСК](#). Выполните действия, необходимые для построения, и завершите создание ЛСК. Система вернется в процесс размещения эскиза. Созданная ЛСК будет определять положение системы координат эскиза.

Редактирование изображения в эскизе

Вы можете отредактировать изображение в любом эскизе модели.

Порядок действий

1. Укажите эскиз, который требуется отредактировать, одним из следующих способов:

- выделите эскиз в Дереве построения,
- выделите в Дереве построения операцию, созданную на основе эскиза,
- выделите в графической области модели любую грань объекта, созданного на основе эскиза.

2. Вызовите из контекстного меню одну из следующих команд:

- если выделен эскиз — команду **Редактировать**,
- если выделена операция или грань объекта — команду **Редактировать эскиз**.

Команда **Редактировать эскиз** может быть вызвана с [контекстной панели](#) при выделении объекта в графической области или в Дереве построения.

Система перейдет в [режим эскиза](#). При этом в графической области модели останутся только те объекты, которые находятся в Дереве построения перед редактируемым эскизом. Иначе говоря, модель временно вернется в то состояние, в котором она была в момент создания редактируемого эскиза.

3. Выполните все необходимые действия по редактированию изображения в эскизе.

Внося изменения в эскиз, вы можете проецировать в него существующие объекты (ребра, грани и т.д.), привязываться к объектам модели, накладывать и удалять параметрические связи и ограничения, выполнять любые построения, редактировать графические объекты.

Если эскиз параметрический, и положение объектов в нем определяется ассоциативными размерами, вы можете ввести новые значения этих размеров.

Помните, что эскиз для выполнения операции должен отвечать определенным требованиям. Они должны соблюдаться не только при создании эскиза, но и при его редактировании. Конкретные требования к эскизам приведены в разделах, посвященных операциям.

4. Завершите работу в режиме эскиза. Для этого нажмите кнопку **Создать эскиз** на Панели быстрого доступа, или щелкните мышью по значку режима эскиза в графической области модели, или вызовите из контекстного меню команду **Создать эскиз**.

Объект, сформированный на основе эскиза, и его производные объекты перестроятся в соответствии с изменением контура в эскизе.

Размещение эскиза на плоскости

Процесс размещения эскиза используется для выполнения следующих действий.

- Задание плоскости эскиза при его [создании](#).

В этом случае процесс запускается автоматически после вызова команды создания эскиза и имеет ограниченные возможности (некоторые элементы Панели параметров недоступны). Подробнее о работе в процессе при создании эскиза см. раздел [Задание плоскости эскиза](#).

- Смена плоскости эскиза и изменение его положения на плоскости.

В этом случае процесс запускается командой **Разместить эскиз**. Работа в процессе описана в текущем разделе.

После изменения положения эскиза модель перестраивается с учетом его нового положения.

Запуск процесса размещения эскиза

Если требуется изменить положение эскиза на плоскости (плоской грани) или выбрать для размещения эскиза другую плоскость (плоскую грань), выделите эскиз в Дереве построения модели и вызовите из контекстного меню команду **Разместить эскиз**.

На Панели параметров появятся элементы размещения эскиза, а в графической области — [элемент базирования](#).

Если графические объекты в эскизе параметрически связаны со вспомогательными проекциями объектов модели (см. раздел [Привязка к объектам модели при работе в эскизе](#)), то после вызова команды на экране появляется сообщение о возможном нарушении этих связей при смене плоскости эскиза. Вы можете продолжить размещение эскиза или отказаться от него.

Смена плоскости эскиза

[Наверх](#)

Чтобы выбрать другую плоскость (плоскую грань) для размещения эскиза, укажите ее в графической области модели. Положение эскиза изменится, а имя выбранного объекта появится в поле **Базовая плоскость**.

При необходимости вы можете построить нужную плоскость, не прерывая процесс размещения эскиза. Для этого нажмите кнопку **Построить плоскость** рядом с полем **Базовая плоскость**. Запустится [подпроцесс создания плоскости](#). Выполните действия, необходимые для построения, и завершите создание плоскости. Система вернется в процесс размещения эскиза. Созданная плоскость будет выбрана в качестве плоскости эскиза.

Изменение положения системы координат эскиза

[Наверх](#)

Позицию и ориентацию системы координат эскиза можно изменить в графической области модели и на Панели параметров.

В графической области для этого используется [элемент базирования](#).

На Панели параметров положение системы координат изменяется с помощью элементов секции **Система координат эскиза**. Доступны следующие действия.

- Изменение положения начала системы координат. Для этого задайте точку, с которой будет совпадать начало системы координат, с помощью элементов группы **Позиция**. [Подробнее...](#)
- Изменение направления осей системы координат. Для этого задайте направление осей с помощью элементов группы **Ориентация**. [Подробнее...](#)
- Смена направления оси Z на противоположное. Для этого установите переключатель **Направление оси Z** в положение **Обратное**. Изображение в эскизе будет перенесено на обратную сторону его плоскости. Если потребуется вернуть изображение в прежнее положение, установите переключатель в положение **Прямое**.

После выполнения необходимых действий система координат эскиза и изображение в эскизе изменят свое положение в соответствии с заданными параметрами.

Выбор системы координат модели

[Наверх](#)

Положение системы координат эскиза определяется относительно проекции на плоскость эскиза системы координат модели, в которой он находится (эта система координат выбирается при создании эскиза). Вы можете выбрать другую систему координат модели. Для этого раскройте секцию **Система координат** и выберите нужную систему координат из списка **СК**. Положение системы координат эскиза будет определяться относительно выбранной системы координат модели.

При необходимости вы можете создать локальную систему координат, не прерывая процесс размещения эскиза. Для этого нажмите кнопку **Построить ЛСК** рядом со списком **СК**. Запустится [подпроцесс создания ЛСК](#). Выполните действия, необходимые для построения, и завершите создание ЛСК. Система вернется в процесс размещения эскиза. Созданная ЛСК будет определять положение системы координат эскиза.

Дополнительные возможности

[Наверх](#)

В процессе размещения эскиза доступны следующие дополнительные возможности.

- Фиксация эскиза.

Чтобы зафиксировать эскиз, установите переключатель **Фиксировать** в положение I (включено). Эскиз сохранит свое положение в пространстве, но его связь с базовой плоскостью будет разорвана. Элементы выбора плоскости и задания положения системы координат эскиза перестанут отображаться на Панели параметров.

Заданные параметры размещения эскиза (выбранная плоскость, позиция и ориентация системы координат) не удаляются при фиксации эскиза. Вы можете вернуться к использованию этих параметров, установив переключатель **Фиксировать** в положение 0 (отключено). Связь эскиза с базовой плоскостью будет восстановлена.

- Задание наименования эскиза и [свойств его отображения](#) с помощью элементов секции **Свойства**.

После выполнения всех необходимых действий нажмите кнопку **Создать объект** в заголовке Панели параметров.

Объект, сформированный на основе эскиза, и его производные объекты перестроятся в соответствии с новым положением эскиза.

Использование объектов модели при построении эскиза

Работая в эскизе, можно:

- **Выполнять привязку к объектам модели** при создании геометрических объектов и размеров. При этом в эскизе формируется [вспомогательная проекция объекта модели](#). С проекцией параметрически связывается создаваемый объект. [Подробнее о привязке к объектам модели...](#)
- **Использовать объекты модели в качестве базовых объектов** при создании геометрических объектов и размеров. Для этого нужно просто указывать объекты модели при создании/редактировании изображения в эскизе. В результате в эскизе формируется [вспомогательная проекция объекта модели](#), с которой связывается объект эскиза. Примеры: отрезок, параллельный проекции ребра; угловой размер между проекцией прямолинейного объекта¹ и отрезком; связь *равенство длин* между отрезком и проекцией прямолинейного объекта.
- **Проецировать объекты модели** на плоскость эскиза. При этом в эскизе формируется геометрический объект, связанный непосредственно с объектом модели. [Подробнее о проецировании объектов модели в эскиз...](#)

Возможность выбора трехмерных объектов при работе в эскизе зависит от настройки [фильтров](#). Изменив настройку, вы можете сузить или расширить набор доступных для указания объектов.

Привязка к объектам модели при работе в эскизе

При создании геометрических объектов в эскизе возможно использование глобальной и локальной привязок не только к геометрическим объектам этого эскиза, но и к объектам модели. Для этого используется команда **Привязка к элементам модели** в меню кнопки **Привязки** на Панели быстрого доступа (в активном состоянии команды рядом с ее названием отображается «галочка»).

Если требуется, чтобы привязка выполнялась только к тем элементам модели, которые видны при ее текущем положении, вызовите команду **Только к видимым элементам модели** (команда доступна, если привязка к объектам модели включена).

О привязках к геометрическим объектам подробно рассказано в разделе [Привязки](#). В данном разделе описаны особенности привязки к объектам модели.

Для привязки можно использовать объекты модели, представляющие собой точки (вершины, начала координат и т.п.) или кривые (ребра, пространственные кривые, оси и т.п.). В результате выполнения привязки в эскизе формируется вспомогательная проекция объекта, выбранного для привязки, а создаваемый геометрический объект параметрически связывается с проекцией.

Привязка выполняется обычным образом: в процессе построения подведите курсор к нужному объекту модели. Когда в плоскости эскиза появится вспомогательная проекция выбранного объекта, значок привязки и обозначение точки привязки («крестик»), щелкните мышью или нажмите клавишу <Enter>.

Например, если требуется построить отрезок, начинающийся в середине проекции ребра, вызовите команду **Отрезок**, включите глобальную или локальную привязку **Середина** и подведите курсор к нужному ребру. Когда в плоскости эскиза появится проекция этого ребра, а в ее середине — «крестик» с расположенным рядом значком привязки *Середина*, щелкните мышью.

При выполнении привязки к объектам модели имейте в виду следующее.

- Если объект прямолинейный и располагается перпендикулярно плоскости эскиза, то привязка возможна только к вершинам этого объекта.
- Невозможно создание двух и более вспомогательных проекций одновременно. Поэтому невозможно выполнение привязки **Пересечение** без проецирования в эскиз объектов, к точке пересечения которых требуется привязаться.

При необходимости вы можете отключить привязку ко всем объектам модели или только к тем, которые не видны в ее текущем положении, вызвав соответственно команду **Привязка к элементам модели** или **Только к видимым элементам модели** в меню кнопки **Привязки** на Панели быстрого доступа. «Галочка» рядом с названием вызванной команды исчезнет.

Вспомогательная проекция объекта модели

Вспомогательная проекция объекта модели создается в эскизе автоматически при выполнении [привязки к объекту модели](#), а также при использовании объекта модели в качестве базового для объекта эскиза.

Вспомогательная проекция присутствует в эскизе до тех пор, пока участвует в каких-либо параметрических связях. Если последняя связь, наложенная на вспомогательную проекцию, удалена, то после завершения работы с эскизом эта проекция автоматически удаляется.

Например, при указании положения первой вершины отрезка была выполнена привязка к центру круглого ребра. В результате в эскизе была создана вспомогательная проекция ребра (окружность или эллипс), между ее центром и вершиной отрезка сформирована связь *совпадение точек*. В дальнейшем первую вершину отрезка потребовалось перенести в другую точку, для чего связь была удалена. Если других связей на вспомогательную проекцию не наложено, при выходе из [режима эскиза](#) эта проекция будет удалена.

Если параметрический режим в эскизе отключен или при его [настройке](#) отключена параметризация привязок, то связи при выполнении привязки не накладываются и вспомогательные проекции не создаются.

Эскиз может содержать вспомогательные проекции сразу после создания. Это зависит от того, что используется в качестве плоскости эскиза. Например:

- эскиз на плоской грани содержит вспомогательные проекции ребер этой грани,
- эскиз на координатной плоскости содержит вспомогательную проекцию начала координат,
- эскиз на плоскости, построенной по трем точкам, содержит вспомогательные проекции этих точек,
- эскиз на плоскости, построенной через ребро параллельно другому ребру, содержит вспомогательные проекции этих ребер,
- эскиз на смещенной плоскости не содержит вспомогательных проекций.

Изначально существующие в эскизе вспомогательные проекции не удаляются из него, даже если не участвуют ни в каких параметрических связях.

Проецирование объектов модели в эскиз

Иногда в эскизе требуется создать линии или точки, представляющие собой проекции трехмерных объектов на плоскость эскиза. Для этого используется команда **Спроецировать объект**.

Способы вызова команды

Порядок действий

1. После вызова команды **Спроецировать объект** укажите объект, проекцию которого требуется получить — вершину, грань, ребро, пространственную кривую, ось, точку и т.п. Результат проецирования зависит от того, какой объект выбран. [Подробнее о проецировании объектов различных типов...](#)

После указания объекта будет создана его проекция в эскизе. Она может представлять собой:

- точку со стилем *Вспомогательная*,
- вспомогательную прямую,
- один или несколько объектов типа *проекционная кривая* со стилем *Основная*.

На созданную проекцию автоматически накладывается параметрическая связь — *Проекционная связь*. Если в результате проецирования получена разомкнутая проекционная кривая, то на нее также накладываются связи *Проекция конечной вершины*. [Подробнее о параметрических связях проекции в эскизе...](#)

2. После создания проекции работа команды не завершается. Если требуется построить проекции нескольких объектов, последовательно укажите их.

3. Чтобы завершить работу команды, нажмите кнопку **Завершить** в заголовке Панели параметров.

В эскизе может существовать только одна проекция каждого объекта модели.

Особенности проецирования в эскиз объектов разных типов

В зависимости от того, какой объект выбран для проецирования, в эскизе создаются различные геометрические объекты.

- При проецировании вершины или прямолинейного ребра, перпендикулярного плоскости эскиза, создается точка со стилем *Вспомогательная*. В последнем случае проецируется одна из вершин указанного ребра.
- При проецировании координатной или вспомогательной оси, а также вспомогательной плоскости, перпендикулярной плоскости эскиза, создается вспомогательная прямая. В последнем случае вспомогательная прямая совпадает с линией проекции проецируемой плоскости на плоскость эскиза.
- При проецировании произвольно расположенного ребра или пространственной кривой создается объект типа *проекционная кривая* со стилем *Основная*.
- При проецировании грани может быть создан один или несколько объектов типа *проекционная кривая* со стилем *Основная*:
- Если грань указывается в произвольном месте, то создаются проекционные кривые, соответствующие проекциям ребер, ограничивающих грань, и проекциям всех участков [линии очерка](#) этой грани в направлении нормали к плоскости эскиза. При указании грани подсвечиваются только ее ребра, а проецируемые линии очерка не подсвечиваются.
- Если грань указывается вблизи линии очерка, то создается проекционная кривая, соответствующая проекции только этого ближайшего к указанию участка линии очерка. При указании грани подсвечивается проецируемый участок линии очерка.

Параметрические связи проекции в эскизе

На любую проекцию, созданную в эскизе, автоматически накладывается параметрическая связь — *Проекционная связь*. Это обеспечивает постоянную связь проекции с исходным трехмерным объектом.

Удаление связи *Проекционная связь* приводит к удалению связи проекции с исходным объектом. Проекция становится обычным геометрическим объектом, который можно перемещать и редактировать. Аналогичный результат дает применение к проекции команды **Разрушить**.

На проекционную кривую, если она разомкнута, также накладываются связи *Проекция конечной вершины*. Эти связи обеспечивают совпадение крайних вершин проекционной кривой с проекциями крайних вершин исходного объекта.

Особенности работы с проекционной кривой

- Изменение формы проекционной кривой невозможно (например, нельзя изменить радиус дуги окружности). Однако эту кривую можно усечь. Проекционная кривая может также использоваться как ограничивающий объект в командах выравнивания или удлинения.
- Если в результате усечения проекционная кривая стала состоять из нескольких частей, то при выделении одной части кривой выделяются все остальные.
- Можно изменять длину проекционной кривой, перемещая характерные точки на ее концах или на концах ее частей (для этого необходимо предварительно удалить наложенную на точки кривой связь *Проекция конечной вершины*). Перемещение точки возможно только вдоль кривой. Если проекционная кривая представляет собой отрезок или дугу окружности/эллипса, то характерные точки можно перемещать вдоль продолжения кривой (т.е. кривую можно сделать длиннее, чем проекция исходного объекта).
- При копировании проекционной кривой создается обычный геометрический объект (объекты).
- Команды редактирования (сдвиг, поворот и т.д.) можно применить к проекционной кривой, если в них включен режим, при котором исходные объекты при выполнении команды остаются. В результате работы этих команд создается обычный геометрический объект (объекты).
- Для возвращения проекционной кривой исходного состояния (например, после усечения) служит команда контекстного меню **Восстановить кривую**. Команда доступна в контекстном меню до тех пор, пока кривая сохраняет связь с исходным объектом (т.е. в списке наложенных на нее ограничений присутствует *Проекционная связь*).

Удаление ошибочных проекционных связей объектов эскиза

Объект эскиза может иметь проекционные связи с объектом модели в следующих случаях:

- при построении объекта эскиза выполнена [привязка к объекту модели](#) (в этом случае для формирования проекционной связи создается [вспомогательная проекция](#)),
- объект эскиза является [проекцией объекта модели в эскиз](#).

В результате редактирования модели объект, с которым связан объект эскиза, может быть изменен таким образом, что проекционные связи не могут существовать, например, если изменение формы или положения объекта модели приводит к вырождению его проекции в эскизе. Потеря проекционных связей также может произойти в случае изменения положения плоскости эскиза.

При появлении ошибочных проекционных связей в эскизе возникает ошибка «*Потеряна связь*» или «*Вырожденная проекция ребра/границы/плоскости*». Чтобы исправить ошибку, вызовите команду **Удалить ошибочные проекционные связи** из контекстного меню эскиза в Дереве построения. Команда присутствует в меню при наличии в эскизе одной из этих ошибок.

После вызова команды из эскиза удаляются все ошибочные проекционные связи объектов эскиза и соответствующие им вспомогательные проекции (если есть). Если других ошибок в эскизе нет, признак ошибки с него снимается.

Для исправления указанных ошибок можно также отредактировать эскиз, вручную удалив потерянные связи с помощью команды **Ограничения объекта**.

Особенности использования в эскизе объектов некоторых типов

Ломаная, прямоугольник, многоугольник

Ломаная, построенная в эскизе, автоматически разбивается на отдельные отрезки (а не остается единым объектом, как при работе с графическим документом). В параметрическом режиме на вершины ломаной накладываются связи *Совпадение точек*. Ломаная, скопированная в эскиз из графического документа, остается единым объектом (т.е. на отрезки не разбивается).

Построенные в эскизе прямоугольники и многоугольники могут разбиваться на отдельные отрезки или оставаться едиными объектами. Это зависит от состояния опции **Разрушить объект**. [Подробнее...](#)

Если требуется построить фаски или скругления на углах прямоугольника, многоугольника, ломаной, имейте в виду следующее.

Прямоугольник/многоугольник, разбитый на отрезки, или построенная в эскизе ломаная представляет собой набор отдельных отрезков. Для построения фасок и скруглений на пересечении этих отрезков используются команды [Фаска](#) и [Скругление](#).

Если прямоугольник/многоугольник создан как единый объект (без разбиения на отрезки), то для построения фасок и скруглений на его углах используются команды [Фаска на углах объекта](#) и [Скругление на углах объекта](#).

Эскиз может содержать текст. После выхода из эскиза все содержащиеся в нем тексты автоматически преобразуются в один или несколько контуров, состоящих из сплайновых кривых.

Иногда в результате автоматического преобразования могут получиться контуры, не удовлетворяющие требованиям операции, например, касающиеся. В этих случаях можно попробовать сменить шрифт надписи. Если контур по-прежнему не подходит для операции, можно в эскизе применить к тексту команду **Преобразовать в сплайн**. Полученные линии уже не будут текстом (т.е. для редактирования надписи ее потребуется ввести и преобразовать в сплайн снова), однако, они будут повторять контуры букв, и вы сможете исправить эскиз так, чтобы он удовлетворял требованиям операции.

Надпись после преобразования в сплайн следует удалить из эскиза или перенести в нем на погашенный слой.

Макроэлементы

Макроэлементы, вставленные в эскиз из библиотек или скопированные через буфер обмена из графических документов, необходимо разбить на отдельные составляющие их объекты с помощью команды **Разрушить**. [Подробнее о разрушении геометрических объектов...](#)

Технологические обозначения, таблицы, штриховки

В эскизе невозможно создание технологических обозначений, таблиц, штриховок и некоторых других объектов.

Если в эскиз попали (например, были скопированы из графического документа) какие-либо из объектов, построение которых в эскизе недоступно, это не препятствует дальнейшей работе. Эти объекты не учитываются при образовании объемного элемента. В эскизе они сохраняются. Их можно просмотреть при редактировании эскиза.

Редактирование изображения в эскизе

Вы можете отредактировать изображение в любом эскизе модели.

Порядок действий

1. Укажите эскиз, который требуется отредактировать, одним из следующих способов:

- выделите эскиз в Дереве построения,
- выделите в Дереве построения операцию, созданную на основе эскиза,
- выделите в графической области модели любую грань объекта, созданного на основе эскиза.

2. Вызовите из контекстного меню одну из следующих команд:

- если выделен эскиз — команду **Редактировать**,
- если выделена операция или грань объекта — команду **Редактировать эскиз**.

Команда **Редактировать эскиз** может быть вызвана с [контекстной панели](#) при выделении объекта в графической области или в Дереве построения.

Система перейдет в [режим эскиза](#). При этом в графической области модели останутся только те объекты, которые находятся в Дереве построения перед редактируемым эскизом. Иначе говоря, модель временно вернется в то состояние, в котором она была в момент создания редактируемого эскиза.

3. Выполните все необходимые действия по редактированию изображения в эскизе.

Внося изменения в эскиз, вы можете проецировать в него существующие объекты (ребра, грани и т.д.), привязываться к объектам модели, накладывать и удалять параметрические связи и ограничения, выполнять любые построения, редактировать графические объекты.

Если эскиз параметрический, и положение объектов в нем определяется ассоциативными размерами, вы можете ввести новые значения этих размеров.

Помните, что эскиз для выполнения операции должен отвечать определенным требованиям. Они должны соблюдаться не только при создании эскиза, но и при его редактировании. Конкретные требования к эскизам приведены в разделах, посвященных операциям.

4. Завершите работу в режиме эскиза. Для этого нажмите кнопку **Создать эскиз** на Панели быстрого доступа, или щелкните мышью по значку режима эскиза в графической области модели, или вызовите из контекстного меню команду **Создать эскиз**.

Объект, сформированный на основе эскиза, и его производные объекты перестроятся в соответствии с изменением контура в эскизе.

Не рекомендуется производить такое редактирование эскиза, после которого заведомо не смогут быть перестроены производные объекты.

Размещение эскиза на плоскости

Процесс размещения эскиза используется для выполнения следующих действий.

- Задание плоскости эскиза при его [создании](#).

В этом случае процесс запускается автоматически после вызова команды создания эскиза и имеет ограниченные возможности (некоторые элементы Панели параметров недоступны). Подробнее о работе в процессе при создании эскиза см. раздел [Задание плоскости эскиза](#).

- Смена плоскости эскиза и изменение его положения на плоскости.

В этом случае процесс запускается командой **Разместить эскиз**. Работа в процессе описана в текущем разделе.

После изменения положения эскиза модель перестраивается с учетом его нового положения.

Запуск процесса размещения эскиза

Если требуется изменить положение эскиза на плоскости (плоской грани) или выбрать для размещения эскиза другую плоскость (плоскую грань), выделите эскиз в Дереве построения модели и вызовите из контекстного меню команду **Разместить эскиз**.

На Панели параметров появятся элементы размещения эскиза, а в графической области — [элемент базирования](#).

Если графические объекты в эскизе параметрически связаны со вспомогательными проекциями объектов модели (см. раздел [Привязка к объектам модели при работе в эскизе](#)), то после вызова команды на экране появляется сообщение о возможном нарушении этих связей при смене плоскости эскиза. Вы можете продолжить размещение эскиза или отказаться от него.

Смена плоскости эскиза

Чтобы выбрать другую плоскость (плоскую грань) для размещения эскиза, укажите ее в графической области модели. Положение эскиза изменится, а имя выбранного объекта появится в поле **Базовая плоскость**.

При необходимости вы можете построить нужную плоскость, не прерывая процесс размещения эскиза. Для этого нажмите кнопку **Построить плоскость** рядом с полем **Базовая плоскость**. Запустится [подпроцесс создания плоскости](#). Выполните действия, необходимые для построения, и завершите создание плоскости. Система вернется в процесс размещения эскиза. Созданная плоскость будет выбрана в качестве плоскости эскиза.

Изменение положения системы координат эскиза

Позицию и ориентацию системы координат эскиза можно изменить в графической области модели и на Панели параметров.

В графической области для этого используется [элемент базирования](#).

На Панели параметров положение системы координат изменяется с помощью элементов секции **Система координат эскиза**. Доступны следующие действия.

- Изменение положения начала системы координат. Для этого задайте точку, с которой будет совпадать начало системы координат, с помощью элементов группы **Позиция**. [Подробнее...](#)
- Изменение направления осей системы координат. Для этого задайте направление осей с помощью элементов группы **Ориентация**. [Подробнее...](#)
- Смена направления оси Z на противоположное. Для этого установите переключатель **Направление оси Z** в положение **Обратное**. Изображение в эскизе будет перенесено на обратную сторону его плоскости. Если потребуется вернуть изображение в прежнее положение, установите переключатель в положение **Прямое**.

После выполнения необходимых действий система координат эскиза и изображение в эскизе изменят свое положение в соответствии с заданными параметрами.

Выбор системы координат модели

Положение системы координат эскиза определяется относительно проекции на плоскость эскиза системы координат модели, в которой он находится (эта система координат выбирается при создании эскиза). Вы можете выбрать другую систему координат модели. Для этого раскройте секцию **Система координат** и выберите нужную систему координат из списка **СК**. Положение системы координат эскиза будет определяться относительно выбранной системы координат модели.

При необходимости вы можете создать локальную систему координат, не прерывая процесс размещения эскиза. Для этого нажмите кнопку **Построить ЛСК** рядом со списком **СК**. Запустится [подпроцесс создания ЛСК](#). Выполните действия, необходимые для построения, и завершите создание ЛСК. Система вернется в процесс размещения эскиза. Созданная ЛСК будет определять положение системы координат эскиза.

Дополнительные возможности

В процессе размещения эскиза доступны следующие дополнительные возможности.

- Фиксация эскиза.

Чтобы зафиксировать эскиз, установите переключатель **Фиксировать** в положение **I** (включено). Эскиз сохранит свое положение в пространстве, но его связь с базовой плоскостью будет разорвана. Элементы выбора плоскости и задания положения системы координат эскиза перестанут отображаться на Панели параметров.

Заданные параметры размещения эскиза (выбранная плоскость, позиция и ориентация системы координат) не удаляются при фиксации эскиза. Вы можете вернуться к использованию этих параметров, установив переключатель **Фиксировать** в положение 0 (отключено). Связь эскиза с базовой плоскостью будет восстановлена.

- Задание наименования эскиза и [свойств его отображения](#) с помощью элементов секции **Свойства**.

После выполнения всех необходимых действий нажмите кнопку **Создать объект** в заголовке Панели параметров.

Объект, сформированный на основе эскиза, и его производные объекты перестроятся в соответствии с новым положением эскиза.

Позиция системы координат эскиза

Позиция системы координат эскиза — положение точки ее начала.

Координаты этой точки автоматически определяются при [создании](#) эскиза и фиксируются. Они отображаются в поле **Координаты** группы элементов **Позиция** секции **Система координат эскиза** Панели параметров. Зафиксированные значения координат отмечаются значком .

Вы можете изменить позицию системы координат, задав положение точки ее начала одним из следующих способов.

- Задайте положение точки, перемещая мышью в графической области [элемент базирования](#).
- Введите координаты точки в поле **Координаты**.
- Отмените фиксацию координат и укажите мышью положение точки в графической области модели.
- Задайте точечный объект, с которым будет ассоциативно связано начало системы координат. Благодаря этой связи система координат эскиза будет следовать за объектом при изменении его положения.

Способы задания точечного объекта:

- Активизируйте поле **Точка привязки** и укажите точечный объект в графической области модели или в Дереве построения.
- Постройте специальную точку, нажав кнопку **Построить точку** рядом с полем **Точка привязки**. Запустится [подпроцесс построения точки](#). Выберите способ построения, задайте необходимые параметры и завершите построение точки. В данном случае точка является самостоятельным объектом, она может редактироваться обычным образом.

Название заданного объекта появляется в поле **Точка привязки**, а поле **Координаты** становится недоступным.

Если точка начала системы координат эскиза ассоциативно связана с объектом, изменить ее положение можно только, сменив этот объект. Чтобы использовать другой способ (задание координат, указание точки, перемещение элемента базирования), необходимо удалить название заданного объекта из поля **Точка привязки**.

Изменение позиции системы координат эскиза не изменяет ее ориентацию.

Ориентация системы координат эскиза

Ориентация системы координат эскиза — положение ее осей.

Угол поворота осей системы координат эскиза относительно системы координат выбранной плоскости автоматически определяется при [создании](#) эскиза и фиксируется. Значение угла отображается в поле **Угол** группы элементов **Ориентация** секции **Система координат эскиза**

Панели параметров. Зафиксированное значение отмечается значком .

Вы можете изменить ориентацию системы координат, задав положение ее осей одним из следующих способов.

- Поверните систему координат эскиза вокруг оси Z, вращая в графической области [элемент базирования](#).
- Задайте угол поворота системы координат эскиза относительно системы координат выбранной плоскости с помощью поля **Угол**. Нужно значение вводится вручную или выбирается из раскрывающегося списка.
- Отмените фиксацию угла и поверните систему координат мышью в графической области вокруг оси Z.
- Задайте объект, определяющий направление одной из осей системы координат. Положение второй оси будет определено автоматически.

[Направляющие объекты, используемые для ориентации осей](#)

Способы задания объекта

- Активизируйте поле нужной оси и укажите объект в графической области модели или в Дереве построения.
- Постройте вектор. Для этого нажмите кнопку **Построить вектор** рядом с полем нужной оси. Запустится [подпроцесс построения вектора](#). Выберите способ построения, задайте необходимые параметры и завершите построение вектора.

Система координат эскиза повернется так, чтобы направление оси совпало с направлением, которое задает объект (вектор).

Название объекта (или слово «Вектор») появится в поле соответствующей оси, а поля значения угла и второй оси станут недоступными.

При необходимости вы можете сменить направление оси на противоположное, нажав кнопку **Сменить направление** рядом с ее полем.

Если положение одной из осей определяется заданным объектом, то изменить ориентацию системы координат эскиза можно только, сменив этот объект. Чтобы использовать другой способ (задание угла, поворот элемента базирования) или задать объект для другой оси, необходимо удалить название заданного объекта из поля выбранной оси.

Изменение ориентации системы координат эскиза не изменяет ее позицию.

ТЕМА 4

Тела. Общие сведения о телах

Новое тело в модели можно создать следующими способами:

- построить тело, используя имеющиеся в модели объекты, с помощью команд построения:
- **выдавливания** — тело образуется путем перемещения сечения вдоль прямолинейной траектории на заданное расстояние; [подробнее о выдавливании...](#)
- **вращения** — тело образуется путем поворота сечения вокруг оси на заданный угол; [подробнее о вращении...](#)
- **по траектории** — тело образуется путем перемещения сечения вдоль произвольной траектории; [подробнее о построении элемента по траектории...](#)
- **по сечениям** — тело образуется путем соединения нескольких сечений; [подробнее о построении элемента по сечениям...](#)
- **придания толщины** — тело образуется путем добавления слоя материала на указанную поверхность; [подробнее о придании толщины...](#)
- **сшивки поверхностей** — образуется тело, ограниченное указанными поверхностями; [подробнее о сшивке поверхностей...](#)
- **листового тела** — образуется особый тип тела — листовое тело; [подробнее о листовом теле...](#)
- вставить тело из файла другой модели в виде детали-заготовки; [подробнее о детали-заготовке...](#)

После создания нового тела производится «приклеивание» к нему или «вырезание» из него дополнительных объемов, т.е. добавление или удаление материала тела.

Построение тела

- а) новое тело — цилиндр; б) «приклеивание» призмы;
- в) «вырезание» призмы; г) «вырезание» цилиндра

Примерами удаления материала тела могут быть различные отверстия, проточки, канавки, а примерами добавления — бобышки, выступы, ребра. Бобышка и лапки приклеены к телу, пазы и отверстия — вырезаны из него.

Модель может содержать несколько тел. Над телами могут производиться [булевы операции](#).

Используя существующие в модели тела, вы можете создавать новые с помощью [команд построения массивов](#).

Перед созданием модели всегда встает вопрос о том, с чего начать построение. Для ответа на него нужно хотя бы приблизительно представлять конструкцию будущей детали.

Мысленно исключите из этой конструкции фаски, скругления, проточки и прочие мелкие конструктивные элементы. Разбейте деталь на составляющие ее элементы (параллелепипеды, призмы, цилиндры, конусы, торы, кинематические элементы и т.д.).

Чаще всего первым строят самый крупный из этих элементов. Если в составе детали есть несколько сопоставимых по размерам элементов, можно начать построение с любого из них.

Возможно, для создания такой детали целесообразно будет построить несколько тел и затем объединить их. Некоторые детали, например, сегментные вкладыши, состоят из нескольких тел, не объединенных между собой. [Подробнее о многотельном моделировании...](#)

Иногда построение начинают с простого элемента (например, параллелепипеда, цилиндра), описанного вокруг проектируемой детали (или ее части).

В некоторых случаях можно выбрать первый элемент (а также наметить дальнейший порядок проектирования детали), представив технологический процесс ее изготовления.

Вообще говоря, дать универсальные рекомендации по созданию трехмерных моделей невозможно. Любой конструктор вырабатывает представления об удобном ему порядке моделирования после самостоятельного построения нескольких моделей.

Построение элементов выдавливания

Для добавления в модель/вырезания из модели элемента выдавливания вызовите соответствующую команду, задайте параметры построения, проконтролируйте правильность заданных значений с помощью фантома и завершите операцию.

Команды построения элемента выдавливания

Для построения элемента выдавливания используются команды **Элемент выдавливания** и **Вырезать выдавливанием**.

[Способы вызова команды Элемент выдавливания](#)

[Способы вызова команды Вырезать выдавливанием](#)

Результат операции

Результатом операции может быть объединение/вырезание/пересечение элемента выдавливания с имеющимся телом, а также создание нового тела. Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Результат** Основного раздела Панели параметров.

Варианты **Объединение** и **Новое тело** позволяют добавить материал в модель, а варианты **Вычитание** и **Пересечение** — удалить материал из модели.

[Подробнее о выборе результата операции...](#)

Сечение

Выберите сечение элемента выдавливания. Для этого в Основном разделе Панели параметров щелкните в поле **Сечение** и укажите в Дереве построения или в графической области объект-сечение: эскиз, грань, пространственную кривую или ребро. Можно, не прерывая работу команды, построить контур или эскиз и использовать его в качестве сечения.

Если объекты эскиза построены таким образом, что в эскизе получаются замкнутые области, то в качестве сечения можно выбрать одну или несколько областей. Названия выбранных областей отображаются в поле **Сечение** в виде списка.

[Подробнее о задании сечения...](#)

Направляющий объект

Если в качестве сечения используется эскиз или плоская грань, то этот же объект автоматически выбирается в качестве направляющего. Выдавливание производится перпендикулярно плоскости эскиза/грани.

Чтобы задать другой направляющий объект, в Основном разделе Панели параметров щелкните в поле **Направляющий объект**. Затем укажите в Дереве построения или в графической области любой плоский или прямолинейный объект. При необходимости вы можете построить вектор, задающий направление выдавливания.

[Подробнее о выборе направляющего объекта...](#)

Направление и глубина выдавливания

Элемент может выдавливаться в одном направлении и в двух противоположных направлениях.

Глубина выдавливания может определяться различными способами. Для выбора нужного способа используется группа кнопок **Способ**.

Чтобы выдавливание выполнялось в одном направлении, выберите способ определения глубины и задайте параметры для выбранного способа в Основном разделе Панели параметров.

Если требуется выдавить элемент в двух направлениях, выполните описанные выше действия в Основном разделе Панели параметров для первого направления выдавливания, затем установите переключатель **Второе направление** в положение I (включено) и задайте нужные параметры для второго направления.

Возможно также симметричное построение, параметры которого настраиваются в Основном разделе Панели параметров. В этом случае переключатель **Второе направление** недоступен.

[Подробнее о задании направления и глубины выдавливания...](#)

[Рекомендации...](#)

Угол уклона выдавливания

Если в качестве сечения используется эскиз или плоская грань, а направление выдавливания перпендикулярно сечению, можно выполнить уклон боковых граней элемента выдавливания. Для этого задайте значение и направление уклона с помощью поля **Угол** и кнопки **Сменить направление** справа от этого поля.

[Подробнее о задании уклона...](#)

Создание тонкостенного элемента

Если требуется образовать тонкостенный элемент, задайте его параметры в секции **Тонкостенный элемент**:

- установите переключатель **Тонкостенный элемент** в положение I (включено),
- определите направление построения тонкой стенки и ее толщину.

Область применения операции

Область применения операции представляет собой набор объектов, которые должны преобразоваться в результате выполнения операции. Задание области применения требуется, если модель содержит несколько тел или компонентов.

Элементы управления областью применения операции содержатся в секции **Область применения**. Данная секция присутствует на Панели параметров при любом результате операции, кроме создания нового тела.

Область применения операции может включать **Тела**, **Компоненты** или **Компоненты и тела**. Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Группы объектов**.

Действие операции может распространяться на все объекты выбранной группы или на некоторые из них. Для выбора объектов, пересечение с которыми будет учитываться при построении, используется группа кнопок **Объекты**.

[Подробнее о задании области применения...](#)

Свойства элемента выдавливания

При необходимости вы можете задать наименование элемента выдавливания и свойства отображения его поверхности с помощью элементов управления, расположенных в секции **Свойства** Панели параметров.

[Управление цветом и оптическими свойствами объектов...](#)

Завершение операции

Для завершения построения элемента выдавливания нажмите кнопку **Создать объект**.

Если в результате операции образуется тело из нескольких частей, то после выполнения операции запускается процесс изменения набора частей. Выберите части, которые следует оставить. [Подробнее...](#)

После выполнения указанных действий в графической области появляется новое тело, приклеенный или вырезанный элемент (в зависимости от выбранного результата операции). В Дереве построения отображается операция выдавливания/вырезания с одной из следующих пиктограмм:

- приклеенный элемент/новое тело,
- вырезанный элемент.

Для завершения работы команды нажмите кнопку **Завершить**. • Значения глубины, угла уклона и толщины стенки можно изменить в графической области модели — с помощью [характерных точек](#).

- Для задания линейных и угловых параметров можно использовать команды [геометрического калькулятора](#).

- Вы можете назначить допуски на значения параметров операции, выраженных в линейных или угловых величинах. Для этого вызовите команду **Допуск**, расположенную в меню нужного параметра, или щелкните по значку , отображаемому в поле параметра (значок отображается в том случае, если на значение параметра назначен допуск). [Подробнее о назначении допуска...](#)

Параметры операции выдавливания. Сечение элемента выдавливания

Вы можете использовать в качестве сечения элемента выдавливания уже существующий в модели объект — ребро, кривую, эскиз или грань, а можете создать новый объект — контур или эскиз — не прерывая операцию.

Существующий объект можно указать перед запуском операции. Он будет автоматически выбран в качестве сечения.

Кроме указанных выше объектов, можно использовать в качестве сечения одну или несколько замкнутых областей в эскизе. Для указания доступны области, ограниченные [контурами эскиза](#) или полученные в результате их пересечения. [Пример использования нескольких областей...](#)

[Варианты построения элемента выдавливания в зависимости от объекта сечения](#)

[Задание сечения элемента выдавливания](#)

Особенности использования эскиза и областей в эскизе в качестве сечения

Если при перемещении выбранного сечения в заданном направлении две или более точек сечения имеют совпадающие траектории, то выполнение операции невозможно. Необходимо сменить сечение или направление.

Варианты построения элемента выдавливания в зависимости от объекта сечения

В качестве сечения элемента выдавливания можно выбирать различные объекты.

Тип и параметры выбранного объекта определяют возможности построения элемента — сплошной или тонкостенный. Для одних объектов доступны оба варианта, при выборе других возможно построение только тонкостенного элемента.

В таблице приведены варианты построения элементов выдавливания, доступные для различных объектов сечения. Примеры построения показаны на [рисунках](#).

Варианты построения выдавливания в зависимости от объекта, используемого в качестве сечения

Сечение	Варианты построения
– Плоский замкнутый объект:	Сплошной/тонкостенный элемент
• грань,	
• ребро,	
• пространственная кривая,	
• контур, независимо от типа ,	
• эскиз, содержащий замкнутые цепочки объектов,	
• область в эскизе.	
– Неплоская грань.	
– Замкнутый контур на неплоской грани (тип контура — Контур на грани).	
– Плоский разомкнутый объект:	Тонкостенный элемент
• пространственная кривая,	
• контур, независимо от типа,	
• эскиз, содержащий хотя бы одну разомкнутую цепочку объектов.	
– Неплоский объект, замкнутый или разомкнутый:	
• ребро,	
• пространственная кривая,	
• контур типа Произвольный контур .	

Объект сечения влияет на возможность уклона боковых граней элемента выдавливания.

Если сечение плоское, то при построении выдавливания в направлении, перпендикулярном сечению, доступно задание уклона боковых граней. [Подробнее о задании уклона...](#)

Задание сечения элемента выдавливания

[Наверх](#)

Для задания сечения элемента выдавливания используются элементы Основного раздела Панели параметров.

- Чтобы выбрать в качестве сечения существующий объект, щелкните в поле **Сечение** и укажите нужный объект в Дереве построения или в графической области модели. Указание эскиза и областей в эскизе имеет [особенности](#).
- Чтобы создать новый объект (контур или эскиз), выполните следующие действия.
- Для построения контура нажмите кнопку **Построить контур** справа от поля **Сечение**. Запустится [процесс создания контура](#). Укажите объекты, входящие в контур, и нажмите кнопку **Создать объект**.
- Для построения эскиза нажмите кнопку **Построить эскиз** справа от поля **Сечение**. Запустится [процесс задания плоскости эскиза](#), а затем система перейдет в [режим эскиза](#) для построения эскиза на выбранной плоскости. Выполните действия, необходимые для построения, и завершите работу в режиме эскиза.

После завершения процесса создания контура/эскиза система возвращается в процесс операции выдавливания. Созданный контур/эскиз появляется в Дереве построения и автоматически выбирается в качестве сечения элемента выдавливания.

Название объекта, выбранного в качестве сечения, отображается в поле **Сечение**.

Если сечением является контур, то его можно отредактировать. Для этого выделите контур в поле **Сечение** и нажмите кнопку **Редактировать** рядом с полем. Аналогично выполняется редактирование эскиза, если в качестве сечения используется эскиз или область в эскизе.

При необходимости вы можете сменить сечение элемента выдавливания. Для этого щелкните в поле **Сечение**, а затем выберите нужный объект. Чтобы заменить объект областью в эскизе, нужно предварительно очистить поле **Сечение**.

Особенности использования эскиза и областей в эскизе в качестве сечения

[Наверх](#)

В качестве сечения можно выбрать как эскиз целиком, так и одну или несколько областей в эскизе.

- Чтобы выбрать нужный эскиз, укажите один из его объектов в графической области модели или сам эскиз в Дереве построения. В поле **Сечение** будет отображено название эскиза.
- Чтобы выбрать область в эскизе, щелкните мышью внутри этой области. В поле **Сечение** будет отображено название эскиза и слово *Область*.

При необходимости можно выбрать несколько областей, принадлежащих одному и тому же эскизу. Список выбранных областей показывается в поле **Сечение**.

Обратите внимание на то, что области можно указать только в эскизе, уже имеющемся в модели. Если эскиз создается в процессе построения элемента выдавливания, то он выбирается целиком.

Эскиз, выбираемый в качестве сечения, может содержать один или несколько [контуров](#) — замкнутых и разомкнутых.

При выборе эскиза с несколькими замкнутыми контурами, а также областей в эскизе, имейте в виду следующее.

- Если контуры (области) пересекаются, то сечение элемента выдавливания получается объединением пересекающихся областей.
- Если контуры (области) не пересекаются, то возможны следующие варианты построения.
- Элемент с отверстиями — сечением является несплошная область в эскизе или эскиз, содержащий вложенные друг в друга контуры с уровнем вложенности 1.
- Элемент из отдельных частей — сечением являются несколько отдельных областей в эскизе или эскиз, содержащий отдельно стоящие контуры или контуры, вложенные друг в друга с уровнем вложенности больше 1.

Остальные сведения о результатах построения элемента выдавливания с сечением-эскизом (областью в эскизе) приведены в [таблице](#).

Пример использования областей в эскизе в качестве сечения

Пример.

1. Постройте эскиз модели на одной из координатных плоскостей.
2. Вызовите команду **Элемент выдавливания**.
3. По умолчанию [результатом операции](#) является вариант **Объединение**. Оставьте его неизменным.
4. В качестве сечения элемента выдавливания укажите область в эскизе. Задайте способ выдавливания **На расстояние** и глубину выдавливания. На рисунках показаны указание области в эскизе и фантом создаваемого элемента.
5. Нажмите кнопку **Создать объект**.

После создания элемента выдавливания работа команды не завершается. Заданные параметры — результат операции, способ выдавливания и его глубина — сохраняются для последующих построений.

6. Укажите еще одну область в эскизе в качестве сечения следующего элемента выдавливания и задайте глубину выдавливания.

7. Нажмите кнопку **Создать объект**. Созданный элемент будет объединен с предыдущим.
8. Укажите оставшиеся области эскиза в качестве сечения последнего элемента выдавливания.
9. Задайте глубину выдавливания.
10. Нажмите кнопку **Создать объект**.

Направляющий объект

Направляющий объект задается следующими способами:

- автоматически,
- указание существующего объекта,
- построение вектора.

Автоматический

Если сечением элемента является эскиз или плоская грань, то этот объект автоматически выбирается в качестве направляющего.

Если сечением является контур, построенный по эскизу или на плоской грани, то в качестве направляющего объекта автоматически выбирается соответствующий эскиз или грань. При необходимости направляющий объект можно сменить одним из описанных ниже способов.

Указание существующего объекта

Направляющим объектом для выдавливания может быть:

- Прямолинейный объект — выдавливание выполняется параллельно указанному объекту,
- Плоский объект — выдавливание выполняется перпендикулярно плоскости указанного объекта.

Перечень плоских и прямолинейных объектов приведен в [таблице](#).

Для смены направляющего объекта используются элементы Основного раздела Панели параметров.

Чтобы выбрать в качестве направляющего существующий объект, щелкните в поле **Направляющий объект** в Основном разделе Панели параметров и укажите нужный объект в Дереве построения или в графической области. Название выбранного объекта появится в одноименном поле.

Построение вектора

Чтобы построить вектор, нажмите кнопку **Построить вектор** справа от поля **Направляющий объект**. Запустится [процесс построения вектора](#). Выполните действия, необходимые для

построения, и нажмите кнопку **Создать объект**. Система вернется в процесс операции выдавливания, созданный вектор будет автоматически выбран в качестве направляющего объекта.

Направление и глубина выдавливания

Для построения выдавливания требуется определить его направление и глубину.

Выдавливание может выполняться в одном направлении и в двух противоположных направлениях. Для каждого направления требуется выбрать способ определения глубины выдавливания и задать параметры, соответствующие выбранному способу.

Нужный способ выбирается с помощью группы кнопок **Способ**. Доступны следующие варианты:

- **На расстояние**, • **Через все**, • **До объекта**, • **До ближайшей поверхности**.

[Подробнее о способах определения глубины выдавливания...](#)

Для построения в одном направлении выбор способа и задание соответствующих ему параметров выполняется в Основном разделе Панели параметров. Если требуется выдавить элемент в двух направлениях, установите переключатель **Второе направление** в положение I (включено) и задайте нужные параметры для второго направления.

Параметры, заданные для второго направления, могут отличаться от параметров, заданных для первого.

Стрелка на фантоме показывает первое направление выдавливания.

При необходимости вы можете сменить первое направление выдавливания на обратное. Для этого в Основном разделе Панели параметров нажмите кнопку **Сменить направление** справа от поля **Расстояние**. Смена направления доступна для всех способов, кроме способа **До объекта**.

Если способом определения глубины для первого направления является **На расстояние**, можно выполнить симметричное построение. Для этого установите переключатель **Симметрично** в положение I (включено). Задание второго направления становится недоступным. В поле **Расстояние** вводится суммарная глубина выдавливания. Построение будет выполняться симметрично в обе стороны от сечения.

Для каждого из направлений может быть задана как положительная, так и отрицательная глубина выдавливания. Отрицательная глубина отсчитывается в направлении, противоположном положительному. Это позволяет при выдавливании в двух направлениях создать элемент, отстоящий от сечения (см. рисунок).

Для корректного построения значения должны быть не равны по модулю.

Пример выдавливания в двух направлениях: для первого направления задана положительная глубина выдавливания, а для второго — отрицательная

Способы определения глубины выдавливания

На расстояние

Глубина выдавливания задается в поле **Расстояние**. Ее значение может быть как положительным, так и отрицательным. Отрицательная глубина отсчитывается в направлении, противоположном положительному.

Выдавливание на расстояние

При выборе данного способа в Основном разделе Панели параметров доступно симметричное построение в обе стороны от сечения. Для этого требуется установить переключатель **Симметрично** в положение I (включено). В этом случае в поле **Расстояние** вводится суммарное значение глубины выдавливания.

Через все

[Наверх](#)

Глубина выдавливания определяется автоматически.

Элемент выдавливается на минимальное расстояние, при котором все точки торца оказываются за габаритным параллелепипедом модели (или в плоскости грани параллелепипеда, если выдавливание производится перпендикулярно этой грани).

Выдавливание через все

При построении габаритного параллелепипеда учитываются только тела, поэтому, если в модели нет тел, способ определения глубины **Через все** недоступен.

До объекта

Глубина выдавливания определяется автоматически по положению указанного пользователем объекта — вершины или поверхности (грани, плоскости).

Выдавливание элемента

а) до вершины; б) до грани

- При выборе вершины вычисляется такая глубина выдавливания, чтобы торец элемента занял положение, ближайшее к заданной вершине.
- Если в качестве сечения используется грань, эскиз, контур, построенный по линиям эскиза или ребрам грани, то вычисляется такая глубина выдавливания, при которой поверхность торца элемента (или ее продолжение) проходит через указанную вершину,
- Если в качестве сечения используется ребро, пространственная кривая или произвольный контур, то глубина выдавливания определяется следующим образом. Через указанную вершину в направлении выдавливания строится прямая. На этой прямой находится ближайшая к сечению точка. Глубина выдавливания принимается равной расстоянию от этой точки до указанной вершины.
- При выборе поверхности элемент выдавливается до этой поверхности (или ее продолжения). Торец элемента имеет форму выбранной поверхности.

Чтобы указать объект, определяющий глубину выдавливания, щелкните в поле **Объект** и укажите в графической области точечный объект, грань или плоскость (точку можно указать также в Дереве построения). Название указанного объекта появится в поле **Объект**.

Ниже поля **Объект** находится поле **Смещение**. Нулевое значение в этом поле означает, что элемент выдавливается точно до указанного объекта. При этом торец полученного элемента проходит через вершину или совпадает с указанной поверхностью.

Если требуется, чтобы выдавленный элемент «заходил» за указанный объект или «не доходил» до него, введите в поле **Смещение** положительное значение. Оно может быть отложено как в направлении выдавливания (в этом случае элемент будет выдавлен «за» объект на указанное расстояние), так и против направления выдавливания (в этом случае элемент не достигнет объекта на указанное расстояние). Направление отсчета задается с помощью кнопки **До объекта/За объект** справа от поля **Смещение**.

Если объектом, определяющим глубину выдавливания, является поверхность, то на заданном расстоянии от нее строится эквидистантная поверхность, до которой и производится выдавливание.

Выдавливание элемента

а) точно до вершины; б) за вершину; в) не доходя до вершины

Если элемент выдавливается до вершины, то на Панели параметров находится опция **Отсекать**. Она позволяет отсечь элемент выдавливания плоскостью, проходящей через указанную вершину перпендикулярно направлению выдавливания. В этом случае элемент имеет плоский торец вне зависимости от формы сечения.

Продление граней и поверхностей сложной формы не всегда возможно. В связи с этим обратите внимание на следующие особенности.

– При выдавливании до вершины — если указанная вершина не лежит на торце полученного элемента, то в некоторых случаях построение может быть выполнено только при включенной опции **Отсекать**.

– При выдавливании до поверхности — если контуры торца полученного элемента выходят за пределы указанной поверхности, то построение будет выполнено корректно только в том случае, если данная поверхность может быть продолжена.

До ближайшей поверхности

[Наверх](#)

Глубина выдавливания определяется автоматически. Элемент выдавливается точно до ближайшей в направлении выдавливания грани тела, иными словами, до тех пор, пока не встретит на своем пути грань (или грани). Торец элемента имеет форму грани (граней). Способ **До ближайшей поверхности** удобно использовать для выдавливания элемента до ступенчатой грани.

Если в модели нет тел, то выдавливание производится до грани габаритного параллелепипеда имеющих в модели поверхностей и компонентов. Если в модели нет и этих объектов, то выдавливание до ближайшей поверхности невозможно.

Угол уклона

Уклон боковых граней элемента выдавливания возможен при выполнении следующих условий:

- Сечением элемента является плоский объект. [Подробнее об объектах, используемых в качестве сечения...](#)
- Направление выдавливания перпендикулярно плоскости сечения.

Для ввода значения угла уклона используется поле **Угол**. Кнопка **Сменить направление** справа от этого поля позволяет задать направление уклона — внутрь или наружу.

Если направление выдавливания одно, данная настройка выполняется в Основном разделе Панели параметров.

Если выдавливание выполняется в двух направлениях, необходимо выполнить настройку для первого направления в Основном разделе, включить переключатель **Второе направление** и задать параметры уклона для второго направления.

Если включен переключатель **Симметрично**, направление и величина уклона считаются одинаковыми в обоих направлениях. Они задаются один раз в Основном разделе Панели параметров.

Выдавливание в одном направлении

а) без уклона, б) уклон наружу, в) уклон внутрь

Выдавливание в двух направлениях с различными параметрами уклона

Тонкостенный элемент

При выполнении выдавливания, вращения, построения по сечениям или по траектории, а также некоторых других операций можно образовать тонкостенный элемент.

Примеры тонкостенных элементов...

Тонкостенный элемент представляет собой полый элемент без торцев. Он формируется добавлением слоя материала к поверхности, полученной движением контура. Толщина слоя материала задается пользователем.

Получившийся элемент может не быть «тонкостенным» в прямом смысле этого слова. Понятие «тонкая стенка» введено условно, чтобы отличать пустотелый элемент от сплошного.

Параметры тонкостенного элемента настраиваются в секции **Тонкостенный элемент**.

1. Установите переключатель **Тонкостенный элемент** в положение I (включено).
2. Определите направление добавления слоя материала и толщину этого слоя одним из приведенных ниже способов.

- В одном направлении:
 - прямое направление — введите положительное значение в поле **Толщина 1**, при этом **Толщина 2** должна быть равна нулю,
 - обратное направление — введите положительное значение в поле **Толщина 2**, при этом **Толщина 1** должна быть равна нулю.
- В двух направлениях — введите в поля **Толщина 1** и **Толщина 2** значения, отличные от нуля. Одно из значений может быть отрицательным. Отрицательная толщина отсчитывается в направлении, противоположном положительному и означает удаление материала. Это позволяет построить тонкостенный элемент, отстоящий от исходной поверхности (см. рисунок ниже под буквой «б»). Для корректного построения заданное отрицательное значение должно быть по модулю меньше положительного.

Значения, содержащиеся в полях **Толщина 1** и **Толщина 2**, можно менять местами с помощью кнопки **Поменять местами**.

При добавлении слоя материала в одном направлении данная кнопка, фактически, меняет направление на обратное.

- Симметрично в обе стороны — установите переключатель **Симметричная толщина** в положение I (включено) и введите в поле **Толщина** суммарную толщину. Допускаются только положительные значения.

Пример построения тонкостенного элемента при выдавливании

(материал добавляется в двух направлениях; сечение показано утолщенной линией)

- а) толщина стенки 1 и толщина стенки 2 положительные;
- б) толщина стенки 2 не изменилась, а толщина стенки 1 получила противоположный знак

Если боковые стенки тонкостенного элемента выдавливания имеют уклон, заданная толщина соблюдается в плоскости сечения и параллельных ей плоскостях.

Существуют другие способы получения тонкостенной модели:

- преобразование сплошного тела в оболочку командой [Оболочка](#),
- добавление слоя материала к поверхности командой [Придать толщину](#).

ТЕМА 5

Операции «Элемент вращения» и «Вырезать вращением»

Элемент вращения образуется путем поворота сечения вокруг оси в одну или в обе стороны на заданный угол. Например, на следующем рисунке показан элемент, образованный поворотом эскиза на 270° вокруг оси, лежащей в его плоскости.

Элемент вращения может быть самостоятельным телом, а может быть приклеен к телу или вырезан из него.

Для создания нового тела или приклеивания элемента вращения к имеющемуся телу (т.е. для добавления материала) служит операция **Элемент вращения**, а для вырезания элемента вращения из тела (т.е. для удаления материала) — операция **Вырезать вращением**.

В качестве сечения элемента вращения может использоваться грань, эскиз (область в эскизе), ребро или пространственная кривая.

При вращении грани, замкнутого эскиза (области в эскизе), замкнутого **Контура на грани** или **Контура эскиза** возможен выбор между сплошным и тонкостенным элементом.

При разомкнутом сечении, а также при вращении ребра или пространственной кривой (в том числе контура типа **Произвольный**) возможно построение только тонкостенного элемента. Элемент вращения с сечением-спиралью

Построение элемента вращения

Для добавления в модель/вырезания из модели элемента вращения вызовите соответствующую команду, задайте параметры построения, проконтролируйте правильность заданных значений с помощью фантома и завершите операцию.

Команды построения элемента вращения

Для построения элемента вращения используются команды **Элемент вращения** и **Вырезать вращением**.

[Способы вызова команды Элемент вращения](#)

[Способы вызова команды Вырезать вращением](#)

Результат операции

Результатом операции может быть объединение/вырезание/пересечение элемента вращения с имеющимся телом, а также создание нового тела. Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Результат** Основного раздела Панели параметров.

Варианты **Объединение** и **Новое тело** позволяют добавить материал в модель, а варианты **Вычитание** и **Пересечение** — удалить материал из модели.

[Подробнее о выборе результата операции...](#)

Сечение

Выберите сечение элемента вращения. Для этого в Основном разделе Панели параметров щелкните в поле **Сечение**. Укажите в Дереве построения или в графической области объект-сечение: эскиз (область в эскизе), грань, пространственную кривую или ребро. Можно, не прерывая работу команды, построить контур или эскиз и использовать его в качестве сечения.

[Подробнее о задании сечения...](#)

Ось вращения

Если в качестве сечения используется эскиз, и этот эскиз содержит осевую линию (объект *Осевая линия* или отрезок со стилем *Осевая*), то данная осевая линия автоматически выбирается в качестве оси вращения операции.

Чтобы выбрать другую ось вращения, в Основном разделе Панели параметров щелкните в поле **Ось**. Затем укажите в Дереве построения или в графической области любой прямолинейный объект или поверхность вращения. В последнем случае осью будет ось вращения поверхности.

При необходимости вы можете построить вспомогательную ось, которая будет использоваться в качестве оси вращения при выполнении операции.

[Подробнее о выборе оси вращения...](#)

Направление и угол вращения

Вращение может выполняться в одном направлении или в двух противоположных направлениях.

Угол вращения задается непосредственно на Панели параметров или определяется указанным объектом. Для выбора нужного способа определения угла используется группа кнопок **Способ**.

Чтобы вращение выполнялось в одном направлении, выберите способ определения угла и задайте параметры для выбранного способа в Основном разделе Панели параметров.

Для вращения в двух направлениях выполните описанные выше действия в Основном разделе Панели параметров для первого направления вращения, затем установите переключатель **Второе направление** в положение I (включено) и задайте нужные параметры для второго направления.

Возможно также симметричное построение, параметры которого настраиваются в Основном разделе Панели параметров. В этом случае переключатель **Второе направление** недоступен.

[Подробнее о задании направления и угла вращения...](#)

[Рекомендации...](#)

Тип построения

Элемент вращения образуется путем поворота сечения вокруг оси. В зависимости от формы сечения и его положения относительно оси в результате построения может получиться или сфероид, или тороид.

Если в качестве сечения используется незамкнутый эскиз и ось вращения лежит в плоскости сечения, возможно построение как сфероида, так и тороида. В этом случае в Основном разделе Панели параметров присутствует группа кнопок **Тип построения**. Для выбора нужного типа нажмите кнопку **Сфероид** или **Тороид**.

[Подробнее о выборе типа построения...](#)

Создание тонкостенного элемента

Если требуется образовать тонкостенный элемент, задайте его параметры в секции **Тонкостенный элемент**:

- установите переключатель **Тонкостенный элемент** в положение I (включено),
- определите направление построения тонкой стенки и ее толщину.

[Подробнее о построении тонкой стенки...](#)

[Рекомендации...](#)

Область применения операции

Область применения операции представляет собой набор объектов, которые должны преобразоваться в результате выполнения операции. Задание области применения требуется, если модель содержит несколько тел или компонентов.

Элементы управления областью применения операции содержатся в секции **Область применения**. Данная секция присутствует на Панели параметров при любом результате операции, кроме создания нового тела.

Область применения операции может включать **Тела**, **Компоненты** или **Компоненты и тела**. Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Группы объектов**.

Действие операции может распространяться на все объекты выбранной группы или на некоторые из них. Для выбора объектов, пересечение с которыми будет учитываться при построении, используется группа кнопок **Объекты**.

[Подробнее о задании области применения...](#)

Свойства элемента вращения

При необходимости вы можете задать наименование элемента вращения и свойства отображения его поверхности с помощью элементов управления, расположенных в секции **Свойства** Панели параметров.

[Управление цветом и оптическими свойствами объектов...](#)

Завершение операции

Для завершения построения элемента вращения нажмите кнопку **Создать объект**.

Если в результате операции образуется тело из нескольких частей, то после выполнения операции запускается процесс изменения набора частей. Выберите части, которые следует оставить. [Подробнее...](#)

После выполнения указанных действий в графической области появится новое тело, приклеенный или вырезанный элемент (в зависимости от выбранного результата операции). В Дереве построения будет отображена операция вращения/вырезания с одной из следующих пиктограмм:

- приклеенный элемент/новое тело,
- вырезанный элемент.

Для завершения работы команды нажмите кнопку **Завершить**.

- Угол вращения и толщину стенки можно задать с помощью [характерных точек](#).
- Для задания линейных и угловых параметров можно использовать команды [геометрического калькулятора](#).
- Вы можете назначить допуски на значения параметров операции, выраженных в линейных или угловых величинах. Для этого используйте команду **Допуск**, расположенную в меню поля задаваемого параметра.

Сечение элемента вращения

Вы можете использовать в качестве сечения элемента вращения уже существующий в модели объект — ребро, кривую, эскиз (область в эскизе), грань, а можете создать новый объект — контур или эскиз — не прерывая операцию.

Существующий объект можно указать перед запуском операции. Он будет автоматически выбран в качестве сечения.

[Зависимость результата операции вращения от сечения](#)

[Указание сечения элемента вращения](#)

[Особенности использования эскиза и областей в эскизе в качестве сечения](#)

Зависимость результата операции вращения от сечения

В таблице представлены особенности выполнения операции вращения и полученного результата, обусловленные выбором сечения.

Особенности операции вращения, зависящие от объекта-сечения

Объект	Особенности выполнения и результата операции
эскиз (область в эскизе), грань, контур, построенный по линиям следующих условий: эскиза или по ребрам грани	– Возможен выбор типа построения — тороид или сфероид при выполнении контур, построенный по линиям следующих условий: • сечение разомкнуто и представляет собой эскиз или контур, построенный по линиям эскиза или ребрам плоской грани, • ось вращения лежит в плоскости сечения. – Возможно создание как тонкостенного, так и сплошного элемента при условии, что сечение замкнуто. Если сечение разомкнуто, то выбор между тонкостенным и сплошным элементом возможен при построении сфероида; в остальных случаях при разомкнутом сечении строится тонкостенный элемент.
ребро, пространственная кривая, произвольный контур	– Возможно создание только тонкостенного элемента. – Невозможен выбор типа построения — тороид или сфероид.

Задание сечения элемента вращения

Для выбора сечения элемента вращения используются элементы Основного раздела Панели параметров.

- Чтобы выбрать в качестве сечения существующий объект, щелкните в поле **Сечение** и укажите нужный объект в Дереве построения или в графической области модели. Указание эскиза и области в эскизе имеет [особенности](#).
- Чтобы создать новый объект (контур или эскиз), выполните следующие действия.
- Для построения контура нажмите кнопку **Построить контур** справа от поля **Сечение**. Запустится [процесс создания контура](#). Укажите объекты, входящие в контур, и нажмите кнопку **Создать объект**.
- Для построения эскиза нажмите кнопку **Построить эскиз** справа от поля **Сечение**. Запустится [процесс задания плоскости эскиза](#), а затем система перейдет в [режим эскиза](#) для построения эскиза на выбранной плоскости. Выполните действия, необходимые для построения, и завершите работу в режиме эскиза.

После завершения процесса создания контура/эскиза система возвращается в процесс операции вращения. Созданный контур/эскиз появляется в Дереве построения и автоматически выбирается в качестве сечения элемента вращения.

Название объекта, выбранного в качестве сечения, отображается в поле **Сечение**.

При необходимости вы можете сменить сечение элемента вращения. Для этого щелкните в поле **Сечение** и выберите нужный объект.

Если сечением является эскиз или контур, то его можно отредактировать, щелкнув мышью по значку в поле **Сечение**.

Если при вращении сечения вокруг выбранной оси две или более точек сечения имеют совпадающие траектории, то выполнение операции невозможно. Необходимо сменить

сечение или ось.

Особенности использования эскиза и областей в эскизе в качестве сечения

В качестве сечения можно выбрать как эскиз целиком, так и область в эскизе, полученную пересечением [контуров эскиза](#) или ограниченную одним из них.

- Чтобы выбрать нужный эскиз, укажите один из его объектов в графической области модели или сам эскиз в Дереве построения. В поле **Сечение** будет отображено название эскиза.
- Чтобы выбрать область в эскизе, щелкните мышью внутри этой области. В поле **Сечение** будет отображено название эскиза и слово *Область*.

Обратите внимание на то, что область можно указать только в имеющемся эскизе. Если эскиз создается в процессе построения элемента вращения, то он выбирается целиком.

Эскиз может содержать один или несколько контуров.

При выборе целого эскиза в качестве сечения имейте в виду следующее.

- Пересекающиеся контуры эскиза дают элемент, сечение которого представляет собой объединение областей, ограниченных контурами.
- Непересекающиеся контуры эскиза дают:
 - элемент с отверстиями, если контуры вложены друг в друга с уровнем вложенности 1,
 - элемент из отдельных частей, если контуры не вложены друг в друга или вложены с уровнем вложенности больше 1.
- Ни один из контуров эскиза не должен пересекать выбранную ось вращения (или ее продолжение). Однако часть точек контуров может лежать на оси (или ее продолжении):
- для замкнутых контуров — любые их точки и/или участки,
- для разомкнутых контуров — только их крайние точки.

В случае выбора области в эскизе необходимо, чтобы граница области не пересекала выбранную ось вращения (или ее продолжение). Некоторые точки границы области могут лежать на оси (или ее продолжении).

Если эскиз кроме прочих объектов содержит отрезок со стилем линии *Осевая* (или объект типа *Осевая линия*), то при выборе всего эскиза в качестве сечения этот отрезок (объект) автоматически становится осью вращения. Если указывается не эскиз, а область в эскизе, то ось не выбирается автоматически. Требуется задать ось вручную.

Ось вращения

Ось вращения задается следующими способами:

- указание существующего объекта,

- построение вспомогательной оси,
- автоматически.

Указание существующего объекта

Осью вращения может быть:

- прямолинейный объект (ребро или ось) — осью будет сам этот объект,
- поверхность вращения, кроме сферы — осью будет ось вращения поверхности,

Чтобы выбрать в качестве оси существующий объект, щелкните в поле **Ось** в Основном разделе Панели параметров и укажите нужный объект в Дереве построения или в графической области. Название выбранного объекта появится в одноименном поле.

Построение вспомогательной оси

Чтобы построить вспомогательную ось, нажмите кнопку **Построить ось** справа от поля **Ось**. Запустится [процесс создания оси](#). Выполните действия, необходимые для построения, и нажмите кнопку **Создать объект**. Система вернется в процесс операции вращения, созданная ось появится в Дереве построения и будет автоматически выбрана в качестве оси вращения.

В процессе создания оси доступны [команды построения осей](#). Вы можете построить ось любой из этих команд.

Автоматический

Ось вращения может определяться автоматически. Для этого она должна находиться в том же эскизе, что и сечение элемента, и являться отрезком со стилем *Осевая* или объектом *Осевая линия*. При необходимости автоматически выбранную ось можно сменить одним из описанных выше способов.

Направление и угол вращения

Для построения элемента вращения требуется определить направление вращения и угол, на который будет повернуто сечение.

Вращение может выполняться в одном направлении и в двух противоположных направлениях. Для каждого направления требуется выбрать способ определения угла вращения и задать параметры, соответствующие выбранному способу.

Нужный способ выбирается с помощью группы кнопок **Способ**. Доступны следующие варианты:

- На угол,
- До объекта.

[Подробнее о способах определения угла вращения...](#)

Для построения в одном направлении выбор способа и задание соответствующих ему параметров выполняется в Основном разделе Панели параметров. Если требуется повернуть сечение в двух направлениях, установите переключатель **Второе направление** в положение I (включено) и задайте нужные параметры для второго направления.

Параметры, заданные для второго направления, могут отличаться от параметров, заданных для первого.

Стрелка на фантоме показывает первое направление вращения.

При необходимости вы можете сменить первое направление вращения на обратное. Для этого в Основном разделе Панели параметров нажмите кнопку **Сменить направление** справа от поля **Угол** (для способа **На угол**) или **Объект** (для способа **До объекта**).

Если для первого направления выбран способ **На угол**, то можно выполнить симметричное построение. Для этого в Основном разделе Панели параметров установите переключатель **Симметрично** в положение I (включено). Задание второго направления становится недоступным. В поле **Угол** вводится суммарный угол вращения. Построение будет выполняться симметрично в обе стороны от сечения.

Для каждого из направлений может быть задан как положительный, так и отрицательный угол вращения. Отрицательный угол отсчитывается в направлении, противоположном положительному. Это позволяет при вращении в двух направлениях создать элемент, отстоящий от сечения (см. рисунок).

Для корректного построения значения должны быть не равны по модулю.

Пример вращения в двух направлениях: для первого направления задан положительный угол, а для второго — отрицательный

Способы определения угла вращения

Вращение на угол

Угол поворота сечения задается в поле **Угол**. Его значение может быть как положительным, так и отрицательным. Отрицательный угол отсчитывается в направлении, противоположном положительному.

Вращение на заданный угол

При выборе данного способа в Основном разделе Панели параметров доступно симметричное построение в обе стороны от сечения. Для этого требуется установить переключатель **Симметрично** в положение I (включено). В этом случае в поле **Угол** вводится суммарное значение угла вращения.

Вращение до объекта

Угол поворота сечения определяется автоматически по положению указанного пользователем объекта — вершины или поверхности (грани, плоскости).

- При выборе вершины вычисляется такой угол вращения, чтобы торец элемента занял положение, ближайшее к заданной вершине.
- Если в качестве сечения используется грань, эскиз, контур, построенный по эскизу или на грани, то вычисляется такой угол поворота, при котором поверхность торца элемента (или ее продолжение) проходит через указанную вершину.
- Если в качестве сечения используется ребро, пространственная кривая или произвольный контур, то угол поворота определяется следующим образом. В плоскости, перпендикулярной оси, строится окружность с центром на оси и проходящая через указанную вершину. На этой окружности находится точка, ближайшая к сечению. Угол поворота сечения принимается равным углу раствора дуги между найденной точкой и указанной вершиной.
- При выборе поверхности элемент вращается до указанной поверхности (или ее продолжения). Торцы элемента имеют форму поверхности.

Чтобы указать вершину, определяющую угол поворота, щелкните в поле **Объект** и укажите в графической области точечный объект, грань или плоскость (точку можно указать также в Дереве построения). Название указанного объекта появится в поле **Объект**.

Если элемент вращается до вершины, то на Панели параметров находится опция **Отсекать**. Она позволяет отсечь элемент вращения плоскостью, проходящей через указанную вершину и ось вращения. В этом случае элемент имеет плоский торец вне зависимости от формы сечения.

Продление граней и поверхностей сложной формы не всегда возможно. В связи с этим обратите внимание на следующие особенности.

- При вращении до вершины — если указанная вершина не лежит на торце полученного элемента, то в некоторых случаях построение может быть выполнено только при включенной опции **Отсекать**.
- При вращении до поверхности — если контуры торца полученного элемента выходят за пределы указанной поверхности, то построение будет выполнено корректно только в том случае, если данная поверхность может быть продолжена.

Тип построения. Элемент вращения образуется путем поворота сечения вокруг оси. В зависимости от формы сечения и его положения относительно оси в результате построения может получиться или сфероид, или тороид. Если сечение разомкнуто и представляет собой эскиз или контур, построенный по эскизу или на плоской грани, а ось вращения лежит в плоскости сечения, возможно построение как сфероида, так и тороида. В этом случае в Основном разделе Панели параметров появляется группа кнопок **Тип построения**.

Чтобы выбрать нужный тип построения, нажмите соответствующую кнопку.

• Сфероид

При построении сфероида конечные точки сечения проецируются на ось вращения. Построение элемента производится с учетом этих проекций. В результате получается сплошной элемент. При необходимости вы можете сделать его тонкостенным, используя элементы секции [Тонкостенный элемент](#).

- **Тороид**

При построении тороида вращается только само сечение. К получившейся поверхности добавляется слой материала. В результате получается полый элемент с заданной толщиной стенки. Параметры стенки настраиваются в секции [Тонкостенный элемент](#).

Если требуется построить элемент вращения с плоскими торцами (см. следующий рисунок), создайте сечение, содержащее профиль этого элемента, а при выполнении операции активизируйте переключатель **Сфероид**.

ТЕМА 6

Операции «Элемент по траектории» и «Вырезать по траектории»

Элемент по траектории образуется путем перемещения сечения вдоль направляющей. Элемент по траектории может быть самостоятельным телом, а может быть приклеен к телу или вырезан из него.

Для создания нового тела или приклеивания элемента по траектории к имеющемуся телу (т.е. для добавления материала) служит операция **Элемент по траектории**, а для вырезания элемента из тела (т.е. для удаления материала) — операция **Вырезать по траектории**.

При вырезании элемента можно перемещать по направляющей не сечение, а тело.

Построение элемента по траектории

Для добавления в модель/вырезания из модели элемента по траектории вызовите соответствующую команду, задайте параметры построения, проконтролируйте правильность заданных значений с помощью фантома и завершите операцию.

Команды построения элемента по траектории

Для построения элемента по траектории используются команды **Элемент по траектории** и **Вырезать по траектории**.

[Способы вызова команды Элемент по траектории](#)

[Способы вызова команды Вырезать по траектории](#)

Результатом операции может быть объединение/вырезание/пересечение элемента по траектории с имеющимся телом, а также создание нового тела. Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Результат** Основного раздела Панели параметров.

Варианты **Объединение** и **Новое тело** позволяют добавить материал в модель, а варианты **Вычитание** и **Пересечение** — удалить материал из модели.

Выберите сечение для построения элемента по траектории. Для этого укажите эскиз или область в эскизе. Можно, не прерывая работу команды, построить эскиз и использовать его в качестве сечения.

Если результатом операции является вырезание или пересечение (см. выше), то для построения элемента по траектории можно использовать не только сечение-эскиз, но и тело. Задайте траекторию движения сечения. В качестве траектории может служить пространственная кривая, линия эскиза, ребро или цепочка из этих объектов в любом сочетании.

Выберите тип перемещения сечения по траектории. Сечение может перемещаться с сохранением угла наклона между плоскостью сечения и траекторией, параллельно самому себе или ортогонально траектории. [Подробнее о выборе типа движения сечения...](#) Если требуется образовать тонкостенный элемент, задайте его параметры в секции **Тонкостенный элемент**:

- Тонкостенный элемент - установите переключатель **Тонкостенный элемент** в положение I (включено),
- определите направление построения тонкой стенки и ее толщину.

[Подробнее о построении тонкой стенки...](#)

[Рекомендации...](#)

При необходимости смените вариант оптимизации построения. Это может изменить внешний вид элемента по траектории в случае, если траектория имеет сложную форму (например, спираль с переменным шагом). Раскройте секцию **Дополнительные параметры** и выберите нужный вариант из списка **Версия оптимизации**.

В случае простой траектории все варианты оптимизации дают одинаковый результат.

Область применения операции

Область применения операции представляет собой набор объектов, которые должны преобразоваться в результате выполнения операции. Задание области применения требуется, если модель содержит несколько тел или компонентов.

Элементы управления областью применения операции содержатся в секции **Область применения**. Данная секция присутствует на Панели параметров при любом результате операции, кроме создания нового тела.

Область применения операции может включать **Тела**, **Компоненты** или **Компоненты и тела**. Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Группы объектов**.

Действие операции может распространяться на все объекты выбранной группы или на некоторые из них. Для выбора объектов, пересечение с которыми будет учитываться при построении, используется группа кнопок **Объекты**.

[Подробнее о задании области применения...](#)

Свойства элемента по траектории

При необходимости вы можете задать наименование элемента по траектории и свойства отображения его поверхности с помощью элементов управления, расположенных в секции **Свойства** Панели параметров.

[Управление цветом и оптическими свойствами объектов...](#)

Завершение операции

Для завершения построения элемента по траектории нажмите кнопку **Создать объект**.

Если в результате операции образуется тело из нескольких частей, то после выполнения операции запускается процесс изменения набора частей. Выберите части, которые следует оставить. [Подробнее...](#)

После выполнения указанных действий в графической области появится новое тело, приклеенный или вырезанный элемент (в зависимости от выбранного результата операции). В Дереве построения будет отображена операция построения элемента по траектории/вырезания с одной из следующих пиктограмм:

- приклеенный элемент/новое тело,
- вырезанный элемент.

Для завершения работы команды нажмите кнопку **Завершить**.

- Толщину стенки можно задать с помощью [характерных точек](#).
- Для задания линейных параметров можно использовать команды [геометрического калькулятора](#).
- Вы можете назначить допуски на значения параметров операции, выраженных в линейных величинах. Для этого используйте команду **Допуск**, расположенную в меню поля задаваемого параметра.

Сечение элемента по траектории

В качестве сечения элемента по траектории используется существующий в модели эскиз или часть эскиза — область, полученная пересечением [контуров эскиза](#) или ограниченная одним из них. Если нужного эскиза в модели нет, можно построить его, не прерывая работу команды.

Имеющийся эскиз можно указать перед запуском операции. Он будет автоматически выбран в качестве сечения.

[Варианты построения в зависимости от геометрии эскиза](#)

[Задание эскиза или его области в качестве сечения](#)

Если [результатом операции](#) является вырезание или пересечение, то можно выполнить операцию, перемещая по траектории не сечение, а тело. [Подробнее об использовании тела как инструмента вырезания по траектории...](#)

Варианты построения в зависимости от геометрии эскиза-сечения

Выбранный эскиз может содержать один или несколько контуров.

- Если все контуры разомкнуты, то строится тонкостенный элемент.
- Если все контуры замкнуты, то строится сплошной элемент, при этом:
 - пересекающиеся контуры дают элемент, сечение которого представляет собой объединение областей, ограниченных контурами,
 - непересекающиеся контуры дают элемент с отверстиями (если контуры вложены друг в друга с уровнем вложенности 1) или элемент из отдельных частей (если контуры не вложены друг в друга, или вложены с уровнем вложенности больше 1).

- Если в эскизе есть и замкнутые, и разомкнутые контуры, то строится тонкостенный элемент.

В случае, когда сечением является не весь эскиз, а одна из содержащихся в нем областей, возможно построение как сплошного, так и тонкостенного элемента.

Задание эскиза или его области в качестве сечения

- Чтобы выбрать в качестве сечения существующий эскиз, укажите один из его объектов в графической области модели или сам эскиз в Дереве построения. Если требуется выбрать область в эскизе, щелкните мышью внутри нужной области.
- Чтобы построить эскиз, нажмите кнопку **Создать эскиз** справа от поля **Сечение** на Панели параметров и выполните необходимые построения. Созданный эскиз будет автоматически выбран в качестве сечения. [Подробнее о создании эскиза...](#)

Название выбранного эскиза отображается в поле **Сечение**. В случае выбора области в эскизе к тексту в поле добавляется слово *Область*.

При необходимости вы можете сменить эскиз. Для этого щелкните в поле **Сечение** и выберите нужный эскиз или область в эскизе. Можно также отредактировать выбранный эскиз, щелкнув по значку в поле **Сечение**.

Использование тела как инструмента вырезания по траектории

При выборе [результата операции](#) **Вычитание** или **Пересечение** можно использовать для построения элемента по траектории не эскиз-сечение, а тело, имеющееся в модели. В процессе выполнения операции данное тело будет перемещаться вдоль выбранной траектории и пересекать тела, входящие в [область применения операции](#).

Для вырезания по траектории можно использовать только тела, построенные в текущей модели.

Чтобы выбрать нужное тело, укажите его грань, ребро или вершину в графической области или само тело в Дереве построения. Наименование тела появится в поле **Сечение или тело**.

При необходимости вы можете выбрать другое тело. Для этого щелкните в поле **Сечение или тело** и укажите нужное тело.

Использование тела для вырезания по траектории имеет следующие особенности:

- возможно построение только сплошного элемента,
- недоступен тип перемещения по траектории **Ортогонально траектории** (о выборе типа см. раздел [Тип движения сечения](#)).

Тело, выбранное как инструмент вырезания по траектории, скрывается в графической области после завершения построения элемента. Вы можете выполнять различные действия с телом, указывая его в Дереве построения, однако включить его отображение в графической области невозможно. Если элемент по траектории будет удален, тело снова станет видимым.

Траектория движения сечения

В качестве траектории движения [сечения](#) при построении элемента по траектории может использоваться:

- пространственная кривая (или отдельный сегмент многосегментной кривой),
- линия эскиза,
- ребро,
- цепочка вышеперечисленных объектов в любом сочетании.

Требования к траектории движения эскиза-сечения:

- Траектория может быть разомкнутой или замкнутой.
- Если траектория разомкнута, ее начальная или конечная точка должна лежать в плоскости эскиза-сечения.
- Если траектория замкнута, она должна пересекать плоскость эскиза-сечения.
- Касательная к траектории в ее точке, общей с плоскостью эскиза, не должна лежать в этой плоскости.

Требования к траектории движения тела (при выполнении [вырезания телом по траектории](#)):

- Траектория должна быть разомкнутой.
- Начальная или конечная точка траектории должна находиться внутри тела-инструмента вырезания.

Чтобы задать траекторию движения сечения, укажите нужные объекты в порядке их соединения. Название выбранного объекта (объектов) отображается в поле **Траектория** на Панели параметров.

Тип движения сечения

При перемещении вдоль траектории эскиза-сечения или тела-инструмента вырезания (о задании сечения/тела см. раздел [Сечение элемента по траектории](#)) его ориентация может меняться или оставаться постоянной. Это зависит от типа движения сечения/тела.

Чтобы задать нужный тип, в группе **Движение сечения** Панели параметров нажмите соответствующую кнопку:

- [Сохранять угол наклона](#),
- [Параллельно самому себе](#),
- [Ортогонально траектории](#).

Особенности построения элемента по траектории для разных типов движения сечения приведены ниже.

Если траектория лежит на поверхности, то для определения положения сечения в процессе движения можно использовать нормаль к этой поверхности. Для этого нужно включить опцию **Согласованно с нормалью к поверхности**. Данная возможность доступна для способов **Сохранять угол наклона** и **Ортогонально траектории**. [Подробнее о положении сечения, согласованном с нормалью...](#)

Движение с сохранением угла наклона

Если в группе **Движение сечения** нажата кнопка **Сохранять угол наклона**, то эскиз-сечение (тело-инструмент вырезания) перемещается так, чтобы в любой точке траектории угол наклона сечения (тела) к траектории был неизменным и равным начальному углу наклона.

Перемещение эскиза-сечения по траектории с сохранением угла наклона

Если траекторией является кривая на поверхности, то можно выполнять построение с учетом направления нормали к этой поверхности. [Подробнее о положении сечения, согласованном с нормалью...](#)

Движение параллельно самому себе

Если в группе **Движение сечения** нажата кнопка **Параллельно самому себе**, то перемещение эскиза-сечения (тела-инструмента вырезания) выполняется следующим образом:

- Эскиз-сечение перемещается так, чтобы в любой точке траектории его плоскость была параллельна плоскости эскиза, содержащего сечение. Пример перемещения эскиза-сечения показан на рисунке.
- Тело-инструмент вырезания перемещается так, чтобы в любой точке траектории оно было расположено параллельно самому себе в исходном положении. Перемещение эскиза-сечения по траектории параллельно самому себе

Нельзя производить движение сечения параллельно самому себе, если траектория имеет точки, в которых касательная к ней параллельна плоскости эскиза-сечения.

Движение ортогонально траектории

Ортогонально траектории можно перемещать только эскиз-сечение. При выполнении [вырезания телом по траектории](#) вариант недоступен.

Если в группе **Движение сечения** нажата кнопка **Ортогонально траектории**, то перемещение выполняется следующим образом:

- для эскиза-сечения, расположенного перпендикулярно траектории — результат построения будет таким же, как при выборе варианта [Сохранять угол наклона](#),
- для эскиза-сечения, расположенного под произвольным углом — сечение поворачивается так, что его плоскость становится перпендикулярной траектории, а затем перемещается по

траектории с сохранением угла наклона 90° (пример такого построения приведен на рисунке). Таким образом, грань элемента в начальной точке траектории перпендикулярна траектории независимо от того, под каким углом располагается исходный эскиз. Положение самого эскиза не изменяется.

Перемещение эскиза-сечения по траектории ортогонально траектории

Если траекторией является кривая на поверхности, то можно выполнять построение с учетом направления нормали к этой поверхности (см. следующий раздел).

Изменение положения сечения, согласованное с направлением нормали к поверхности

Если в качестве траектории выбрана кривая, лежащая на поверхности (например, ребро, проекционная кривая, сплайн на поверхности), и построение выполняется способом [Сохранять угол наклона](#) или [Ортогонально траектории](#), то на Панели параметров присутствует опция **Согласованно с нормалью к поверхности**.

Включите эту опцию, чтобы в каждой точке траектории поворот сечения относительно его начального положения производился согласованно с направлением нормали к поверхности в этой точке. Таким образом, при движении по траектории угол поворота сечения будет изменяться в соответствии с изменением направления нормали.

Действие опции распространяется и на эскиз-сечение, и на тело-инструмент вырезания.

ТЕМА 7

Операции «Элемент по сечениям» и «Вырезать по сечениям»

Построение элемента по сечениям. Для добавления в модель (вырезания из модели) элемента по сечениям вызовите соответствующую команду, задайте параметры построения, проконтролируйте правильность заданных значений с помощью фантома и завершите операцию.

Для построения элемента по сечениям используются команды **Элемент по сечениям** и **Вырезать по сечениям**.

[Способы вызова команды Элемент по сечениям](#)

[Способы вызова команды Вырезать по сечениям](#)

Результат операции

Результатом операции может быть объединение/вырезание/пересечение элемента с имеющимся телом, а также создание нового тела. Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Результат** на Панели параметров.

Варианты **Объединение** и **Новое тело** позволяют добавить материал в модель, а варианты **Вычитание** и **Пересечение** — удалить материал из модели.

При необходимости можно задать осевую линию элемента по сечениям. В качестве осевой линии может использоваться эскиз, ребро или пространственная кривая.

Чтобы выбрать осевую линию, щелкните в поле **Осевая линия**, затем укажите нужный объект в Дереве построения или в графической области.

При выполнении операции возможны различные способы построения элемента у крайних (первого и последнего) сечений.

Для выбора нужного способа используются группы кнопок **Начальное сечение** и **Конечное сечение**.

[Подробнее о способах построения элемента у крайних сечений...](#)

Траектория соединения сечений

Траектория соединения сечений может быть замкнутой или разомкнутой. Для выбора нужного варианта используется опция **Замкнуть траекторию**.

Опция доступна при выполнении следующих условий:

- для построения элемента указано более двух сечений,

- осевая линия не используется.

Элемент по сечениям формируется путем соединения заданных сечений. При необходимости соединяемые точки сечений можно указать вручную. Для этого используются элементы, расположенные в секции **Соединение**.

Чтобы задать соединяемые точки, нажмите кнопку **Добавить цепочку**. Запустится процесс создания цепочки соединяемых точек. Задайте точки на каждом сечении.

Задание траектории соединения сечений

Направляющие кривые

Форму элемента по сечениям можно изменять путем задания направляющих кривых. В качестве направляющих кривых используются существующие в модели объекты: пространственные кривые, контуры, эскизы, ребра. Количество направляющих кривых не ограничено.

Чтобы выбрать существующие объекты в качестве направляющих кривых, в секции **Направляющие кривые** щелкните в поле **Кривые**. Затем укажите нужные объекты в Дереве построения или в графической области.

[Подробнее о задании направляющих кривых...](#)

Создание тонкостенного элемента

Создание тонкостенного элемента возможно, если все сечения содержат контуры. При использовании точек в крайних сечениях возможно построение только сплошного элемента.

Параметры тонкостенного элемента задаются в секции **Тонкостенный элемент**:

- установите переключатель **Тонкостенный элемент** в положение I (включено),
- задайте направление построения тонкой стенки и ее толщину.

[Подробнее о построении тонкой стенки...](#)

Область применения операции представляет собой набор объектов, которые должны преобразоваться в результате выполнения операции. Задание области применения требуется, если модель содержит несколько тел или компонентов.

Элементы управления областью применения операции содержатся в секции **Область применения**. Данная секция присутствует на Панели параметров при любом результате операции, кроме создания нового тела.

Область применения операции может включать **Тела**, **Компоненты** или **Компоненты и тела**. Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Группы объектов**.

Действие операции может распространяться на все объекты выбранной группы или на некоторые из них. Для выбора объектов, пересечение с которыми будет учитываться при построении, используется группа кнопок **Объекты**.

Задание области применения

Свойства элемента по сечениям

При необходимости вы можете задать наименование элемента по сечениям и свойства отображения его поверхности с помощью элементов управления, расположенных в секции **Свойства**. Для завершения построения элемента по сечениям нажмите кнопку **Создать объект**.

Если в результате построения образуется тело из нескольких частей, то после выполнения операции запускается [процесс изменения набора частей](#). Оставьте нужные части детали.

После выполнения описанных действий в графической области появится новое тело, приклеенный или вырезанный элемент (в зависимости от выбранного результата операции). В Дереве построения отображается пиктограмма операции по сечениям/вырезания:

- приклеенный элемент/новое тело,
- вырезанный элемент.

Для завершения работы команды нажмите кнопку **Завершить**.

Параметры операции по сечениям

Сечения элемента по сечениям

В качестве сечений элемента по сечениям можно использовать уже существующие в модели объекты — эскизы (области в эскизах), пространственные кривые, грани. Также можно построить эскизы, не прерывая работу команды, и использовать их в качестве сечений.

Имеющиеся эскизы можно указать перед запуском операции. Они будут автоматически выбраны в качестве сечений.

Требования к сечениям

- В качестве сечений могут быть выбраны только **плоские** объекты:
- эскиз или область в эскизе, полученная пересечением [контуров эскиза](#) или ограниченная одним из них,
- плоская пространственная кривая,
- плоская грань.

Выбираемые сечения могут быть расположены в произвольно ориентированных плоскостях.

- Каждое сечение должно состоять из одной цепочки объектов — замкнутой или разомкнутой.
- Можно выбрать объекты разных типов в качестве сечений одного и того же элемента. Однако выбранные сечения должны быть либо все замкнуты, либо все разомкнуты.

- Первое и/или последнее сечение может содержать не набор объектов, а одну точку в эскизе. В этом случае все остальные сечения должны быть замкнуты.

Задание сечений

- Чтобы выбрать в качестве сечений существующие объекты, последовательно укажите их в Дереве построения или в графической области модели. Особенности указания эскиза и области в эскизе:
- чтобы выбрать эскиз, укажите один из его объектов в графической области модели или сам эскиз в Дереве построения,
- чтобы выбрать область в эскизе, щелкните мышью внутри нужной области.
- Чтобы построить эскиз, нажмите кнопку **Создать эскиз** справа от поля **Сечения** на Панели параметров и выполните необходимые построения. Созданный эскиз будет автоматически выбран в качестве одного из сечений. [Подробнее о создании эскиза...](#)

Наименования выбранных объектов отображаются в поле **Сечения** в порядке их указания. В этом же порядке сечения будут соединены при выполнении операции.

Если сечением является область в эскизе, то в поле **Сечения** к наименованию эскиза добавляется слово *Область*.

Порядок следования сечений можно изменить. Для этого используются кнопки **Переместить вверх** и **Переместить вниз** справа от поля **Сечения**.

Осевая линия элемента по сечениям

При необходимости можно выбрать осевую линию — контур, задающий направление построения элемента по сечениям. Осевой линией может быть пространственная кривая, эскиз или ребро.

Чтобы выбрать существующий объект в качестве осевой линии, щелкните в поле **Осевая линия**. Затем укажите нужный объект в Дереве построения или в графической области. Наименование выбранного объекта появится в поле **Осевая линия**.

При построении элемента по сечениям невозможно одновременное использование осевой линии и [направляющих кривых](#). Поскольку направляющие кривые имеют более высокий приоритет, осевая линия игнорируется.

Требования к осевой линии

- Элемент по сечениям может иметь только одну осевую линию.
- Осевая линия может быть разомкнутой или замкнутой.
- Осевая линия должна пересекать плоскости крайних сечений.
- Касательная к осевой линии в ее точке, общей с плоскостью эскиза, не должна лежать в этой плоскости.

- Если осевая линия — многосегментная (например, контур, состоящий из нескольких кривых), то ее сегменты должны быть состыкованы по касательной или гладко.

Если осевая линия замкнута, то может быть построен только замкнутый элемент и наоборот.

Способы построения элемента у крайних сечений

Вы можете задать направление касательных к контурам элемента, проведенных через точки контуров в крайних сечениях элемента. Иными словами, вы можете изменить направление «выхода» элемента из первого сечения и направление «входа» элемента в последнее сечение.

Способы построения элемента у крайних сечений выбираются с помощью групп кнопок **Начальное сечение** и **Конечное сечение**. Доступны следующие варианты:

- **Автоматически** — вершины сечений соединяются сплайнами третьего порядка (рис. а).
- **По нормали** — элемент формируется так, чтобы плоскость, касательная к его поверхности вблизи граничного (начального или конечного) сечения, была перпендикулярна плоскости этого сечения (рис. б).
- **По объекту** — элемент формируется так, чтобы плоскость, касательная к его поверхности вблизи граничного сечения, была параллельна указанному прямолинейному объекту или перпендикулярна указанному плоскому объекту (рис. в). Чтобы задать существующий объект, укажите его в Дереве построения или в графической области. Наименование выбранного объекта появится в поле **Объект**. • **Купол** (способ доступен, если сечением является одна точка в эскизе) — элемент формируется так, чтобы плоскость сечения — эскиза с точкой — была касательной в этой точке к поверхности элемента. Образующие элемента сходятся в точке сечения. Форма купола определяется значением коэффициента, который задается в поле **Коэффициент 1/Коэффициент 2** (поле присутствует на Панели параметров, если выбран способ **Купол**). Чем меньше значение коэффициента, тем более «острым» будет купол.

Если элемент создается с [замкнутой траекторией](#) или с использованием [направляющих кривых](#), то выбор способа его построения у крайних сечений не имеет значения.

Траектория соединения сечений

Одни и те же сечения можно соединить различными способами. Вы можете сделать траекторию замкнутой или разомкнутой, а также задать путь соединения сечений.

Замкнутая или разомкнутая траектория

Траектория соединения сечений может быть замкнутой или разомкнутой. Для выбора нужного варианта служит опция **Замкнуть траекторию**. При включенной опции соединяются сечения, которые были указаны первым и последним.

- Если [осевая линия](#) не используется, то опция **Замкнуть траекторию** доступна при условии, что указано более двух сечений.

- Если осевая линия используется, то опция недоступна. При этом, если осевая линия замкнута, то опция включена, если разомкнута — опция выключена.

Разомкнутый и замкнутый элементы, построенные по одним и тем же сечениям

Задание соединяемых точек сечений

Точки сечений, соединяемые при построении элемента, определяются автоматически.

При необходимости вы можете вручную указать соединяемые точки сечений. Для этого используются элементы, расположенные в секции **Соединение**.

Чтобы задать соединяемые точки, нажмите кнопку **Добавить цепочку** (кнопка присутствует на Панели параметров, если указано два или более сечений). Запустится [подпроцесс создания цепочки](#). Укажите положения точек цепочки на каждом сечении в графической области.

Создайте необходимое количество цепочек.

Перечень созданных цепочек отображается в поле **Цепочки**. Выбранная в списке цепочка подсвечивается в графической области. Если требуется отобразить на фантоме все цепочки, включите опцию **Показать все в окне модели**.

Чтобы отредактировать цепочку, воспользуйтесь одним из способов:

- выделите строку цепочки в поле **Цепочки** и нажмите кнопку **Редактировать цепочку** (кнопка появляется после выделения цепочки в списке); данный способ запускает [подпроцесс создания цепочки](#),
- измените положения точек цепочки, перетаскивая их мышью в графической области.

Подпроцесс создания цепочки

Создание цепочки соединяемых точек выполняется в специальном подпроцессе.

Каждая точка цепочки характеризуется набором параметров. Их значения отображаются в таблице **Параметры соединяемых точек** на Панели параметров.

Таблица содержит следующие параметры:

- относительная величина смещения соединяемой точки от начальной точки контура сечения,
- длина контура от его начальной точки до соединяемой точки,
- наименование точечного объекта, с которым совпадает соединяемая точка.

Наименования строк таблицы соответствуют названиям сечений, заданных для построения элемента. Каждая строка содержит параметры одной точки. При указании точки на контуре сечения или изменении ее положения в таблицу помещаются значения параметров. Ячейки параметров доступны для ручного ввода.

Порядок действий

1. Задайте положение точек цепочки, указывая их мышью на контурах сечений. Цепочка отображается в графической области в виде характерных точек, соединенных пунктирной линией.

Если при задании соединяемой точки указывается точечный объект (вершина контура или построенная на контуре точка), то между ним и точкой формируется ассоциативная связь. Наименование точечного объекта отображается в ячейке **Объект**.

Чтобы удалить связь, щелкните мышью по значку «х» в ячейке **Объект**. Название объекта исчезнет. Точка будет по-прежнему совпадать с точечным объектом, но перестанет быть связанной с ним. Несвязанную точку можно свободно перемещать вдоль контура, перетаскивая ее мышью.

Чтобы снова создать связь, укажите на контуре точечный объект, с которым должна быть связана точка цепочки. Точка совместится с объектом, а его название появится в ячейке **Объект**.

2. Для подтверждения создания цепочки нажмите кнопку **Создать объект**. Система вернется в процесс построения элемента по сечениям. Название созданной цепочки появится в поле **Цепочки** на Панели параметров. Направляющие кривые

Форму элемента по сечениям можно изменять путем задания направляющих кривых.

В качестве направляющих кривых могут использоваться существующие в модели объекты — пространственные кривые, контуры, эскизы, ребра. Количество направляющих кривых не ограничено.

На рисунке представлен пример элемента по сечениям, построенного с применением и без применения направляющих кривых.

Чтобы выбрать в качестве направляющих кривых существующие объекты, в секции **Направляющие кривые** щелкните в поле **Кривые**. Затем укажите нужные объекты в Дереве построения или в графической области. Названия выбранных объектов появятся в поле **Кривые**.

Требования к направляющим кривым

1. Направляющая кривая должна представлять собой одну непрерывную последовательность сегментов. Если в качестве направляющей кривой указан эскиз, то он должен содержать один [контур](#).

2. Направляющая кривая может быть замкнутой или разомкнутой.

3. Направляющая кривая должна пересекать все сечения элемента в точках, принадлежащих контурам этих сечений.

4. Направляющая кривая должна пересекать сечения в том порядке, в котором они соединяются при построении элемента (т.е. перечислены в списке **Сечения** на Панели параметров).

Одна направляющая кривая может быть представлена только одним объектом. Невозможно составить направляющую кривую из нескольких соединяющихся объектов или их частей.

Если направляющие кривые разомкнутые, то может быть построен только разомкнутый элемент. Если же кривые замкнуты, то элемент может быть как замкнутый, так и разомкнутый — это зависит от состояния опции [Замкнуть траекторию](#).

ТЕМА 8

Многотельное моделирование

Многотельное моделирование — процесс создания модели, включающий создание нескольких твердых тел.

Результатом многотельного моделирования может являться как одно тело, так и несколько тел (т.е. многотельная модель).

Каждое тело в процессе многотельного моделирования создается обычным образом. Над телами могут производиться [булевы операции](#).

При выполнении операций в многотельной модели необходимо учитывать их [область применения](#).

Для каждого тела можно задать [параметры МЦХ](#), цвет и свойства поверхности. [Подробнее об управлении цветом и оптическими свойствами...](#)

Многотельное моделирование расширяет возможности построения модели и снимает ограничения на создание моделей, которые можно получить только объединением, вычитанием или пересечением тел. Например, используя многотельное моделирование, можно построить деталь путем объединения тонкостенных тел с разной толщиной стенки.

При необходимости построенные в модели тела можно сохранить как самостоятельные детали. [Подробнее о преобразовании детали...](#)

Обратите внимание на то, что тело не может быть отображено частично. Это означает, что нельзя скрыть или показать, например, отдельный приклеенный к телу элемент. Поэтому после вызова команды **Скрыть** или **Показать** для какого-либо элемента скрывается или показывается целиком все тело, в состав которого входит этот элемент.

ТЕМА 9

Листовые тела

В КОМПАС-3D возможно моделирование деталей, получаемых из листового материала с помощью гибки (примеры деталей из листового материала).

Кнопки вызова команд, предназначенных для работы с листовыми деталями, находятся на инструментальной панели **Листовое моделирование**. Эта панель входит в текущий набор панелей Инструментальной области при работе с документом, имеющим [специализацию Листовая деталь](#).

Листовую деталь также можно создавать в документе со специализацией **Деталь**. Для этого потребуется выбрать строку **Листовое моделирование** в списке наборов инструментальных панелей.

Первый листовой элемент в модели можно создать с помощью одной из следующих команд:

- [Листовое тело](#), • [Обечайка](#), • [Линейчатая обечайка](#).

После создания первого листового элемента к нему добавляются другие листовые элементы: сгибы, пластины, отверстия, вырезы, штамповки и т.д.

Добавление листовых элементов возможно только к листовой детали, построенной в самой модели, а не в каком-либо из ее компонентов.

Неплоские участки листовой детали являются **сгибами**. В подавляющем большинстве случаев сгибы имеют форму цилиндра, т.е. его внешняя и внутренняя поверхности цилиндрические. Кроме того, эти поверхности могут быть коническими или линейчатыми.

Пример сгиба в листовой детали

Сгибы цилиндрической формы создаются в модели с помощью следующих команд:

- [Листовое тело](#) (на основе разомкнутого эскиза), • [Сгиб](#), • [Сгиб по эскизу](#), • [Сгиб по линии](#),
• [Подсечка](#).

При создании листовых элементов с помощью команд **Обечайка** и **Линейчатая обечайка** могут формироваться как цилиндрические, так и конические сгибы, а также сгибы, основанные на линейчатой поверхности.

Примеры конических и линейчатых сгибов в листовой детали

Листовые элементы, содержащие сгибы, могут отображаться как в согнутом, так и в разогнутом состоянии. Любой сгиб или группу сгибов можно разогнуть/согнуть с помощью специальных команд.

Листовую деталь можно отображать в режиме развертки — специальном режиме отображения, в котором сгибы показываются разогнутыми. При необходимости можно выбрать сгибы, которые останутся согнутыми.

В листовой детали возможно создание и «не листовых» элементов. Так, к ней можно приклеивать формообразующие элементы любого типа — выдавливания, вращения, кинематические, по сечениям, и вырезать формообразующие элементы из листовой детали. Кроме того, к листовой детали можно добавлять конструктивные элементы (скругления, фаски, ребра, отверстия и т.п.). К листовому телу (первому листовому элементу), пластинам, штамповкам, отверстиям и вырезам можно применять операции копирования.

Обратите внимание на то, что выполнение в листовой детали «не листовых» операций может ограничить или сделать невозможным применение функционала для работы с листовыми телами.

- Некоторые формообразующие и дополнительные конструктивные элементы могут воспрепятствовать изменению состояния сгибов. [Подробнее...](#)
- Операции вырезания и отсечения могут приводить к разделению листовой детали на части. В детали, состоящей из частей, невозможно создание новых сгибов, изменение состояния существующих, замыкание углов на сгибах, а также построение вырезов и отверстий способом **По толщине**. Для выполнения этих операций необходимо сделать деталь целой.
- Листовая деталь, к которой применена операция масштабирования, перестает быть листовой: добавление к ней каких-либо листовых элементов и изменение состояния сгибов становится невозможным.

Модель может содержать одну или несколько листовых деталей. Над листовыми деталями могут производиться [булевы операции](#).

Ассоциативные виды модели, содержащей листовую деталь, создаются в чертеже так же, как и ассоциативные виды обычной модели. При этом, если для листовой детали настроены параметры развертки, то в чертеже возможно формирование изображения развертки этой детали.

Параметры листовой детали

Листовая деталь характеризуется следующими параметрами:

- толщиной материала (S), из которого она изготовлена,
- внутренним радиусом сгиба (R),
- углом сгиба (α),
- шириной освобождения сгиба (W),
- глубиной освобождения сгиба (H),
- параметром развертки сгиба.

Параметром развертки сгиба, в зависимости от выбранного [способа определения длины развертки](#), является **коэффициент нейтрального слоя**, или **величина сгиба**, или **уменьшение сгиба**.

Умолчательные значения параметров для всех новых листовых деталей задаются в диалоге [Свойства листового тела](#).

Сгиб может и не иметь освобождений.

Переменные листового тела и работа с ними

При создании детали со специализацией **Листовая деталь** в документе автоматически формируется набор **переменных листового тела**. Начальные значения переменных определяются настройкой, произведенной в диалоге [Свойства листового тела](#).

Переменные листового тела также формируются при создании листового тела в модели, имеющей специализацию **Деталь**.

Переменные листового тела и их текущие значения отображаются на Панели переменных:

- SM_Thickness — толщина листового материала,
- SM_Radius — внутренний радиус сгиба,
- SM_Angle — угол сгиба,
- SM_BA — величина сгиба,
- SM_BD — уменьшение сгиба,
- SM_K — коэффициент положения нейтрального слоя,
- SM_H — глубина освобождения сгиба,
- SM_W — ширина освобождения сгиба,

Переменные листового тела

При создании листовых элементов, содержащих сгибы, предлагаются значения параметров, совпадающие со значениями соответствующих переменных. Если эти значения **не изменяются вручную**, то после создания элемента его параметрам автоматически приравниваются переменные:

- толщина = SM_Thickness;
- внутренний радиус = SM_Radius,
- угол сгиба = SM_Angle,
- глубина освобождения = SM_H,

- ширина освобождения = SM_W,
- величина сгиба = SM_BA,
- уменьшение сгиба = SM_BD,
- коэффициент нейтрального слоя = SM_K.

Значения переменных листового тела в текущей модели можно изменить на Панели переменных.

Изменение значения переменной передается во все элементы, в которых эта переменная используется. Это позволит быстро изменить размеры и топологию листовой детали, не прибегая к редактированию каждого элемента в отдельности.

Например, параметру «радиус» во всех сгибах детали соответствует переменная SM_Radius, а параметру «угол» — переменная SM_Angle. Первоначальные значения переменных — 3 и 90.

Первоначальные значения переменных и исходное состояние детали

В результате изменения значения переменной SM_Radius на 1,5 и переменной SM_Angle на 70 все сгибы детали перестроились в соответствии с новыми значениями параметров.

Новые значения переменных и перестроенная деталь

Автоматически созданные переменные можно использовать в выражениях, определяющих значения других переменных и параметров, а также в эскизах.

[Подробнее о работе с переменными и выражениями...](#)

Особенности работы с переменными листового тела

1. Имена переменных листового тела изменить невозможно.
2. Редактирование сгиба, параметрам которого автоматически приравнены переменные, путем изменения значения какого-либо параметра **не влияет** на значение соответствующей переменной. В результате такого редактирования параметру сгиба присваивается значение, введенное в соответствующее поле на Панели параметров, а равенство значений параметра и переменной автоматически удаляется.
3. Если в результате редактирования сгиба его параметру возвращается значение, соответствующее переменной, то она автоматически приравнивается этому параметру.
4. В модели можно создать листовые переменные (SM_Thickness, SM_Radius, SM_Angle и т.д.) и присвоить им нужные значения еще до начала построения листовой детали. Заданные значения передаются в диалог настройки параметров листового тела для текущей модели и используются при создании листовых элементов.
5. Сгибы, у которых отключено определение параметров [по исходному объекту](#), отображаются на Панели переменных как самостоятельные элементы, подчиненные своему исходному объекту. Параметрами этих сгибов являются радиус и параметр развертки (см. рисунок). Если

значение параметра совпадает со значением соответствующей переменной, то она автоматически приравнивается к этому параметру:

- радиусу — SM_Radius,
- величине сгиба — SM_BA,
- уменьшению сгиба — SM_BD,
- коэффициенту нейтрального слоя — SM_K.

Отображение сгибов на Панели переменных

Если длина развертки сгиба определяется по таблице, то параметр развертки этого сгиба отсутствует на Панели переменных.

Если сгиб принадлежит листовому телу с разомкнутым эскизом и соответствует дуге в эскизе листового тела, то параметр *Радиус* этого сгиба не показывается на Панели переменных. А если длина развертки такого сгиба определяется по таблице, то сгиб не отображается на Панели переменных.

Длина развертки сгиба

При создании/редактировании листового элемента, содержащего сгибы, доступна настройка определения длины развертки сгибов этого элемента.

Длина развертки сгиба может определяться различными способами. Нужный способ выбирается в списке **Способ определения длины**, расположенном в секции **Развертка**. Доступны следующие варианты:

- [Коэффициент](#),
- [Величина сгиба](#),
- [Уменьшение сгиба](#),
- [Таблица сгибов](#).

В зависимости от выбранного способа на Панели параметров появляется поле для ввода значения параметра или поле, содержащее путь к файлу таблицы сгибов.

Умолчательный способ определения длины развертки задается в диалоге [Свойства листового тела](#) для новых моделей. В каждой конкретной модели умолчательный способ определения длины развертки может быть изменен в диалоге **Свойства листового тела** для текущей детали.

Порядок определения длины развертки при использовании различных способов рассмотрен далее в настоящем разделе.

Определение длины развертки при помощи коэффициента положения нейтрального слоя

Длина развертки определяется исходя из предположения наличия в сгибе **нейтрального слоя**.

Нейтральный слой — слой материала тела, длина которого не изменяется при сгибании.

Линия пересечения нейтрального слоя сгиба с плоскостью, перпендикулярной линии сгиба, называется **нейтральной линией**.

Сечение сгиба плоскостью, перпендикулярной линии сгиба

(нейтральная линия показана штрихами)

Длина развертки цилиндрической части сгиба находится как длина **нейтральной линии** в ней:

$L = p \cdot (R + K \cdot S) \cdot (a/180)$, где

L — длина нейтральной линии;

R — внутренний радиус сгиба;

S — толщина листового материала;

K — коэффициент положения нейтрального слоя;

a — угол сгиба.

Коэффициент K определяет положение нейтрального слоя:

$K = t/S$, где

t — расстояние от внутренней поверхности сгиба до нейтрального слоя.

Значение коэффициента K задается пользователем.

Определение длины развертки способом задания величины сгиба

Длина развертки цилиндрической части сгиба **ВА** (сокращение от *Bend Allowance*) задается пользователем. Полная длина развертки сгиба **L** при разгибании рассчитывается по формуле:

$L = A + VA + V$.

Разгибание сгиба: а) сгиб согнут, б) сгиб разогнут

Определение длины развертки способом задания уменьшения сгиба

Длина развертки цилиндрической части сгиба **l** рассчитывается по формуле:

$l = 2 \cdot a - BD$, где

BD (сокращение от *Bend Deduction*) — уменьшение сгиба, задается пользователем;

a — геометрический параметр сгиба, определяется системой автоматически (см. таблицу).

Определение параметра **a** для различных углов сгиба **a**

$a < 90^\circ$	$a \geq 90^\circ$
$a = (R + S) \cdot \operatorname{tg}(a/2)$	$a = (R + S)$

Полная длина развертки **L** при разгибании рассчитывается по формуле:

$$L = A' + B' - BD.$$

Разгибание сгиба: а) сгиб согнут, б) сгиб разогнут

Для углов сгиба $a > 90^\circ$ значение уменьшения сгиба **BD** может быть отрицательным.

Таблицы сгибов

При определении длины развертки с использованием способов, рассмотренных выше, значения параметра развертки (**K**, **BA** или **BD**) могут быть заданы — с учетом существующих ограничений — произвольно.

Зависимость параметра развертки от толщины материала, угла и радиуса сгиба может быть определена, например, экспериментальным путем и оформлена в виде таблиц. В системе КОМПАС они носят название **таблиц сгибов** и могут быть использованы для задания длин разверток.

В соответствии с содержанием таблицы определяется ее тип:

- таблица коэффициентов, определяющих положение нейтрального слоя;
- таблица величин сгиба;
- таблица уменьшений сгиба.

Таблицы сгибов хранятся в файлах с расширением *loa*.

В комплект поставки системы КОМПАС-3D входят четыре таблицы сгибов:

- две таблицы коэффициентов, определяющих положение нейтрального слоя:
 - *Sample1_K_factor.loa*,
 - *Sample4_K_factor.loa*,
- таблица величин сгибов *Sample2_Bend_allowance.loa*;
- таблица уменьшений сгибов *Sample3_Bend_deduction.loa*.

Указанные таблицы содержат условные данные и приведены в качестве примера. Используйте их в качестве образца для создания собственных таблиц сгибов.

Примеры таблиц сгибов находятся в папке, путь к которой задается системной переменной *SHEETMETAL* системы КОМПАС-3D. По умолчанию это подпапка ...\\Sys*SHEETMETAL* главной папки системы.

Таблица сгибов — текстовый файл с расширением *loa*. Файлы таблиц доступны для просмотра и редактирования при помощи любого текстового редактора, например, Блокнот Windows.

Таблицы сгибов построены в соответствии со следующими правилами.

- Единицы измерения в таблице не указываются. Значения линейных величин измеряются в миллиметрах, угловых — в градусах.
- Строки, начинающиеся с символов «#», являются комментариями.
- Таблица может содержать пустые строки. При обработке таблицы они игнорируются.
- Первое значение таблицы задает ее тип:
 - 1 — таблица коэффициентов **K**;
 - 2 — таблица величин сгибов **BA**;
 - 3 — таблица уменьшений сгибов **BD**.
- Второе значение задает возможность применения интерполяции для определения промежуточных значений параметров:
 - 0 — не применять интерполяцию;
 - 1 — применять линейную интерполяцию.

Если интерполяция применяется, то таблица используется следующим образом.

- Если заданные значения толщины листового тела, радиуса и угла сгиба в точности совпадают с табличными, то значение параметра развертки будет взято из таблицы.
- Если заданное значение толщины, радиуса или угла сгиба не совпадает с табличным, то значение параметра развертки рассчитывается с использованием линейной интерполяции.

Если интерполяция не применяется и заданное значение толщины листового тела, радиуса или угла сгиба не совпадает с табличным, то построение сгиба становится невозможным. Соответствующий листовой элемент отмечается в Дереве построения как ошибочный. Для исправления ошибки необходимо привести параметры сгиба в соответствие с табличными либо выбрать другую таблицу сгибов.

- Таблица сгибов состоит из нескольких **блоков данных**. Каждый блок содержит значения параметра **K**, **BA** или **BD** для различных толщин, радиусов и углов сгиба. Структура блоков одинакова.

- Толщина листового материала для блока данных является постоянной величиной. Ее значение заключается в угловые скобки. Например, в приведенном выше фрагменте таблицы значение толщины находится в верхнем левом углу блока.
- Первая строка блока содержит значения радиусов сгиба. Они располагаются в порядке возрастания слева направо.
- Левый столбец блока содержит значения углов сгиба. Они располагаются в порядке возрастания сверху вниз.
- Блоки в таблице должны располагаться в порядке увеличения толщины материала.
- Значения в таблице разделяются знаками пробела или табуляции.

При использовании таблицы экстраполяция значений не применяется: если значение толщины, радиуса сгиба или угла выходит за пределы изменения аргументов таблицы, то выдается сообщение об ошибке.

Использование таблиц сгибов

[Наверх](#)

Чтобы использовать определенную таблицу сгибов в листовых деталях, укажите файл этой таблицы в [диалоге настройки свойств листового тела](#) или выберите таблицу с помощью команды **Моделирование — Листовое моделирование — Таблица сгибов — Выбрать**.

Чтобы получить из таблицы сгибов параметр развертки для сгибов создаваемого или редактируемого листового элемента, выполните следующие действия.

1. В секции **Развертка** на Панели параметров разверните список **Способ определения длины**.
2. Выберите из списка строку **Таблица сгибов**. В поле **Файл-источник** появится имя таблицы сгибов, выбранной при настройке свойств листового тела.

Если при настройке свойств листового тела была включена опция **Таблица сгибов**, то для определения длин разверток всех новых сгибов по умолчанию будет выбран способ **Таблица сгибов**. В этом случае производить описанные действия не нужно.

После ввода значений угла и радиуса сгиба из таблицы сгибов будет выбран параметр развертки, соответствующий этим значениям. Он будет использоваться при разгибании сгибов построенного листового элемента.

При построении листового тела или обечайки название поля **Файл-источник** является ссылкой. После щелчка на поле появится диалог открытия файлов, позволяющий выбрать нужный файл таблицы.

При создании в модели первого листового элемента, использующего таблицу сгибов, все данные из нее записываются в эту модель. Связь модели с файлом таблицы не формируется.

Все сгибы, параметр развертки которых извлекается из таблицы, будут использовать сохраненные внутри документа данные. Исходный файл таблицы может быть отредактирован или удален. Это не приведет к изменению параметров сгибов.

В модели может быть сохранена только одна таблица.

Смена таблицы сгибов

Чтобы использовать для сгибов, построенных с применением таблицы, данные из другого табличного файла, смените хранящуюся в модели таблицу сгибов одним из способов.

- Вызовите команду **Моделирование — Листовое моделирование — Таблица сгибов — Выбрать...** Откроется диалог выбора файла. По умолчанию таблицы сгибов разыскиваются в папке, путь к которой задается системной переменной *SHEETMETAL* системы КОМПАС-3D.

Если деталь уже содержит таблицу сгибов, откроется диалог с сообщением: *«Выбор другой таблицы сгибов приведет к замене таблицы сгибов в текущей детали. Все сгибы, параметр развертки которых определяется по таблице, получают новые значения этого параметра. Продолжить?»* Вы можете отказаться от смены таблицы сгибов или подтвердить ее.

- Нажмите кнопку **Обзор** в [диалоге настройки свойств листового тела](#) для текущей модели.

Смена таблицы сгибов приведет к изменению свойств всех элементов листового тела, параметр развертки которых извлекался из таблицы: значение этого параметра будет выбрано из новой таблицы. Пиктограммы измененных элементов в Дереве построения будут отмечены значком, означающим необходимость перестроения.

Таблицу сгибов, хранящуюся в модели, можно записать в файл с помощью команды **Моделирование — Листовое моделирование — Таблица сгибов — Сохранить как...** В открывшемся стандартном диалоге Windows задайте имя файла для записи.

Удаление таблицы сгибов

[Наверх](#)

Для удаления таблицы сгибов из модели используется команда **Моделирование — Листовое моделирование — Таблица сгибов — Удалить**.

После удаления из детали таблицы сгибов автоматически изменится способ определения длины развертки у листовых элементов, построенных с использованием таблицы. Он будет соответствовать типу использовавшейся таблицы сгибов. Значение параметра развертки останется равным табличному значению для текущего радиуса, угла сгиба и толщины материала.

Например, элемент был построен с использованием таблицы величин сгибов. После удаления таблицы для этого элемента будет выбран способ определения длины развертки **Величина сгиба**. Значение величины сгиба останется равным выбранному ранее из таблицы.

Модель может содержать **элементы с автоматически определяемыми углами сгиба**. К таким элементам относятся:

- листовое тело с [разомкнутым эскизом](#) (углы сгибов определяются параметрами объектов эскиза),
- подсечка, заданный размер которой [меньше минимального](#) (углы сгибов рассчитываются по формуле).

Если указанные элементы использовали таблицу сгибов, то при ее удалении обработка этих элементов производится следующим образом.

Способ определения длины развертки автоматически меняется на способ, соответствующий типу использовавшейся таблицы. Параметр развертки принимает **умолчательное значение**.

Если вышеперечисленные листовые элементы содержат сгибы, у которых включено определение параметров [по исходному объекту](#), то на экране появится [диалог выбора сгибов](#). Он содержит перечень сгибов, имеющих описанные свойства, и позволяет настроить обработку этих сгибов при удалении таблицы.

Отметьте в диалоге выбора сгибов те сгибы, для которых требуется сохранить значение параметра развертки, полученное из таблицы. Нажмите кнопку **ОК**.

У выбранных сгибов будет автоматически отключено определение параметров по исходному объекту. Способ определения длины развертки поменяется на способ, соответствующий типу использовавшейся таблицы. Параметр развертки каждого сгиба примет значение, выбранное из таблицы с учетом величины угла этого сгиба.

У остальных сгибов будет сохранен признак определения параметров по исходному объекту. Поэтому каждый из них получит — вне зависимости от угла сгиба — такие же параметры, как исходный объект.

Построение листового тела

Листовое тело строится командой **Листовое тело**.

[Способы вызова команды](#)

Порядок действий

1. Укажите [результат операции](#), нажав нужную кнопку в группе **Результат** на Панели параметров:

• **Объединение**, • **Новое тело**.

2. Задайте эскиз листового тела:

- Если эскиз есть в модели, вы можете использовать весь эскиз или его часть — область, полученную пересечением [контуров эскиза](#) или ограниченную одним из них.

- Для выбора эскиза укажите один из его объектов в графической области модели или сам эскиз в Дереве построения.

- Для выбора области в эскизе щелкните мышью внутри этой области.

- Если нужного эскиза нет, постройте его, нажав кнопку **Создать эскиз** справа от поля **Эскиз**. Созданный эскиз будет автоматически выбран. [Подробнее о создании эскиза...](#)

[Требования к замкнутому эскизу](#)

Требования к разомкнутому эскизу

После выбора эскиза в графической области появляется фантом листового тела.

Наименование выбранного эскиза отображается в поле **Эскиз**. В случае выбора области в эскизе к содержимому поля добавляется слово *Область*.

При необходимости вы можете сменить эскиз. Для этого щелкните в поле **Эскиз** и выберите нужный эскиз или область в эскизе. Вы также можете отредактировать выбранный эскиз, щелкнув по значку в поле **Эскиз**.

3. Задайте [параметры листового тела](#) с помощью элементов управления, расположенных в Основном разделе Панели параметров. Набор этих элементов зависит от того, какой выбран эскиз — замкнутый или разомкнутый.

4. В секции **Развертка** настройте [определение длины развертки](#) сгибов листового тела.

5. При необходимости задайте наименование листового тела и свойства отображения его поверхности с помощью элементов управления, расположенных в секции **Свойства**. [Подробнее об управлении цветом и оптическими свойствами объектов...](#)

6. Чтобы завершить построение, нажмите кнопку **Создать объект**.

7. Чтобы завершить работу команды, нажмите кнопку **Завершить**.

После выполнения описанных действий в модели появится листовое тело, а в Дереве построения — его пиктограмма.

Сгибы, получившиеся в результате построения листового тела на основе разомкнутого эскиза, также показаны в Дереве построения. При необходимости любой сгиб можно [отредактировать](#).

Советы

- Толщину листового тела, расстояние построения и некоторые другие параметры листового тела можно задавать в графической области — с помощью [характерных точек](#).
- Для задания линейных параметров операции можно использовать команды [геометрического калькулятора](#).
- Умолчательные значения параметров листового тела можно изменить в диалоге [Свойства листового тела](#).
- Вы можете назначить допуски на значения параметров операции, выраженных в линейных или угловых величинах. Для этого вызовите команду **Допуск**, расположенную в меню нужного параметра, или щелкните по значку , отображаемому в поле параметра (значок отображается в том случае, если на значение параметра назначен допуск).

Параметры листового тела

Толщина листового тела задается в поле **Толщина**. Стрелкой на фантоме показано направление добавления толщины. Фактически толщина является расстоянием, на которое выдавливается эскиз.

Направление добавления материала можно сменить на противоположное, нажав кнопку **Сменить направление** справа от поля **Толщина**.

- Толщина листового тела задается в поле **Толщина**.

Кнопка **Сменить направление** справа от этого поля позволяет задать направление добавления материала — наружу или внутрь по отношению к поверхности, образованной перемещением эскиза.

- Внутренний радиус для сгибов в углах контура задается в поле **Радиус**. Минимальное допустимое значение внутреннего радиуса — 0,0002 мм.
- Построение листового тела может выполняться в одном направлении или в двух противоположных направлениях. Способ построения выбирается с помощью группы кнопок **Способ**. Параметры для выбранного способа задаются так же, как при построении элементов выдавливания, с одним исключением: при создании листового тела невозможно построение **До ближайшей поверхности**. [Подробнее о задании направления и глубины выдавливания...](#)

Обечайки. Обечайка может быть создана как самостоятельное тело или объединена с имеющимся телом.

Форма сечения обечайки определяется ее эскизом. Для построения простой обечайки требуется один эскиз, для линейчатой — два эскиза.

[Контур эскиза](#) может быть замкнутым или разомкнутым. Если контур замкнут (или оба контура — при построении линейчатой обечайки), то обечайка строится разрезанной по высоте. Расположение и величина зазора задаются пользователем. Возможны различные способы обрезки кромок обечайки.

Дуговые участки контура обечайки можно сегментировать — заменить их аппроксимирующими ломаными.

Простая обечайка формируется путем выдавливания эскиза в направлении, перпендикулярном его плоскости, и добавления толщины получившейся поверхности. Построение обечайки на основе замкнутого контура.

Отрезки в эскизе формируют плоские участки обечайки, дуги формируют сгибы соответствующих радиусов, углы контура формируют сгибы с заданным пользователем радиусом.

Возможен уклон боковых сторон обечайки. Сгибы, формирующиеся в углах контура, в обечайке с уклоном могут иметь форму цилиндра или конуса.

[Построение простой обечайки...](#)

Линейчатая обечайка формируется путем соединения двух оснований линейчатой поверхностью и добавления к ней толщины. В качестве оснований используются эскизы произвольной формы и расположения.

Построение линейчатой обечайки на основе замкнутых контуров

а) эскизы оснований; б) линейчатая обечайка

В общем случае боковые грани обечайки — линейчатые, но в частных случаях они могут быть плоскими, цилиндрическими, коническими. Это зависит от формы и взаимного расположения эскизов, а также от того, как поверхность разбита на грани. При необходимости умолчательное разбиение можно отредактировать.

Если смежные грани линейчатой поверхности не стыкуются гладко, то на месте стыка автоматически создается сгиб заданного радиуса. При пересечении соседних сгибов так же автоматически формируется освобождение угла. Пример освобождения угла при пересечении сгибов линейчатой обечайки

[Построение линейчатой обечайки...](#)

Параметры обечайки. Толщина обечайки задается в поле **Толщина**.

Кнопка **Сменить направление** справа от этого поля позволяет задать направление добавления материала — наружу или внутрь по отношению к поверхности, образованной перемещением эскиза.

Радиус для сгибов в углах контура задается в поле **Радиус**. В зависимости от выбранного направления толщины радиус может быть внутренним или наружным. Минимальное допустимое значение внутреннего радиуса — 0,0002 мм.

Опция **Постоянный радиус** позволяет задать форму сгибов обечайки с уклоном:

- при включенной опции сгибы имеют форму цилиндра,
- при отключенной опции сгибы имеют форму конуса.

Состояние опции не влияет на сгибы, которые соответствуют дугам в эскизе. В обечайке с уклоном такие сгибы всегда имеют форму конуса.

Направление и расстояние построения обечайки могут определяться различными способами. Для выбора нужного способа используется группа кнопок **Способ**. Доступны следующие варианты:

- **На расстояние, До объекта.**

Параметры для выбранного способа задаются так же, как при определении глубины выдавливания.

Уклон. Угол уклона боковых граней обечайки задается в поле **Угол**. Кнопка **Сменить направление** справа от этого поля позволяет задать направление уклона — внутрь или наружу. Линейчатая обечайка

Линейчатая обечайка строится командой **Линейчатая обечайка**.

Способы вызова команды

После вызова команды задайте параметры линейчатой обечайки, проконтролируйте правильность заданных значений с помощью фантома и завершите операцию.

Результатом операции может быть создание нового тела или объединение элемента с имеющимся телом. Для выбора нужного варианта используется группа кнопок **Результат** на Панели параметров:

• **Объединение**, • **Новое тело**.

Задайте эскизы первого и второго оснований обечайки.

- Если эскизы есть в модели, выберите их в Дереве построения или графической области,
- Если нужного эскиза нет, постройте его, нажав кнопку **Создать эскиз** справа от поля **Основание 1 (Основание 2)**. Созданный эскиз будет автоматически выбран. [Подробнее о создании эскиза...](#)

Требования к эскизам

После выбора эскизов в графической области появляется фантом линейчатой обечайки. Наименования выбранных эскизов отображаются в полях **Основание 1** и **Основание 2**.

При необходимости вы можете сменить эскиз. Для этого щелкните в поле **Основание 1 (Основание 2)** и выберите нужный эскиз. Вы также можете отредактировать выбранный эскиз,

щелкнув по значку .

Параметры линейчатой обечайки

Задайте параметры линейчатой обечайки:

- Толщину и направление добавления материала — с помощью поля **Толщина** и кнопки **Сменить направление** справа от этого поля.
- Радиус для сгибов в углах контуров — в поле **Радиус**. В зависимости от выбранного направления толщины радиус может быть внутренним или наружным. Минимальное допустимое значение внутреннего радиуса — 0,0002 мм. Если сгиб в углу контура имеет линейчатую поверхность, то радиусом сгиба является радиус цилиндрической поверхности, наиболее приближенной к линейчатой поверхности сгиба.

Настройка определения длины развертки сгибов обечайки производится в секции **Развертка**.

Выберите способ определения длины развертки в списке **Способ определения длины** и задайте параметр для выбранного способа.

Данные параметры актуальны для обечаек, контур в эскизе которых содержит отрезки и/или дуги. Если контур включает другие объекты, то на разгибание сгибов, образованных этими объектами, параметры развертки не влияют.

Параметры кромок линейчатой обечайки настраиваются в секции **Кромки**.

Выберите способ формирования [кромки оснований](#), нажав нужную кнопку в группе **Кромки оснований**.

Для обечайки на основе замкнутых эскизов задайте:

- способ формирования [кромки стыка](#), нажав нужную кнопку в группе **Кромки стыка**,
- величину зазора в поле **Зазор**,
- способ задания [смещения зазора](#), нажав нужную кнопку в группе **Смещение**, и параметр для выбранного способа.

Дуги окружностей и эллипсов в контурах оснований обечайки можно сегментировать — заменить их ломаными с сегментами равной длины. Настройка сегментации производится в секции **Сегментация**.

1. Установите переключатель **Сегментация** в положение I (включено). На Панели параметров появятся элементы настройки сегментации.
2. Выберите способ сегментации и задайте параметр для выбранного способа.

Боковая поверхность линейчатой обечайки разбивается на грани автоматически. При необходимости можно сдвинуть, добавить или удалить ребра. Настройка разбиения производится в секции **Разбиение**.

1. Установите переключатель **Автоопределение** в положение 0 (отключено). На Панели параметров появится пронумерованный список ребер обечайки.
2. Задайте новые положения ребер. Это делается так же, как изменение положения ребер линейчатой поверхности, с единственным исключением: при работе с линейчатой обечайкой отсутствует опция **По вершинам**.

Вы можете задать наименование обечайки и свойства отображения ее поверхности с помощью элементов управления, расположенных в секции **Свойства**.

Для завершения построения нажмите кнопку **Создать объект**.

После выполнения описанных действий в модели появится линейчатая обечайка, а в Дереве построения — ее пиктограмма.

Сгибы обечайки также показаны в Дереве построения. При необходимости любой сгиб можно [отредактировать](#).

Создание линейчатой обечайки невозможно, если тело, получаемое в результате построения, имеет самопересечения. О невозможности построения свидетельствует отсутствие

фантома.

Для завершения работы команды нажмите кнопку **Завершить**. • Толщину обечайки, радиус сгибов, положение и величину зазора можно задавать в графической области — с помощью [характерных точек](#).

- Для задания линейных и угловых параметров можно использовать команды [геометрического калькулятора](#).

- Умолчательные значения параметров обечайки можно изменить в диалоге [Свойства листового тела](#).

- Вы можете назначить допуски на значения параметров операции, выраженных в линейных величинах. Для этого вызовите команду **Допуск**, расположенную в меню нужного параметра,

или щелкните по значку , отображаемому в поле параметра (значок отображается в том случае, если на значение параметра назначен допуск).

Сгибы

Сгиб по эскизу — элемент с несколькими сгибами, профиль которого определяется контуром в эскизе. Углы контура в эскизе формируют сгибы с заданным пользователем внутренним радиусом, а дуги — сгибы, радиусы которых равны радиусам соответствующих дуг.

Сгиб располагается вдоль одного прямолинейного ребра или цепочки прямолинейных ребер листовой детали. Ребро является базовой линией сгиба, а содержащая его грань (внешняя или внутренняя) — базовой гранью сгиба.

Сгиб по эскизу

Если сгиб строится по цепочке ребер, то ребра указываются в порядке их расположения. Ребра, образующие цепочку, могут соединяться между собой вершинами или сгибами. В последнем случае для построения сгиба необходимо указывать не только прямолинейные ребра, но и сопрягающие их дуговые ребра.

Построение сгиба по эскизу

Для создания в листовой детали сгиба по эскизу используется команда **Сгиб по эскизу**.

[Способы вызова команды](#)

После вызова команды задайте параметры сгиба, проконтролируйте правильность заданных значений с помощью фантома и завершите операцию.

Набор элементов управления на Панели параметров зависит от того, как строится сгиб, — по одному ребру или по цепочке ребер.

Задайте эскиз, определяющий профиль сгиба.

- Если эскиз есть в модели, укажите его в графической области или в Дереве построения.

- Если нужного эскиза нет, постройте его, нажав кнопку **Создать эскиз** справа от поля **Эскиз**. Созданный эскиз будет автоматически выбран. [Подробнее о создании эскиза...](#)

Требования к эскизу

Наименование выбранного эскиза отображается в поле **Эскиз** на Панели параметров.

При необходимости вы можете сменить эскиз. Для этого щелкните в поле **Эскиз** и выберите нужный. Вы также можете отредактировать выбранный эскиз, щелкнув по значку  в поле **Эскиз**.

Укажите прямолинейное ребро или последовательность ребер листовой детали, вдоль которых должен располагаться сгиб.

Ребра, образующие цепочку, могут соединяться друг с другом вершинами или сгибами. Во втором случае необходимо указывать не только прямолинейные ребра, но и сопрягающие их дуговые ребра.

Наименования выбранных объектов отображаются в поле **Ребра**. В графической области отображается фантом сгиба по эскизу.

При построении сгиба по цепочке ребер ширина каждого сгиба равна длине соответствующего ребра.

Если сгиб строится по одному ребру, можно задать ширину сгиба. Для этого используется группа кнопок **Способ**.

Выберите способ задания радиуса сгиба, нажав нужную кнопку в группе **Задание радиуса**, и введите значение в поле **Радиус**.

Настройка определения длины развертки сгиба по эскизу производится в секции **Развертка**.

Выберите способ определения длины развертки в списке **Способ определения длины** и задайте параметр для выбранного способа.

С помощью элементов, расположенных в секции **Замыкание углов**, можно настроить замыкание углов между сгибами и задать параметры обработки начальной и конечной кромок сгиба по эскизу.

Возможны следующие виды замыкания:

- **Замыкание смежных углов** — доступно, если сгиб строится по цепочке ребер,
- **Замыкание в начале** и **Замыкание в конце** — доступны, если сгиб строится по одному ребру или разомкнутой цепочке ребер.

Для настройки замыкания установите соответствующий переключатель в положение I (включено) и задайте параметры замыкания.

Параметры **освобождения угла** и освобождения сгиба задаются в секции **Освобождение**.

- Чтобы создать [освобождение сгиба](#), установите переключатель **Освобождение сгиба** в положение I (включено) и задайте параметры освобождения. Переключатель присутствует на Панели параметров, если сгиб строится по одному ребру.

- Чтобы применить [освобождение угла](#), установите переключатель **Освобождение угла** в положение I (включено) и выберите способ освобождения, нажав нужную кнопку в группе **Способ**.

Вы можете задать наименование сгиба по эскизу и свойства отображения его поверхности с помощью элементов управления, расположенных в секции **Свойства**.

Для завершения построения нажмите кнопку **Создать объект**.

После выполнения описанных действий в листовой детали появится сгиб по эскизу, а в Дереве построения — его пиктограмма.

Все сгибы созданного листового элемента также показаны в Дереве построения. При необходимости любой сгиб можно [отредактировать](#).

Для завершения работы команды нажмите кнопку **Завершить**.

- Радиус сгиба можно задать с помощью [характерной точки](#).
- Для задания линейных и угловых параметров операции можно использовать команды [геометрического калькулятора](#).
- Умолчательные значения параметров сгиба можно изменить в диалоге [Свойства листового тела](#).
- Вы можете назначить допуски на значения параметров операции, выраженных в линейных или угловых величинах. Для этого вызовите команду **Допуск**, расположенную в меню нужного параметра, или щелкните по значку, отображаемому в поле параметра (значок отображается в том случае, если на значение параметра назначен допуск). Построение сгиба по линии

Сгиб по прямой линии в листовой детали строится командой **Сгиб по линии**.

[Способы вызова команды](#)

Порядок действий

1. Укажите прямолинейный объект в Дереве построения или в графической области.

[Требования к базовой линии сгиба](#)

Наименование выбранного объекта отображается в поле **Линия** на Панели параметров.

2. Укажите внешнюю или внутреннюю плоскую грань (грани) листовой детали. Наименование выбранного объекта (объектов) отображается в поле **Базовые грани**.

Фантом сгиба отображается в графической области. Стрелка на фантоме показывает направление отсчета угла и [неподвижную сторону](#) грани.

Направление отсчета угла можно сменить на обратное, нажав кнопку **Сменить направление** справа от элемента **Направление**.

Можно сменить неподвижную сторону, нажав кнопку **Сменить неподвижную сторону** справа от элемента **Неподвижная сторона**.

3. В группе элементов **Угол и радиус** задайте [угол сгиба](#) и [радиус сгиба](#).

4. Укажите [способ размещения](#) сгиба относительно указанной линии, нажав нужную кнопку в группе **Размещение**.

5. В секции **Развертка** настройте определение [длины развертки сгиба](#).

6. В секции **Освобождение** укажите [способ освобождения угла](#), нажав нужную кнопку в группе **Способ**.

7. При необходимости задайте наименование сгиба по линии и свойства отображения его поверхности с помощью элементов управления, расположенных в секции **Свойства**.

8. Для завершения построения нажмите кнопку **Создать объект**.

После выполнения описанных действий в листовой детали появится сгиб по линии, а в Дереве построения — его пиктограмма.

9. Для завершения работы команды нажмите кнопку **Завершить**. • Направление построения, неподвижную сторону, угол и радиус сгиба можно задавать в графической области — с помощью [характерных точек](#).

- Для задания линейных и угловых параметров можно использовать команды [геометрического калькулятора](#).

- Умолчательные значения параметров сгиба можно изменить в диалоге [Свойства листового тела](#).

- Вы можете назначить допуски на значения параметров операции, выраженных в линейных или угловых величинах. Для этого вызовите команду **Допуск**, расположенную в меню нужного параметра, или щелкните по значку, отображаемому в поле параметра (значок отображается в том случае, если на значение параметра назначен допуск). Построение подсечки

Подсечка в листовой детали строится командой **Подсечка**.

[Способы вызова команды](#)

Порядок действий

1. Укажите прямолинейный объект в Дереве построения или в графической области.

Требования к базовой линии сгиба

Наименование выбранного объекта отображается в поле **Линия** на Панели параметров.

2. Укажите внешнюю или внутреннюю плоскую грань (границы) листовой детали. Наименование выбранного объекта (объектов) отображается в поле **Базовые грани**.

Фантом подсечки отображается в графической области. Стрелка на фантоме показывает направление отсчета угла и [неподвижную сторону](#) грани.

Направление отсчета угла можно сменить на обратное, нажав кнопку **Сменить направление** справа от элемента **Направление**.

Неподвижную сторону можно сменить, нажав кнопку **Сменить неподвижную сторону** справа от элемента **Неподвижная сторона**.

3. В группе элементов **Угол и радиус** задайте [угол сгиба](#) и [радиус сгиба](#) подсечки.

4. Укажите [способ размещения](#) сгиба подсечки относительно указанной линии, нажав нужную кнопку в группе **Размещение**.

5. Задайте [размер](#) подсечки. Укажите способ задания размера, нажав нужную кнопку в группе **Задание размера**, и введите значение в поле **Расстояние**.

Наличие в подсечке [плоского участка](#) зависит от сочетания значений угла сгиба, радиуса сгиба и расстояния.

6. Укажите вариант построения подсечки — с добавлением материала или без добавления материала. Для этого служит опция [Добавить материал](#).

7. В секции **Развертка** настройте [определение длины развертки](#) сгибов подсечки.

8. В секции **Освобождение** выберите [способ освобождения угла](#), нажав нужную кнопку в группе **Способ**.

9. При необходимости задайте наименование подсечки и свойства отображения ее поверхности с помощью элементов управления, расположенных в секции **Свойства**. [Подробнее об управлении цветом и оптическими свойствами объектов](#)

10. Для завершения построения нажмите кнопку **Создать объект**.

11. Для завершения работы команды нажмите кнопку **Завершить**.

После выполнения описанных действий в листовой детали появится подсечка, а в Дереве построения — ее пиктограмма.

Сгибы подсечки также показаны в Дереве построения. При необходимости любой сгиб можно [отредактировать](#).

- Направление построения, неподвижную сторону, высоту подсечки, угол и радиус сгибов можно задавать в графической области — с помощью [характерных точек](#).

- Для задания линейных и угловых параметров можно использовать команды [геометрического калькулятора](#).

- Умолчательные значения параметров подсечки можно изменить в диалоге [Свойства листового тела](#).

- Вы можете назначить допуски на значения параметров операции, выраженных в линейных или угловых величинах. Для этого вызовите команду **Допуск**, расположенную в меню нужного параметра, или щелкните по значку , отображаемому в поле параметра (значок отображается в том случае, если на значение параметра назначен допуск). Параметры сгибов. Редактирование параметров сгиба.

Редактирование сгиба — это изменение параметров отдельного сгиба, входящего в состав листового элемента. Этот листовой элемент является **исходным объектом** редактируемого сгиба.

Параметры каждого сгиба соответствуют параметрам его исходного объекта. Изменение параметров сгиба при редактировании исходного объекта приводит к перестроению сгиба в соответствии с новыми значениями параметров.

При редактировании сгиба можно изменить следующие параметры:

- [способ задания радиуса](#), • значение радиуса, • [способ определения длины развертки](#).

Чтобы отредактировать сгиб, выполните следующие действия.

1. Выделите сгиб в Дереве построения и вызовите команду **Редактировать** из контекстного меню сгиба.
2. Установите переключатель **По исходному объекту** в положение 0 (отключено).
3. Задайте новые значения параметров и завершите редактирование, нажав кнопку **Создать объект**.

Сгиб перестроится в соответствии с новыми значениями параметров. При этом параметры его исходного объекта не изменятся.

Сгиб, у которого отключено определение параметров по исходному объекту, сохраняет свои параметры в случае изменения этих параметров у исходного объекта.

Особенности редактирования параметров сгиба

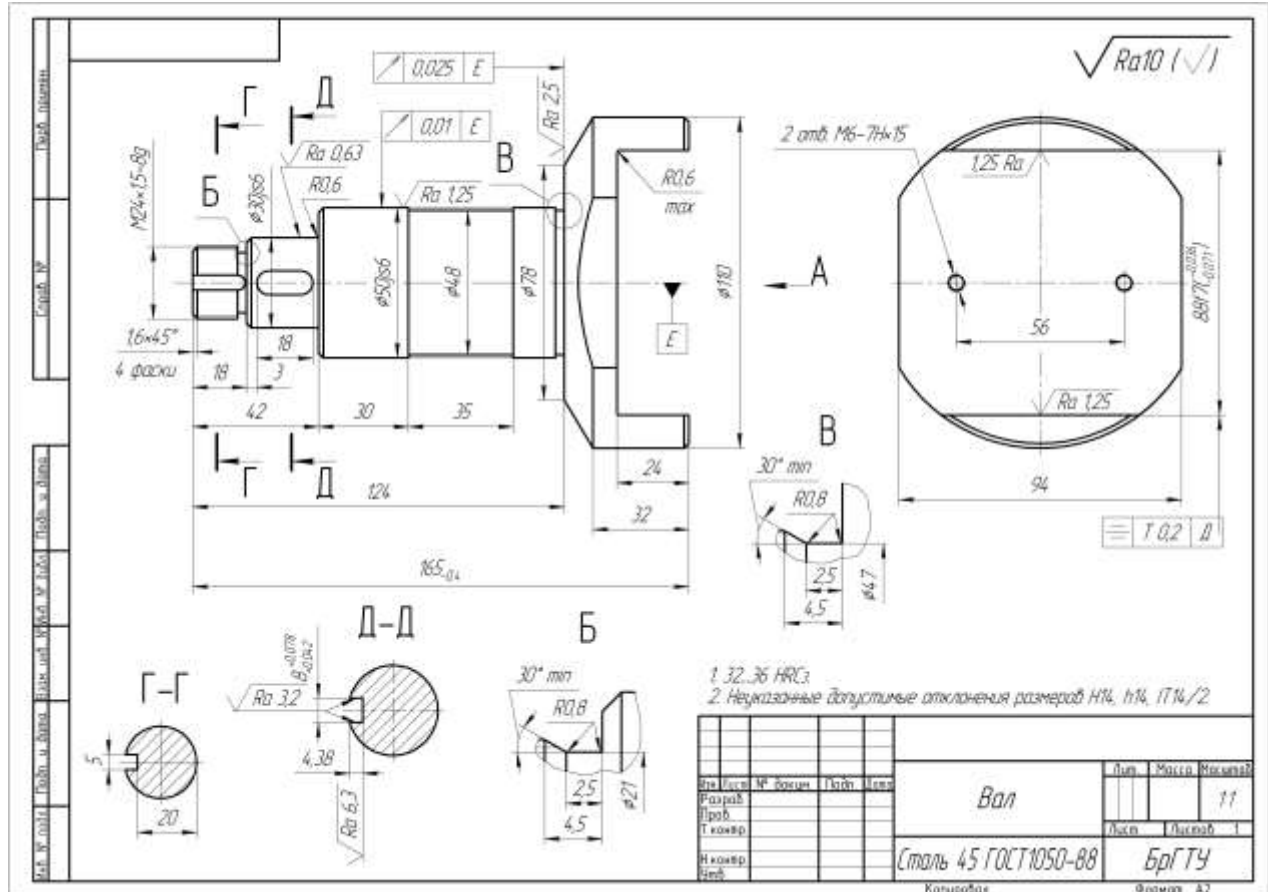
- Невозможно изменение значения и способа задания радиуса сгиба, если этот сгиб принадлежит сгибу по эскизу, листовому телу с разомкнутым эскизом, обечайке или линейчатой обечайке и соответствует дуге в эскизе.
- Невозможен выбор способа задания радиуса у сгибов обечайки и линейчатой обечайки.

- Если сгиб принадлежит листовому телу с разомкнутым эскизом и соответствует дуге в эскизе листового тела, то параметр *Радиус* этого сгиба не показывается на Панели переменных. А если длина развертки такого сгиба определяется по таблице, то сгиб не отображается на Панели переменных, даже если у него отключено определение параметров по исходному объекту.
- Сгибы, у которых отключено определение параметров по исходному объекту, отображаются на Панели переменных как самостоятельные элементы, подчиненные своему исходному объекту.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

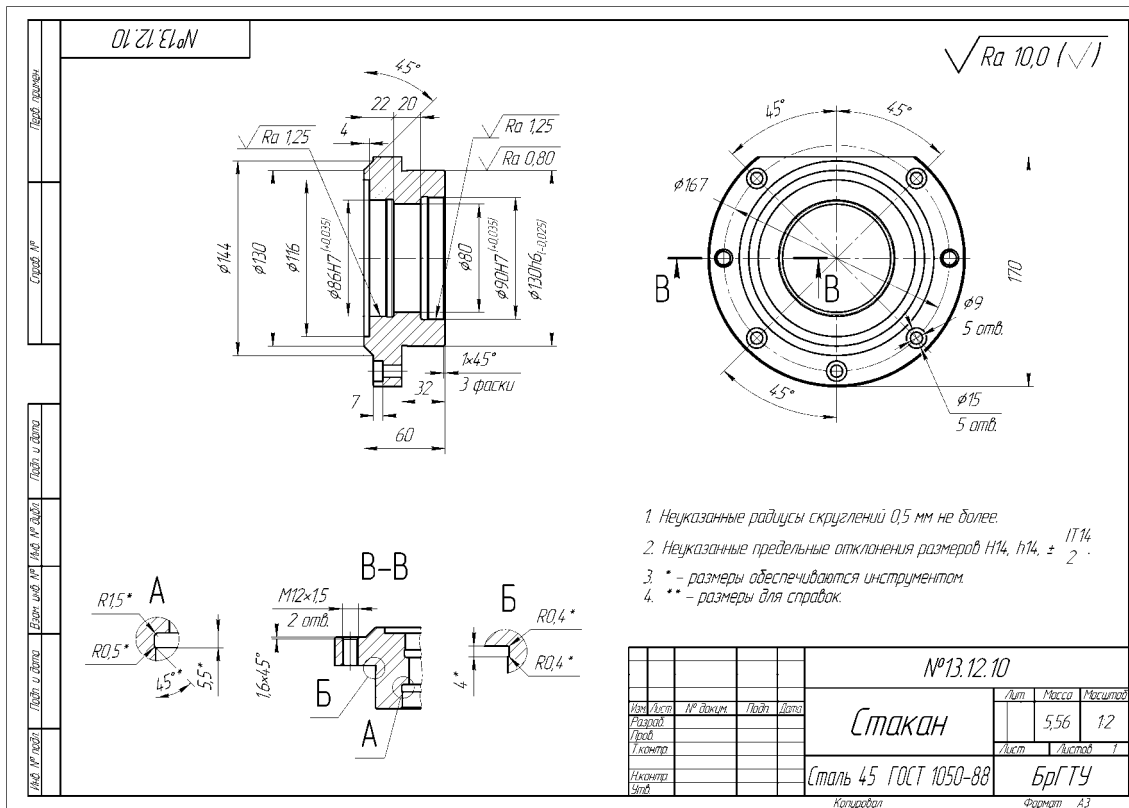
Лабораторная работа №1

По размерам чертежа построить 3D модель детали Вал



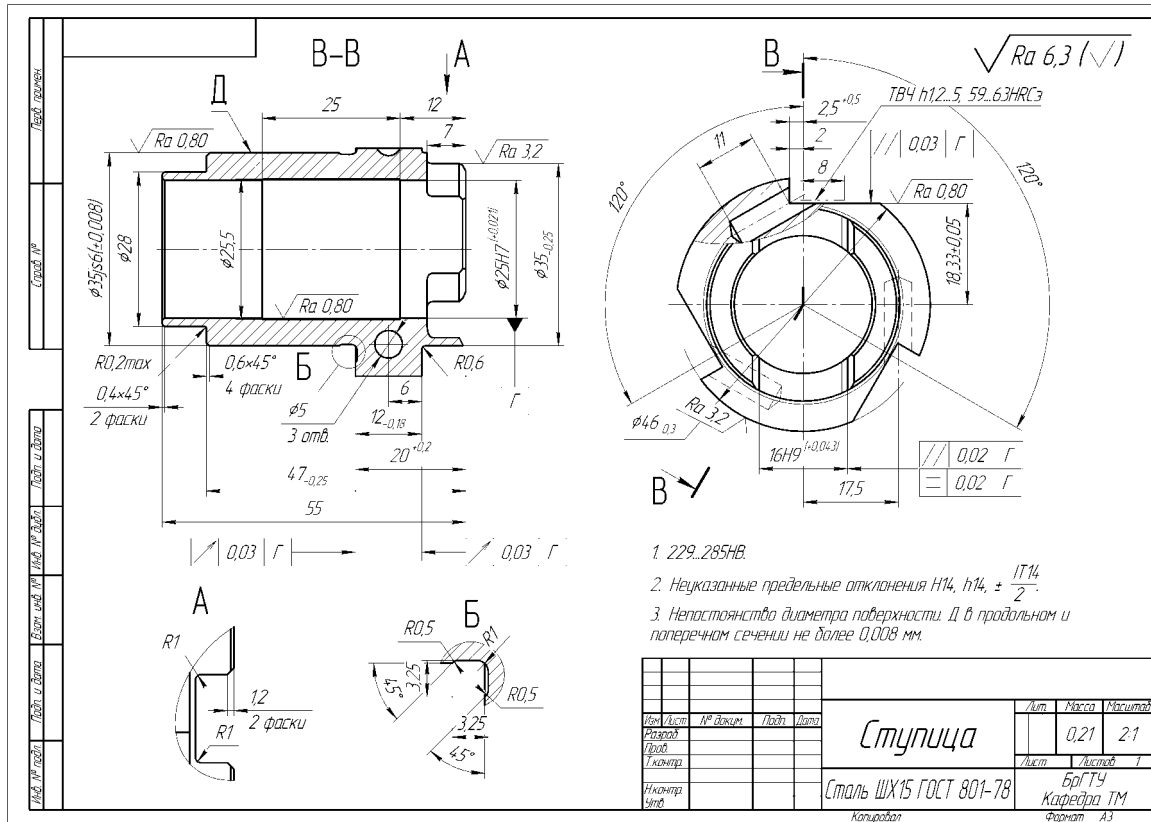
Лабораторная работа №2

По размерам чертежа построить 3D модель детали Стакан



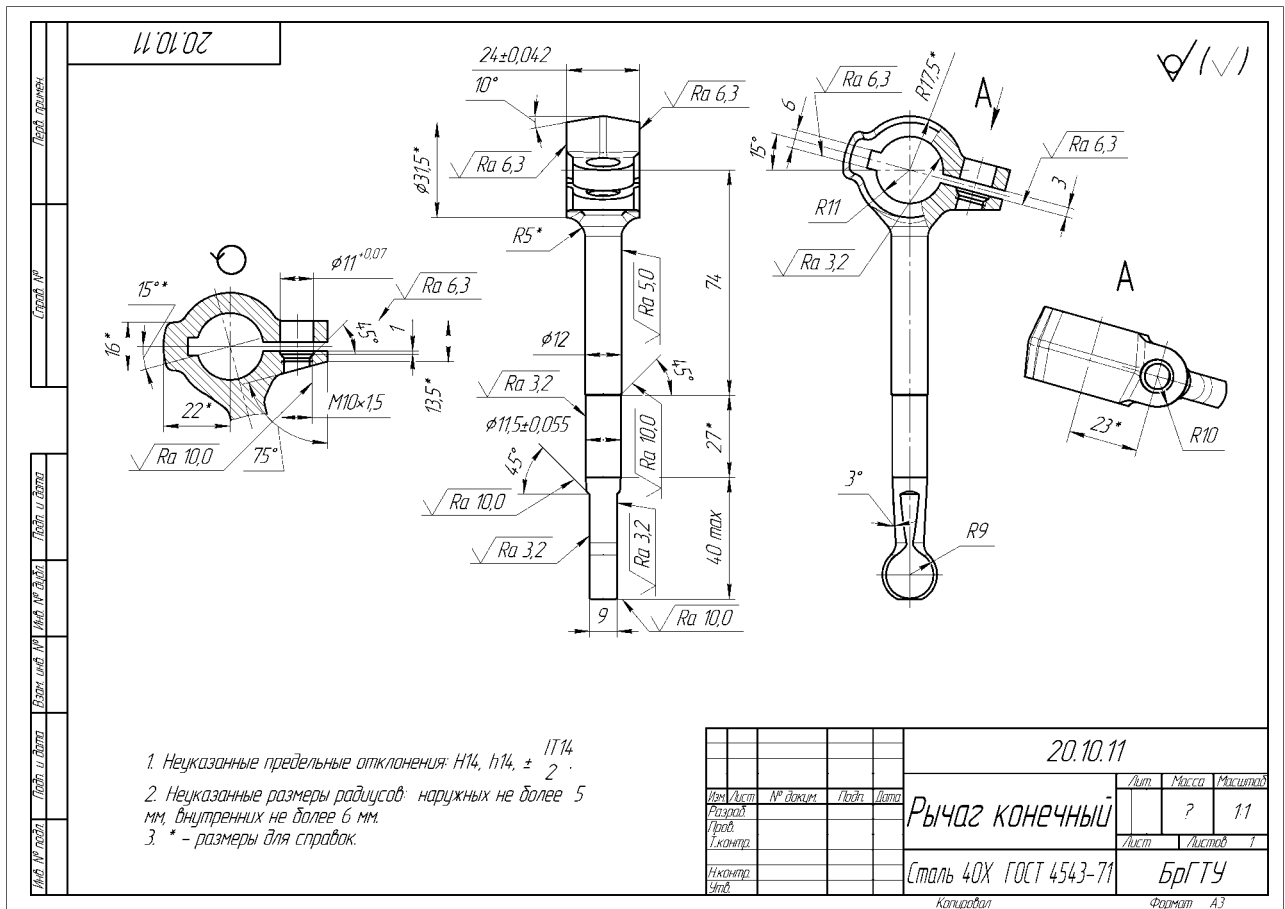
Лабораторная работа №3

По размерам чертежа построить 3D модель детали Ступица



Лабораторная работа №4

По размерам чертежа построить 3D модель детали Рычаг



РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Вопросы к зачёту по дисциплине 3D моделирование

1. Типы 3D моделей. Объекты 3D модели.
2. Система координат модели. Масштабирование, сдвиг, поворот изображения 3D модели.
3. Управление параметрами операций. Характерные точки объектов. Особенности задания числовых параметров операции в полях Панели параметров.
4. Эскизы операций. Общие сведения об эскизе. Режим эскиза.
5. Диагностика состояния параметрического эскиза. Использование эскиза в операциях.
6. Плоскость для построения эскиза. Редактирование изображения в эскизе.
7. Использование объектов модели при построении эскиза. Привязка к объектам модели при работе в эскизе.
8. Вспомогательная проекция объекта модели. Проецирование объектов модели в эскиз.
9. Тела, общие сведения о телах, виды тел.
10. Элементы выдавливания. Построение элементов выдавливания. Параметры операции выдавливания.
11. Операции «Элемент вращения» и «Вырезать вращением». Построение элемента вращения.
12. Операции «Элемент по траектории» и «Вырезать по траектории». Построение элемента по траектории.
13. Операции «Элемент по сечениям» и «Вырезать по сечениям». Построение элемента по сечениям.
14. Многотельное моделирование. Примеры использования многотельного моделирования. Булевы операции.
15. Листовое тело. Построение листового тела. Параметры листового тела.
16. Сгибы в листовом теле. Параметры сгибов.
17. Листовое тело. Создание обечайки. Параметры обечайки.
18. Элементы тел. Фаска. Скругление. Преобразование тела в оболочку.
19. Ребро жесткости. Уклон граней.
20. Масштабирование тел и поверхностей. Изменение положения тела или поверхности.
21. Точки. Точка по координатам. Точка переносом.
22. Точка на пересечении объектов. Точка на кривой.
23. Точка на поверхности. Группы точек.
24. Кривые. Общие сведения о пространственных кривых.
25. Отрезки. Сплайны и ломаные. Дуги и окружности.
26. Спирали. Скругление, соединение, усечение кривых.
27. Эквидистанта кривой. Кривая по двум проекциям.
28. Импортированная кривая. Проекционная кривая. Кривая по закону.
29. Поверхности. Операции создания поверхностей.
30. Операции редактирования поверхностей.
31. Сплайновая форма. Произвольное редактирование грани.
32. Массивы. Массив по сетке. Массив по концентрической сетке.
33. Массив вдоль кривой. Массив по точкам.
34. Массив по таблице. Зеркальный массив.
35. Массив по образцу. Управление параметрами экземпляров массива.
36. Вспомогательные объекты. Вспомогательные оси и плоскости.
37. Локальные системы координат.
38. Контрольные и присоединительные точки. Вектор.
39. Компонентная геометрия. Копии геометрических объектов.
40. Приемы работы с размерами и обозначениями.
41. Условное изображение резьбы.
42. Переход от 3D модели к чертежу. Общие сведения о видах.
43. Приемы работы с видами.
44. Простые и ассоциативные виды. Параметры видов.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учебная программа дисциплины «3D моделирование»

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной
дисциплине для специальности:
6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и
инструменты», профилизация «Технология машиностроения»**

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ М.В. Нерода

« ____ » _____ 2024

Регистрационный № УД-_____/уч.

3D моделирование

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальности:

6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и
инструменты», профилизация «Технология машиностроения»

название образовательного стандарта

2024

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта
Республики Беларусь ОСВО 6-05-0714-02-2023 «Технология машиностроения, металлорежущие
станки и инструменты»

СОСТАВИТЕЛЬ:

Я.В. Кудрицкий, ст. преподаватель кафедры «Машиностроение и эксплуатация
автомобилей»

(И.О. Фамилия, должность)

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Котыло А. А., начальник технического отдела Унитарного Предприятия
«Гефест-Кварц»

Голуб В.М., заведующий кафедрой «Машиноведение», кандидат технических
наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой машиностроения и эксплуатации автомобилей

Заведующий кафедрой С.В. Монтик

(протокол №_____ от _____ 2024);

Методической комиссией машиностроительного факультета

Председатель методической комиссии В.П. Горбунов

(протокол №_____ от _____ 2024);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол №_____ от _____ 2024)

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«3D моделирование» - прикладная дисциплина, в которой изучаются базовые приёмы работы с типовыми CAD системами машиностроительного профиля для создания трехмерных моделей.

Целью изучения дисциплины «3D моделирование» является ознакомление студентов с основными приемами и методиками, позволяющими повысить скорость и качество выполнения этапов проектирования, связанных с построением трехмерных моделей различных объектов.

Задачей изучения дисциплины «3D моделирование» является изучение наиболее часто используемых инструментов и базовых приёмов работы с CAD системами. Овладение методиками создания типовых конструктивных элементов. Умение выполнять построение 3D-моделей по наиболее рациональному сценарию, а также выполнять поиск возможных ошибок и их редактирование.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- назначение типовых машиностроительных CAD систем;
- основные алгоритмы, реализуемые при создании 3D моделей;
- типовые наиболее применяемые инструменты CAD систем;
- методы моделирования при создании 3D моделей;
- обеспечения связей между элементами моделей;
- основные принципы создания ассоциативных чертежей;

уметь:

- выполнять построение 3D моделей в графическом редакторе CAD КОМПАС 3D;
- выполнять анализ дерева моделей, на основании которого оптимизировать элементы тел и эскизов;
- получать комплекты ассоциативных чертежей;
- оформлять чертежи в соответствии с действующими стандартами;

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

СК-1.3. Знать виды систем автоматизированного проектирования (САПР), элементы системотехники, способы алгоритмизации технологических задач, методы моделирования при конструкторском проектировании, виды обеспечения САПР.

В соответствии с учебным планом, на изучение дисциплины «3D моделирование» отводится 110 часов, в том числе:

дневная форма обучения - 52 часов аудиторных занятий (18 часов лекций и 34 часов лабораторных занятий);

заочная сокращенная форма обучения - 12 часов аудиторных занятий (4 часов лекций и 8 часов лабораторных занятий).

Форма итогового контроля - зачет.

План учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
1-36 01 01	Технология машиностроения	2	3	110	3	52	18	34	-	-	-	Зачет в 3 семестре

План учебной дисциплины для заочной сокращенной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
1-36 01 01	Технология машиностроения	2	3	110	3	12	4	8	-	-	-	Зачет в 3 семестре

1 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Учебная дисциплина «3D моделирование» включает в себя семнадцать основных тем. Темы лекционных и лабораторных занятий приведены в следующих пунктах содержания учебного материала.

1.1 ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Дисциплина, её предмет, цели и задачи. Предмет курса, общие понятия. Цель и задачи изучения дисциплины. Актуальность 3D моделирования. Использование 3D моделей в различных сферах. Разнообразие и применимость 3D редакторов. CAD системы для решения актуальных задач в машиностроении.

Тема 1. 3D модель в КОМПАС. Типы 3D моделей. Объекты 3D модели. Геометрические объекты, элементы оформления, объекты «измерение», компоненты. Режимы работы с моделью. Дерево модели. Приемы работы с объектами в Дереве модели. Редактирование и настройка модели.

Тема 2. Система координат модели. Масштабирование, сдвиг, поворот изображения 3D модели. Выбор объектов модели. Фильтры объектов. Выбор скрытых, совпадающих или близко расположенных объектов. Выбор объектов в Дереве построения модели. Управление параметрами операций. Характерные точки объектов. Особенности задания числовых параметров операции в полях Панели параметров.

Тема 3. Эскизы операций. Общие сведения об эскизе. Режим эскиза. Диагностика состояния параметрического эскиза. Использование эскиза в операциях. Плоскость для построения эскиза. Редактирование изображения в эскизе. Использование объектов модели при построении эскиза. Привязка к объектам модели при работе в эскизе. Вспомогательная проекция объекта модели. Проецирование объектов модели в эскиз.

Тема 4. Тела, общие сведения о телах, виды тел. Элементы выдавливания. Построение элементов выдавливания. Параметры операции выдавливания. Сечение элемента выдавливания. Направляющий объект операции выдавливания. Направление и глубина выдавливания. Способы определения глубины выдавливания. Уклон боковых граней элемента выдавливания. Тонкостенный элемент.

Тема 5. Операции «Элемент вращения» и «Вырезать вращением». Построение элемента вращения. Сечение элемента вращения. Ось вращения. Направление и угол вращения. Тип построения сфероид/тороид.

Тема 6. Операции «Элемент по траектории» и «Вырезать по траектории». Построение элемента по траектории. Сечение элемента по траектории. Траектория движения сечения. Тип движения сечения. Особенности построения элемента по траектории для разных типов движения сечения. Создание тонкостенного элемента.

Тема 7. Операции «Элемент по сечениям» и «Вырезать по сечениям». Построение элемента по сечениям. Параметры операции по сечениям. Сечения элемента по сечениям. Осевая линия элемента по сечениям. Способы построения элемента у крайних сечений. Траектория соединения сечений. Направляющие кривые. Подпроцесс создание цепочки соединяемых точек. Создание тонкостенного элемента.

Тема 8. Многодельное моделирование. Примеры использования многодельного моделирования. Булевы операции. Особенности создания булевых операций. Деталь-заготовка.

Тема 9. Листовое тело. Построение листового тела. Параметры листового тела. Сгибы в листовом теле. Параметры сгибов. Создание обечайки. Параметры обечайки. Вырез в листовом теле. Штамповочные элементы.

Тема 10. Элементы тел. Фаска. Скругление. Преобразование тела в оболочку. Ребро жесткости. Уклон граней. Отсечение части модели. Масштабирование тел и поверхностей. Изменение положения тела или поверхности. Инструмент «Отверстие».

Тема 11. Точки. Точка по координатам. Точка переносом. Точка на пересечении объектов. Точка на кривой. Точка на поверхности. Группы точек.

Тема 12. Кривые. Общие сведения о пространственных кривых. Отрезки. Сплайны и ломаные. Дуги и окружности. Спирали. Скругление, соединение, усечение кривых. Контур. Эквидистанта кривой. Кривая по двум проекциям. Импортированная кривая. Проекционная кривая. Кривая по закону.

Тема 13. Поверхности. Операции создания поверхностей. Операции редактирования поверхностей. Сплайновая форма. Произвольное редактирование грани.

Тема 14. Массивы. Массив по сетке. Массив по concentric сетке. Массив вдоль кривой. Массив по точкам. Массив по таблице. Зеркальный массив. Массив по образцу. Управление параметрами экземпляров массива.

Тема 15. Вспомогательные объекты. Вспомогательные оси и плоскости. Локальные системы координат. Контрольные и присоединительные точки. Вектор. Компонентная геометрия. Копии геометрических объектов.

Тема 16. Размеры. Обозначения. Приемы работы с размерами и обозначениями. Условное изображение резьбы.

Тема 17. Переход от 3D модели к чертежу. Общие сведения о видах. Приемы работы с видами. Простые и ассоциативные виды. Параметры видов.

1.2 ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ, ИХ НАЗВАНИЕ

1.2.1. Лабораторная работа №1. Построение элементов твердотельных моделей в CAD КОМПАС 3D с помощью операций «Выдавливание».

1.2.2. Лабораторная работа №2. Построение элементов твердотельных моделей в CAD КОМПАС 3D с помощью операций «Вращение».

1.2.3. Лабораторная работа №3. Построение элементов твердотельных моделей в CAD КОМПАС 3D с помощью операций «По сечениям».

1.2.4. Лабораторная работа №4. Построение элементов твердотельных моделей в CAD КОМПАС 3D с помощью операций «По траектории».

1.2.5. Лабораторная работа №5. Построение элементов твердотельных моделей в CAD КОМПАС 3D с помощью Булевых операций.

1.2.6. Лабораторная работа №6. Построение модели листовой детали в CAD КОМПАС 3D.

1.2.7. Лабораторная работа №7. Построение модели твердотельной детали с применением инструментов «Массивы» в CAD КОМПАС 3D.

1.2.8. Лабораторная работа №8. Создание ассоциативного чертежа в CAD КОМПАС 3D.

2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Учебно-методическая карта учебной дисциплины для дневной формы получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
	3 семестр						

	Введение. Дисциплина, её предмет, цели и задачи. Предмет курса, общие понятия. Цель и задачи изучения дисциплины. Актуальность 3D моделирования. Использование 3D моделей в различных сферах. Разнообразие и применимость 3D редакторов. CAD системы для решения актуальных задач в машиностроении.	1	-	-	-	2	Зачет
1	3D модель в КОМПАС. Типы 3D моделей. Объекты 3D модели. Геометрические объекты, элементы оформления, объекты «измерение», компоненты. Режимы работы с моделью. Дерево модели. Приемы работы с объектами в Дереве модели. Редактирование и настройка модели.	1	-	-	-	4	Зачет
2	Система координат модели. Масштабирование, сдвиг, поворот изображения 3D модели. Выбор объектов модели. Фильтры объектов. Выбор скрытых, совпадающих или близко расположенных объектов. Выбор объектов в Дереве построения модели. Управление параметрами операций. Характерные точки объектов. Особенности задания числовых параметров операции в полях Панели параметров.	1	-	-	-	4	Зачет
3	Эскизы операций. Общие сведения об эскизе. Режим эскиза. Диагностика состояния параметрического эскиза. Использование эскиза в операциях. Плоскость для построения эскиза. Редактирование изображения в эскизе. Использование объектов модели при построении эскиза. Привязка к объектам модели при работе в эскизе. Вспомогательная проекция объекта модели. Проецирование объектов модели в эскиз.	1	-	-	-	4	Зачет
4	Тела, общие сведения о телах, виды тел. Элементы выдавливания. Построение элементов выдавливания. Параметры операции выдавливания. Сечение элемента выдавливания. Направляющий объект операции выдавливания. Направление и глубина выдавливания. Способы определения глубины выдавливания. Уклон боковых граней элемента выдавливания. Тонкостенный элемент.	1	4	-	-	4	Зачет
5	Операции «Элемент вращения» и «Вырезать вращением». Построение элемента вращения. Сечение элемента вращения. Ось вращения. Направление и угол вращения. Тип построения сфероид/тороид.	1	4			4	Зачет
6	Операции «Элемент по траектории» и «Вырезать по траектории». Построение элемента по траектории. Сечение элемента по траектории. Траектория движения сечения. Тип движения сечения.	1	4	-	-	4	Зачет

	Особенности построения элемента по траектории для разных типов движения сечения. Создание тонкостенного элемента.						
7	Операции «Элемент по сечениям» и «Вырезать по сечениям». Построение элемента по сечениям. Параметры операции по сечениям. Сечения элемента по сечениям. Осевая линия элемента по сечениям. Способы построения элемента у крайних сечений. Траектория соединения сечений. Направляющие кривые. Подпроцесс создание цепочки соединяемых точек. Создание тонкостенного элемента.	1	4			4	Зачет
8	Многотельное моделирование. Примеры использования многотельного моделирования. Булевы операции. Особенности создания булевых операций. Деталь-заготовка.	1	4	-	-	4	Зачет
9	Листовое тело. Построение листового тела. Параметры листового тела. Сгибы в листовом теле. Параметры сгибов. Создание обечайки. Параметры обечайки. Вырез в листовом теле. Штамповочные элементы.	1	4	-	-	4	Зачет
10	Элементы тел. Фаска. Скругление. Преобразование тела в оболочку. Ребро жесткости. Уклон граней. Отсечение части модели. Масштабирование тел и поверхностей. Изменение положения тела или поверхности. Инструмент «Отверстие».	1	2			4	Зачет
11	Точки. Точка по координатам. Точка переносом. Точка на пересечении объектов. Точка на кривой. Точка на поверхности. Группы точек.	1	-	-	-	2	Зачет
12	Кривые. Общие сведения о пространственных кривых. Отрезки. Сплайны и ломаные. Дуги и окружности. Спирали. Скругление, соединение, усечение кривых. Контур. Эквидистанта кривой. Кривая по двум проекциям. Импортированная кривая. Проекционная кривая. Кривая по закону.	1	2	-	-	4	Зачет
13	Поверхности. Операции создания поверхностей. Операции редактирования поверхностей. Сплайновая форма. Произвольное редактирование грани.	1	-			2	Зачет
14	Массивы. Массив по сетке. Массив по концентрической сетке. Массив вдоль кривой. Массив по точкам. Массив по таблице. Зеркальный массив. Массив по образцу. Управление параметрами экземпляров массива.	1	2	-	-	2	
15	Вспомогательные объекты. Вспомогательные оси и плоскости. Локальные системы координат. Контрольные и присоединительные точки. Вектор. Компонентная геометрия. Копии геометрических объектов.	1	2			2	Зачет

16	Размеры. Обозначения. Приемы работы с размерами и обозначениями. Условное изображение резьбы.	1	-	-	-	2	Зачет
17	Переход от 3D модели к чертежу. Общие сведения о видах. Приемы работы с видами. Простые и ассоциативные виды. Параметры видов.	1	2			2	Зачет
	ИТОГО:	18	34	-	-	58	

2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины для заочной сокращенной формы получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
	3 семестр						
	Введение. Дисциплина, её предмет, цели и задачи. Предмет курса, общие понятия. Цель и задачи изучения дисциплины. Актуальность 3D моделирования. Использование 3D моделей в различных сферах. Разнообразие и применимость 3D редакторов. САД системы для решения актуальных задач в машиностроении.	0,25	-	-	-	2	Зачет
1	3D модель в КОМПАС. Типы 3D моделей. Объекты 3D модели. Геометрические объекты, элементы оформления, объекты «измерение», компоненты. Режимы работы с моделью. Дерево модели. Приемы работы с объектами в Дереве модели. Редактирование и настройка модели.	0,25	-	-	-	6	Зачет
2	Система координат модели. Масштабирование, сдвиг, поворот изображения 3D модели. Выбор объектов модели. Фильтры объектов. Выбор скрытых, совпадающих или близко расположенных объектов. Выбор объектов в Дереве построения модели. Управление параметрами операций. Характерные точки объектов. Особенности задания числовых параметров операции в полях Панели параметров.	0,25	-	-	-	6	Зачет
3	Эскизы операций. Общие сведения об эскизе. Режим эскиза. Диагностика состояния параметрического эскиза. Использование эскиза в операциях. Плоскость для построения эскиза. Редактирование изображения в эскизе. Использование объектов модели при построении эскиза. Привязка к объектам модели при работе в эскизе. Вспомогательная проекция объекта модели. Проецирование объектов модели в эскиз.	0,25	-	-	-	6	Зачет

4	Тела, общие сведения о телах, виды тел. Элементы выдавливания. Построение элементов выдавливания. Параметры операции выдавливания. Сечение элемента выдавливания. Направляющий объект операции выдавливания. Направление и глубина выдавливания. Способы определения глубины выдавливания. Уклон боковых граней элемента выдавливания. Тонкостенный элемент.	0,5	1	-	-	8	Зачет
5	Операции «Элемент вращения» и «Вырезать вращением». Построение элемента вращения. Сечение элемента вращения. Ось вращения. Направление и угол вращения. Тип построения сфероид/тороид.	0,5	1	-	-	8	Зачет
6	Операции «Элемент по траектории» и «Вырезать по траектории». Построение элемента по траектории. Сечение элемента по траектории. Траектория движения сечения. Тип движения сечения. Особенности построения элемента по траектории для разных типов движения сечения. Создание тонкостенного элемента.	0,5	1	-	-	8	Зачет
7	Операции «Элемент по сечениям» и «Вырезать по сечениям». Построение элемента по сечениям. Параметры операции по сечениям. Сечения элемента по сечениям. Осевая линия элемента по сечениям. Способы построения элемента у крайних сечений. Траектория соединения сечений. Направляющие кривые. Подпроцесс создание цепочки соединяемых точек. Создание тонкостенного элемента.	0,5	1	-	-	8	Зачет
8	Многодельное моделирование. Примеры использования многодельного моделирования. Булевы операции. Особенности создания булевых операций. Деталь-заготовка.	0,25	-	-	-	6	Зачет
9	Листовое тело. Построение листового тела. Параметры листового тела. Сгибы в листовом теле. Параметры сгибов. Создание обечайки. Параметры обечайки. Вырез в листовом теле. Штамповочные элементы.	0,25	2	-	-	8	Зачет
10	Элементы тел. Фаска. Скругление. Преобразование тела в оболочку. Ребро жесткости. Уклон граней. Отсечение части модели. Масштабирование тел и поверхностей. Изменение положения тела или поверхности. Инструмент «Отверстие».	-	-			4	Зачет
11	Точки. Точка по координатам. Точка переносом. Точка на пересечении объектов. Точка на кривой. Точка на поверхности. Группы точек.	-	-	-	-	4	Зачет
12	Кривые. Общие сведения о пространственных кривых. Отрезки. Сплайны и ломаные. Дуги и окружности.	-	-	-	-	4	Зачет

	Спирали. Скругление, соединение, усечение кривых. Контур. Эквидистанта кривой. Кривая по двум проекциям. Импортированная кривая. Проекционная кривая. Кривая по закону.						
13	Поверхности. Операции создания поверхностей. Операции редактирования поверхностей. Сплайновая форма. Произвольное редактирование грани.	-	-	-	-	4	Зачет
14	Массивы. Массив по сетке. Массив по концентрической сетке. Массив вдоль кривой. Массив по точкам. Массив по таблице. Зеркальный массив. Массив по образцу. Управление параметрами экземпляров массива.	0,25	1	-	-	4	
15	Вспомогательные объекты. Вспомогательные оси и плоскости. Локальные системы координат. Контрольные и присоединительные точки. Вектор. Компоновочная геометрия. Копии геометрических объектов.	-	-	-	-	4	Зачет
16	Размеры. Обозначения. Приемы работы с размерами и обозначениями. Условное изображение резьбы.	-	-	-	-	2	Зачет
17	Переход от 3D модели к чертежу. Общие сведения о видах. Приемы работы с видами. Простые и ассоциативные виды. Параметры видов.	0,25	1	-	-	6	Зачет
ИТОГО:		4	8	-	-	98	

3 ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Перечень литературы (учебной, учебно-методической, научной, нормативной, др.).

Основная:

1. Электронные источники – Web-сервер: <http://ascon.ru>; Образовательная программа: E-mail: edu@ascon.ru.
2. Азбука КОМПАС-3D – [kompas.ru/source/info_materials/...](http://kompas.ru/source/info_materials/)
3. Системы автоматизированного проектирования в 9-ти книгах (кн. 6 – автоматизация конструкторского и технологического проектирования; кн. 7 – задачи по САПР).

Дополнительная литература:

4. ГОСТ 23501.01-79 – «Системы автоматизированного проектирования. Основные положения».
5. Бунаков П.Ю., Рудин Ю.И., Стариков А.В. Основы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов/ Учебник по дисциплине «Основы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов» для студентов специальности. Под ред. С.Н. Рыкунина, - М.: МГУЛ, 2008. - 194 с.: ил.; URL: <http://www.twirpx.com/file/255605/>.
6. Официальный сайт компании SolidWorks: URL: <http://solidworks.dwg.ru>.
7. Официальный сайт компании Топ Системы: <http://tflex.ru>.

3.2 Перечень методических указаний и материалов, наглядных и других пособий, технических средств обучения, оборудования для выполнения лабораторных работ.

Методические указания

1. Создание параметрических фрагментов в редакторе КОМПАС: методические указания по дисциплинам «Основы САПР», «САПР технологических процессов», «САПР

технологических процессов автоматизированных производств» для студентов машиностроительных специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» дневной и заочной форм обучения / БрГТУ; Я.В. Кудрицкий, А.М. Левданский – Брест 2011.

2. Web-сервер: <http://ascon.ru>; Образовательная программа: E-mail: edu@ascon.ru.

3. Компьютерный класс с установленным программным обеспечением.

3.3. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Средства диагностики результатов учебной деятельности включают:

1. Текущая аттестация.
2. Отчеты в электронном виде по лабораторным занятиям с их устной защитой.
3. Зачет в виде решения тестовых задач на компьютере.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в виде:

- выполнение тестового задания на компьютере;

При расчете итоговой отметки по текущей аттестации учитывается объем качественно выполненных к моменту аттестации лабораторных работ (в соответствии с учебно-методической картой учебной дисциплины).

В семестре предусмотрена одна текущая аттестация.

Обучающиеся допускаются к промежуточной аттестации по учебной дисциплине при условии успешного прохождения текущей аттестации.

Результаты текущей аттестации учитываются при проведении промежуточной аттестации по учебной дисциплине.

Промежуточная аттестация по учебной дисциплине проводится в форме письменного зачета в виде тестирования или электронных тестов.

3.4 Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся учебной дисциплине

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы в соответствии с п. 3 Положения о самостоятельной работе обучающихся учреждения образования «Брестский государственный технический университет», утвержденного ректором БрГТУ №56 от 01.06 .2020:

- самостоятельное изучение тем лекционного курса по литературным источникам и методическим указаниям, имеющимся в библиотеке БрГТУ и указанным в разделе 3 настоящей программы;

- самостоятельная подготовка к выполнению лабораторных работ по методическим указаниям, разработанным на кафедре машиностроения и эксплуатации автомобилей и указанным в разделе 3 настоящей программы;

- самостоятельная работа под контролем преподавателя во время лабораторных занятий по расписанию по индивидуальным заданиям;

- самостоятельная подготовка к зачету.

Самостоятельное изучение тем лекционного курса выполняется по следующим источникам:

Номер темы	Название раздела, темы	Номер литературного источника
1	3D модель в КОМПАС	[1, 2]
2	Система координат модели. Масштабирование, сдвиг, поворот изображения 3D модели.	[1, 2]
3	Эскизы операций. Общие сведения об эскизе.	[1, 2]
4	Тела, общие сведения о телах, виды тел. Элементы выдавливания.	[1, 2]
5	Операции «Элемент вращения» и «Вырезать вращением».	[1, 2]
6	Операции «Элемент по траектории» и «Вырезать по траектории».	[1, 2]

7	Операции «Элемент по сечениям» и «Вырезать по сечениям».	[1, 2]
8	Многотельное моделирование. Булевы операции.	[1, 2]
9	Листовое тело. Построение листового тела.	[1, 2]
10	Элементы тел. Фаска. Скругление. Ребро жесткости.	[1, 2]
11	Точки. Точка по координатам. Точка переносом.	[1, 2]
12	Кривые. Общие сведения о пространственных кривых.	[1, 2]
13	Поверхности. Операции создания поверхностей.	[1, 2]
14	Массивы. Управление параметрами экземпляров массива.	[1, 2]
15	Вспомогательные объекты. Вспомогательные оси и плоскости.	[1, 2]
16	Размеры. Обозначения. Условное изображение резьбы.	[1, 2]
17	Переход от 3D модели к чертежу. Общие сведения о видах.	[1, 2]

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Основы САПР	Машиностроение и эксплуатация автомобилей	нет	Рекомендовать к утверждению (протокол № от . 2024) Зав. кафедрой МЭА С.В. Монтик
2. САПР технологических процессов	Машиностроение и эксплуатация автомобилей	нет	

Содержание учебной программы согласовано с выпускающей кафедрой
Заведующий выпускающей кафедрой,
кандидат технических наук, доцент

С.В. Монтик