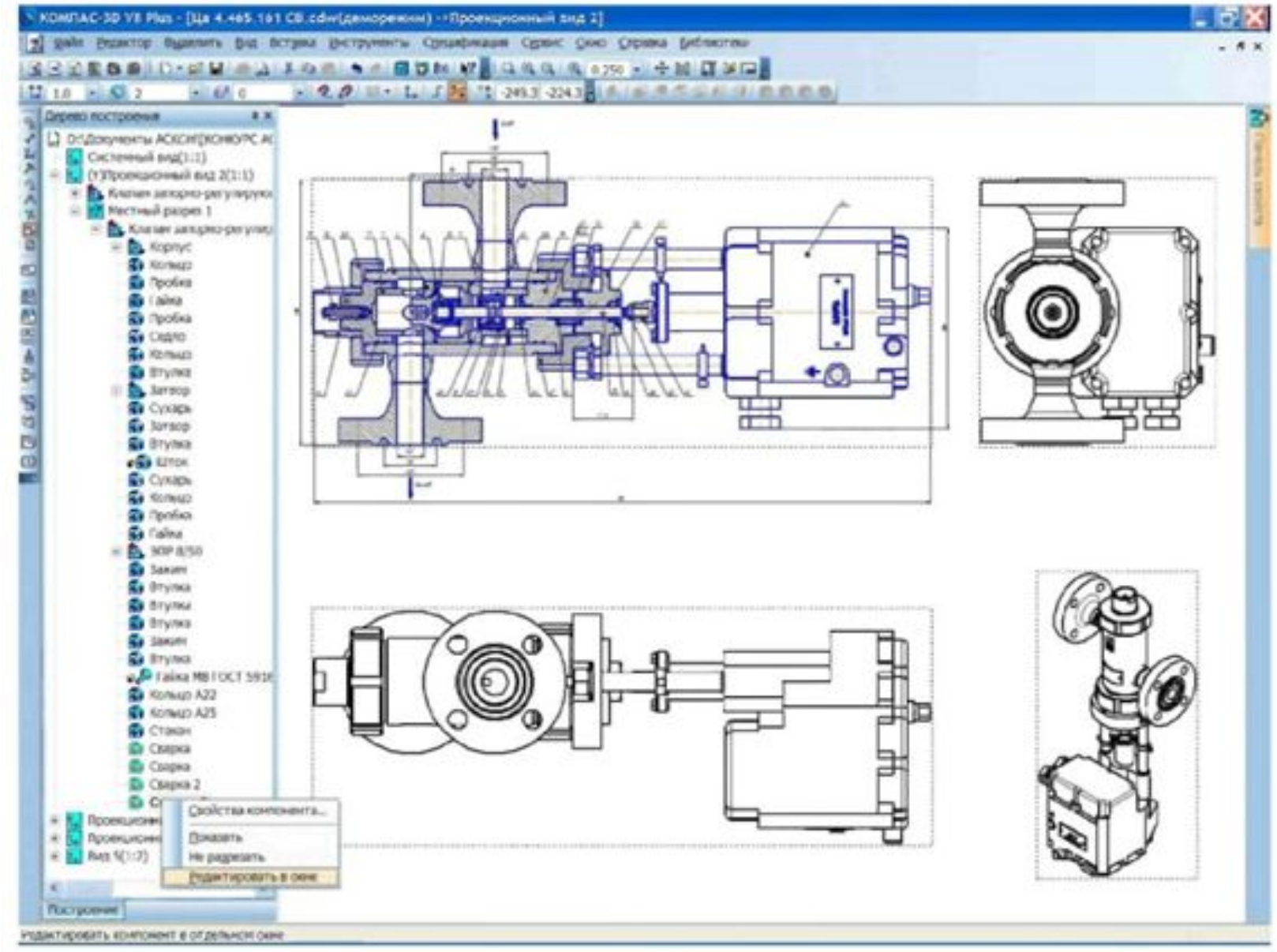


## 2D CAD и 3D CAD

2D CAD остаются достаточно популярными и в настоящее время, они используются и как самостоятельные системы, и как вспомогательные приложения к 3D-системам, обеспечивая оформление чертежной документации.

В составе развитого 2D-пакета традиционно существуют инструменты построения типовых геометрических элементов: линий, дуг, окружностей, эллипсов, сплайновых кривых. Для ускорения процесса черчения также автоматизированы построения прямоугольников, много-угольников, заливка области различными типами штриховок. При построении широко используются так называемые объектные привязки автоматическое определение координат базовых точек построения по уже существующим в чертеже объектам: концу или середине отрезка, ближайшей точке на контуре, центру дуги или окружности и т.д. Специализированные инструменты обеспечивают создание текстовых элементов, выносок и аннотаций. Автоматизированная простановка размеров обеспечивает быстрое образмеривание чертежей в соответствии с национальными и отраслевыми стандартами.

# Выполнение чертежа в КОМПАС-График



2D-системы с момента их появления приобрели огромную популярность в силу ряда объективных и субъективных причин:

- они безусловно снизили трудоемкость оформления качественной конструкторской и тех-нологической документации, так как отпала сама надобность в такой штатной единице, как чертежник;
- упростилась и удешевилась процедура архивирования чертежей;
- мощные возможности модификации и переиспользования уже существующих чертежей многократно повысили эффективность труда конструкторов;
- появилась возможность более быстрого обмена информацией при коллективной работе над проектами;
- благодаря очевидной аналогии с работой на кульмане 2D-системы достаточно просто внедряются и легко осваиваются инженерами при минимуме затрат на обучение;
- чертежные системы эффективно работают на недорогом оборудовании, поэтому затраты на их внедрение относительно невелики;
- внедрение 2D CAD-систем не требовало изменений в существующую производственную структуру.

Тем не менее, уже практически с самого начала внедрения и использования 2D-систем были видны и их недостатки, препятствующие более полной автоматизации инженерного труда, повышению ее эффективности, переходу к автоматизированному производству. Дело в том, что чертеж - документ, по своей сути предназначенный для восприятия человеком, то есть схематическое, порой неточное, символьное изображение проектируемых изделий. Неточность изображений восполняется обилием специализированных символов: размеров, выносок, условных обозначений, надписей и т. д. Для полной автоматизации нужна информация, адаптированная именно для компьютерной обработки и интерпретации. Этой задаче 2D-чертежи в их классическом виде не отвечают, для этого требуются полноценные пространственные (3D) и даже пространственно-временные (4D) данные.

## 3D CAD

На машиностроительных предприятиях решается следующий круг конструкторских и производственных задач:

- проработка внешнего вида и внутренней компоновки узлов и агрегатов;
- анализ и оптимизация напряжений, перемещений, колебаний, тепловых и температурных режимов;
- подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ;
- подготовка анимации сборок, реалистичных изображений изделия для презентаций, технической документации (инструкций по сборке) и т. п.;
- контроль качества изделий при помощи лазерных измерительных устройств или координатно-измерительных машин;
- создание физических образцов методами быстрого прототипирования;
- создание спецификаций, оценки стоимости, закупок и планирования ресурсов производства.

Все эти задачи требуют, чтобы проектировщик перенес задуманный им в его воображении образ будущего изделия не в виде схематической записи, а в виде виртуальной пространственной модели, описывающей не только геометрию, но и механические, физические, оптические и другие свойства материалов.

Так появились 3D CAD-системы.

Первой считается CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application), выпущенная французской компанией Dassault Systemes в 1981 году. За ней последовали такие системы, как поныне успешно используемые Unigraphics, Pro/Engineer и др., теперь уже по разным причинам сошедшие со сцены. Первые 3D-системы использовались в основном в аэрокосмической, автомобильной и других машиностроительных отраслях, поэтому для них стал использоваться термин MCAD (mechanical computer aided design). Так как работа с 3D-данными требует существенных вычислительных мощностей, исходно все эти системы работали на мощных специализированных рабочих станциях под управлением ОС Unix. Подобные решения имели высокую стоимость как закупки лицензий ПО и самого оборудования, так и сопровождения в процессе использования. Так продолжалось до конца 1995 года, когда вышла первая версия системы SolidWorks, изначально созданная одноименной компанией для работы на относительно недорогих ПК под управлением ОС Windows, кроме того, система имела чрезвычайно дружелюбный пользовательский интерфейс. В течение первого года SolidWorks приобрела очень высокую популярность - 3D MCAD стала доступна сотням тысяч инженеров. Следом за SolidWorks появились и другие продукты для ПК - Autodesk Inventor, SolidEdge, отечественные КОМПАС 3D, T-FLEX CAD, а существующие на рынке игроки начали спешно переносить свои системы из среды рабочих станций Unix на ПК с Windows. К концу 90-х годов практически не осталось реально используемых MCAD-систем для других платформ. Тем временем SolidWorks, пользуясь позицией технологического лидера, постоянно совершенствуется, новые версии выпускаются ежегодно, и система по сей день остается лидирующей массовой 3D MCAD в мире

Практически все современные 3D MCAD состоят из трех основных модулей:

- редактора геометрии деталей;
- редактора сборок;
- ассоциативного генератора чертежей и спецификаций.

На практике эти модули дополняются всевозможными встроенными сервисными компонентами: системами экспресс-расчетов, верификации данных, доступа к библиотекам внешних компонент, мастерами построения типовых и стандартных элементов геометрии, подсистемами родственной визуализации, сопряжения с

# Редактор деталей

Модули создания и модификации деталей современных 3D MCAD-систем представляют собой гибридные редакторы, обеспечивающие создание твердотельной геометрии те-ла, поверхностей и объемных эскизов. В свою очередь, редактор детали, как правило, со-стоит из двух важнейших компонентов:

- редактора эскизов;
- редактора 3D-геометрии.

Редактор эскизов служит для построения параметризованных 2D-контуров, используемых затем в качестве исходных и вспомогательных каркасов.

Пользователю доступны инструменты построения линий, дуг, эллипсов, сплайнов, многочисленные способы установления взаимосвязей между ними и создания сопряжений. В качестве плоскости построения эскизов могут быть использованы базовые координатные плоскости, произвольные плоскости, определенные самим пользователем, либо плоские грани уже построенной ранее геометрии.

Затем по созданному эскизу строится собственно объемная геометрия - твердое тело или поверхность, одним из типовых способов:

- выдавливание контура с различными конечными условиями, в том числе на заданную длину или вдоль другого контура;
- вращение контура вокруг заданной оси;
- по заданным контурам с использованием нескольких образующих.

Модули создания и модификации деталей современных 3D MCAD-систем представляют собой гибридные редакторы, обеспечивающие создание твердотельной геометрии тела, поверхностей и объемных эскизов. В свою очередь, редактор детали, как правило, состоит из двух важнейших компонентов:

- редактора эскизов;
- редактора 3D-геометрии.

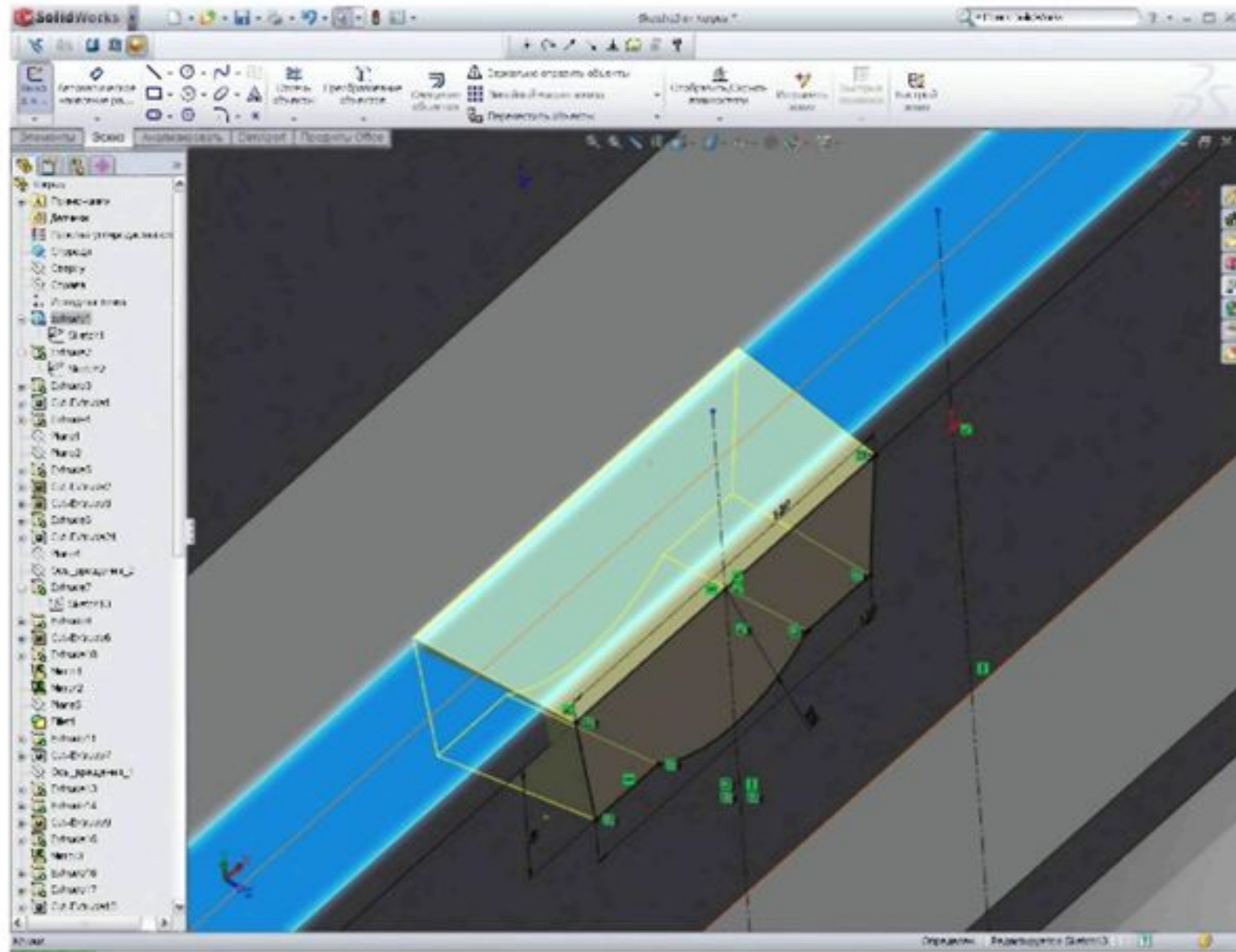
Редактор эскизов служит для построения параметризованных 2D-контуров, используемых затем в качестве исходных и вспомогательных каркасов. Пользователю доступны инструменты построения линий, дуг, эллипсов, сплайнов, многочисленные способы установления взаимосвязей между ними и создания сопряжений. В качестве плоскости построения эскизов могут быть использованы базовые координатные плоскости, произвольные плоскости, определенные самим пользователем, либо плоские грани уже построенной ранее геометрии.

Затем по созданному эскизу строится собственно объемная геометрия - твердое тело или поверхность, одним из типовых способов:

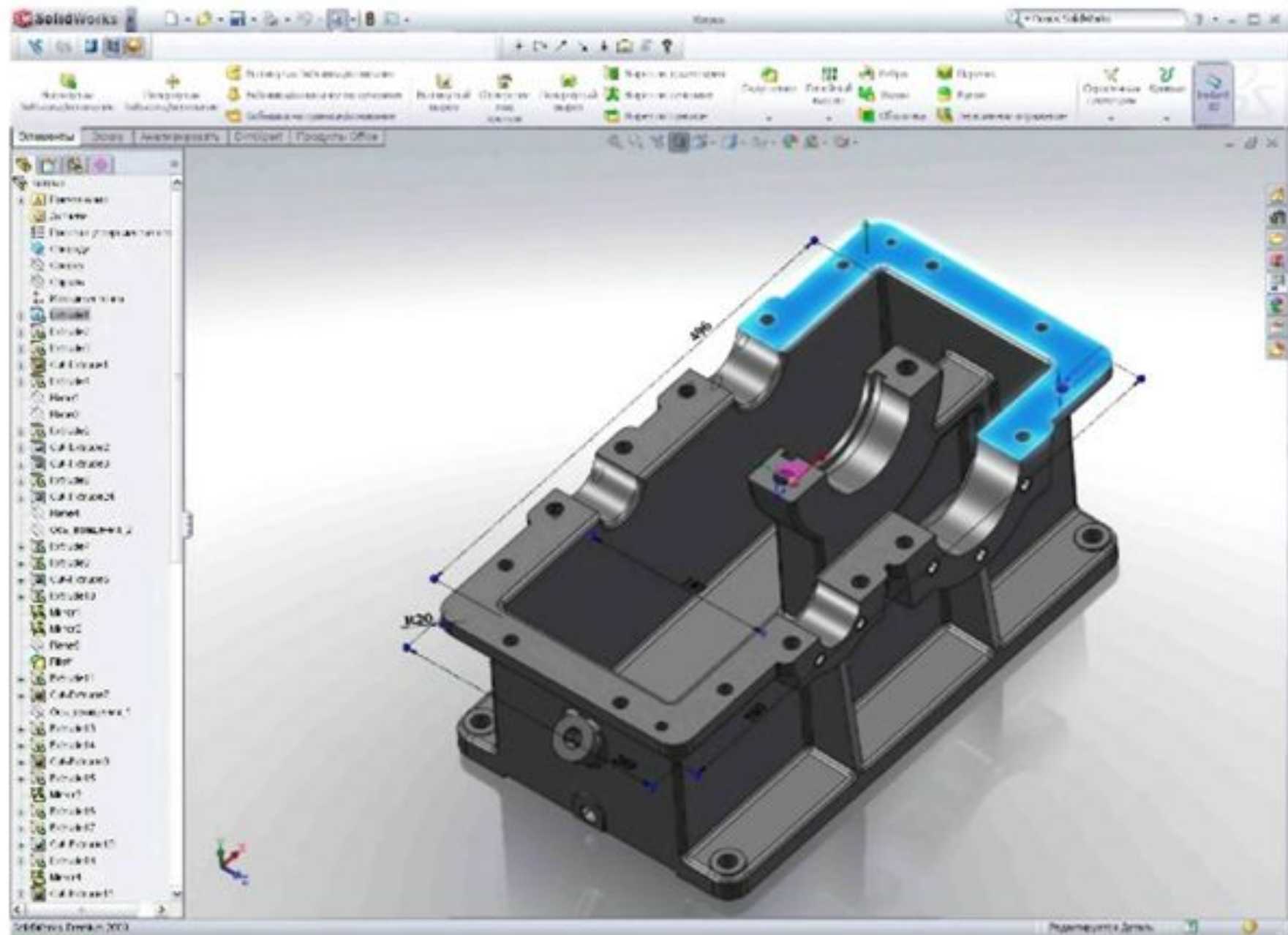
- выдавливание контура с различными конечными условиями, в том числе на заданную длину или вдоль другого контура;
- вращение контура вокруг заданной оси;
- по заданным контурам с использованием нескольких образующих.



# Редактирование эскиза бобышки на плоскости стенки детали корпуса



# Редактирование детали



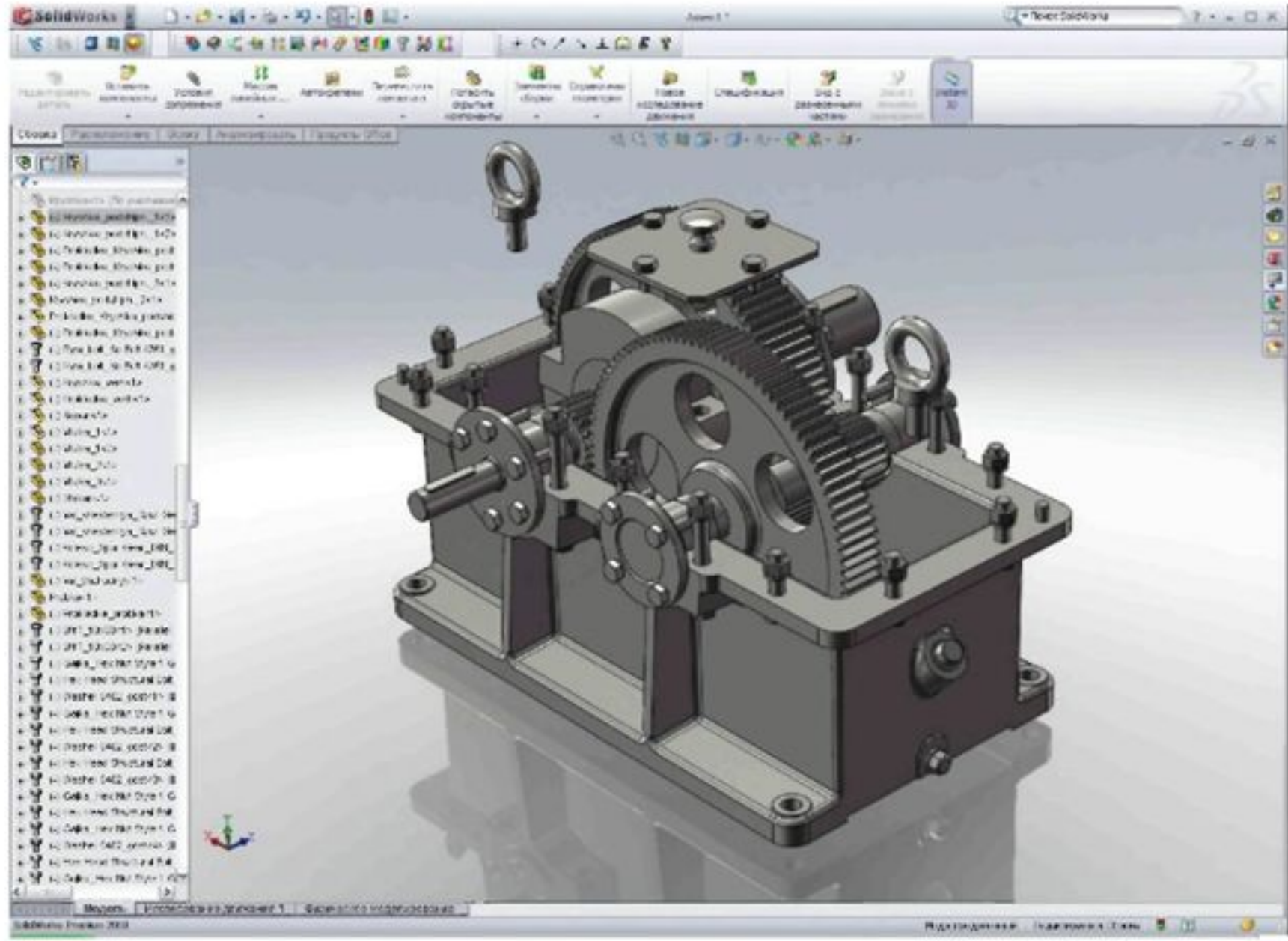
## Редактор

### сборок

С точки зрения сборки, детали представляют собой уже готовые конструктивные элементы, для которых необходимо лишь задать положение в пространстве и добавить ограничения подвижности согласно выполняемым ими в изделии функциям. Поэтому сборочная модель в понятиях 3D CAD - это файл, содержащий несколько отдельных моделей деталей, с описанием того, как они расположены относительно друг друга. Для получения данного файла в 3D CAD могут использоваться два принципиально отличающихся метода проектирования.

Проектирование «снизу вверх». Общий принцип создания сборочной модели по данному методу полностью соответствует реальному производственному процессу сборки. То есть предварительно требуется создать модели деталей (причем модели могут создаваться независимо), а затем объединить их в единую конструкцию путем наложения ограничений на пространственное положение объектов. Для цилиндрических поверхностей могут быть заданы связи концентричности, для плоскостей - их совпадение, параллельность с расстоянием между ними, перпендикулярность или угол взаимного расположения.

# Редактирование сборки. Верхняя крышка редуктора для нагляд



Проектирование «сверху вниз». С точки зрения процесса конструирования, это идеологически более правильный подход, так как модели всех деталей разрабатываются в контексте одной сборки, то есть на основе геометрических элементов других деталей (проще говоря, привязываются к их граням, ребрам или вершинам). В соответствии с данным методом первоначально создаваемая сборка является исходной информацией для выполнения последующей детализации. Работая со сборкой в таком стиле, можно по мере необходимости создавать новые детали, определяя их размеры и расположение в пространстве относительно других элементов сборки.

В обоих случаях наложенные связи позволяют автоматически перестраивать всю сборку при изменении параметров любой из деталей, входящих в узел.

При добавлении детали или подсборки в иерархическом дереве сборки автоматически появляется объект с именем компонента. Дерево сборки отображается в окне проектирования. Любой элемент сборки может быть закрепленным или свободным. Закрепленные компоненты не переносятся операциями перемещения. Свободный компонент может быть перенесен с учетом назначенных связей или без их учета.

# Генератор

Модули для создания конструкторской документации в виде чертежей, спецификаций и технических условий (данная документация необходима, т.к. является основной на производстве), присутствуют в любой CAD-системе. Процесс создания 2D-чертежей как документальной основы проекта практически полностью автоматизирован. В большинстве 3D CAD предусмотрены два способа получения чертежей: автоматическое генерирование и интерактивный режим.

В первом случае все построения ведутся на основе твердотельной модели детали или сборки, а во втором - используются инструменты, аналогичные инструментам для создания эскизов, или традиционные офисные приложения (например, Excel). К информации, обрабатываемой подобным образом, относятся:

изображения конструкции (виды, разрезы, сечения);

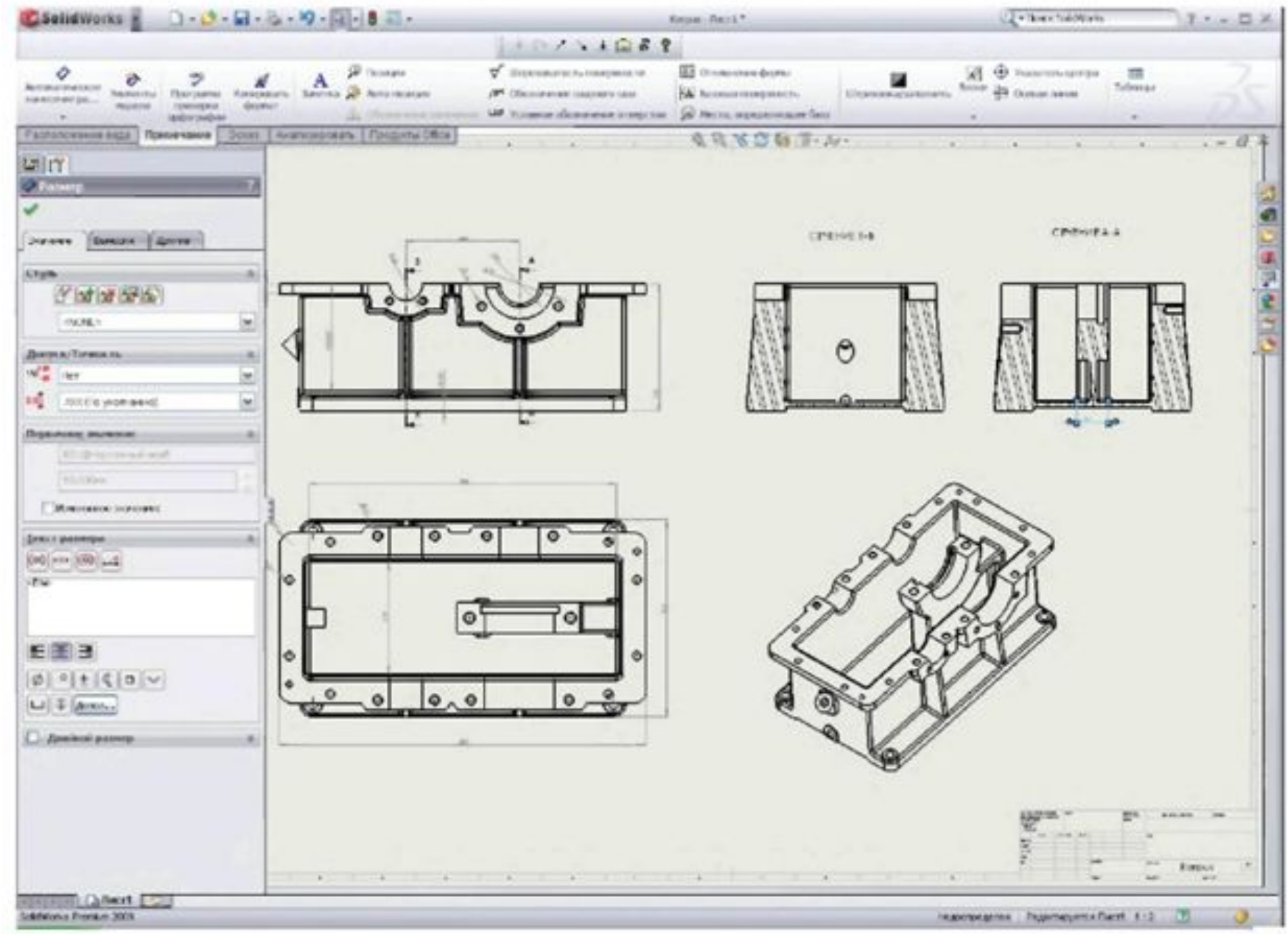
размерная информация;

текстовая информация.

Процесс получения всего этого и представляет собой полный цикл разработки конструкторской документации.

Если чертеж выполняется по уже существующей 3D-модели, то естественно, что получение любого изображения полностью автоматизировано. Вид - это всего лишь проекционное изображение одного из бесчисленных пространственных положений модели. Виды делятся на следующие группы: основные, дополнительные и местные. Однако отдельные виды, как геометрические конструкции, можно создавать несколькими способами, поэтому обычно

# Чертеж, автоматически созданный по 3D-модели



## Системы для промышленного дизайна

Несколько особняком от классических MCAD-систем стоят решения для проработки внешнего вида будущих изделий. Их применение наиболее характерно для отраслей, производящих промышленную продукцию для конечного потребителя: автомобилестроения, производства бытовой техники и электроники, упаковки и т. д. Дизайн любого изделия - это результат совместной работы дизайнеров, конструкторов, маркетологов.