МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева

Кафедра систем автоматического управления

Утверждено на заседании кафедры
«Системы автоматического управления»
«13» января 2021 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

_____О.В.Горячев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине (модулю)

«Основы и компьютерные средства автоматизации проектирования»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы специалитета

по специальности
24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

со специализацией
Системы управления беспилотными летательными аппаратами

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 240506-01-21

Тула 2021 год

Разработчик методических указаний:

Илюхина Наталья Сергеевна, профессор, к.т.н., доцент.

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Создание чертежей в САПР КОМПАС-3D

I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Знакомство со средой КОМПАС-3D и изучение основных возможностей редактора чертежей КОМПАС-График. Получение практических навыков создания конструкторских чертежей в САПР КОМПАС.

II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Основные компоненты САПР КОМПАС-3D: одноименная система трехмерного твердотельного моделирования, чертежно-графический редактор КОМПАС-График, система проектирования спецификаций и текстовый редактор. Все модули тесно интегрированы друг с другом. Справочники и прикладные библиотеки подключаются к системе по мере необходимости.

КОМПАС-График – это программа для операционной системы Windows. Поэтому ее окно имеет те же элементы управления, что и другие Windows-приложения (рис.1).

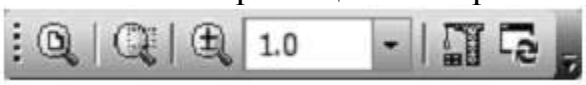
Рис.1. Главное окно САПР КОМПАС-График.

Заголовок расположен в самой верхней части окна. В нем отображается название программы, номер ее версии и имя текущего документа.

Главное меню расположено в верхней части программного окна, сразу под заголовком. В нем расположены все основные меню системы. В каждом из меню хранятся связанные с ним команды.

Стандартная панель расположена в верхней части окна системы под Главным меню. На этой панели расположены кнопки вызова стандартных команд операций с файлами и объектами.

На панели **Вид** расположены кнопки, которые позволяют управлять изображением: изменять масштаб и перемещать изображение.



Панель **Текущее состояние** находится в верхней части окна сразу над окном документа. Состав панели определяется режимом работы системы. Например, в режиме работы с чертежом или фрагментом на ней расположены средства управления курсором, слоями, привязками и т.д.

В **рабочей области** располагаются окна открытых документов: чертежей, спецификаций, фрагментов и т.д.

Компактная панель находится в левой части окна системы и состоит из Панели переключения и инструментальных панелей. Каждой кнопке на Панели переключения соответствует одноименная инструментальная панель. Инструментальные панели содержат набор кнопок, сгруппированных по функциональному признаку. Состав панели зависит от типа активного документа.

Панель свойств служит для управления процессом выполнения команды. На ней расположены одна или несколько вкладок и **Панель специального управления**.

Строка сообщений располагается в нижней части программного окна. В ней появляются различные сообщения и запросы системы. Это может

быть: краткая информация о том элементе экрана, к которому подведен курсор; сообщение о том, ввода каких данных ожидает система в данный момент; краткая информация по текущему действию, выполняемому системой.

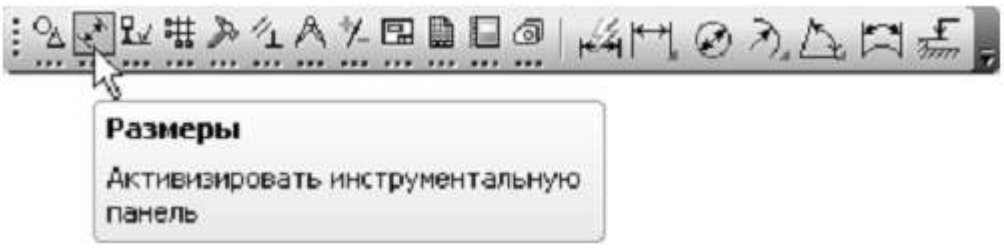
Контекстная панель отображается на экране при выделении объектов документа и содержит кнопки вызова наиболее часто используемых команд редактирования. Набор команд на панели зависит от типа выделенного объекта и типа документа.

Контекстное меню – меню, состав команд в котором зависит от совершаемого пользователем действия. В нем находятся те команды, выполнение которых возможно в данный момент. Вызов контекстного меню осуществляется щелчком правой кнопки мыши на поле документа, элементе модели или интерфейса системы в любой момент работы.

Компактная панель и основные инструменты системы

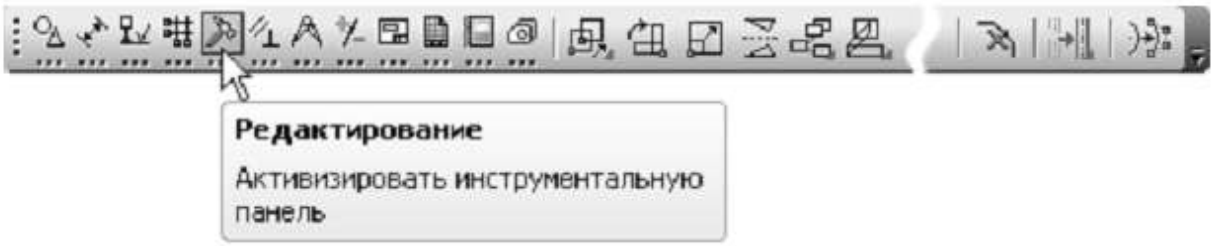
Панель Геометрия. При работе с графическими документами на Панели переключения по умолчанию активна кнопка Геометрия и открыта одноименная инструментальная панель. На этой панели расположены команды, с помощью которых можно создавать графические объекты: точки, вспомогательные прямые, отрезки, окружности и т.д.

Панель Размеры. На панели Размеры расположены команды, с помощью которых в графических документах можно проставлять размеры: линейные, диаметральные, радиальные и т.д.

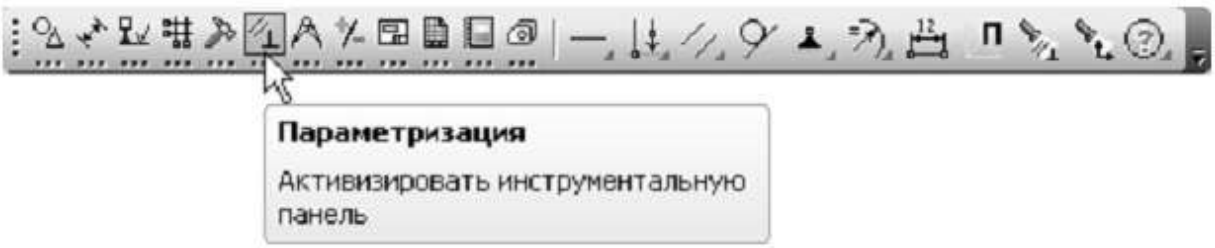


Панель Обозначения. На панели Обозначения расположены кнопки команд, позволяющих оформить графический документ: сделать текстовые надписи, создать таблицы, проставить знаки шероховатости поверхностей, обозначения баз и т.д.

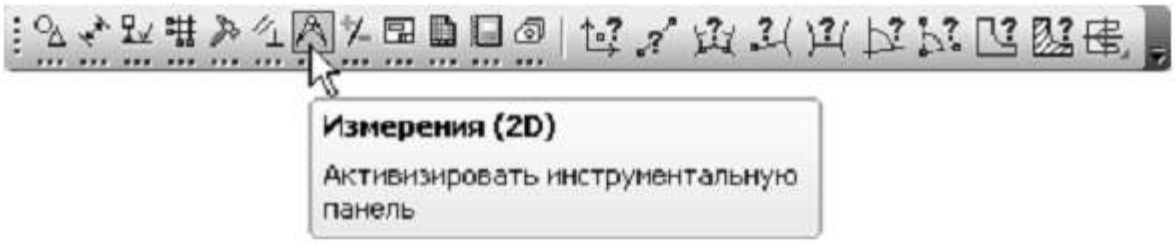
Панель Редактирование. Команды инструментальной панели Редактирование позволяют изменять графическое изображение: перемещать, вращать, копировать, делать зеркальные копии и т.д.



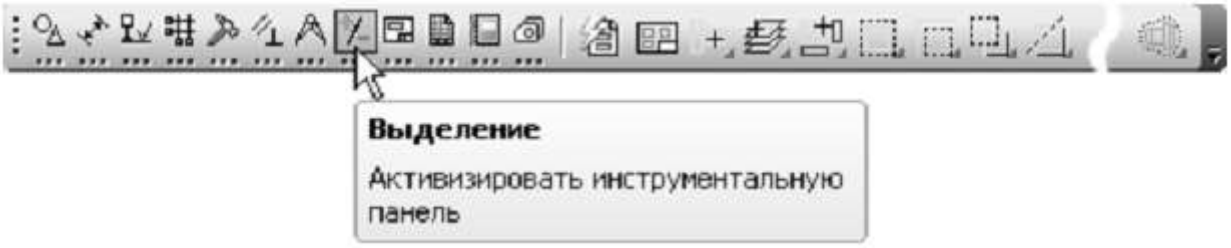
Панель Параметризация. Команды инструментальной панели Параметризация используются в параметрическом режиме черчения.



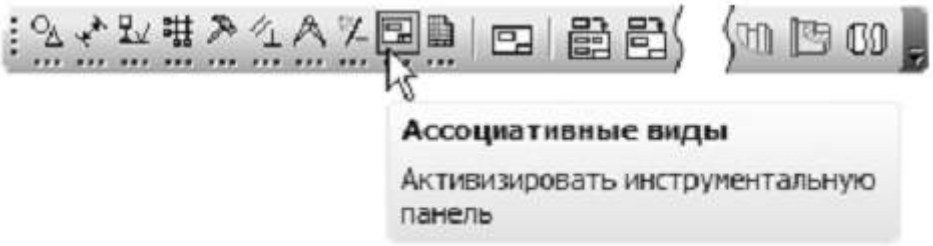
Панель Измерения (2D). Команды панели Измерения (2D) выполняют различные сервисные функции: измеряют координаты точек, расстояния между точками, углы наклона отрезков, площади, периметры и т.д.



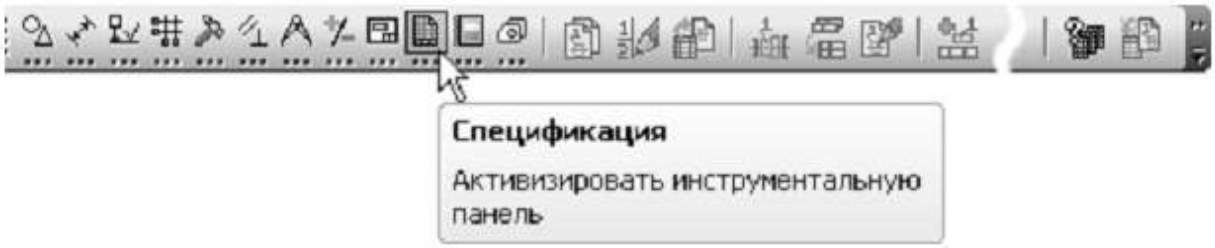
Панель Выделение. В системе КОМПАС-График действует следующее правило: прежде чем выполнить на объектом операцию редактирования (удалить, переместить и т.д.), его необходимо выделить. На панели Выделение представлены различные команды выделения объектов.



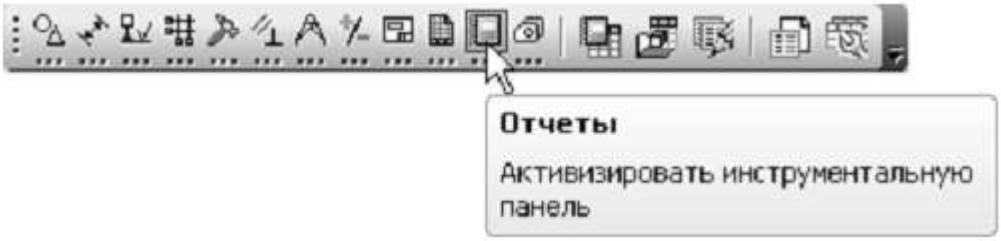
Панель Ассоциативные виды. Команды панели Ассоциативные виды используются для автоматического создания чертежей при наличии трехмерной модели. При создании чертежа в ручном режиме позволяют создавать новые (пустые) виды, создавать разрывы видов, просматривать и менять параметры существующих видов.



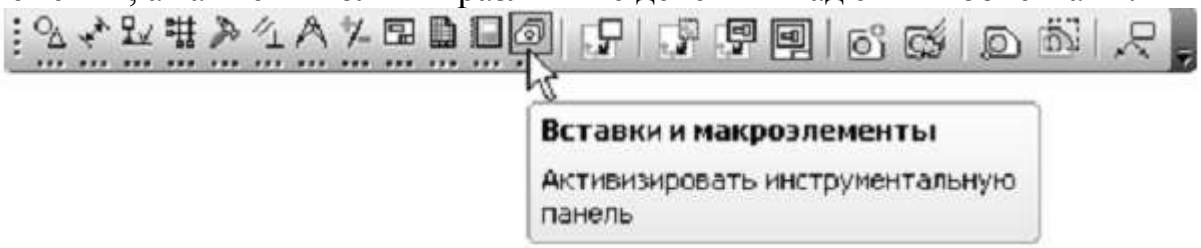
Панель Спецификация. Команды панели Спецификация используются в режиме создания спецификаций.



Панель Отчеты. Команды панели Отчеты используются для создания и настройки отчетов – специальных таблиц, содержащих значения определенных свойств объектов, составляющих документ.



Панель Вставки и макроэлементы. Команды панели Вставки и макроэлементы позволяют вставлять в документ виды с других чертежей, внешние фрагменты, создавать в документе локальные фрагменты и макро элементы, а также выполнить различные действия над этими объектами.



III. ОБОРУДОВАНИЕ

Персональный компьютер.

IV. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

Выполните в программе КОМПАС-График чертёж, изображенный на рисунке 2.

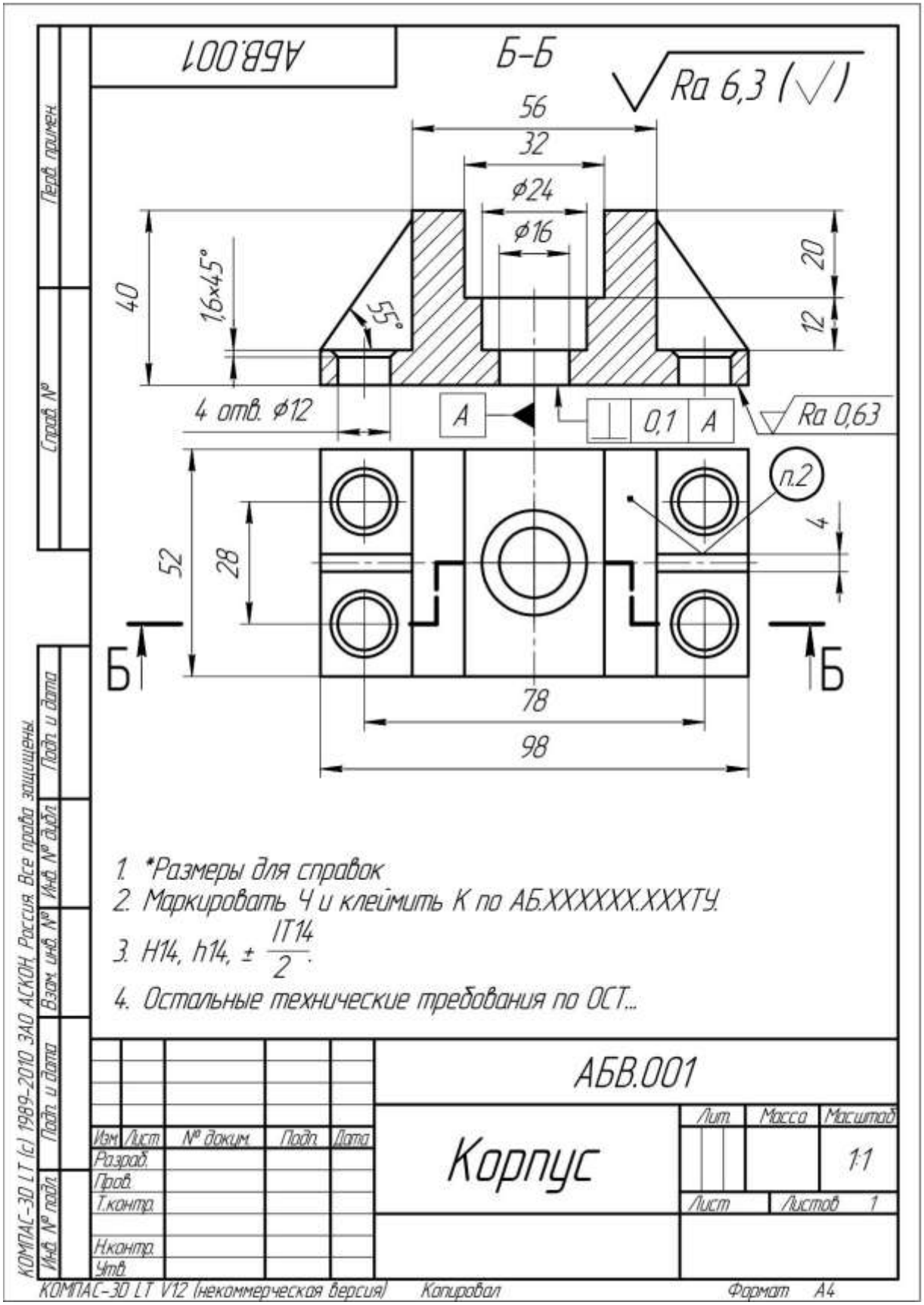


Рис. 2. Задание для лабораторной работы.

V. ПОРЯДОК ВЫПОЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Запустите программу КОМПАС-3D.
2. Создайте новый чертёж и задайте его параметры.
3. Начертите деталь, изображенную на рис. 2.
4. Расставьте размеры и вспомогательные обозначения.
5. Заполните штамп чертежа.
6. Сохраните чертёж.

VI. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать краткое описание последовательности выполненных при проектировании действий и распечатанный чертёж.

VII. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой компонент системы КОМПАС-3D предназначен для работы с чертежами?
2. С какими типами документов работает САПР КОМПАС-3D?
3. Чем отличаются типы документов «Фрагмент» и «Чертёж»?

VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азбука КОМПАС-График [электронный ресурс]. URL: http://kompas.ru/source/info_materials/kompas_v15/Tut_2D.pdf
2. В.П. Большаков, В.Т. Тозик, А.В. Чагина. Инженерная и компьютерная графика: учебник для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
3. Встроенная справка КОМПАС-3D.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Работа с трехмерными твердотельными моделями в САПР КОМПАС-3D

I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Изучить основные возможности САПР КОМПАС-3D по работе с трёхмерными твердотельными моделями.

II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

В системе КОМПАС-3D трехмерную модель можно построить с использованием различных технологий и методик. Их совместное использование позволяет решать самые разнообразные конструкторские задачи.

Твердотельное моделирование

Построение трехмерной твердотельной модели заключается в последовательном выполнении операций объединения, вычитания и пересечения над простыми объемными элементами (призмы, цилиндры, пирамиды и т.д.), из которых и состоит большинство механических деталей. Многократно выполняя эти простые операции над различными объемными элементами, можно построить сложную модель.

Моделирование поверхностей

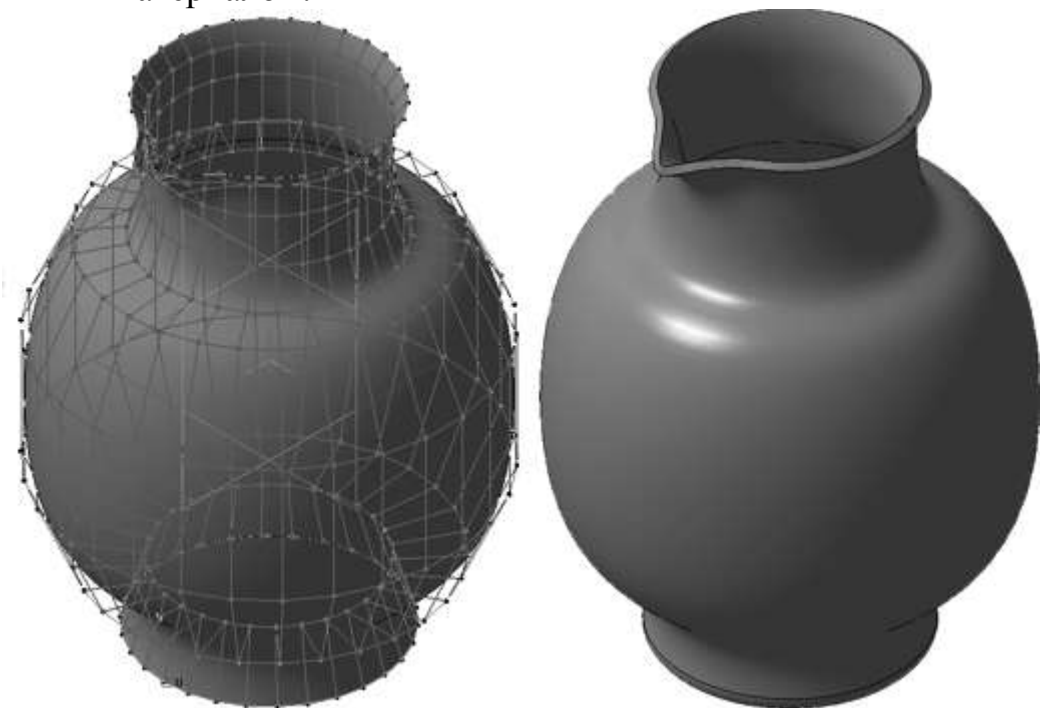
Технология поверхностного моделирования позволяет создавать изделия сложной формы. Поверхности можно создавать разными способами. Одни участки поверхностей могут быть построены выдавливанием, вращением и другими операциями, другие – представлять собой линейчатые поверхности, поверхности соединения, поверхности по сети кривых и т.д. В процессе построения поверхности сопрягаются друг с другом и сшиваются, образуя единую сложную поверхность.

Поверхностной модели можно придать толщину, превратив ее в твердотельную модель. В таком случае принято говорить о *гибридном моделировании*.

Сплайновые поверхности

В КОМПАС-3D можно создавать не только классические поверхности, но и поверхности свободной формы. Для этого грани твердых тел или поверхностей следует преобразовать в сплайновую поверхность. При этом на грань автоматически накладывается сетка изопараметрических кривых. Сетка образована рядами точек – полюсов. Форма сплайновой поверхности определяется расположением полюсов в пространстве. Поверхности, построенные по полюсам, обладают свойством локальной деформации: при изменении положения одного полюса меняется форма только части поверхности вблизи этого полюса, а не вся поверхность. Это дает возможность произвольно изменять форму грани, перемещая различными способами отдельные полюсы, ряды полюсов и их комбинации. Этот метод позволяет упростить создание изделий со сложной формой. Вместо создания новых поверхностей, построения между этими поверхностями плавных

сопряжений с последующей сшивкой, можно просто изменить форму существующей поверхности, перемещая ее полюсы. Управление сплайновыми поверхностями напоминает работу скульптора, работающего с пластичным материалом.



Проектирование изделий

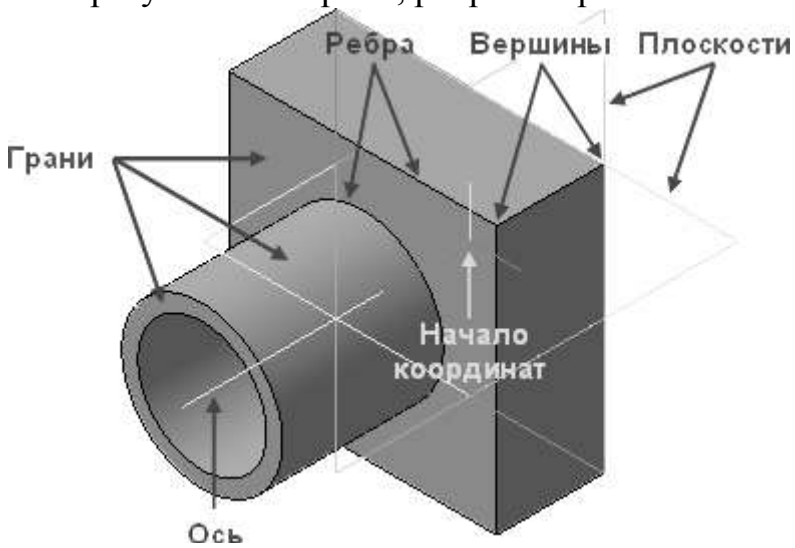
Трехмерные сборки узлов и изделий представляют собой модели, включающие в себя детали, подсборки и стандартные изделия. Сборки можно создавать способами «снизу вверх» и «сверху вниз». В первом случае вначале создаются отдельные детали. Готовые детали объединяются в подсборки. Из деталей и подсборок собирается финальная сборка изделия. Компоненты сборок позиционируются друг относительно друга с помощью сопряжений. Во втором случае компоненты сразу создаются в нужном месте в контексте сборки.

Создание комплекта конструкторской документации

Сборочные и рабочие чертежи создаются с помощью модуля плоского черчения КОМПАСГрафик на основе спроектированных трехмерных моделей. При этом отпадает необходимость в ручном черчении – виды, разрезы и сечения создаются автоматически. Все изменения, выполненные в модели, отображаются на чертеже. Комплект спецификаций можно получить с помощью модуля проектирования спецификаций. Между документами комплекта могут быть сформированы связи, за счет которых изменения, внесенные в один документ, будут автоматически передаваться в другие документы. Например, обозначение и наименование детали из ее трехмерной модели можно автоматически передавать в основную надпись чертежа и в спецификацию.

Основные термины модели

Трехмерная твердотельная модель состоит из отдельных объемных элементов, которые образуют в ней грани, ребра и вершины.



Грань – гладкая (необязательно плоская) часть поверхности детали. Гладкая поверхность детали может состоять из нескольких граней.

Ребро – прямая или кривая, разделяющая две смежные грани.

Вершина – точка на конце ребра. Кроме того, в модели обычно присутствуют разнообразные дополнительные элементы: символы начала систем координат, системные и вспомогательные плоскости, оси, пространственные кривые, точки, размеры, обозначения и т.д.

Эскизы, контуры и операции

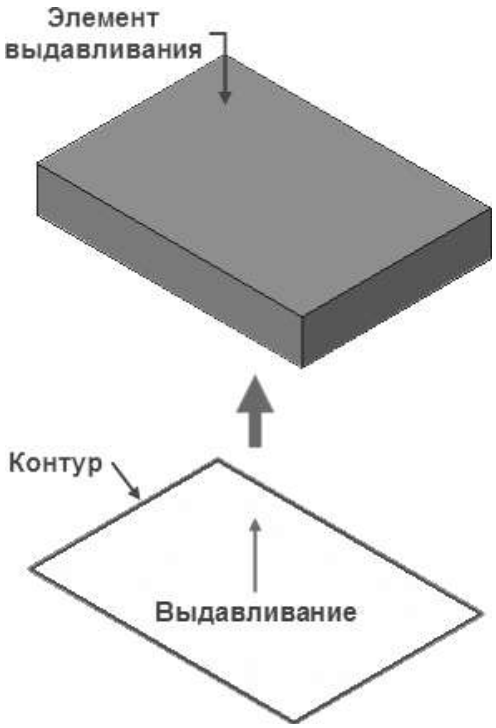
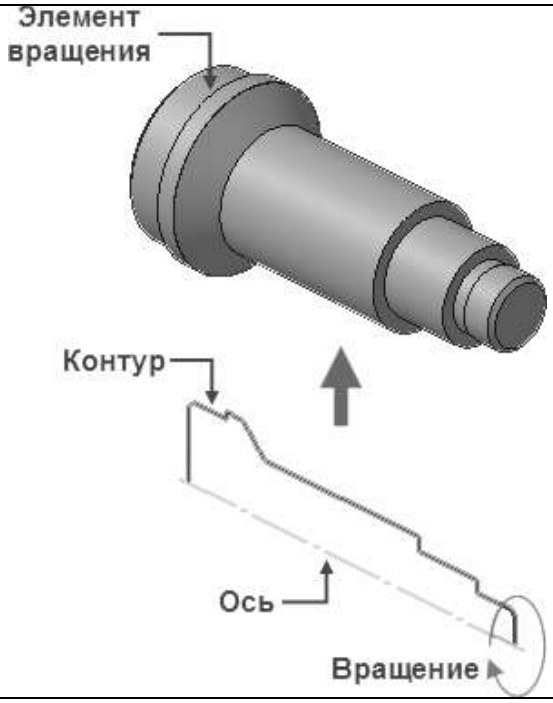
Для создания объемных элементов и самых простых поверхностей используется перемещение плоских фигур в пространстве. Плоская фигура, в результате перемещения которой образуется объемное тело или поверхность, называется эскизом, а само перемещение – **операцией**.

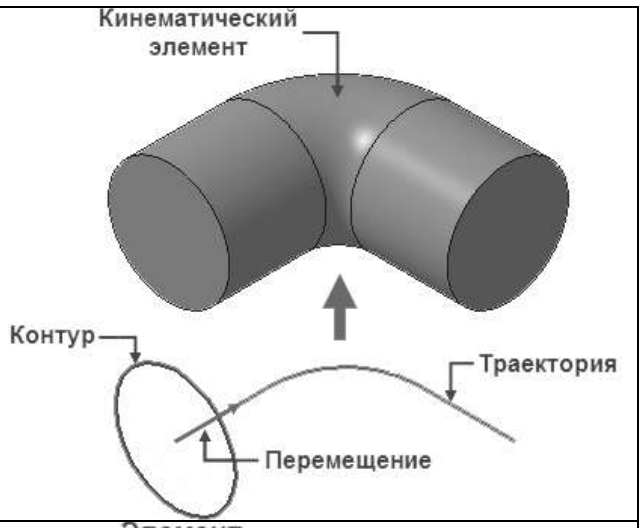
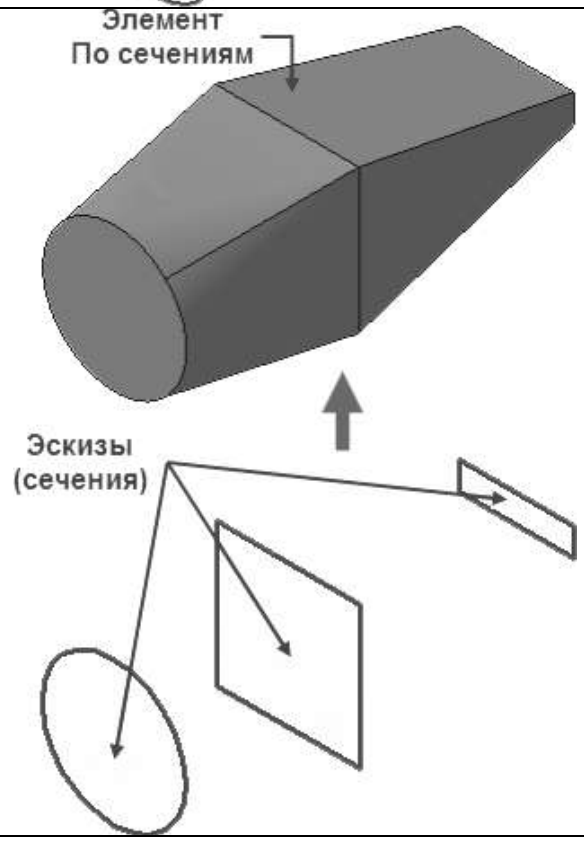
Эскиз может располагаться на одной из стандартных плоскостей проекций, на плоской грани созданного ранее элемента (или поверхности) или на вспомогательной плоскости. Эскизы создаются средствами модуля плоского черчения и состоят из одного или нескольких **контуров**.

Контур – одно из основных понятий при описании эскиза. При построении эскиза под контуром понимается графический объект (отрезок, дуга, сплайн, прямоугольник и т.д.) или совокупность последовательно соединенных графических объектов.

Операции

Система КОМПАС-3D располагает разнообразными операциями для построения объемных элементов и поверхностей, четыре из которых считаются базовыми.

Операция **выдавливания** – выдавливание эскиза перпендикулярно его плоскости.	
Операция **вращения** – вращение эскиза вокруг оси, лежащей в его плоскости. Эскиз тела вращения состоит из одного или нескольких контуров со стилем линии **Основная** и оси вращения в виде отрезка со стилем линии **Осевая**. Ни один из контуров не должен пересекать ось вращения или ее продолжение.	

Кинематическая операция – перемещение эскиза вдоль **направляющей**.	
Операция по сечениям – построение объемного элемента или плоскости по нескольким эскизам (сечениям).	

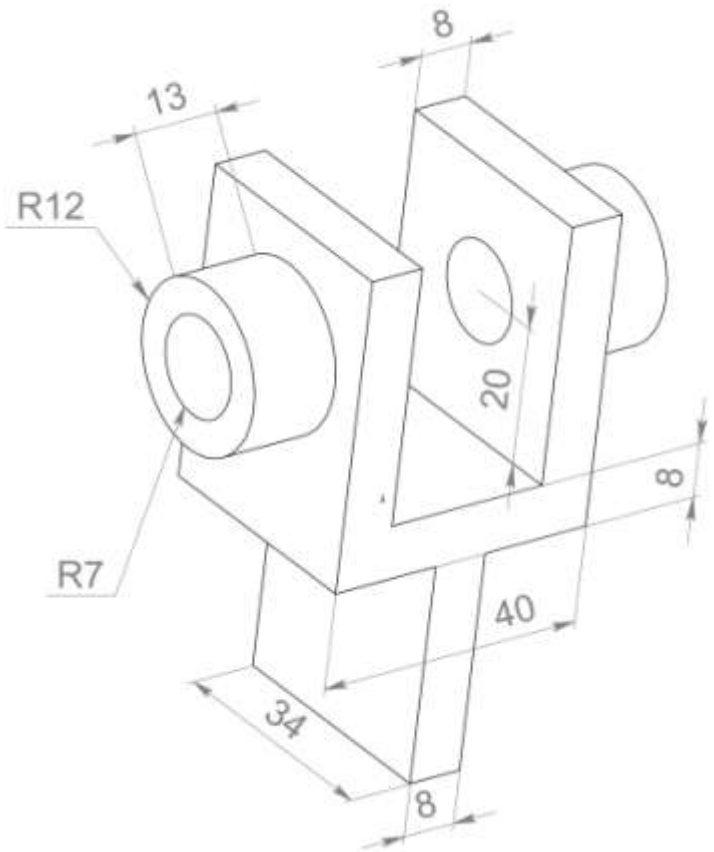
Операции имеют дополнительные возможности (опции), которые позволяют изменять или уточнять правила построения объемного элемента. Например, если в операции выдавливания прямоугольника дополнительно задать величину и направление уклона, то вместо призмы будет построена усеченная пирамида.

III. ОБОРУДОВАНИЕ

Персональный компьютер.

IV. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

С помощью системы КОМПАС-3D постройте трёхмерную модель детали, изображенной на рисунке:



V. ПОРЯДОК ВЫПОЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Запустите КОМПАС-3D.
2. Создайте новый документ тип «Деталь».
3. Постройте трёхмерную модель заданной детали.
4. Сохраните результаты в файл.

VI. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать краткое описание последовательности выполненных при проектировании действий и изображение созданной детали в нескольких проекциях.

VII. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается построение твердотельной трёхмерной модели?
2. Что такое эскиз в КОМПАС-3D?
3. Какие базовые операции на эскизами позволяет выполнять система КОМПАС-3D для построения объемных элементов и поверхностей?

VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азбука КОМПАС-3D [электронный ресурс]. URL: http://kompas.ru/source/info_materials/kompas_v15/Tut_3D.pdf
2. В.П. Большаков, В.Т. Тозик, А.В. Чагина. Инженерная и компьютерная графика: учебник для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012.
3. Встроенная справка КОМПАС-3D.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Основы работы в САПР SolidWorks

I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

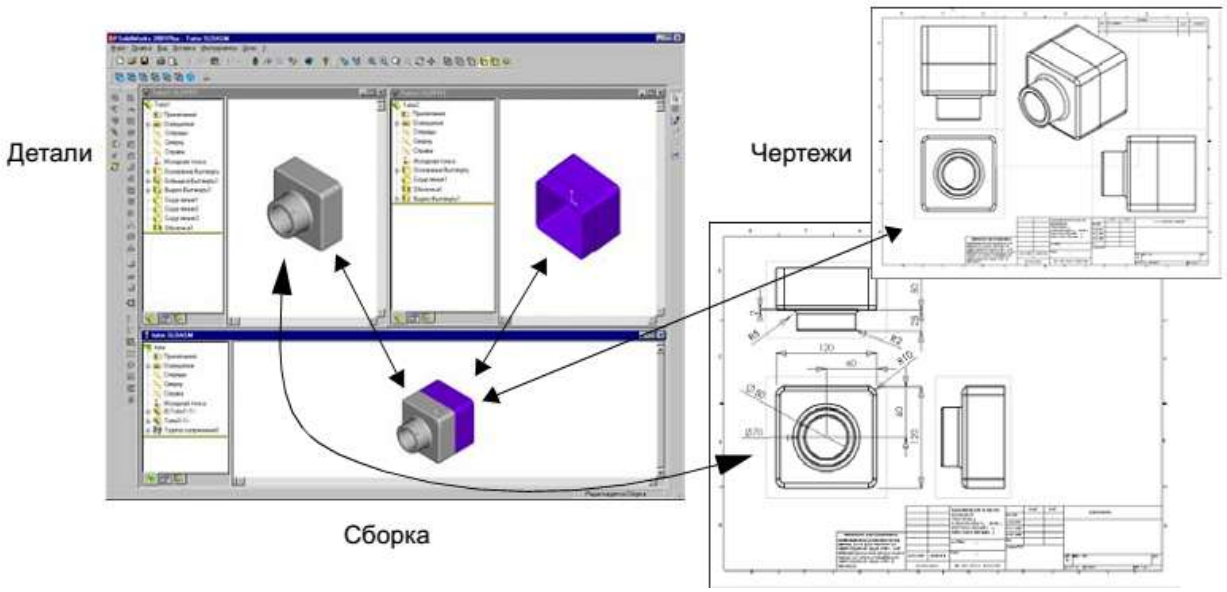
Знакомство с основными элементами и получение практических навыков работы с трёхмерными моделями САПР SolidWorks.

II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

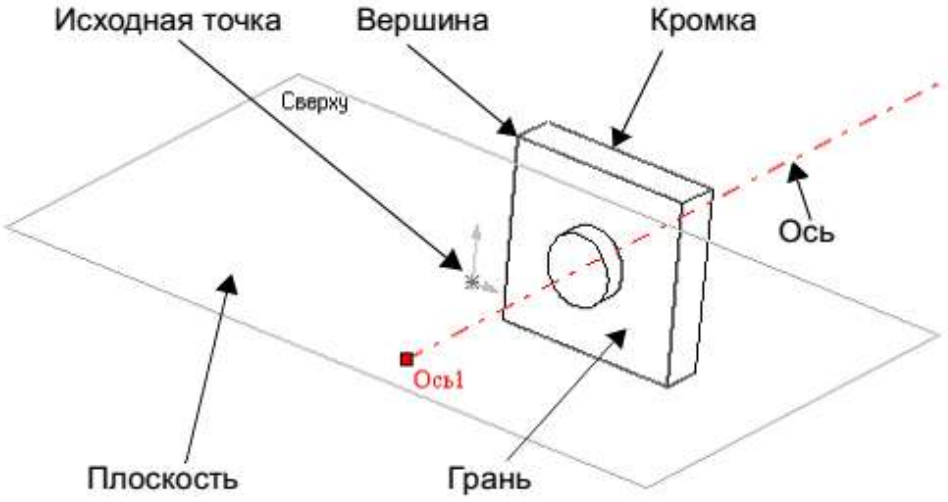
SolidWorks – программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Обеспечивает разработку изделий любой степени сложности и назначения. Это легкое в освоении средство позволяет инженерам-проектировщикам быстро отображать свои идеи в эскизе, экспериментировать с элементами и размерами, а также создавать модели и подробные чертежи.

С помощью SolidWorks можно создавать **трехмерные модели**, а не только двухмерные чертежи. Эти трехмерные детали можно использовать для создания двухмерных чертежей и трехмерных сборок. SolidWorks – это система, работающая по принципу задания размеров. Можно задать размеры и геометрические взаимосвязи между элементами. При изменении размеров изменяются размер и форма детали, но сохраняется общий замысел проекта.

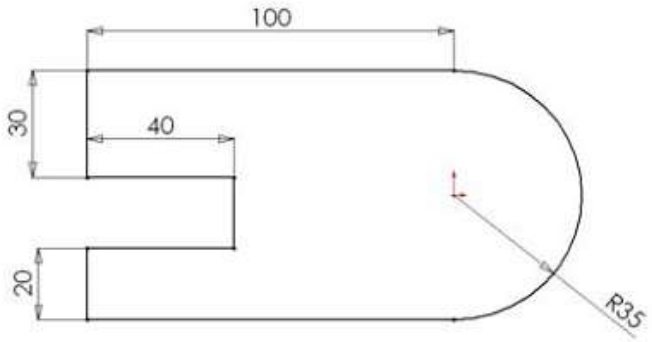
Трехмерная модель SolidWorks состоит из **деталей, сборок и чертежей**. Детали, сборки и чертежи отображают одну и ту же модель в различных документах. Любые изменения, которые вносятся в модель в одном документе, распространяются на другие документы, содержащие эту модель.



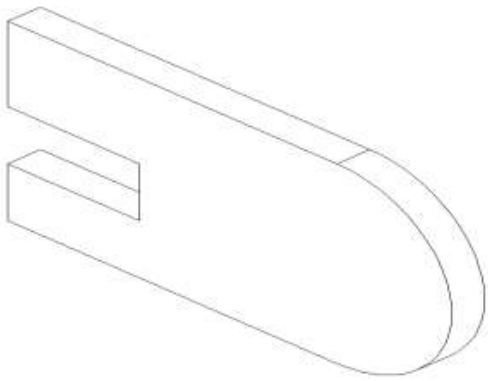
Общепринятые термины в моделях



Для построения большинства элементов используются **эскиз**. Для создания элементов эскизы могут быть вытянуты, повернуты, рассечены сложным образом или смещены по контуру. Эскиз является важнейшим понятием SolidWorks и представляет собой основу создаваемой твердотельной модели детали. Эскиз является двумерным наброском, содержащим вначале лишь примерные размеры и форму, предваряющие создание трехмерной детали. Важность эскиза в конструировании детали (и сборки в целом) состоит в том, что он содержит не столько геометрию детали, сколько принцип ее построения. Размеры, определяющие форму детали, в любой момент могут быть изменены, но при этом взаимосвязи (касательность, параллельность, совпадение, концентричность и др.) сохраняются. Изменение размеров приводит к изменению формы – в этом существо параметрического метода построения моделей. В случае если внесенные изменения порождают ошибки, всегда существует возможность отката (т.е. возврата на некоторый ранний этап создания детали). Таким образом, эскиз – это идея построения, которая, впрочем, может уточняться в процессе разработки.



Эскиз



Эскиз, вытянутый на 10 мм

Полная определенность эскиза связана с замкнутостью размерной цепи. Это значит, что для объектов эскиза должны быть установлены размеры, единственным образом определяющие форму детали. Для разрабатываемой детали полностью определяющими ее **размерами** являются следующие: расстояние между центрами двух окружностей и их радиусы. Устанавливаем эти размеры, выбрав инструмент Размер. Черный цвет линий эскиза свидетельствует о его полной определенности. Добавление других размеров сделает эскиз переопределенным, и будет сопровождаться сообщением об ошибке (при этом линии объекты эскиза окрашиваются красным цветом). Переопределенность эскиза говорит о неоднозначности размерной цепи и существовании зависимых размеров.

Отметим, что недоопределенность эскиза ошибкой не является. Еще раз напомним, что эскиз – это принципы построения детали. Присущая SolidWorks параметризация позволяет в любой момент или установить размеры, или изменить установленные ранее.

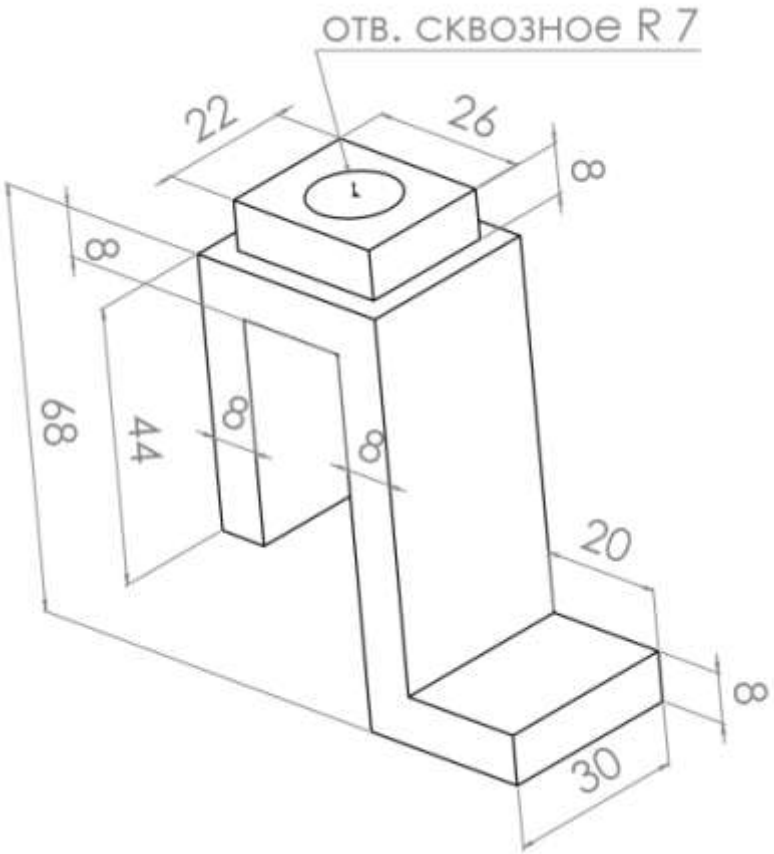
Для построения деталей используются различные **элементы**. Элементами могут быть формы (бобышки, вырезы, отверстия) и операции (скругления, фаски, оболочки и т.д.), которые комбинируются для построения деталей.

III. ОБОРУДОВАНИЕ

Персональный компьютер.

IV. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

С помощью САПР SolidWorks постройте трёхмерную модель детали, изображенной на рисунке:



V. ПОРЯДОК ВЫПОЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Запустите SolidWorks.
2. Создайте новый документ тип «Деталь».
3. Постройте трёхмерную модель заданной детали.
4. Сохраните результаты в файл.

VI. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать краткое описание последовательности выполненных при проектировании действий и изображение созданной детали в нескольких проекциях.

VII. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под эскизом в SolidWorks?
2. Что такое полностью определённый эскиз?
3. Перечислите основные формы и операции, доступные в SolidWorks, для построения деталей?

VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дударева Н.Ю., Загайко С.А. SolidWorks 2009 в примерах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009.
2. Каплун С.А., Ходякова Т.Ф., Щекин И.В. SolidWorks.Оформление чертежей по ЕСКД. – М.: SolidWorks Russia, 2009.
3. Встроенная справочная система SolidWorks.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Создание чертежей на основе модели в САПР SolidWorks

I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Получение навыков оформления конструкторских чертежей в САПР SolidWorks.

II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Средства автоматизации проектирования, включающие возможности объемного параметрического моделирования и создания конструкторской документации (КД), все активнее входят в нашу повседневную жизнь. Когда-то, на заре автоматизации, считалось большим достижением начертить чертеж на компьютере (в 2D-системе — на электронном кульмане) – это обеспечивало сокращение сроков внесения изменений в документацию. Однако сейчас необходимость вычерчивания проекций и сечений в CAD-системе можно отнести, скорее, к ее недостаткам, поскольку прогресс шагнул далеко вперед и чертежи теперь создаются на основе 3D-моделей, автоматически образмериваются, масштабируются по листу и обновляются при изменении исходной модели.

Чертежные виды

Временные оси. Очень часто линии сечения должны проходить точно по центру отверстия или тел вращения. Нет необходимости создавать дополнительную геометрию. Просто привязывайтесь при построении линии сечения к временным осям (осям отверстий и других элементов вращения). Для этого необходимо включить их. В меню *Вид* выберите *Временные оси* и отобразите их.

Скрытие кромок. При отображении ступенчатых разрезов по ГОСТу кромки, лежащие на границе секущих плоскостей, должны быть скрыты. Для этого, удерживая нажатой клавишу *Ctrl*, выберите кромки, которые нужно скрыть, затем нажмите правую клавишу мыши и в контекстном меню выберите *Скрыть кромку*.

Создание вида, перпендикулярного кромке. Для создания вида, перпендикулярного кромке, выберите кромку как показано на рис. 1 *а* и нажмите *Вспомогательный вид* панели инструментов *Чертеж*. Вид, перпендикулярный кромке, стрелка и метка вида «Б» создаются автоматически. Если при этом удерживать нажатой клавишу *Ctrl*, то новый вид можно сразу же разместить в произвольном месте чертежа. Для того чтобы повернуть вид «Б», выберите на нем кромку цилиндрической бобышки (рис. 1*б*), затем выберите *Инструменты => Расстановка видов чертежа => По вертикали*. Вид повернется (рис. 1 *в*).

Тонкие линии, ограничивающие вырыв. Кромки, ограничивающие вырыв, в соответствии с ГОСТом должны быть отображены тонкими линиями. Удерживая нажатой клавишу *Ctrl*, выберите цепочку кромок, нажмите кнопку *Толщина линии* инструментов *Формат линии* и сделайте линии тонкими (S/2…S/3).

Касательные кромки. Для отображения касательных кромок (кромок скруглений) тонкими линиями по ГОСТу выделите вид, нажмите правую клавишу мыши и выберите *Касательная кромка => Линии перехода по стандарту*.

Освобождение вида, выровненного относительно родительского. При создании нового вида удерживайте нажатой клавишу *Ctrl*. Если вид уже создан, выделите его лист в дереве, нажмите правую клавишу мыши и выберите *Выровнять => Освободить перемещение видов*.

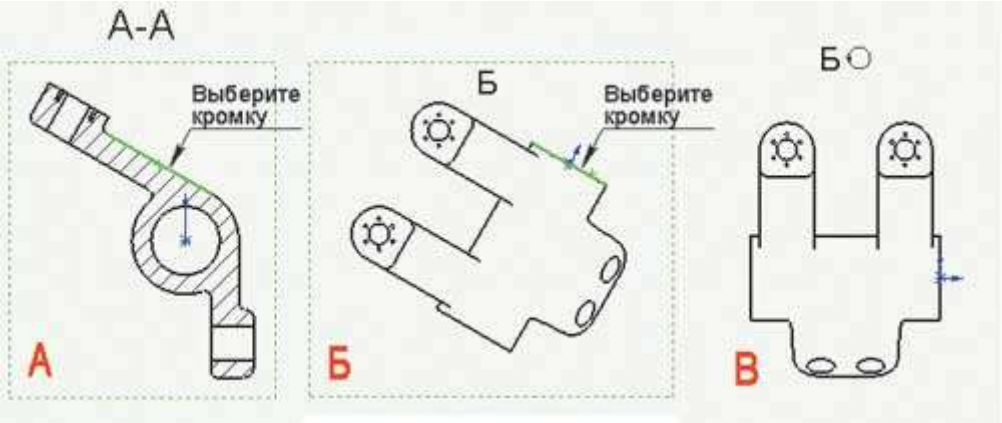


Рис. 1. Создание повернутого вида: а — выбор кромки на исходном виде; б — подготовка созданного вида к выравниванию по вертикали; в — результат операции

Слои. С помощью слоев можно управлять видимостью объектов, цветом, типом линий и толщиной линий, созданных на чертеже. Слои применяются для скрытия импортированных, но неиспользуемых размеров, размеров, используемых для параметрической связи, а также вспомогательной геометрии. Кроме того, цвет слоя наследуют компоненты сборки, перенесенные на этот слой. Для изменения типа и толщины линии на чертеже отдельных компонентов сборки выделите в дереве компонент, нажмите правую клавишу мыши и выберите *Толщина линии компонента*. Снимите флажок с пункта *Использовать параметры по умолчанию*, а затем назначьте необходимые параметры.

Размеры

SolidWorks – система параметрического моделирования, поэтому все модели и чертежи в ней управляются размерами. Существует два типа размеров:

• управляющие размеры, или размеры, по которым была построена модель. Значения управляющих размеров можно изменять как находясь в документе модели, так и непосредственно в чертеже. Для отображения управляющих размеров на чертеже выберите *Вставка=>Элементы модели*;

• справочные, или управляемые, размеры. Значения справочных размеров зависят от управляющих размеров и пересчитываются автоматически. Для добавления справочных, или управляемых, размеров в чертеж нажмите кнопку *Автоматическое нанесение размеров* панели инструментов *Размеры и взаимосвязи* и проставьте необходимые размеры.

По умолчанию после добавления в чертеж все размеры отображаются в соответствии с настройками, заданными в шаблоне документа. Отображение управляющих размеров модели на чертеже имеет ряд преимуществ. Изменяя в чертеже значение управляющего размера, можно управлять моделью. Если в чертеже назначить допуски и посадки, то они будут переданы в модель. Ряд утилит для пересчета допусков и расчета размерных цепочек берут именно из модели. При отображении размеров модели можно указывать, в каких видах каких элементов какие типы размеров и примечаний отображать.

Отображение размера. На стадии 3D-моделирования можно указать, что размер не будет отображен на чертеже. Для этого измените выбранную по умолчанию настройку *Пометить размер для импорта в чертеж* окна ввода значения (рис. 2).

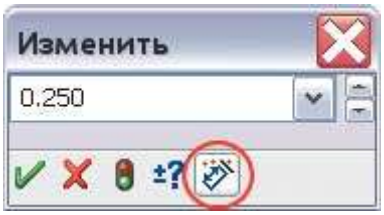


Рис. 2. Пометить размер для импорта в чертеж

Размер на выносной полке. Начинающие пользователи часто спрашивают, как оформить размер на выносной полке, например для градусных измерений малых углов. Для этого выделите размер, нажмите правую клавишу мыши и выберите *Параметры отображения=> Сместить текст* (рис. 3).

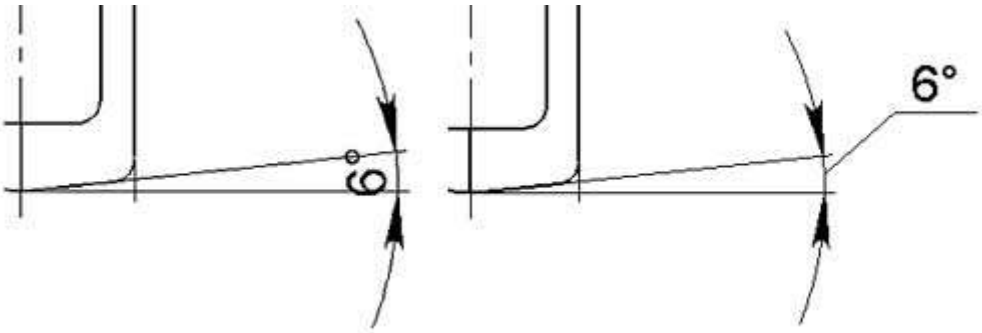


Рис. 3. Размер на выносной полке

Отображение точек виртуального пересечения и привязка к ним выносных линий (линий удлинения) размеров. На поле чертежа также могут быть показаны точки и линии виртуального пересечения кромок модели. Для настройки их отображения в текущем документе выберите *Инструменты=>Параметры* и в открывшемся диалоговом окне перейдите на вкладку *Свойства документа*, где проверьте, чтобы в разделе *Виртуальная резкость* была нажата кнопка *Выносная линия*(точки виртуального пересечения будут при этом отображаться как точки пересечения выносных линий).

Отображение точки пересечения кромок. Для того чтобы отобразить точку виртуального пересечения кромок модели, выберите при нажатой клавише *Ctrl* необходимые (скрещивающиеся) кромки и нажмите кнопку *Точечный* панели инструментов *Эскиз*. На чертеже появится изображение точки виртуального пересечения в соответствии с заданными настройками. Точку можно выбирать, осуществлять привязку к ней выносных линий размеров и т.д.

Простановка размеров по точкам виртуальной резкости. Размер «60» на чертежном виде (рис. 4) задан до точек виртуального пересечения кромок модели.

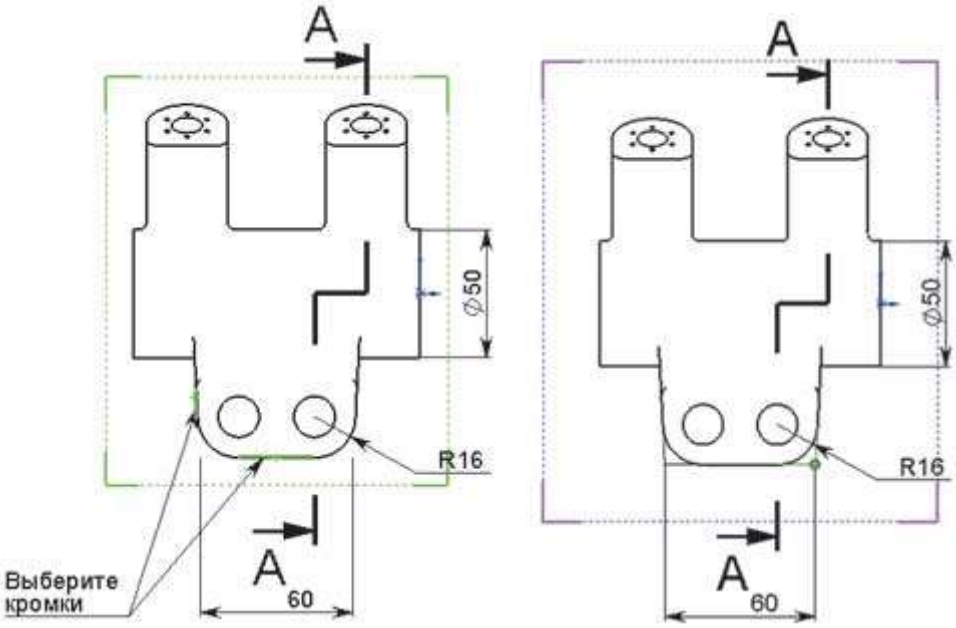


Рис. 4. Работа с точками виртуальной резкости

Простановка допусков и посадок. В SolidWorks имеется встроенная библиотека допусков и посадок по ГОСТу. При назначении размеру типов допусков *Посадка, Посадка с допуском*или *Только допуск* и выборе обозначения поля допуска из списка стандартных значений изменение размера (переход его в другой размерный интервал в пределах вышеуказанного поля допуска) повлечет за собой изменение предельных отклонений в соответствии с используемым стандартом. Иными словами, каждому значению размера соответствует табулированное значение допуска (рис. 5).

Рис. 5. Обозначение поля допуска

В силу вышесказанного, назначение размерам типов допусков: *Посадка, Посадка с допуском*или *Только допуск* и использование списка стандартных значений полей допусков являются более предпочтительными, так как помогают предотвратить возможные ошибки в случае изменения модели. При назначении допусков «вручную» или с помощью команды *Заметка* конструктор должен будет сам контролировать изменение предельных отклонений при изменении размеров модели.

Создание обозначения допуска в случае равенства нулю одного из предельных отклонений. Зададим для размера значение допуска в соответствии с полем допуска «H8», при этом отобразим только верхнее, не равное «0» предельное отклонение. Выделите размер в графической области. В окне *РазмерМенеджера свойств*нажмите кнопку *Дополнительные свойства* и в открывшемся диалоговом окне *Свойстваразмера* нажмите кнопку *Допуск*. Появится диалоговое окно *Допуск размера* (рис. 8). В поле *Тип допуска* выберите *Посадка*; в поле *Посадка отверстия* выберите требуемое обозначение поля допуска «*H8*». В полях *Максимальная* и *Минимальная вариация* при этом отобразятся стандартные значения «+0,046» и «0» верхнего и нижнего предельных отклонений, соответствующие данному полю допуска. Введите значение верхнего поля допуска – «+0,046». В разделе *Шрифт допуска* отключите параметр *Использовать шрифт размера* и задайте значение коэффициента «0,6» (или «0,5») для высоты шрифта обозначения поля допуска. В разделе *Отобразить допуск* нажмите кнопку *Группа без линии*. Нажмите *ОК* и закройте диалоговые окна. Это способ задания допуска «вручную». Результат операции показан на рис. 6.

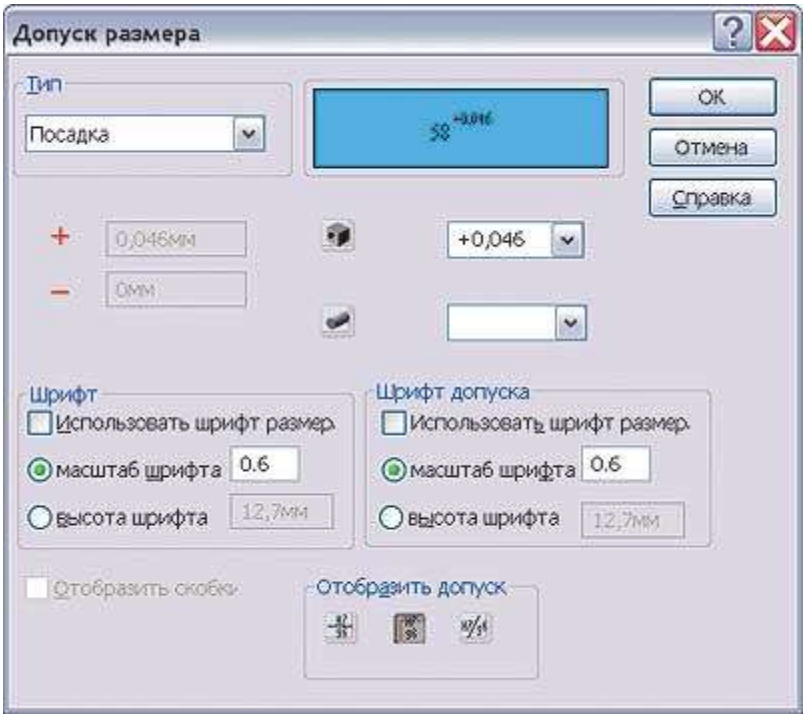


Рис. 6. Настройка параметров допуска размера

Создание укороченных диаметров и радиусов. В документах чертежей можно создавать укороченные диаметры и радиусы, задавая их размеры. При указании такого размера отображается зигзагообразная линия (рис. 7).

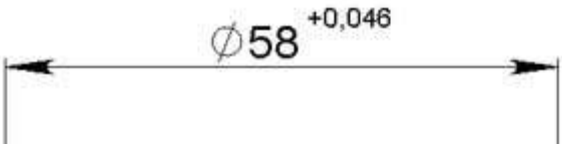


Рис. 7. Результат назначения допуска с нулевым предельным отклонением

Примечания

Важным средством оформления чертежей являются примечания, функциональный набор которых собран на одноименной панели инструментов. К примечаниям относятся: заметка, отклонение формы, шероховатость, позиция, база, обозначение сварного шва, блок, штриховка, указатель центра, осевая линия, условное изображение резьбы и др.

Одним из наиболее часто используемых инструментов при оформлении чертежей является *Заметка*, которая может отображаться с выноской, указывающей на элемент (грань, кромку или вершину) документа, и содержать простой текст, символы, параметрический текст или гиперссылки. Выноска может быть прямой, изогнутой или с изогнутыми указателями. При оформлении технических требований в заметку можно добавить другие примечания, например символы шероховатости.

Шероховатость на выносной полке. При вставке примечания в заметку можно либо выбрать примечание, уже существующее в чертеже (если щелкнуть по нему, то сохранится ассоциативная связь), либо создать новое примечание в окне *Заметка Менеджера свойств*. С помощью этого способа можно оформить отображение шероховатости по ГОСТу в случае, когда шероховатость располагается на выносной полке (рис. 8).

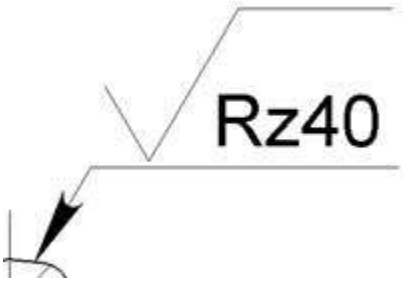


Рис. 8. Шероховатость на выносной полке

Отображение в примечании значения размера, связанного с параметром модели. Для этого, находясь в режиме редактирования заметки, щелкните по размеру на чертеже. В заметку добавится параметрический текст вида *R"D1@Скругление2@Шкив-Часть детали-1-1@Чертежный вид1"*. После выхода из режима редактирования заметки отобразится значение размера.

Простановка размеров с множественными указателями. Чтобы добавить несколько выносных линий (рис. 9), во время перетаскивания заметки и перед ее размещением нажмите клавишу *Ctrl*. Перемещение заметки остановится, и появится вторая выноска. Не отпуская клавишу *Ctrl*, нажмите указатель мыши там, где необходимо разместить выноску. Нажимайте нужное число раз для размещения дополнительных выносок. Отпустите клавишу *Ctrl* и нажмите указатель в том месте, где необходимо разместить заметку. Затем, находясь в режиме редактирования заметки, наберите R и выберите в графической области существующий размер R0,5. Выйдите из редактирования заметки. После этого скройте существующий размер с единичной выноской.

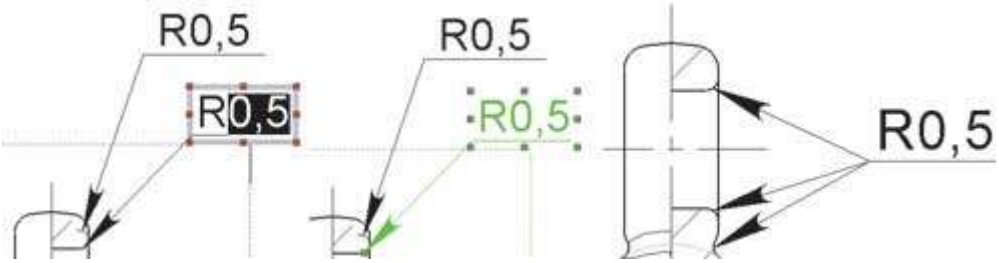


Рис. 9. Простановка размеров с множественными указателями

Для часто используемых элементов чертежа можно создавать, сохранять, редактировать и вставлять блоки, например стандартные заметки, блоки заголовков, расположений меток и т.д. Блоки могут содержать текст и любые объекты эскиза, позиции, импортированные объекты и текст, а также штриховку. Блоки можно прикреплять к геометрии или к чертежным видам, а также вставлять их в основные надписи. Если на вашем предприятии используются специфические условные знаки, вы всегда можете создать блоки, содержащие нужные графические и текстовые элементы.

Создание знака неуказанной шероховатости. Рассмотрим применение блоков на примере создания знака неуказанной шероховатости (рис. 10). Откройте редактор блоков с помощью *Инструменты => Блок => Создать*. Начертите тонкими линиями с помощью дуг и отрезков внутренний значок в соответствии с чертежом. Затем начертите утолщенными линиями с помощью отрезков внешний значок в соответствии с чертежом. Задайте для точки, помеченной зеленым цветом (см. рис. 10), координаты [–10, –10] и зафиксируйте ее. Дополните значение параметра обработки заметкой Rz40. Создайте два слоя: геометрия шероховатости и размеры шероховатости. Размеры поместите на слой «размеры шероховатости» и скройте его. Геометрию и значение Rz40 поместите на слой «геометрия шероховатости». Сохраните блок. Он автоматически попадет в папку *Блоки* в дереве конструирования. Добавьте его на поле чертежа. Сохраните блок в *Библиотеке проектирования* для дальнейшего использования.

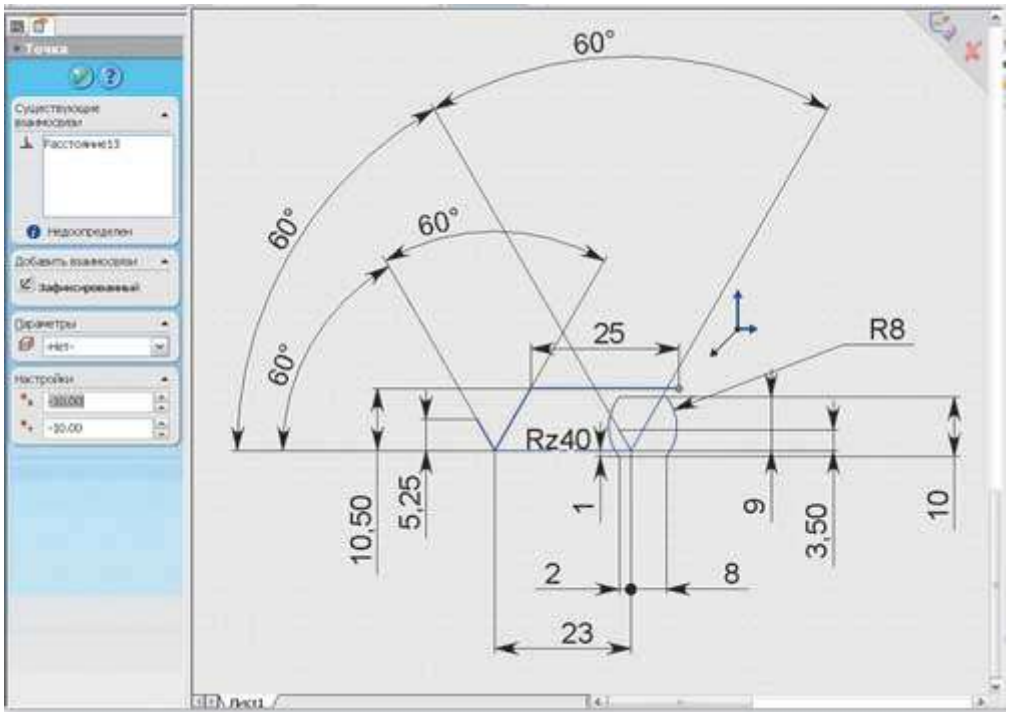


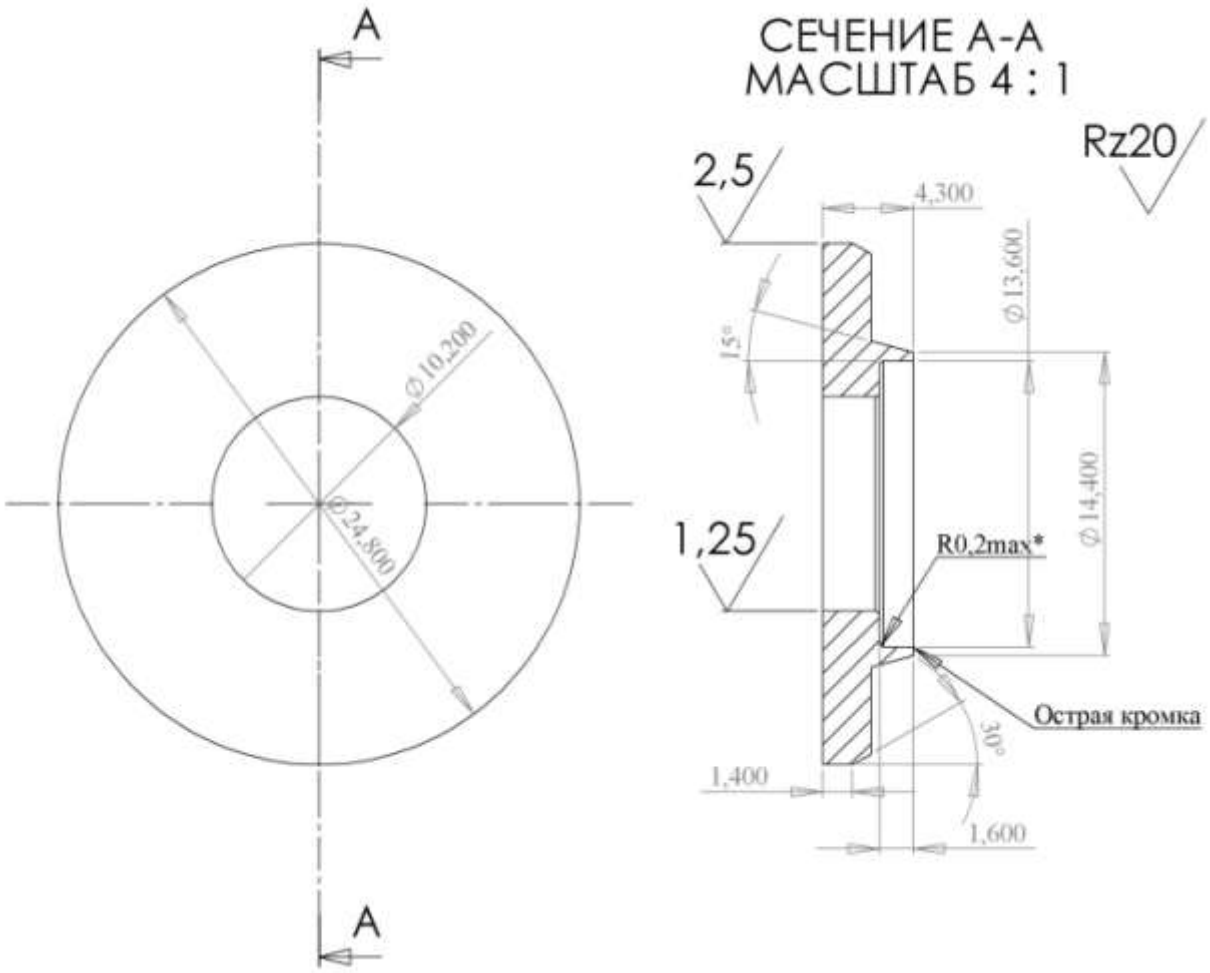
Рис. 10. Создание знака неуказанной шероховатости

III. ОБОРУДОВАНИЕ

Персональный компьютер.

IV. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

Создайте чертёж детали, изображенной на рисунке, с помощью средств SolidWorks:



V. ПОРЯДОК ВЫПОЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Запустите SolidWorks.
2. Создайте новый документ тип «Деталь».
3. Постройте трёхмерную модель заданной детали.
4. Сохраните результаты в файл.
5. Создайте новый документ типа «Чертёж».
6. Импортируйте необходимые виды и разрезы из ранее созданного документа с трёхмерной моделью детали.
7. Добавьте в чертёж необходимые размеры и обозначения.
8. Сохраните результаты.

VI. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать краткое описание последовательности выполненных при проектировании действий и изображение созданной детали в нескольких проекциях и итоговый её чертёж.

VII. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перичислите основные типы документов, с которыми работает САПР SolidWorks.

2. Какие типы размеров существуют в SolidWorks, и чем они отличаются?

3. В чем особенность параметрических систем моделирования?

VIII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дударева Н.Ю., Загайко С.А. SolidWorks 2009 в примерах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009.

2. Каплун С.А., Ходякова Т.Ф., Щекин И.В. SolidWorks. Оформление чертежей по ЕСКД. – М.: SolidWorks Russia, 2009.

3. Встроенная справочная система SolidWorks.