



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВС

Лабораторный практикум

**Минск
БНТУ
2014**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВС

Лабораторный практикум
для студентов специальности 1-37 01 01
«Двигатели внутреннего сгорания»

Минск
БНТУ
2014

УДК 519.63(076.5)
ББК 39.3я7
А22

Составители :

А. Ю. Пилатов, М. П. Ивандиков

Рецензенты :

Ю. Д. Карпиевич, А. С. Климук

Автоматизированное проектирование ДВС : лабораторный практикум для студентов специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания» / сост. : А. Ю. Пилатов, М. П. Ивандиков. – Минск : БНТУ, 2014. – 40 с.

ISBN 978-985-550-382-9.

Издание содержит теоретические и практические материалы, необходимые для получения навыков автоматизированного проектирования в двигателестроении. Рассматриваются алгоритмы и инструменты создания твердотельных моделей деталей различной сложности при помощи современных Windows-приложений.

Дано подробное описание выполнения заданий в лабораторных работах. Может быть использовано студентами других технических специальностей.

УДК 519.63(076.5)
ББК 39.3я7

ISBN 978-985-550-382-9

© Белорусский национальный
технический университет, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| <i>Лабораторная работа № 1</i> Система Pro/ENGINEER. Общие сведения. Особенности установки системы..... | 5 |
| <i>Лабораторная работа № 2</i> Основные приемы работы и управления в системе Pro/ENGINEER | 8 |
| <i>Лабораторная работа № 3</i> Создание новой модели в Pro/Engineeri знакомство с ее эскизом | 14 |
| <i>Лабораторная работа № 4</i> Основные приемы моделирования простых деталей в системе SolidWorks 2009 | 27 |
| <i>Лабораторная работа № 5</i> Основные приемы моделирования сборок в системе SolidWorks 2009 | 37 |

ВВЕДЕНИЕ

Системы автоматизированного проектирования, в частности Pro/ENGINEER, SolidWorks, предоставляют конструкторам и программистам обширные возможности проектировать 3D-геометрию параметрических компьютерных моделей деталей и узлов машиностроения. Это наиболее признанные во всем мире системы компьютерного моделирования, использование которых значительно сокращает сроки разработки конструкторской документации и технологической подготовки производства.

Этому в значительной мере способствуют адаптация этих систем под логику инженера-механика, функциональность, а также инструменты разработки пользовательских приложений и специальных настроек.

Наряду с системой AutoCAD система SolidWorks обладает широкими возможностями, в частности средствами автоматизации создания 3D-моделей деталей и сборок, которые сложно представить в рамках этого небольшого издания. Поэтому основное внимание сосредоточено на описании приемов, с помощью которых можно выполнить трехмерное моделирование деталей различной степени сложности. В программном обеспечении SolidWorks имеется учебное пособие, позволяющее самостоятельно подробно, пошагово осваивать основные приемы моделирования деталей и сборок.

Лабораторная работа № 1

СИСТЕМА PRO/ENGINEER. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ

Цель работы: ознакомиться с основными особенностями системы Pro/ENGINEER и получить навыки установки и администрирования данного пакета.

Общие сведения

Обзор основных средств объектной модели САПР Pro/ENGINEER

Проектирование в САПР Pro/ENGINEER – это процесс создания электронной модели изделия в данном случае средствами **САПР Pro/ENGINEER**.

Система **Pro/ENGINEER** предоставляет разработчикам следующие преимущества в процессе разработки:

- наглядность проектируемой модели, что позволяет избежать ошибок, связанных с представлением сложной трехмерной геометрии по проекционным чертежам;
- оперирование геометрией на уровне объектов инженерных элементов, что в значительной мере упрощает и ускоряет процесс проектирования.

Pro/ENGINEER – мощная система твердотельного моделирования, используемая для создания 3D-моделей деталей и сборок. В процессе проектирования деталей могут быть задействованы также и другие модули Pro/ENGINEER, например чертежный модуль, модуль маршрутизации проводки, модуль листового железа, технологические модули и т. д.

Основными отличительными особенностями системы являются:

- твердотельное (Solid) моделирование;
- геометрия, базированная на фичерах (конструктивных элементах);
- параметризация;

- отношение Родитель/Потомок;
- ассоциативность;
- модель, как основное средство передачи конструкторской информации.

Система может создавать модели с различным типом геометрии – твердотельной, поверхностной, комбинированной. Геометрия модели состоит из блоков, из которых строится в последующем деталь. Каждый такой «кирпичик» носит название *фичер*. Это справедливо как для деталей, так и для сборок, состоящих в том числе и из деталей.

Процесс установки Pro/ENGINEER

Процесс установки Pro/ENGINEER состоит из следующего порядка шагов:

1. Установка PTC License Server.
2. Установка Pro/ENGINEER.
3. Установка Structural and Thermal Simulation.
4. Интеграция Structural and Thermal Simulation в Pro/ENGINEER.
5. Установка Pro/STDS и создание ярлыка запуска Pro/ENGINEER.

Требования к рабочим станциям

Рабочая станция (компьютер) инженера должна соответствовать следующим минимальным требованиям.

Операционная система (ОС) – Windows 2000, Windows XP SP2.

Дисковое пространство:

- минимум 2 раздела: C:\ и D:\, файловая система – NTFS;
- C:\ – ОС, пользовательское ПО. Размер: минимум 20 Gb;
- D:\ – Pro/ENGINEER и рабочая информация. Размер: все оставшееся пространство.

Файл подкачки на диске C:\ – фиксированного размера и равен двухкратному объему оперативной памяти.

Возможны два вида установки программы PTC LicenseServer:

- а) на каждую рабочую станцию;
- б) на один компьютер в сети – сервер лицензий.

Мы рассматриваем случай установки сервера лицензий на каждую рабочую станцию.

Если предполагается использовать сервер лицензий, установленный на другом компьютере в сети, установку PTC LicenseServer производить не нужно – шаг 1 пропускается.

Также не обязателен шаг 3 и 4, если на данном рабочем месте не предполагается заниматься инженерными расчетами механических и физических характеристик моделей.

PTC LicenseServer – сервер лицензий – разрешает или запрещает работу Pro/Engineer и его компонентов в соответствии с имеющимися у вас лицензиями для одного или группы пользователей.

Pro/Engineer – основная программа.

StructuralandThermal – модуль для расчета механической прочности, теплового состояния и Simulation термочерноты моделей.

PRO/STDS – пакет дополнительных настроек Pro/ENGINEER. Позволяет адаптировать систему к стандартам ЕСКД, русифицировать интерфейс; содержит библиотеки стандартных изделий, шаблоны деталей, чертежей и др.

Задание к лабораторной работе

В соответствии с указаниями преподавателя и инструкциями, расположенными в файле *ProE_инструкция.pdf*, осуществите установку системы на диск D вашего компьютера и ознакомьтесь с основным интерфейсом САПР Pro/ENGINEER.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы с учетом выполненного задания.
3. Алгоритм установки.
4. Установленная конфигурация системы.
5. Вывод.

Лабораторная работа № 2

ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ И УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ PRO/ENGINEER

Цель работы: описать концепцию проектирования Pro/ENGINEER, получить навыки по управлению основным интерфейсом Pro/ENGINEER Wildfire, осуществлению предварительного просмотра, загрузки и управления ориентацией модели, управления оперативной памятью компьютера и директориями при работе с Pro/ENGINEER Wildfire.

Общие сведения

Основная концепция Pro/ENGINEER Wildfire



Рис. 2.1. Основная концепция Pro/ENGINEER

Pro/ENGINEER Wildfire – мощная система твердотельного моделирования, используемая для создания 3D-моделей дета-

лей и сборок. В процессе проектирования деталей могут быть задействованы также и другие модули Pro/ENGINEER, например чертежный модуль, модуль маршрутизации проводки, модуль листового железа, технологические модули и т. д.

Твердотельное моделирование

Твердотельное моделирование (рис. 2.2) позволяет визуализировать идеи в трехмерном пространстве, создавая реалистические представления деталей и сборок. Дополнительно модель содержит свойства, такие как масса, объем, центр тяжести, площадь поверхностей и т. д. После добавления или удаления фичеров свойства модели сразу обновятся.



Рис. 2.2. Твердотельное моделирование

Например, если Вы добавите в модель отверстие, масса модели уменьшится.

Твердотельные модели позволяют проводить анализ допусков и интерференций/зазоров в сборке.

Геометрия, базированная на конструктивных элементах

Модели Pro/ENGINEER – это набор фичеров, каждый вновь создаваемый фичер опирается на фичер, созданный ранее, как кирпичи в здании. Индивидуально каждый фичер – это простой элемент, однако вместе они могут образовывать очень сложные по форме детали и сборки. В качестве примера рассмотрите шесть этапов создания шатуна:

- создание первого твердотельного выдавливания, формирующего основные габаритные размеры и форму детали;
- дополнительное выдавливание, созданное сверху модели, формирует посадочное место под поршневой палец;
- дополнительное выдавливание, созданное внизу модели, формирует посадочное место под шатунную шейку;
- верхнее отверстие, формирует посадочное отверстие под поршневой палец;
- нижнее отверстие, формирует посадочное отверстие под шатунную шейку;
- скругление четырех внутренних кромок.

Параметризация

В Pro/ENGINEER геометрия модели управляется размерами и параметрами. Это выражается в том, что изменение значения размера или параметра приведет к обновлению геометрии.

Отношение Родитель/Потомок

Отношение Родитель/Потомок позволяет увязывать воедино все фичеры (конструктивные элементы) детали. В процессе проектирования модели в Pro/ENGINEER эти отношения между фичерами создаются постоянно. В сборке это справедливо и для компонентов. Для использования всех преимуществ отношения Родитель/Потомок Вы должны правильно им управлять. При создании нового фичера, фичеры, на которые ссылается создаваемый объект, становятся его Родителями. Далее это выражается в том, что изменение родительского фичера повлечет за собой изменения объектов, ссылающихся на данный фичер.

На слайде, в качестве примера, показана модель поршня с отверстием. Модель слева – это исходное состояние поршня. На среднем рисунке высота поршня изменилась с 18.5 до 25.

Обратите внимание, отверстие поршня переместилось вверх, сохраняя первоначальное расстояние между своим центром и верхней поверхностью. Такое поведение объясняется наличием между отверстием и верхней поверхностью поршня отношения Родитель/Потомок, так как при создании отверстия его центр был образмерен относительно верхней поверхности поршня. Соответственно полученный размер является постоянным и независимым от высоты поршня.

В качестве альтернативы мы можем образмерить центр отверстия относительно нижней поверхности поршня, тогда отверстие поведет себя по-другому. Правый рисунок показывает изменение двух размеров поршня: его высоты и диаметра отверстия.

Ассоциативность & Модель, как основное средство передачи конструкторской информации

В Pro/ENGINEER основным источником конструкторской информации является модель. Например, если изменится модель детали, автоматически изменится ее чертеж и сборка, в которую входит эта деталь. Эта ассоциативность двунаправленная, это означает, что изменение чертежа модели приведет к изменению самой модели в 3D и отразится на ее отображении в других режимах (сборка, технология и т. д). Как только модель создана, на ее основе можно быстро создать все необходимые чертежные виды с разрезами и сечениями. Размеры на чертеже могут быть также взяты из 3D-модели.

Дополнительно компоненты (детали или под сборки) могут формировать сборочную модель. В зависимости от типа сборки детали в ней могут быть статическими (жестко зафиксированными) или динамическими (формируя подвижный механизм).

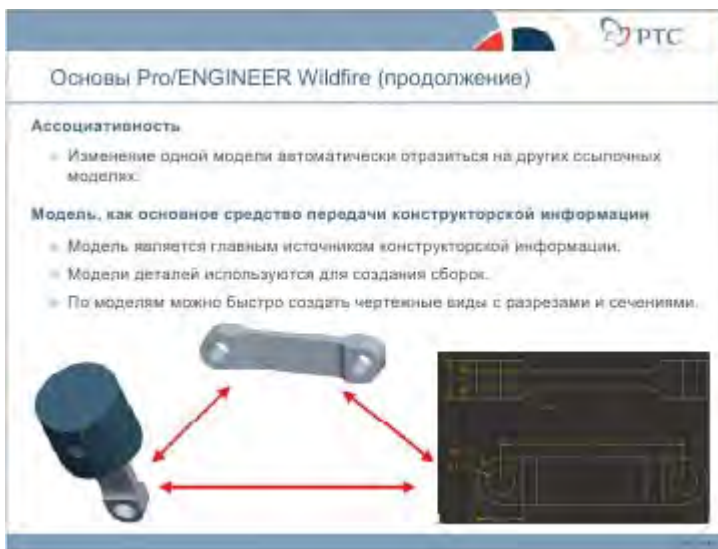


Рис. 2.3. Ассоциативность модели

Задание к лабораторной работе

Для просмотра модели в окне Pro/ENGINEER проделайте следующие действия:

1. Запустите Pro/ENGINEER Wildfire.
2. В навигаторе откройте закладку *Connections* (Соединения) и просмотрите ее содержимое.
3. В навигаторе откройте закладку *FolderBrowser* (навигатор папок). В навигаторе папок переместитесь в папку `c:\Обучение_PROE\БАЗОВЫЙ_КУРС_WF3\УЧЕБНЫЕ_МОДЕЛИ\module_01`.

Открывшийся браузер покажет содержимое папки.

4. В навигаторе выделите папку `module_01`, нажмите правую клавишу мыши и в выпадающем меню выберите *SetWorkingDirectory* (Задать рабочую папку).

Для всех манипуляций с моделью, связанных с ее вращением/панорамированием/масштабированием, нам понадобится средняя клавиша мыши.

Для вращения модели относительно центра вращения (spincenter) нажмите среднюю клавишу и перемещайте мышь в любую сторону.

Для панорамирования модели нажмите SHIFT+среднюю клавишу мыши и также переместите мышь.

Для масштабирования модели нажмите CTRL+среднюю клавишу мыши и переместите мышь вверх или вниз. Если у Вас на мышке есть колесо, то, вращая его, также сможете масштабировать модель.

В дополнение к описанным способам, Вы можете перемещать модель на экране с помощью расширенных методов визуализации (режим ViewMode (режим Ориентации)).

Вы можете ускорить вращение модели, если отключите ее прозрачность: *View > DisplaySettings > ModelDisplay (Bud > Установки показа > Показ модели)*. В появившемся диалоговом окне раскройте закладку *Shade (Закраска)* и отмените выбор прозрачности, для чего уберите галочку из ячейки *Transparency (Прозрачность)*. Затем нажмите *OK*.

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы с учетом выполненного задания.
3. Скриншеты экрана панорамирования модели.
4. Вывод.

Лабораторная работа № 3

СОЗДАНИЕ НОВОЙ МОДЕЛИ В PRO/ENGINEER И ЗНАКОМСТВО С ЕЕ ЭСКИЗОМ

Цель работы: научиться создавать новые модели, используя заданные по умолчанию шаблоны, создавать и редактировать внешний эскиз, понимать принцип создания трехмерной геометрии с помощью базовых инструментов, таких как *Extrude (Выдавливание)*, *Revolve (Вращение)* и *Rib (Ребра)*, понимать, как создание ссылочной геометрии с использованием эскиза влияет на отношение *Родитель/Потомок*, научиться создавать конструктивные элементы по эскизам конструктивных элементов.

Общие сведения

Создание модели в Pro/Engineer

Заданные по умолчанию шаблоны – начальная стадия создания модели детали или сборки. Шаблоны содержат в себе общие для всех деталей элементы, такие как опорные плоскости, набор слоев, сохраненные виды, параметры, единицы измерения и т. д. Шаблоны, заданные по умолчанию, применяются, когда Вы создаете новую деталь или сборку.

Используя шаблон в дальнейшем можно избежать многих проблем, связанных с соответствием детали корпоративным стандартам. Стандартный шаблон позволит всем инженерам предприятия создавать модели от общей «отправной точки», и гарантирует в каждой модели, созданной на предприятии, наличие всех требуемых параметров.

Например, стандарт предприятия предписывает наличие в каждой модели параметра «РАЗРАБОТАЛ» для определения первичного разработчика. Вы вносите в общий шаблон этот параметр, и все, вновь создаваемые детали на предприятии, будут иметь обязательный параметр «РАЗРАБОТАЛ».

В основе всех трехмерных фигур, показанных на слайде, лежит плоский эскиз. Ниже приведен примерный порядок создания эскиза.

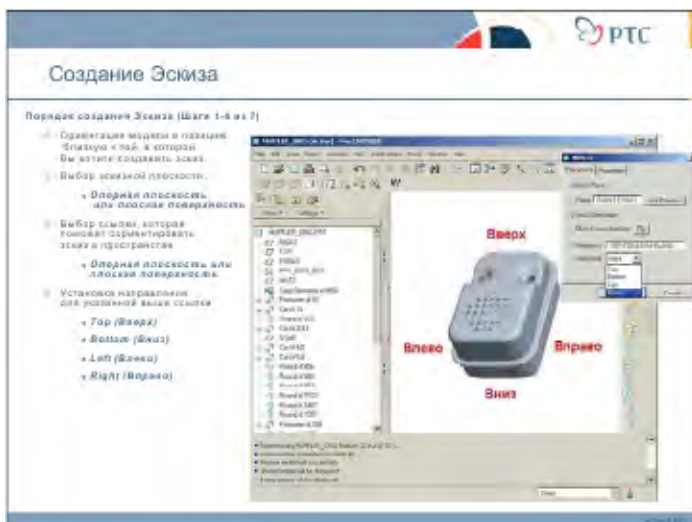


Рис. 3.1. Создание эскиза

На рис. 3.2 приведены основные инструменты эскиза.

| | | | |
|--|--|----------------------------------|---|
| | Ориентировать плоскость эскиза параллельно экрану | | Создать точку |
| | Выбрать объекты | | Создать объект по кромке |
| | Задать ссылочные фичеры | | Создать объект смещение кромки |
| | Создать прямую по двум точкам | | Создать размер |
| | Создать линию касательно к двум объектам | | Изменить значения размеров, геометрию сплайна или текст |
| | Создать осевую по двум точкам | | Накладывать закрепления на фичеры сечения |
| | Создать прямоугольник | | Динамически обрезать объекты сечения |
| | Создать окружность, указывая центр и точку на окружности | | Зеркально отобразить выбранные фичеры |
| | Создать концентрическую окружность | Axis Point (Осевая точка) | Создать базовую ось, которая будет перпендикулярна плоскости экрана |
| | Создать дугу по трем точкам | Data From File (Данные из файла) | Вставить стороннюю информацию в активный объект |
| | Создать дугу, указывая центр и ее крайние точки | | |
| | Построить круговое сгругление между двумя объектами | | |
| | Вставить в эскиз стандартные формы, такие как шестигранныки, звездочки и профили | | |

Рис. 3.2. Основные элементы эскиза

Наложение геометрических ограничений (рис. 3.3) на эскиз является очень важным моментом при его создании. Наложение ограничений добавляет Вашему эскизу логики и делает изменения эскиза более предсказуемыми. Также с помощью геометрических ограничений Вы уменьшаете количество необходимых размеров для описания геометрии. Например, Вы можете создать эскиз, который будет симметричен относительно центральной линии, как показано на рисунке, можете назначить линии горизонтальность или вертикальность. Вы можете назначить линиям или дугам равенство длин или равенство радиусов соответственно. Следующая таблица представляет список геометрических ограничений, доступных после нажатия на панели эскиза иконки.

| | |
|--|---|
|  | Расположить линию или 2 вершины горизонтально |
|  | Расположить линию или 2 вершины вертикально |
|  | Расположить две линии параллельно |
|  | Сделать 2 объекта перпендикулярными |
|  | Создать закрепление Равные Длины, Радиусы, Кривизна |
|  | Сделать 2 объекта касательными |
|  | Разместить точку в середине линии |
|  | Создать закрепление совмещения точек, точки и объекта, коллинеарность |
|  | Расположить 2 вершины/точки симметрично относительно оси |

Рис. 3.3. Ограничения модели

Создание геометрии по эскизу

Концепцию создания геометрии по эскизу отражает рис. 3.4.



Рис. 3.4. Этапы создания геометрии по эскизу

Процесс создания твердотельного объекта с помощью эскиза состоит в выборе или создании эскиза и выдавливании этого эскиза в пространство по определенному закону.

В основе фичера Extrude (Выдавливание) лежит плоский эскиз, который выдавливается в пространство на определенную глубину по направлению, перпендикулярному плоскости эскизирования. С помощью этого инструмента можно создавать сплошное добавление материала или сплошной вырез, тонкостенное добавление материала или тонкостенный вырез, выдавливание как поверхность или обрезка поверхности.

Опция Утолщение эскиза доступна для нескольких типов эскизных фичеров. После создания эскиза с закрытым или открытым сечением, Вы можете выдавить его на определенную глубину или повернуть относительно оси на определенный градус, плюс задать толщину эскиза и направление, в котором эта толщина будет добавляться. Открытое сечение показано

на верхнем рисунке слайда. После создания эскиза выдавливаете его в пространство и задаете ему толщину.

В основе фичера *Revolve* (Вращение) лежит плоский эскиз, который поворачивается на определенный угол относительно собственной или специально указанной оси вращения. С помощью этого инструмента можно создавать сплошное добавление материала или сплошной вырез, тонкостенное добавление материала или тонкостенный вырез, выдавливание как поверхности или обрезка поверхности.

Толщина может быть добавлена на любую из двух сторон, плюс симметрично в обе стороны. Другим примером может послужить создание трубы, когда эскиз в виде окружности выдавливается в пространство на определенную глубину и с определенной толщиной стенки.

Рёбра обычно используются для усиления деталей. Закон, по которому эскиз выдавливается в пространство, похож на *Выдавливание*, за исключением того, что сечение для данного объекта должно быть всегда открытым. Ниже приведены рисунки для иллюстрации основного отличия инструмента *Рёбра* от Прямого выдавливания.

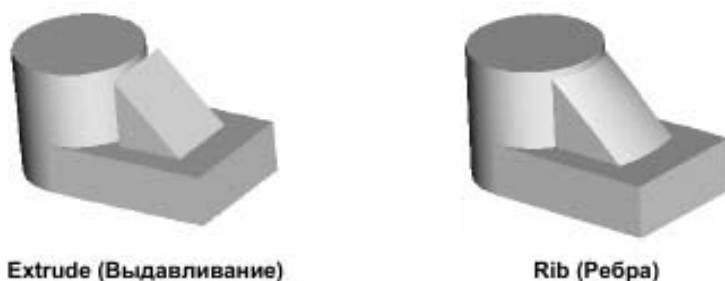


Рис. 3.5. Фичеры *Выдавливание* и *Рёбра*

После выбора или создания открытого сечения и ввода толщины ребра, система создаст ребро, слитое с общим объемом модели. Система может добавлять материал выше или

ниже сечения, и ребро может быть выдавлено в любую из сторон относительно эскизной плоскости, плюс симметрично в обе стороны. На верхних рисунках слайда показаны примеры, в которых материал может быть добавлен только вниз. Однако если и с той и с другой стороны эскиза система сможет образовать замкнутый контур, ребро можно будет создать в любую сторону.

Задание к лабораторной работе

Создание эскиза

1. Если Pro/ENGINEER открыт, закройте все окна и очистите сессию. Щелкните *File > Close Window* (Файл > Закрыть окно), затем *File > Erase > Not Displayed > OK*. Если Pro/ENGINEER закрыт, запустите его.

2. В навигаторе откройте закладку *FolderBrowser*. В навигаторе папок переместитесь в папку *c:\Обучение_PROE\БАЗОВЫЙ КУРС_WF3\УЧЕБНЫЕ МОДЕЛИ\module_02*. Открывшийся браузер покажет содержимое папки.

3. В навигаторе выделите папку *module_02*, нажмите правую клавишу мыши и в выпадающем меню выберите *SetWorkingDirectory*.

4. Создайте новую модель с использованием шаблона, предложенного по умолчанию:

- щелкните *File > New > Part* или на главной панели инструментов нажмите иконку *New (Новый) > Part (Деталь)*;
- название модели задайте *NOVAYA_DETAL*, затем нажмите *OK*.

5. Если опорные плоскости и система координат в детали не показаны, на главной панели инструментов включите их отображение с помощью иконок, соответственно *DatumPlaneson/off* (Базовые плоскости вкл/выкл) и *CoordinateSystemson/off* (вкл/выкл системы координат).

6. Выберите каждый объект в дереве моделей для подсветки его в рабочем окне.

7. В дереве слоев просмотрите слои, созданные по умолчанию:

- для переключения на дерево слоев на главной панели нажмите иконку LayerTree (Дерево слоев);

- в дереве слоев выберите слой 01__PRT_ALL_DTM_PLN, нажмите правую клавишу мыши и в выпадающем меню выберите LayerProperties (Свойства слоев). В окне LayerProperties (Свойства слоя) посмотрите на содержимое слоя. Раскройте закладку Rules (Правила), обратите внимание, данный слой имеет правила, благодаря которым все опорные плоскости заносятся на этот слой автоматически. В окне LayerProperties (Свойства слоя) нажмите Close (Отмена);

- для переключения на дерево моделей на главной панели отожмите иконку LayerTree (Дерево слоев).

8. Просмотрите единицы измерения модели (units):

- в главном меню щелкните Edit > Setup > Units (Править > Настройка > Единицы). В диалоговом окне UnitManager (Менеджер единиц измерения) обратите внимание на активную систему единиц измерения;

- в окне UnitManager (Менеджер единиц измерения) нажмите Close (Закреть).

9. Далее мы проверим созданные по умолчанию параметры:

- щелкните Tools > Parameters (Инструменты > Параметры);
- в диалоговом окне Parameters (Параметры) введите Вашу фамилию в качестве значения параметра «РАЗРАБОТАЛ»;

- нажмите ОК и параметру «РАЗРАБОТАЛ» будет присвоено новое значение.

10. На главной панели инструментов нажмите Save (Сохранить) > ENTER.

11. Щелкните File > Erase > Not Displayed > ОК (Файл > Стереть > Невидимые).

Редактирование эскиза

1. Если Pro/ENGINEER открыт, закройте все окна и очистите сессию:

- щелкните File > CloseWindow (Файл > Закрывать окно), затем File > Erase > NotDisplayed > ОК (Файл > Стереть > Невидимые).

Если Pro/ENGINEER закрыт, запустите его.

2. В навигаторе откройте закладку FolderBrowser. В навигаторе папок переместитесь в папку c:\Обучение_PROE\БАЗОВЫЙ КУРС_WF3\УЧЕБНЫЕ МОДЕЛИ\module_02.

Открывшийся браузер покажет содержимое папки.

3. В навигаторе выделите папку module_02, нажмите правую клавишу мыши и в выпадающем меню выберите SetWorkingDirectory.

4. Создайте новую модель с использованием шаблона, предложенного по умолчанию:

- щелкните File > New > Part (Файл > Новый > Деталь) или на главной панели инструментов нажмите иконку New (Новый) > Part (Деталь);

- название модели задайте NOVAYA_DETAL, затем нажмите ОК;

- оставьте без изменения выбранный шаблон и щелкните ОК;

- новый файл с названием NOVAYA_DETAL будет создан.

5. Если опорные плоскости и система координат в детали не показаны, на главной панели инструментов включите их отображение с помощью иконок, соответственно DatumPlaneson/off (Базовые плоскости вкл/выкл) и CoordinateSystemson/off (вкл/выкл системы координат).

Открытие детали Коленчатый вал и создание ее эскиза

Необходимо создать коленчатый вал дрели, опираясь на геометрию, которая была создана ранее, плюс Вам будет необходимо создать несколько опорных фичеров для гарантии собираемости деталей в будущем.

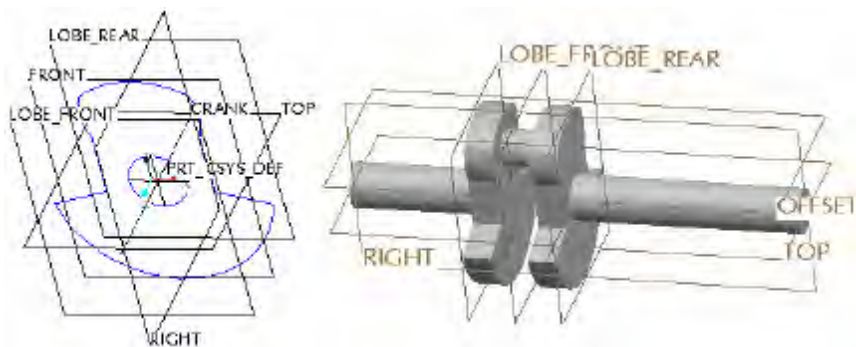


Рис. 3.6. Коленчатый вал дрели

1. Если Pro/ENGINEER открыт, закройте все окна и очистите сессию:

- щелкните File > CloseWindow (Файл > Закрывать окно), затем File > Erase > NotDisplayed > ОК (Файл > Стереть > Невидимые).

2. В навигаторе откройте закладку FolderBrowser (Навигатор папок). В навигаторе папок переместитесь в папку c:\Обучение_PROE\БАЗОВЫЙ КУРС_WF3\УЧЕБНЫЕ МОДЕЛИ\module_03.

3. В навигаторе выделите папку module_03, нажмите правую клавишу мыши и в выпадающем меню выберите SetWorkingDirectory (Задать рабочую папку).

4. В браузере дважды щелкните по детали CRANKSHAFT.PRT (Коленвал).

5. Если опорные плоскости и оси в детали не показаны, на главной панели инструментов включите их отображение с помощью иконок, соответственно DatumPlaneson/off (Базовые плоскости вкл/выкл) и DatumAxison/off (Базовые оси вкл/выкл).

6. На главной панели нажмите иконку SketchTool (Рисование). В качестве эскизной плоскости укажите опорную плоскость FRONT (в дереве моделей или непосредственно на модели). В диалоговом окне Sketch (Эскиз) нажмите Sketch (Эскиз). После чего необходимо войти в режим создания эскиза.

7. Оставьте выбранные базы без изменений и в диалоговом окне Reference (Привязки), нажмите ОК.

8. Для отключения отображения опорных плоскостей на главной панели отожмите иконку DatumPlaneson/off (Базовые плоскости вкл/выкл).

9. На панели эскиза выберите иконку Circle (Окружность). Нарисуйте окружность и образмерьте ее, как показано на левой части рис. 3.7. Для завершения создания эскиза на панели эскиза нажмите иконку CompleteSketch (Продолжить с текущим сечением). Готовый эскиз показан на правой части рис. 3.7.

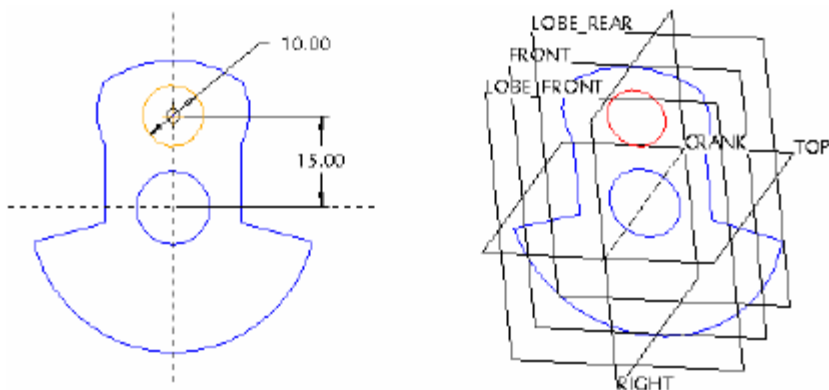


Рис. 3.7. Эскиз коленчатого вала

Для отключения отображения опорных осей на главной панели отожмите иконку DatumAxison/off (Базовые оси вкл/выкл). Для отмены выбора всех элементов просто щелкните по пустому месту графического окна.

10. На главной панели инструментов нажмите иконку SavedViewList (Список сохраненных видов) и в выпадающем списке выберите StandardOrientation.

11. На панели создания фиचеров нажмите иконку ExtrudeTool (Выдавливание). Далее в дереве моделей выберите эскиз CRANK_DIA. Система покажет предварительный просмотр

создаваемого тела. По умолчанию система создает выдавливание в одну сторону.

12. Для создания выдавливания и в другую сторону на диалоговой панели создания выдавливания раскройте панель Options (Опции) и установите глубину для второй стороны как Blind (Глубина).

13. Курсором перемещайте маркеры глубины, затем в графическом окне введите окончательные значения 46.5 и 73.5, как показано на рис. 3.8.

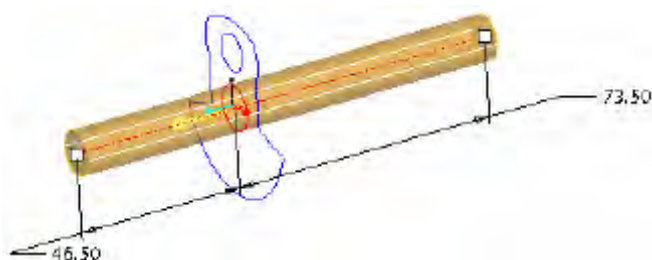


Рис. 3.8. Создание коренной шейки вала дрели

Для завершения создания фичера на диалоговой панели нажмите иконку Complete Feature (Принять и сохранить).

На главной панели инструментов включите отображение опорных плоскостей с помощью иконки DatumPlanes/on/off (Базовые плоскости вкл/выкл).

На панели создания фичеров нажмите иконку ExtrudeTool (Выдавливание). Далее в дереве моделей выберите эскиз LOBE. Система покажет предварительный просмотр создаваемого тела. По умолчанию система создает выдавливание в одну сторону. Для создания выдавливания и в другую сторону, на диалоговой панели создания выдавливания раскройте панель Options (Опции) и установите глубину для обеих сторон как ToSelected (До выбранной). В качестве ссылок укажите плоскости LOBE_FRONT и LOBE_REAR (рис. 3.9).

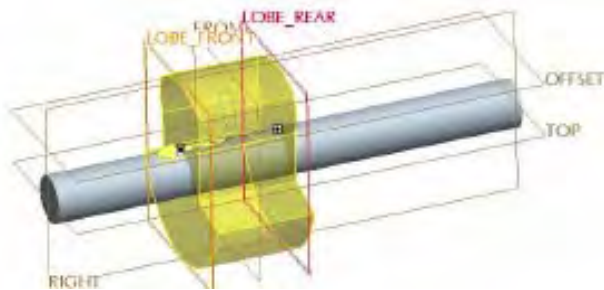


Рис. 3.9. Создание базового кулачка

Для завершения создания фичера на диалоговой панели нажмите иконку Complete Feature (Принять и сохранить).

На панели создания фичеров нажмите иконку ExtrudeTool (Выдавливание). Далее в дереве моделей выберите эскиз PIN_DIA. На диалоговой панели создания выдавливания раскройте список опций задания глубины и установите выдавливание в обе стороны (рис. 3.10). Глубину выдавливания задайте 10.

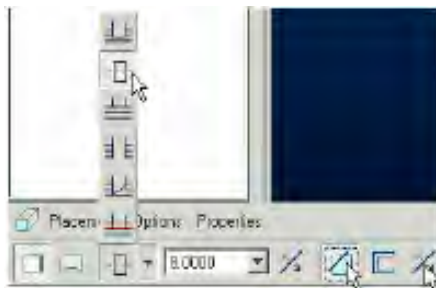


Рис. 3.10. Опция задания глубины

Для переключения на создание выреза на диалоговой панели нажмите иконку.

Иконкой установите стрелку направления удаления материала наружу от PIN_DIA, как показано на левой части рис. 3.11.

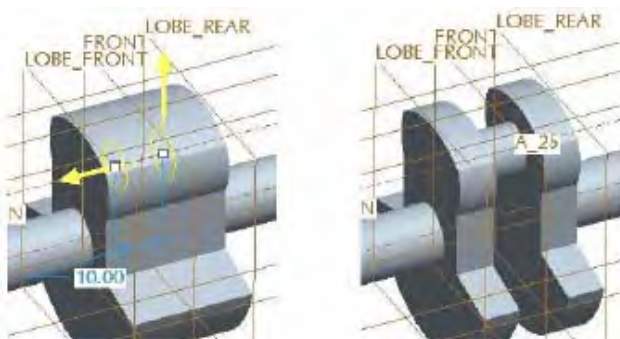


Рис. 3.11. Создание выреза

Для завершения создания фичера на диалоговой панели нажмите иконку Complete Feature (Принять и сохранить).

Готовый вырез показан на правой части рис. 3.12.

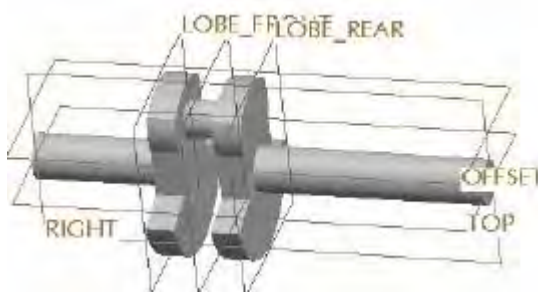


Рис. 3.12. Готовая модель коленчатого вала дрели

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Скриншеты полученной модели.
4. Выводы.

Лабораторная работа № 4

ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТЫХ ДЕТАЛЕЙ В СИСТЕМЕ SOLIDWORKS 2009

Цель работы: освоить основные приемы трехмерного (3D) проектирования твердотельных простых деталей на примере системы автоматизированного проектирования SolidWorks 2009.

Основные положения

Программа SolidWorks 2009 представляет интегрированную среду трехмерного автоматизированного проектирования как простых, так и сложных деталей и конструкций, использующая графический интерфейс Microsoft Windows. Она предоставляет полный цикл моделирования: проектирование трехмерных деталей, сборка из отдельных деталей, сборочные чертежи и детализировки, а также представление моделей в реалистичном (визуализация) и динамичном (анимация) видах.

Процесс моделирования в SolidWorks начинается с создания эскиза, то есть двухмерного профиля или поперечного сечения. Затем эскиз при помощи определенного конструктивного элемента (бобышки, выреза, отверстия, скругления, фаски, облочки и т. д.) приобретает трехмерный вид. Эскизы могут быть вытянуты, повернуты, рассечены сложным образом или смещены по контуру. Набор эскизов и конструктивных элементов образует деталь. Затем детали компонуются в сборку с помощью их взаимного расположения и сопряжения. После проверки работоспособности сборки на ее основе создается сборочный чертеж и чертежи входящих в сборку отдельных деталей.

Таким образом, в процессе моделирования создается не деталь, например, модель по трем проекциям (САПР AutoCAD), а алгоритм (последовательность операций) ее создания. Задаются размеры и геометрические взаимосвязи между элементами. Размеры, взаимосвязи и уравнения определяют форму кон-

кретной детали. При изменении размеров изменяются форма и размеры детали, но сохраняется общий замысел проекта.

Преимуществами САПР SolidWorks являются:

– технология SWIFT (SolidWorksIntelligentFeatureTechnology), которая представляет собой автоматизированную систему анализа ошибок и проблем, которые могут возникнуть после фиксации на данном этапе своего решения проектировщиком при дальнейшем проектировании детали и сборки. «Умная» технология SWIFT предлагает конструктору исправить все выявленные на текущем этапе проектирования ошибки и проблемы;

– адаптированный (head-up) пользовательский интерфейс объединяет одинаковые функции управления проектом в общие группы утилиты CommandManager, что упрощает проектировщику доступ к функциям работы с проектом и существенно сокращает время разработки сложных объектов;




– широкие возможности коллективной работы с документами и интерактивная поддержка пользователей;

– интеграция SolidWorks с другими САПР.

Главное окно SolidWorks

Главное окно (рис. 4.1) системы автоматизированного проектирования SolidWorks включает в себя следующие элементы: главное меню, панели инструментов, рабочую область, интерактивную помощь, строку состояния.

Главное меню SolidWorks 2009 находится под строкой заголовка. Оно содержит пункты, доступные в настоящий момент. В зависимости от типа активного документа (деталь, сборка или чертеж) набор пунктов главного меню изменяется. Если не открыт ни один из документов, главное меню содержит четыре пункта: File (Файл), View (Вид), Tools (Инструменты) и Help (Справка). При наличии активного документа в главном меню добавляются следующие пункты: Edit (Правка), Insert (Вставка) и Window (Окно). Если активное окно документа распахнуто на весь экран, левее пункта меню File

(Файл) появляется значок, соответствующий типу активного документа:  детали,  сборки или  чертежа. Если размер окна активного документа меньше рабочей области, значок расположен в заголовке соответствующего окна.

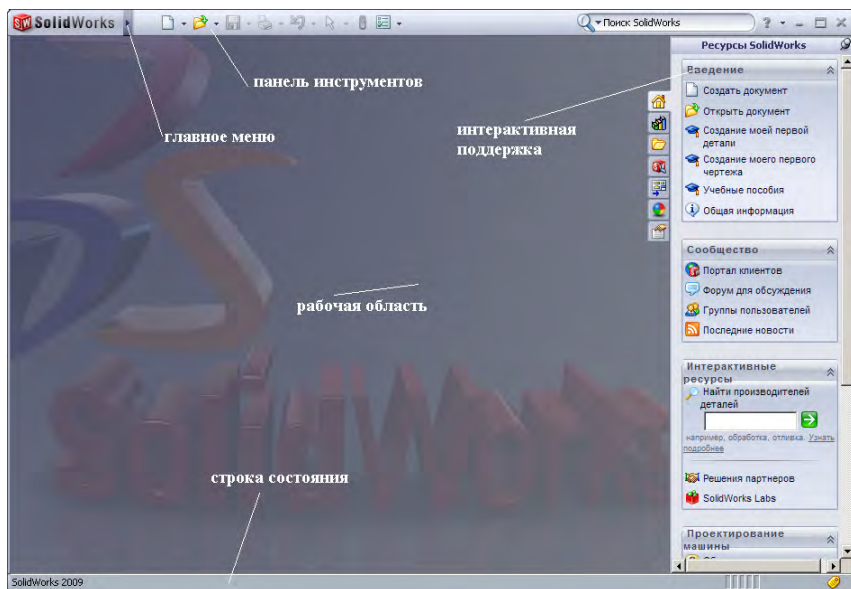


Рис. 4.1. Главное окно SolidWorks

Рабочая область занимает все свободное пространство между панелью инструментов и строкой состояний. При отсутствии активных документов она пустая. Обычно рабочая область разделена на две части: диспетчерскую (слева) и графическую (справа). В дальнейшем эти области будут рассмотрены подробнее.

Строка состояний расположена в нижней части главного окна программы SolidWorks 2009. Содержание строки состояний зависит от типа активного документа и отображает такую информацию:

- имя активного документа или краткое описание того пункта меню или конструктивного элемента, на котором в данный момент находится курсор мыши;

- текущие координаты расположения курсора;
- состояние эскиза: OverDefined (Переопределен), Under Defined (Определен не полностью) или FullyDefined (Полностью определен);
- текст «EditingSketch/Part/Assembly/Drawing» («Редактирование эскиза/детали/сборки/чертежа»).

Панели инструментов. В SolidWorks насчитывается 278 панелей инструментов (рис. 4.2), не считая панели инструментов дополнительных модулей. Панели инструментов предназначены для ускорения работы в различных режимах. Панель инструментов Standard (Стандартная) в минимальной конфигурации появляется при первом запуске программы. В зависимости от вида выполняемой работы (создания детали, сборки или чертежа) отображаются различные панели инструментов. Панели инструментов могут располагаться как по периметру рабочей области (прикрепленные панели), так и в любом месте на рабочей области (плавающие панели). С помощью технологии **drag&drop** панели инструментов можно перемещать по рабочей области, расставляя их в соответствии со своими требованиями.

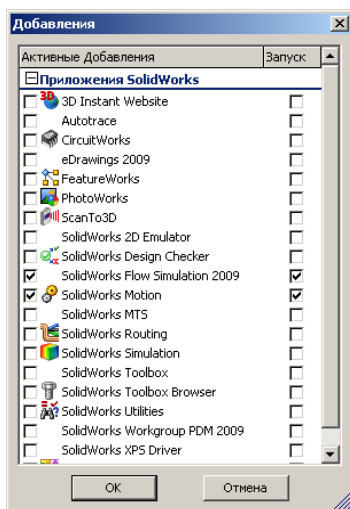


Рис. 4.2. Включение установленных приложений

Основные функции работы с системой расположены на стандартной панели инструментов **Стандартная**. При необходимости включения той или иной установленной ранее надстройки (SolidWorksMotion, CosmosFlowWorks) нужно выбрать на кнопке **Настройка** панели **Стандартная** пункт меню **Приложения** и в появившемся окне (рис. 4.2) выбрать ранее установленное требуемое приложение.

Основные понятия и определения

В моделях SolidWorks используются следующие термины.

Origin (Исходная точка) – отображается в виде двух стрелок серого цвета и представляет (0,0,0) координату модели. Когда эскиз становится активным, исходная точка эскиза отображается красным цветом и представляет (0,0,0) координату эскиза. Размеры и взаимосвязи могут быть добавлены к исходной точке модели, но не эскиза.

Axis (Ось) – прямая линия, которая используется для создания геометрии модели, элементов или шаблонов. Ось можно создать различными способами, включая пересечение двух плоскостей.

Plane (Плоскость) – плоская вспомогательная геометрия. Можно использовать плоскости для добавления двухмерного эскиза, для разреза модели, а также в качестве нейтральной плоскости для уклона и т. д.

Face (Грань) – границы, которые позволяют определить форму модели или поверхности. Грань – это область модели или поверхности, которую можно выбрать. Например, прямоугольная твердотельная деталь имеет шесть граней.

Vertex (Вершина) – точка, в которой пересекаются две или несколько линий или кромок. Вершины можно выбрать для создания эскизов, нанесения размеров и множества других операций.

Edge (Кромка) – место, в котором две грани или поверхности соприкасаются на определенном расстоянии. Кромки можно выбрать для создания эскизов, нанесения размеров и множества других операций.

Примеры работы с системой SolidWorks 2009

Создание активного проекта детали

Выберите в главном меню пункт **Файл** → **Новый** – появится окно (рис. 4.3), в котором пользователь осуществляет выбор типа проекта.

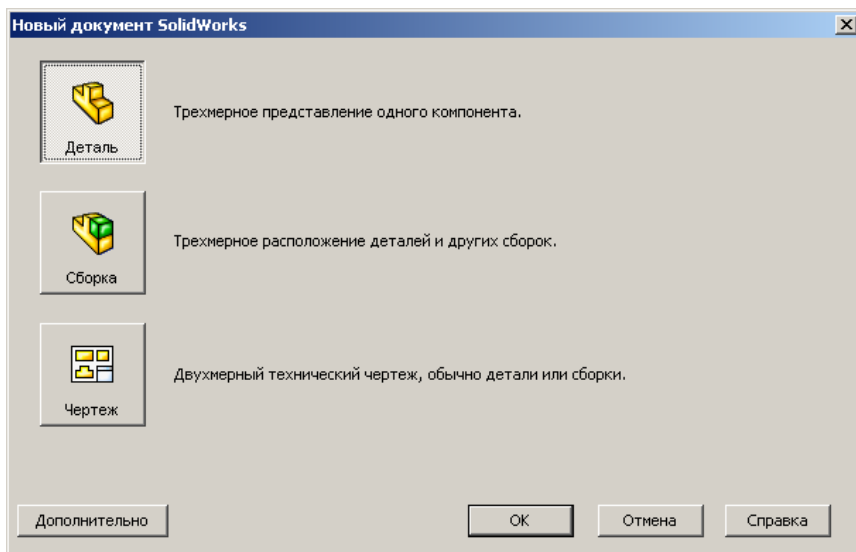


Рис. 4.3. Выбор типа проекта

Выберите **Деталь** и нажмите снизу кнопку **ОК**.

Особенности автоматизированного проектирования простых деталей в SolidWorks 2009

Данные действия приведут к загрузке в рабочее пространство чертежа дополнительных инструментов (**CommandManager**, **Центр управления проектом**, **Вид**, **Стандартные виды**, **Кнопки ориентации вида**) (рис. 4.4), посредством которых будет осуществляться проектирование детали.

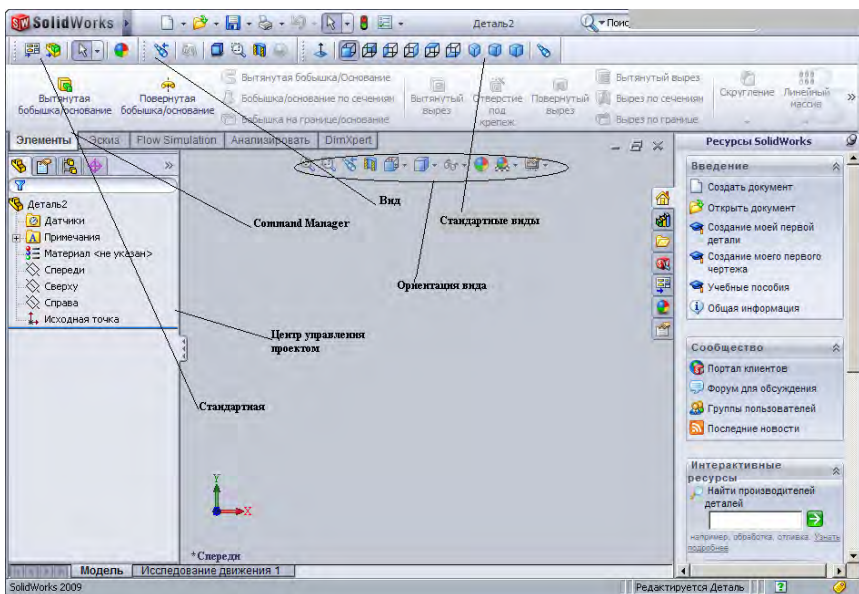


Рис. 4.4. Рабочее пространство проектирования простой детали

Основная функциональность (набор функций) инженерной идеологии проектирования SolidWorks 2009 представлена на панели закладок **CommandManager**.

Закладка *Элементы* подсвечивает основные доступные в данный момент элементы, например, *Вытянутая бобышка* или *Повернутая бобышка*, для текущего проектирования **трехмерного** объекта по составленному заранее двумерному *Эскизу*.

Проектирование новой детали начинается с закладки *Эскиз*, где пользователь моделирует основание (фундамент) последующей трехмерной модели с помощью плоскостных элементов (линий, окружностей, дуг, прямоугольников и т. д.). При этом необходимо в качестве основного выбрать **Центр управления проектом** → **Дерево конструирования** → **Вид** (рис. 4.5). Следует отметить, что в *Дереве конструирования* отображаются все созданные ранее объекты – части проектируемой детали с учетом их наследственных связей друг с другом, в то время

как изменение их свойств с возможным последующим их перестроением осуществляется в *PropertyManager*, вызываемом щелчком правой кнопки мыши (**Редактировать Определе-ние**), на выбранном объекте в *Дереве конструирования*.

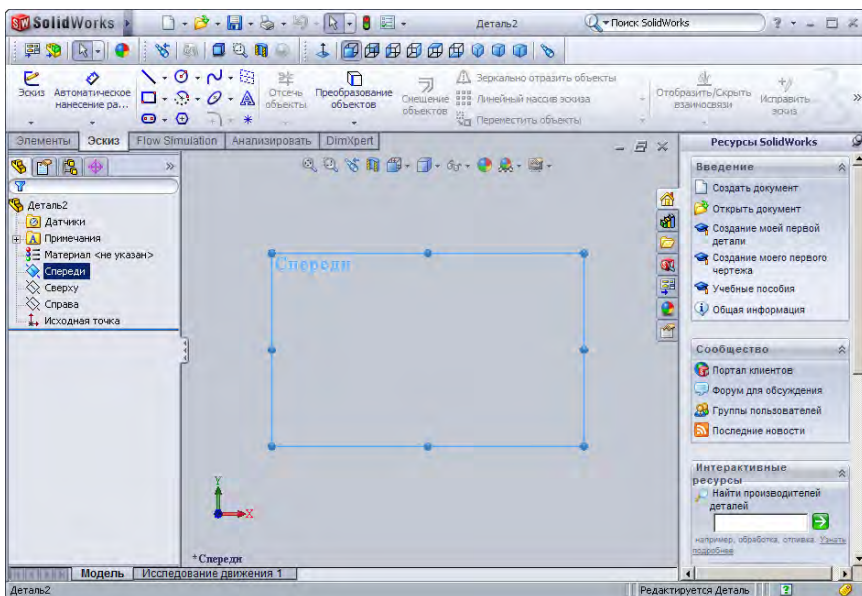


Рис. 4.5. Выбор основного вида для проектирования эскиза моделируемой трехмерной детали

Для перестроения любой составной части проектируемого объекта выберите его в *Дереве Конструирования*, вызовите *PropertyManager*, после чего нажмите кнопку *Перестроить*.

Изменение вида при необходимости осуществляется кнопками *Ориентации* либо кнопками панели *Стандартные виды* (рис. 4.6).

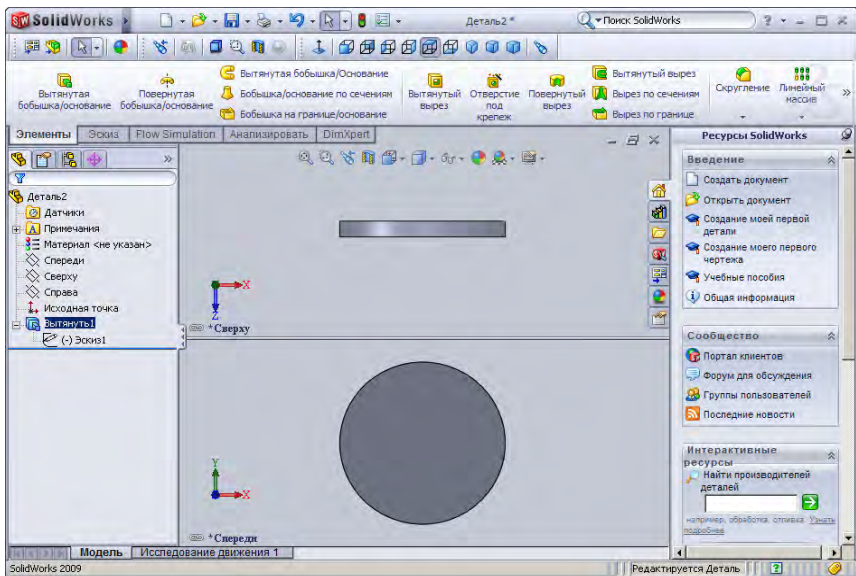


Рис. 4.6. Изменение вида кнопками ориентации модели в пространстве

Задание к лабораторной работе

С помощью подсказок в ресурсах интерактивной справки (пункт *Создание моей первой детали*) создайте модель детали *Нажимная пластина ПИ-1* и затем чертеж модели данной детали (рис. 4.7). При этом имейте в виду следующее:

– для создания центрального отверстия выбирают элемент *Отверстие под крепеж* в **CommandManager** и указывают его свойства (отверстие под чистовой метчик M14×1.5). Затем указывают **сначала произвольное** расположение на верхней грани, **а затем**, определив координаты центра верхней грани проекции центральной осевой линии *Нажимной пластины ПИ-1* путем перестроения **трехмерного** эскиза, найдя проекцию (точку) центральной осевой линии *Нажимной пластины* и определив ее пространственные координаты, изменяют координаты фронтальной проекции проектируемого отверстия под крепеж;

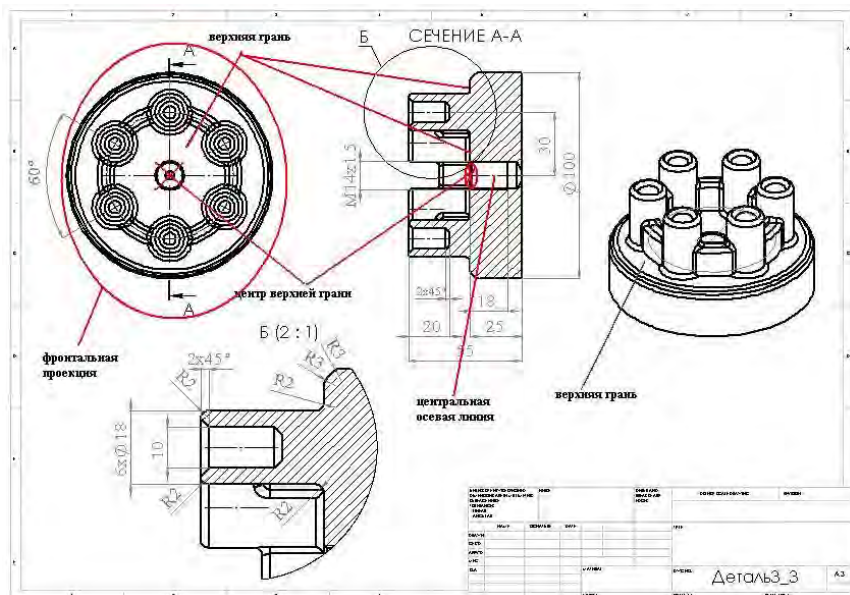


Рис. 4.7. Нажимная пластина ПИ-1

– выбор подходящей глубины резьбы осуществляют кнопками последовательного увеличения/уменьшения в зависимости от толщины *Нажимной пластины* (рис. 4.8);

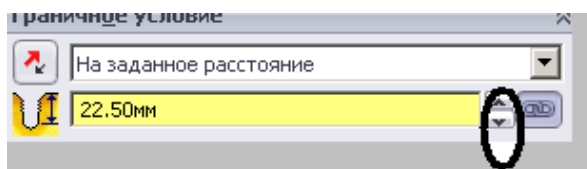



Рис. 4.8. Выбор подходящей глубины резьбового отверстия

– создавая фронтальные разрезы (см. рис. 4.5), при указании «верхней» и «нижней» точек линии разреза необходимо следить за тем, чтобы курсор принимал вид .

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Основные положения.
4. Чертеж *нажимной пластины*.

Лабораторная работа № 5

ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СБОРОК В СИСТЕМЕ SOLIDWORKS 2009

Цель работы: освоить основные приемы трехмерного (3D) проектирования сборок на примере системы автоматизированного проектирования SolidWorks 2009.

Основные положения

Сборка – это узел, состоящий из двух или более деталей, называемых компонентами, в одном документе SolidWorks. Расположение и ориентация компонентов задается с помощью сопряжений, устанавливающих взаимосвязи между компонентами.

Ограничения – объект (элемент) проекта, обозначающий добавления ограничений в геометрию модели. **Взаимосвязь** и размеры ограничивают степени свободы и геометрию деталей, а сопряжения ограничивают компоненты в сборках путем добавления взаимосвязей.

Взаимосвязи отображаются на эскизе. Существует несколько видов взаимосвязей: *горизонтальность, вертикальность, зафиксированный, совпадение концентрический*.

Сопряжения – объекты проекта, вид и количество которых определяют геометрические условия существования сопряжения деталей в сборке.

Примеры работы со сборками

Выполнение тренировочного упражнения

В меню **Справка** → **Учебные пособия** выберите пункт **Упражнение 1** → **Детали**, и последовательно осуществите его выполнение. Затем выберите пункт **Упражнение 2** → **Сборки** и **Упражнение 3** → **Чертежи**. Также осуществите последовательное их выполнение.

Проектирование «Корпус нажимной пластины»

Разработайте конструкцию корпуса *1* (рис. 5.1) с учетом последующей вставки в него спроектированной ранее **Нажимной пластины 2**. Сохраните деталь под именем *Tutor1*. При этом документ **НЕ ЗАКРЫВАЙТЕ**.

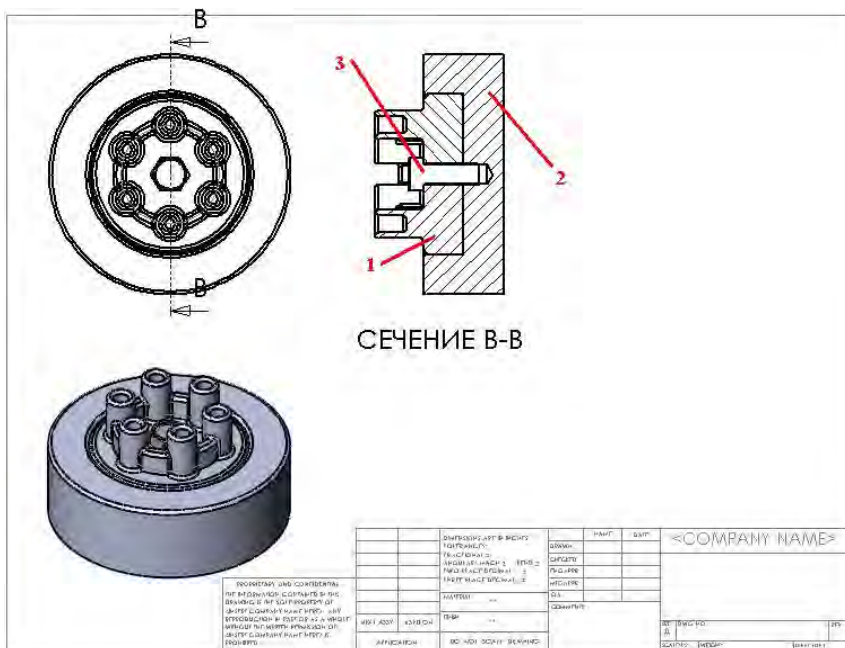


Рис. 5.1. Проектируемая сборка

Вставка корпуса нажимной пластины

В главном меню выберите пункт *Открыть*, после чего откроется и делается активным проект **Нажимная пластина**. Сохраните деталь под именем *Tutor 2*, оставляя документ открытым.

Создание сборки

На закладке *Сборка* выберите *Вставить компонент*. Слева на закладке *PropertyManager* в списке открытие документа отобразятся имеющиеся открытые детали *Tutor1* и *Tutor2* для сборки. Разместите их поочередно в документе *Сборка*.

Определите самостоятельно *Условия сопряжения* размещенных деталей.

Для того чтобы отобразить список имеющихся крепежных деталей в подключаемых библиотеках, при активном документе *Сборка* зайдите в главное меню **Инструменты** → **Добавления**. Выберите *SolidWorksToolboxBrowser* и *SolidWorksToolbox*. В правой части чертежа выберите закладку *библиотеки проектирования* разверните список *Toolbox*.

Задание к лабораторной работе

Самостоятельно подберите необходимый крепежный инструмент и определите его параметры (диаметр стержня, длину, длину резьбы), исходя из вашего проекта.

Для того чтобы поместить крепежный инструмент в место отверстия на создаваемой сборке, необходимо, удерживая левую кнопку мыши, поднести выбранный крепежный элемент в зону пустого пространства отверстия. При этом произойдет его автоматическое перемещение, если у вас не будет ошибок в сопряжениях.

В случае необходимости исправлений в **Дереве конструирования** укажите необходимую деталь, нажмите на правую кнопку мыши и выберите пункт *Редактировать деталь*. При этом остальные детали на *Сборке* «скроются».

Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Основные положения.
4. Чертеж с **размерами** разработанного корпуса 2 **Нажимной пластины**.
5. Сборочный чертеж всего проекта.

Литература

1. Учебные материалы ООО «Продуктивные технологические системы». www.pts-russia.com.

Учебное издание

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВС

Лабораторный практикум
для студентов специальности 1-37 01 01
«Двигатели внутреннего сгорания»

Составители:

Пилатов Александр Юрьевич
Ивандиков Михаил Петрович

Редактор *Л. Н. Шалаева*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 02.04.2014. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 1,82. Тираж 100. Заказ 1074.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.