

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет имени
П.О. Сухого»

Факультет автоматизированных и информационных систем

Кафедра «Информационные технологии»

Токочаков В.И.

«Основы автоматизации конструирования»

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по одноименной дисциплине для студентов специальности
1-40 01 02-01 «Информационные системы и технологии
(в проектировании и производстве)»

Гомель 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 «Изучение графического интерфейса пакета SolidWorks»	3
Лабораторная работа № 2 «Изучение модулей пакета SolidWorks»	7
Лабораторная работа № 3 «Параметрическое моделирование трехмерных твердотельных объектов»	12
Лабораторная работа № 4 «Генерация рабочих чертежей параметрических моделей детали. Управление конфигурацией детали»	19
Лабораторная работа № 5 «Создание сборочного изделия. Анализ сборки»	22
Лабораторная работа № 6 «Создание и импорт геометрических моделей»	26
Лабораторная работа № 7 «Создание и импорт конечноразностных моделей»	32
Лабораторная работа № 8 «Прочностной расчет стержневых, твердотельных и оболочечных объектов»	36
Лабораторная работа № 9 «Кинематика и динамика в SolidWorks»	39
Лабораторная работа № 10 «Изучение PDM-системы»	42
Список использованных источников	45

Лабораторная работа № 1

«Изучение графического интерфейса пакета SolidWorks»

(6 часов)

Цель работы: Изучить графический интерфейс пакета SolidWorks.

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Программа SolidWorks в графическом виде отображает структуру модели на основе элементов в специальном окне, которое называется деревом конструирования FeatureManager. В дереве конструирования FeatureManager не только отображается последовательность, в которой создавались элементы, оно также предоставляет удобный доступ ко всем основным сопутствующим сведениям.

Интерфейс пользователя SolidWorks – это интерфейс Windows, в котором можно работать точно так же, как и в других приложениях Windows.

Иногда некоторые команды, значки и параметры меню выделяются серым цветом и недоступны для выбора. Причина может заключаться в том, что пользователь, вероятно, работает в среде, из которой невозможен доступ к этим параметрам. Например, при работе в эскизе (в режиме Редактировать эскиз) имеется полный доступ ко всем инструментам эскиза. Однако такие значки, как скругление или фаска, уже не удастся выбрать на панели инструментов "Элементы". Подобным образом при работе с эскизом доступ к упомянутым выше значкам возможен, но инструменты эскиза будут выделены серым цветом и недоступны. Такой подход помогает неопытным пользователям в работе, так как он ограничивает выбор параметров. Таким образом, можно выбирать все подходящие в данной ситуации параметры, кроме выделенных серым цветом, которые не следует использовать.

Как правило, программное обеспечение SolidWorks не требует предварительного выбора объектов перед открытием меню или диалогового окна. Например, если в кромки модели необходимо добавить скругления, пользователю предоставляется полная свобода действий. Сначала можно выбрать кромки, а затем инструмент *Скругление* или наоборот – сначала выбрать инструмент *Скругление*, а затем уже кромки.

Панель инструментов – это прозрачная панель инструментов, которая содержит множество команд для манипуляции стандартны-

ми видами. Многие значки (например отображаемый значок *Скрыть/отобразить объекты*) являются *Плавающими кнопками*, которые содержат другие возможности. Эти плавающие кнопки содержат список выбора для доступа к другим командам.

Раскрывающиеся меню предоставляют доступ ко многим командам, которые предлагаются программой SolidWorks. Переместите стрелку вправо для открытия меню. Нажмите шпильку, чтобы меню не закрывались.

Панели инструментов можно включать или отключать с помощью трех методов.

Выберите *Инструменты, Настройка*. На странице *Панели инструментов* установите флажки для тех панелей инструментов, которые нужно отобразить. Снимите флажки у тех панелей инструментов, которые нужно скрыть.

Панели инструментов можно включать или отключать в зависимости от деятельности и отрасли, пользуясь разделом *Настройка рабочего процесса* на вкладке *Параметры*. В распоряжении имеется несколько отраслей промышленности.

Панели инструментов можно расположить различными способами. Их можно прикрепить по всем четырем сторонам окна SolidWorks или перетащить в графическую область или в область дерева конструирования FeatureManager. Эти положения "запоминаются", когда пользователь выходит из программы SolidWorks, и при следующем запуске SolidWorks панели инструментов будут находиться там, где они находились в прошлом сеансе. Один из вариантов расположения, включающий *Диспетчер команд*.

Быстрые советы – это часть интерактивной справочной системы. На вопросы "Что необходимо сделать?" предлагаются типичные ответы в зависимости от текущей задачи. При нажатии на ответ высветится панель инструментов и значок, необходимые для выполнения задачи.

Дерево конструирования FeatureManager – уникальная часть программы SolidWorks, в которой визуально отображаются все элементы в детали или сборке. По мере создания элементов они добавляются в дерево конструирования FeatureManager. В результате дерево конструирования FeatureManager представляет собой хронологическую последовательность операций моделирования. Дерево конст-

руирования FeatureManager предоставляет также доступ к редактированию имеющихся в нем элементов (объектов).

Многие команды SolidWorks выполняются с помощью меню PropertyManager (Менеджер свойств). Меню PropertyManager (Менеджер свойств) занимает такое же положение на экране, как и дерево конструирования FeatureManager, и сменяет его во время его использования.

Верхний ряд кнопок состоит из стандартных кнопок *ОК*, *Отмена* и *Предварительный просмотр*. Ниже верхнего ряда кнопок находятся *Окна группы*, которые содержат параметры, имеющие отношение к выполняемым действиям. Они могут быть открыты (развернуты) или закрыты (свернуты) и во многих случаях активны или неактивны.

Диспетчер команд – это набор панелей инструментов, объединенных с целью помочь пользователю-новичку в самостоятельной работе при выполнении определенных задач. Например, в версии панели инструментов для деталей имеется несколько вкладок для доступа к командам, связанным с группами *Элементы*, *Эскизы* и т.д. Она может отображаться с текстом на кнопках или без него.

В окне *Панель задач* можно получить доступ к таким возможностям, как *Ресурсы SolidWorks*, *Библиотека проектирования*, *Проводник файлов*, *Поиск*, *Палитра видов*, *Внешние виды/сцены* и *Свойства пользователя*. Окно отображается по умолчанию с правой стороны, но его можно переместить или изменить его размеры. Оно может быть открыто/закрыто, закреплено или перемещено из его положения по умолчанию с правой стороны в интерфейсе.

2 ЗАДАНИЕ

1. При создании простой детали студент должен изучить инструментальную среду трехмерного моделирования пакета SolidWorks.

3 ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

В отчете должны быть отображены следующие пункты:

1. Задание.
2. Краткие теоретические сведения по графическому интерфейсу.
3. Описание функциональных возможностей строки меню, дерева конструирования, панелей инструментов, панели задач, диспетчера команд, строки состояния.
4. Выводы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основные компоненты интерфейса пользователя SolidWorks;
2. Основные возможности строки меню;
3. Основные возможности дерева конструирования;
4. Основные возможности панели инструментов;
5. Основные возможности панели задач;
6. Информация в строке состояния;
7. Назначение диспетчера команд.

Лабораторная работа № 2 **«Изучение модулей пакета SolidWorks»** **(6 часов)**

Цель работы: изучение основных возможностей модулей (приложений) пакета SolidWorks.

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Система включает программные модули собственной разработки, а также сертифицированное ПО от специализированных разработчиков (SolidWorks Gold Partners).

Программный комплекс SolidWorks включает базовые конфигурации SolidWorks Standard, SolidWorks Professional, SolidWorks Premium, а также различные прикладные модули:

- управление инженерными данными: SolidWorks Enterprise PDM;
- инженерные расчеты: SolidWorks Simulation Professional, SolidWorks Simulation Premium, SolidWorks Flow Simulation;
- Механообработка, ЧПУ: CAMWorks.

SolidWorks Standard включает:

- гибридное параметрическое моделирование: твердотельное моделирование, моделирование поверхностей, каркасное моделирование и их комбинация без ограничения степени сложности;
- проектирование изделий с учетом специфики изготовления: детали из пластмасс, листового материала, пресс-формы и штампы металлоконструкции и пр;
- проектирование сборок: проектирование «снизу вверх» и «сверху вниз». Проектирование от концепции. Работа со сложными сборками: SpeedPak - управление производительностью системы, управление отображениями, управление конфигурациями, работа с мозаичными данными, режим сокращенных сборок и чертежей;
- библиотеки проектирования: единая библиотека физических свойств материалов, текстур и штриховок. Типовые конструктивные элементы, стандартные детали и узлы, элементы листовых деталей, профили прокатного сортамента и т.п. Библиотека стандартных компонентов от поставщиков-производителей;
- прямое редактирование геометрии: технологии Instant3D;
- проектирование на основе баз знаний: технологии DriveWorksXpress;

- экспертные системы: SketchXpert – анализ конфликтов в эскизах, поиск оптимального решения. FeatureXpert, FilletXpert, DraftXpert – автоматическое управление элементами скруглений и уклонов, оптимизация порядка построения модели. Instant3D – динамическое прямое редактирование 3D моделей деталей и сборок, стандартных компонентов. DimXpert – автоматизированная простановка размеров и допусков в 3D модели, а так же размеров в чертежах, возможность работы с импортированной геометрией. AssemblyXpert – анализ производительности больших сборок, подготовка вариантов решений по улучшению быстродействия. MateXpert – анализ сопряжений сборок, поиск оптимального решения;
- инженерный анализ: экспресс-расчеты массово-инерционных характеристик, кинематики и динамики механизмов, прочности и аэро/гидродинамики;
- анализ технологичности модели: механообработка, обработка листа, литье, заполнение пресс-форм;
- экологическая экспертиза проекта: технологии SustainabilityXpress;
- оформление чертежей по ЕСКД: двунаправленная ассоциативность 3D модели, чертежа и спецификации. Использование библиотек оформления КД по ГОСТ: специальные символы, базы, допуски и посадки, шероховатости, клеймение и маркировка, технические требования, элементы гидравлических и электрических схем и т.д.;
- трансляция данных: нейтральные форматы STEP AP203/AP214, Parasolid, ACIS, IGES, VDAFS, STL, VRML. Прямые трансляторы Pro/ENGINEER, NX, Solid Edge, Inventor, AutoCAD, CATIA Graphics. Построение 3D модели печатной платы по импортированным данным из P-CAD, Altium Designer, Mentor Graphics, CADENCE и др.;
- анимация: создание мультипликации (анимаций) на основе 3D моделей;
- API SDK: поддержка программирования на языках Visual Basic, Visual C++ и др., запись и редактирование макросов (VBA);
- SolidWorks Rx: утилита автоматической диагностики компьютера на соответствие требованиям SolidWorks;
- SolidWorks eDrawings: средства согласования технической документации;

- DraftSight: специальные лицензии профессиональной 2D САПР для создания дополнительных рабочих мест работе с данными DWG. (создание, редактирование, просмотр). Лицензии предоставляются бесплатно в необходимом количестве;

SolidWorks Professional включает функциональные возможности SolidWorks Standard, а также:

- библиотеки стандартных изделий (SolidWorks Toolbox): крепеж, подшипники, прокатный сортамент, кулачки, шкивы, шестерни и т.п.) по стандартам ГОСТ, ISO, ANSI, BSI, DIN, JIS, CISC, PEM®, SKF®, Torrington®, Truarc®, Unistrut®;
- интерактивная документация: подготовка данных для ИЭТР - Photoview 360, eDrawings Professional;
- распознавание и параметризация импортированной геометрии: технологии FeatureWorks;
- автоматическая проверка и корректировка моделей/чертежей на соответствие СтП: технологии Design Checker;
- сравнение документов SolidWorks: детали, сборки, чертежи: технологии SolidWorks Utilities;
- планирование задач (Task Scheduler): настройка задач для выполнения по расписанию. Планируемые задачи: групповая печать, импорт/экспорт, проверка проекта на соответствие стандартам предприятия и т.д.

SolidWorks Premium включает функциональные возможности SolidWorks Standard и SolidWorks Professional, а также:

- проектирование трубопроводов (SolidWorks Routing): жесткие сборные трубопроводы (на сварке и резьбе), гнутые трубопроводы, гибкие подводки и шланги. Формирование данных для трубогибов. Библиотеки стандартных элементов по ГОСТ;
- обратный инжиниринг (ScanTo3D): преобразование сканированного облака точек в 3D модели SolidWorks;
- анализ размерных цепей в 3D модели сборки (TolAnalyst): расчет и оптимизация допусков и посадок;
- обмен данными с радиотехническими САПР (CircuitWorks): двусторонний обмен данными с радиотехническим САПР (P-CAD, Altium Designer, Mentor Graphics, CADENCE и др.);
- инженерный анализ: SolidWorks Motion – комплексный динамический и кинематический анализ механизмов. SolidWorks Simulation – расчет на прочность конструкций (деталей и сборок) в упругой зоне.

Дополнительный модуль инженерного анализа SolidWorks Simulation Professional включает: расчёт на прочность конструкций в упругой зоне, постановка и решение контактных задач, расчёт сборок; определение собственных форм и частот колебаний, расчёт конструкции на устойчивость, усталостные расчёты, имитация падения, тепловые расчёты. Оптимизация параметров модели SolidWorks Motion: комплексный динамический и кинематический анализ механизмов, определение скоростей, ускорений и взаимных воздействий элементов системы.

Дополнительный модуль инженерного анализа SolidWorks Simulation Premium включает функционал SolidWorks Simulation Professional, а также: нелинейные расчёты: учет нелинейных свойств материала, нелинейного нагружения, расчёт нелинейных контактных задач; анализ усталостных напряжений и определение ресурса конструкций. Линейная и нелинейная динамика деформируемых систем. Оптимизация параметров модели. Расчёт многослойных композиционных оболочек.

Дополнительный модуль инженерного анализа SolidWorks Flow Simulation включает: моделирование течения жидкостей и газов, управление расчётной сеткой, использование различных физических моделей жидкостей и газов, комплексный тепловой расчёт, гидрогазодинамические и тепловые модели технических устройств, стационарный и нестационарный анализ, расчёт вращающихся объектов, экспорт результатов в SolidWorks Simulation.

SolidWorks Flow, Simulation Electronic Cooling Module Add-In – дополнительный модуль SolidWorks Flow Simulation для теплового расчёта электронных устройств. Включает: расширенная база данных по виртуальным вентиляторам; материалам электротехнического назначения, термоэлектрическим охладителям (элементы Пельтье), двухрезисторным компонентам. Имитация прохождения постоянного тока и джоулева нагрева постоянным током, модели двухрезисторных компонентов, тепловых трубок, многослойных печатных плат.

SolidWorks Flow Simulation HVAC Module Add-In – дополнительный модуль SolidWorks Flow Simulation для расчёта систем вентиляции, отопления и кондиционирования. Включает: Расширенная база данных по строительным материалам и вентиляторам. Уточнённая модель теплообмена излучением с учётом отражения, преломления и спектральных характеристик. Расчёт параметров комфорта:

средней прогнозируемой оценки, допустимого числа неудовлетворённых, среднерадиационной температуры и др.

2 ЗАДАНИЕ

1. При создании простой детали студент должен изучить основные функции модулей пакета SolidWorks: COSMOSWorks, COSMOSMotion, CosmosFloWorks, ToolBox, GearTrax, BlankWorks.

2. Подготовить отчет, который должен содержать цель, задание, краткие теоретические сведения, выводы по работе.

3 ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

В отчете должны быть отображены следующие пункты:

1. Задание.
2. Краткие теоретические сведения по основным модулям SolidWorks.
5. Выводы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Порядок подключения модулей в SolidWorks.
2. Основные возможности COSMOSWorks.
3. Основные возможности COSMOSMotion.
4. Основные возможности CosmosFloWorks.
5. Основные возможности ToolBox.
6. Основные возможности GearTrax.
7. Основные возможности BlankWorks.

Лабораторная работа № 3
«Параметрическое моделирование трехмерных
твердотельных объектов»
(8 часов)

Цель работы: изучение твердотельного моделирования деталей в пакете SolidWorks.

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Для создание новой детали нажмите *Создать* или выберите *Файл, Создать*. Выберите шаблон в диалоговом окне *Новый документ* SolidWorks и нажмите кнопку *ОК*. Деталь создается в соответствии с настройками шаблона. Одной из ключевых настроек являются единицы, в которых измеряется деталь. Пользователь может создать и сохранить любое число различных шаблонов – все они могут быть с различными настройками.

Рисование – это действие по созданию двухмерного профиля, состоящего из каркасной геометрии. Обычными типами геометрии являются линии, дуги, окружности и эллипсы. Рисование – динамический процесс с обратной связью от курсора, что значительно облегчает работу.

Для создания эскиза необходимо выбрать плоскость, на которой будет выполняться рисование. По умолчанию система предлагает три начальных плоскости. К ним относится *Передняя плоскость*, *Верхняя плоскость* и *Правая плоскость*.

При создании нового эскиза инструмент *Вставить эскиз* открывает систему координат эскиза на текущей выбранной плоскости или плоской грани. Инструмент *Вставить эскиз* можно использовать также для редактирования существующего эскиза.

После выбора пунктов меню *Вставка, Эскиз* необходимо выбрать плоскость или плоскую грань модели. Отобразится курсор, указывающий на то, что требуется выбрать грань или плоскость.

Команду *Вставить эскиз* можно выбрать несколькими способами: на панели инструментов "Эскиз" нажмите кнопку; в меню *Вставка* выберите *Эскиз*; предварительно поместив курсор на плоскую грань или плоскость модели, нажмите правую кнопку мыши и выберите команду *Вставить эскиз* в контекстном меню.

Оптимальный способ для начала рисования – это использование самой основной формы *Линия*. Для рисования геометрии можно использовать два метода.

Метод «Нажать-нажать». Поместите курсор в место предполагаемого начала линии. Щелкните (нажмите и отпустите) левую кнопку мыши. Переместите курсор в место предполагаемого окончания линии. Предварительный вид объекта эскиза будет следовать за курсором как "резиновая нить". Нажмите левую кнопку мыши еще раз. При дополнительных нажатиях создается серия соединенных линий.

Метод «Нажать-Перетащить». Поместите курсор в место предполагаемого начала линии. Нажмите и удерживайте левую кнопку мыши. Перетащите курсор в место предполагаемого окончания объекта эскиза. Предварительный вид объекта эскиза будет следовать за курсором как "резиновая нить". Отпустите левую кнопку мыши.

Инструмент Линия служит для создания сегментов одиночной линии в эскизе. Горизонтальные и вертикальные линии можно создавать во время рисования, для этого следите за обозначениями обратной связи возле курсора.

В любой момент эскизы могут находиться и одном из пяти состояний определения. Состояние эскиза зависит от геометрических взаимосвязей между геометрией и размерами, которые ее определяют.

Недостаточное определение эскиза, однако эскиз еще может быть использован для создания элементов. Это положительный момент, поскольку очень часто на ранних стадиях процесса проектирования не хватает информации для полного определения эскиза. Остальное определение может быть добавлено позже, когда станет доступной дополнительная информация. Геометрия недоопределенного эскиза обозначается синим цветом (по умолчанию).

В эскизе имеется полная информация. Геометрия полностью определенного эскиза обозначается черным цветом (по умолчанию). По общему правилу, когда деталь идет в производство, ее эскизы должны быть полностью определены.

В эскизе имеются дублирующиеся размеры или конфликтующие взаимосвязи, и его не следует использовать, пока не будут выполнены исправления. Ненужные размеры и взаимосвязи должны быть удалены. Геометрия переопределенного эскиза обозначается красным цветом (по умолчанию).

Взаимосвязи эскиза используются для управления поведением в элементе эскиза, в результате чего выполняется замысел проекта. Некоторые из них являются автоматическими, остальные могут быть добавлены при необходимости.

Автоматические взаимосвязи добавляются по мере рисования геометрии. Обратная связь сообщает о том, когда создаются автоматические взаимосвязи. Для тех взаимосвязей, которые невозможно добавить автоматически, существует инструмент, позволяющий создавать взаимосвязи на основе выбранной геометрии.

Инструмент *Отобразить взаимосвязи* отображает взаимосвязи и дополнительно позволяет удалить, геометрические взаимосвязи между элементами эскиза.

Существует множество типов *Взаимосвязей эскиза*. Те из них, которые являются допустимыми, зависят от сочетания выбранной геометрии. Вариантом выбора может быть сам объект, конечные точки или их сочетание. В зависимости от выбора изменяются возможности доступа к ограниченному набору параметров. На приведенном ниже рисунке 2.11-2.12 предлагаются примеры взаимосвязей эскиза. Этот список является не полным и включает не все геометрические взаимосвязи.

Инструмент *Добавить взаимосвязи* используется для создания геометрической взаимосвязи, как, например, параллельность или коллинеарность, между элементами эскиза.

Размеры – это еще один способ определения геометрии и выполнения замысла проекта в системе SolidWorks. Преимущество использования размера заключается в том, что он используется как для отображения текущего значения, так и его изменения.

Инструмент *Автоматическое нанесение размеров* определяет нужный тип размера на основе выбранной геометрии, предварительного просмотра размера до его создания. Например, если выбрать луч у, система создаст радиальный размер. Если выбрать окружность, будет предложен размер диаметра, тогда как при выборе двух параллельных линий между ними будет создан линейный размер. В тех случаях, когда инструмент *Автоматическое нанесение размеров* недостаточно эффективен, существует возможность выбора конечных точек и перемещения размера в другие позиции измерения.

При выборе геометрии эскиза с помощью инструмента нанесения размеров системой создастся предварительное изображение размера. Предварительное изображение позволяет видеть все возможные параметры благодаря простому перемещению мыши после осуществления выбора. После нажатия левой кнопки мыши размер располагается и его текущем положении и ориентации.

Нажатием правой кнопки мыши ориентация фиксируется, что позволяет перемещать текст перед окончательным размещением с помощью левой кнопки мыши.

Если выбрать инструмент нанесения размеров и две конечных точки, ниже будут предложены три возможные ориентации для линейного размера. Значение выводится из исходного расстояния от точки до точки и может изменяться в соответствии с выбранной ориентацией.

Готовый эскиз можно вытянуть для создания первого элемента. Существует множество вариантов для вытягивания эскиза, включая граничные условия, уклон и глубину вытяжки, которые будут более подробно рассматриваться в последующих упражнениях. Вытяжки имеют место в направлении, перпендикулярном плоскости эскиза.

Выберите *Вставка*, *Бобышка/Основание*, *Вытянуть* или инструмент на панели инструментов "Элементы" для получения доступа к той команде. В меню *Вставка* наряду с *Вытянуть* и *Повернуть* указаны варианты для других методов создания элементов.

Процесс создание твердотельной детали включает рисование и создание бобышек, вырезов и скруглений. Сначала создается файл новой детали. Нажмите *Создать* или выберите *Файл, Создать*. Создайте новую деталь, используя шаблон, и с помощью команды *Сохранить* сохраните ее как базовую. Нажмите правой кнопкой мыши папку Annotations (Примечания) и отключите параметр *Автоматически поместить в виды примечаний*. Благодаря этому на более поздних этапах выполнения работы размеры не будут вставляться вместе с чертежными видами.

Вставьте новый эскиз и выберите плоскость. Параметр *Угловой прямоугольник* используется для создания прямоугольника в эскизе. Прямоугольник состоит из четырех линий (двух горизонтальных и двух вертикальных), соединяющихся в углах. Он создается путем обозначения местоположения двух диагональных углов. Имеются еще несколько других инструментов для работы с прямоугольниками параллелограммами:

- прямоугольник из центра – прямоугольник создается с помощью горизонтальных и вертикальных линий из центральной точки;
- прямоугольник через 3 точки из центра – прямоугольник создается на основе центральной точки, средней точки кромки и угла. Линии углов перпендикулярны;

- прямоугольник через 3 точки под углом – для определения прямоугольника используются три угла. Линии углов перпендикулярны;
- параллелограмм – для определения элемента Parallelogram (параллелограмм) используются три угла (линии углов не перпендикулярны).

Ниже представлено объяснение некоторых наиболее часто используемых параметров вытяжки.

Тип граничного условия. Эскиз можно вытянуть в одном или двух направлениях. Одно или оба направления могут быть ограничены по глубине на заданное расстояние или по геометрии модели, а также могут проходить через всю модель.

Глубина. Расстояние для вытяжки на заданное расстояние или вытяжки от средней поверхности. В случае вытяжки от средней поверхности под глубиной подразумевается полная глубина вытяжки. Это значит, что при глубине 50 мм для вытяжки от средней поверхности на каждой стороне плоскости эскиза будет прибавлено по 25 мм.

Уклон. Применение уклона к вытяжке. Уклон вытяжки может быть направлен вовнутрь (по мере вытягивания профиль становится меньше) или наружу.

Вырезы создаются таким же образом, что и бобышки – с помощью эскиза и вытяжки. При этом материал не добавляется, а удаляется.

Любую плоскую грань модели можно использовать в качестве плоскости эскиза. Выберите грань, а затем выберите инструмент *Эскиз*. Если грани выбрать трудно, поскольку они расположены на обратной стороне модели или скрыты другими гранями, для их выбора без изменения ориентации вида можно использовать инструмент *Выбрать другой*. В этом случае используется плоская грань на передней части элемента Baseplate.

SolidWorks предлагает богатое разнообразие инструментов эскиза. С помощью которых можно создавать геометрию профиля. Для создания дуги, которая становится касательной к выбранной конечной точке на эскизе, используется инструмент *Касательная дуга*. Другую конечную точку можно поместить в пространстве или на другом объекте эскиза. Инструмент *Вставить касательную дугу* используется для создания касательных дуг в эскизе. Дуга должна быть касательной к какому-либо другому объекту (линии или дуге) в том месте, где она начинается.

Вырезы создаются таким же образом, что и бобышки. В данном случае - с помощью эскиза и вытяжки. Меню для создания выреза путем вытяжки идентично меню для создания бобышки, единственным отличием является то, что при создании выреза материал удаляется, а при создании бобышки – добавляется. За исключением этого отличия команды в меню одни и те же.

Инструмент *Отверстие под крепеж* используется для создания специальных отверстий в твердотельном элементе. С его помощью можно создавать простые, конусообразные отверстия, а также отверстия цековки и зенковки путем пошагового выполнения процедур.

С помощью инструмента *Отверстие под крепеж* можно выбрать грань, на которой будет вставлено отверстие, определить размеры отверстия и расположить его. Один из интуитивных аспектов инструмента *Отверстие под крепеж* – размер отверстия указывается с помощью крепежа, который в него входит.

Можно также размещать отверстия на плоскостях и неплоских гранях. Например, можно создать отверстие на цилиндрической грани. С помощью инструмента *Отверстие под крепеж* можно создавать отверстия разной формы, например отверстия типа цековка или зенковка. В процессе выполнения создаются два эскиза. Один определяет форму отверстия. Другой, представляющий собой точку, определяет центр. Для использования инструмента "Отверстие под крепеж" требуется выбрать грань, а не эскиз.

SolidWorks позволяет представить твердотельные модели одним из нескольких способов.

Скруглением можно назвать как скругления (добавление объема), так и округления (удаление объема). Различие состоит в геометрических условиях, а не в сущности команды. Скругления создаются на выбранных кромках. Такие кромки можно выбрать несколькими способами. Существуют варианты для фиксированных скруглений или скруглений с переменным радиусом, а также для линий перехода.

Ниже представлены несколько основных правил использования скруглений.

1. Перенесите создание косметических скруглений на конец работы.
2. Создайте несколько скруглений, у которых при использовании одной и той же команды будет одинаковый радиус.
3. Если требуются скругления с разными радиусами, обычно сначала создаются скругления с большим радиусом.

4. Важен порядок создания скруглений. Благодаря скруглениям создаются грани и кромки, которые можно использовать для создания дополнительных скруглений.

Для вставки скругления выберите параметр *Скругление* одним из способов. Параметры скругления отобразятся в PropertyManager. Выберите *Вручную* и задайте значение радиуса.

2 ЗАДАНИЕ

1. При создании деталей сборки студент должен изучить основные команды пакета SolidWorks по твердотельному конструированию:

- команды рисования эскиза;
- виды взаимосвязей геометрических примитивов;
- нанесение размеров;
- виды состояния эскиза;
- команды конструирования детали;
- применение массивов при конструировании детали;
- параметрическое моделирование детали.

2. Подготовить отчет, который должен содержать цель, задание, краткие теоретические сведения, виды деталей, выводы по работе.

3 ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

В отчете должны быть отображены следующие пункты:

1. Задание.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Краткое описание основных команд создания эскиза, описание взаимосвязей геометрических примитивов, описание состояний эскиза.
4. Краткое описание основных команд создания детали, применение массивов для детали.
5. Создание нескольких параметрических объектов.
5. Выводы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Команды рисования эскиза.
2. Виды взаимосвязей геометрических примитивов.
3. Виды состояния эскиза.
4. Команды конструирования детали.
5. Применение массивов при конструировании детали.
6. Параметрическое моделирование детали.

Лабораторная работа № 4
«Генерация рабочих чертежей параметрических моделей детали.
Управление конфигурацией детали»
(8 часов)

Цель работы: создание на базе трехмерных деталей сборки ассоциативных чертежей и спецификации.

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

С помощью SolidWorks можно легко создавать чертежи на основе деталей или сборок. Эти чертежи полностью связаны с деталями и сборками, на которые они ссылаются. При изменении модели будет обновлен и чертеж.

Шаблон чертежа включает свойства документа, представленные на рисунке. Доступ к настройкам можно получить, выбрав *Инструменты, Параметры*.

В системе имеются панели инструментов, предназначенные для процесса оформления и создания чертежей. К ним относятся: *Чертеж* и *Примечание*.

Файлы чертежей (*.slddrw) – это файлы SolidWorks, содержащие чертежные листы. Каждый такой лист эквивалентен одному листу бумаги.

При создании чертежа нажмите значок *Создать чертеж* из детали/сборки и выберите шаблон. Если дважды нажать шаблон, он автоматически откроется; при этом *ОК* нажимать не требуется.

Первое задание при оформлении – это создание видов. С помощью инструмента *Создать чертеж* из детали/сборки выполняется переход от чертежного листа к палитре видов. С помощью этого параметра и использования перетаскивания создаются чертежные виды, соответствующие ориентациям детали. Дополнительные виды можно спроецировать или разместить непосредственно из перемещенного вида.

При создании проекционного вида добавьте вид *Сверху*, переместив курсор на вид и нажав. Верните курсор на вид *Спереди* и переместите его вправо для создания вида *Справа*. Нажмите кнопку *ОК*.

Документ детали все еще открыт. Для переключения между окнами документов чертежа и детали можно использовать клавиши *Ctrl+Tab*.

Можно изменить положение чертежных видов путем их перетаскивания по чертежу. При стандартном размещении 3 видов вид

Спереди является исходным видом. Это значит, что при перемещении вида "Спереди" перемещаются все три вида. Виды *Сверху* и *Справа* будут выровнены по виду *Спереди*. Они могут перемещаться только вдоль осей выравнивания.

Размеры в чертежных видах можно создавать с помощью ряда инструментов. Эти размеры не связаны с размерами, созданными в эскизах и элементах модели. К ним относятся: автоматическое нанесение размеров – используется стандартный инструмент *Автоматическое нанесение размеров*, позволяющий вручную добавлять размеры в эскиз; DimXpert – автоматизирует процесс нанесения размеров с учетом расположения базы. Эти размеры рассматриваются как управляемые размеры. Управляемые размеры всегда отображают подходящие значения, однако не могут быть использованы с целью изменения модели. По умолчанию размеры этого типа отображаются по-другому. Они отображаются другим цветом. Значение заключается в скобки (автоматическое нанесение размеров).

Инструмент нанесения размеров DimXpert используется при нанесении размеров в виде, когда размеры наносятся в зависимости от выбора базы и геометрии модели. Имеются параметры для полярных, линейных, размеров, размеров базовой линии и цепочки размеров.

В программном обеспечении SolidWorks все элементы связаны между собой – ассоциативная связь между чертежом и деталью. Если внести изменение в отдельную деталь, это изменение будет распространено на все чертежи и сборки, которые ссылаются на эту деталь. После внесения изменений в размеры требуется перестроить модель, чтобы эти изменения вступили в силу, командой *Перестроить*.

2 ЗАДАНИЕ

1. В среде пакета SolidWorks студент должен для одной детали сборки повышенной сложности сгенерировать рабочие чертежи.

2. Подготовить отчет, который должен содержать цель, задание, краткие теоретические сведения, аксонометрический вид детали, чертежи, выводы по работе.

3 ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

В отчете должны быть отображены следующие пункты:

1. Задание.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Аксонометрический вид детали.

4. Рабочие чертежи детали с указанием размеров, допусков, шероховатости и т.д. с учетом двух конфигураций детали.

5. Выводы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Создание главных видов детали.

2. Создание проекционных видов.

3. Создание разрезов, сечений и местных видов.

4. Влияние параметров трехмерной модели на ассоциативные чертежи.

5. Возможные ошибки при создании ассоциативных чертежей.

Лабораторная работа № 5
«Создание сборочного изделия. Анализ сборки»
(8 часов)

Цель работы: Изучить создание на базе трехмерных деталей сборки ассоциативных чертежей и спецификации.

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Сборки снизу вверх создаются путем добавления и изменения ориентации существующих деталей в сборке. Добавленные в сборку детали отображаются как детали компонента. Ориентация и расположение деталей компонента в сборке выполняется с помощью сопряжений. Сопряжениями связываются грани и кромки деталей компонента с плоскостями и другими гранями и кромками.

В следующем списке перечислены некоторые ключевые паны процесса моделирования ной детали:

- создание новой сборки. Новые сборки создаются с помощью тех же методов, что и новые детали;
- добавление первого компонента. Компоненты можно добавлять несколькими способами. Их можно перетаскивать из окна открытой детали или открыть из стандартного браузера;
- положение первого компонента. Добавляемый в сборку первоначальный компонент автоматически фиксируется во время добавления. Другие компоненты размещаются после их добавления;
- дерево конструирования FeatureManager и обозначения. Дерево конструирования FeatureManager содержит множество обозначений, префиксов и суффиксов, предоставляющих сведения о сборке и ее компонентах;
- взаимное сопряжение компонентов. Сопряжения используются для размещения и ориентации компонентов по отношению друг к другу. Сопряжения удаляют степени свободы из компонентов;
- узлы. Сборки могут быть созданы и вставлены в текущую сборку, они рассматриваются как компоненты узла сборки.

Первым компонентом, добавленным в сборку, должна быть деталь, которая будет неподвижна. После фиксации первого компонента можно сопрягать с ним другие, не опасаясь его смещения.

Новые сборки могут быть созданы непосредственно или выполнены из открытой детали или сборки. Новая сборка содержит исходную точку, три стандартных плоскости и папку Mates (Сопряжения).

Для создания новой сборки из открытой детали воспользуйтесь параметром *Создать сборку из детали/сборки*. В новой сборке эта деталь используется как первый компонент и фиксируется в пространстве.

Нажмите кнопку *Создать сборку из детали/сборки* на панели инструментов «Стандартная». Или щелкните *Файл, Создать сборку из детали*.

Разместите компонент в исходной точке, поместив курсор в исходную точку или нажав кнопку *ОК*. Сохраните сборку. Файлы сборки имеют расширение *.sldasm. Закройте файл детали..

Добавляемый в сборку первоначальный компонент по умолчанию переводится в состояние Fixed (Зафиксирован). Зафиксированные компоненты не перемещаются и закрепляются на месте, в котором их оставили во время вставки в сборку. При использовании курсора во время размещения исходная точка компонента находится в положении исходной точки сборки. Это также означает, что плоскости компонента соответствуют плоскостям сборки и компонент полностью определен.

У любого компонента, который добавляется в сборку, до момента его сопряжения или фиксации существует шесть степеней свободы: перемещение вдоль осей X, Y и Z и вращение вокруг этих же осей. То, каким образом компонент может перемещаться в сборке, определяется его степенями свободы. Параметры *Зафиксировать* и *Вставить* сопряжение используются для устранения степеней свободы.

Деталь может быть полностью определена, переопределена и недоопределена. Перед недоопределена. Перед именем детали будет стоять знак «+» или «-» в скобках, если она *Переопределена* или *Недоопределена*. Детали, которые недоопределены, имеют несколько степеней свободы. Полностью определенные – только одну. Состояние *Зафиксирован* (f) указывает на то, что компонент зафиксирован в его текущем положении, но не сопряжен. Знаком вопроса «?» обозначаются компоненты, которые *Не решены*. Эти компоненты невозможно разместить, используя предоставленные сведения.

Перетаскивание компонента, очевидно, не является достаточно точной операцией для построения сборки. Для сопряжения компонентов друг с другом используются грани и кромки. Предполагается, что детали внутри элемента bracket (кронштейн) готовы к перемещению, поэтому необходимо убедиться в наличии достаточной степени свободы.

Инструмент *Вставить* сопряжение создает взаимосвязи между деталями компонента или между деталью и сборкой. *Совпадение* и *Концентричность* – два наиболее часто используемых сопряжения.

Сопряжения можно создавать с использованием множества различных объектов. Можно использовать:

- грани;
- плоскости
- кромки
- вершины;
- линии и точки эскиза;
- оси и исходные точки.

Большинство сопряжений выполняются между парой объектов. В меню *Вставка* выберите *Сопряжение*. Или на панели инструментов "Сборка" нажмите кнопку *Сопряжение*. Или нажмите компонент правой кнопкой мыши и выберите *Сопряжение*.

В списке ниже представлены некоторые ключевые этапы анализа данной сборки.

- анализ сборки. Можно выполнить, вычисление массовых характеристик сборки в целом;
- редактирование сборки. В сборке можно редактировать отдельные детали. Это значит, что можно изменять значения размеров детали, когда эта деталь в сборке активна;
- сборки с разнесенными частями. Можно создать вил сборки с разнесенными частями, выбрав компоненты и направление/расстояние перемещения;
- спецификация. Таблицу спецификации можно создать в сборке, а затем скопировать ее на лист чертежа. Для определения элементов можно добавить связанные позиции.

Для сборки можно выполнить несколько типов анализа. К ним относятся вычисление массовых характеристик сборки и проверка интерференции.

2 ЗАДАНИЕ

1. В среде пакета SolidWorks студент должен для всех трехмерных деталей сборки сгенерировать рабочие чертежи и спецификацию на сборку.

2. Выполнить анализ сборки на интерференцию.

3. Подготовить отчет, который должен содержать цель, задание, краткие теоретические сведения, чертежи, выводы по работе.

3 ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

В отчете должны быть отображены следующие пункты:

1. Задание.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Аксонометрический вид трехмерной сборки.
4. Рабочие чертежи деталей сборки.
5. Спецификация сборки.
6. Выводы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Создание главных видов сборки.
2. Создание проекционных видов сборки.
3. Создание разрезов, сечений и местных видов сборки.
4. Создание спецификации.
5. Влияние параметров трехмерной модели на ассоциативные чертежи.
6. Возможные ошибки при создании ассоциативных чертежей.

Лабораторная работа № 6
«Создание и импорт геометрических моделей»
(2 часа)

Цель работы: создание средствами SolidWorks трехмерных деталей и импорт геометрической модели, в файл, поддерживающий системой AutoCAD.

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

3D системы обеспечивают такую дисциплину работы с 3 координатами, при которой любое изменение одного вида автоматически приводит к соответствующим изменениям на всех остальных видах.

3D особо успешно применяется для создания сложных чертежей при проектировании размещения заводского оборудования, трубопроводов, различных строительных сооружений, сборочных единиц.

Неоценимо 3D там, где нужно обеспечить адекватные зазоры между компонентами. Возможность генерировать траектории движения инструмента и имитация функционирования роботов делает 3D моделирование неотъемлемой частью интеграции САПР/АСТПП. В некоторых системах 3D имеются средства автоматического анализа физических характеристик, таких как вес, моменты инерции и средства решения геометрических проблем сложных сопряжений и интерпретации. Поскольку в 3D системах существует автоматическая связь между данными различных геометрических видов изображения, 3D моделирование полезно в тех приложениях, где требуется многократное редактирование 3D образа на всех этапах процесса проектирования.

Методы 3D моделирования делятся на три категории:

- 1) каркасные (проволочные);
- 2) поверхностные (полигональные);
- 3) твердотельные (сплошное, объемное моделирование).

Каркасные модели

Каркасная модель полностью описывается в терминах точек и линий. Это моделирование самого низкого уровня. Имеет ряд серьезных ограничений, большинство из которых возникает из-за недостатка информации о гранях, заключенных между линиями и невозможности выделить внутреннюю и внешнюю область изображения твердого объемного тела. Однако каркасная модель требует меньше памяти и вполне пригодна для решения задач, относящихся к простым.

Каркасное представление часто используется не при моделировании, а при отображении моделей как один из методов визуализации.

Ограничения каркасной модели:

- 1) *Неоднозначность.* Это эффект может привести к непредсказуемым результатам. Нельзя отличить видимые грани от невидимых. Операцию по удалению невидимых линий можно выполнить только в ручную с применением команд редактирования каждой отдельной линии, но результат этой работы равносителен разрушению всей созданной каркасной конструкции, т.к. линии невидимы в одном виде и видимы в другом.
- 2) *Невозможность распознавания криволинейных граней.* Боковые поверхности цилиндрической формы реально не имеют ребер, хотя на изображении есть изображение некоторых мнимых ребер, которые ограничивают такие поверхности. Расположение этих мнимых ребер меняется в зависимости от направления вида, поэтому эти силуэты не распознаются как элементы каркасной модели и не отображаются на них.
- 3) *Невозможность обнаружить взаимное влияние компонентов.* Каркасная модель не несет информации о поверхностях, ограничивающих форму, что обуславливает невозможность обнаружения нежелательных взаимодействий между гранями объекта и существенно ограничивает использование каркасной модели в пакетах, имитирующих траекторию движения инструмента или имитацию функционирования робота, так как при таком моделировании не могут быть выявлены на стадии проектирования многие коллизии, появляющиеся при механической сборке.
- 4) *Трудности при вычислении физических характеристик.*
- 5) *Отсутствие средств выполнения тоновых изображений.*

Поверхностное моделирование

Поверхностная модель определяется с помощью точек, линий и поверхностей. При построении поверхностной модели предполагается, что технические объекты ограничены поверхностями, которые отделяют их от окружающей среды. Такая оболочка изображается графическими поверхностями. Поверхность технического объекта снова становится ограниченной контурами, но эти контуры уже являются результатом 2-х касающихся или пересекающихся поверхностей.

Точки объектов - вершины, могут быть заданы пересечением 3 поверхностей.

Поверхностное моделирование имеет следующие преимущества по сравнению с каркасным:

- способность распознавания и изображения сложных криволинейных граней;
- способность распознавания грани для получения тоновых изображений;
- способность распознавания особые построения на поверхности (отверстия);
- возможность получения качественного изображения.

Обеспечение более эффективных средств для имитации функционирования роботов. В основу поверхности положены 2 следующих математических положения:

- любую поверхность можно аппроксимировать многогранником, каждая грань которого является простейшим плоским многоугольником;
- дополнительные поверхности второго порядка и аналитически не описываемые поверхности, форму которых можно определить с помощью интерпретации или аппроксимации.

Базовые геометрические поверхности:

1. Плоские поверхности, которые можно получить, начертив сначала отрезок прямой, а затем, введя команду, которая разворачивает в 3D пространстве образ этого отрезка на заданное расстояние (получается плоскость или двугранник). Подобным образом разверткой окружностей или дуг могут быть получены цилиндрические и канонические поверхности, области поверхностей также могут быть развернуты в 3D объект (область внутри граней остается пустой).
2. Поверхности вращения. Могут, получены по команде создающей поверхность вращения плоской грани вокруг определенной оси (круговая развертка).
3. Поверхность сопряжения и пересечений. Плавной сопряжение одной поверхности к другой (часто используется). Доступны средства определений пересечений поверхностей. Возможность построения плавного сопряжения двух поверхностей является наиболее мощным и часто используемым на практике средством поверхностного моделирования. Кроме этого может быть доступно средство определения пересечения поверхности.

Например, можно построить плавное сопряжение боковых поверхностей параллелепипеда и цилиндра. Проблема порождения результирующей поверхности в данном случае сводится к задаче построения методом сплайн-интерполяции особых кривых в 3D пространстве, выходящих из квадрата и входящих в автоматически генерируемую кривую на поверхности цилиндра, по которой заданные кривые должны пересекаться.

4. Аналитические поверхности. Такие определяются одним математическим уравнением с неизвестными X, Y, Z . Эти неизвестные обозначают искомые координаты поверхностей, т.е. чтобы изобразить любую аналитическую поверхность, необходимо знать математическое уравнение, которым оно описывается.
5. Скульптурные поверхности (СП). Очень сложные. Поверхности свободных форм или произвольные поверхности. Методы ГМ скульптурной поверхности сложной формы применяют в областях, где проектируются динамические поверхности, т.е. поверхности, которым предъявляются повышенные эстетические требования. Используются при проектировании корпусов машин, самолетов. Динамические подразделяются на 2 класса:
6. Составные поверхности. В развитых системах поверхностного моделирования составную поверхность можно полностью определить, покрыв ее сеткой четырехугольных кусков, т.е. участками ограниченной продольными и поперечными линиями на поверхности. Каждый кусок имеет геометрическую форму топологического прямоугольника, который отличается от обычного тем, что его стороны не обязательно прямые и попарно перпендикулярные. Границы кусков представляют собой непрерывные кривые, что обеспечивает гладкость поверхности натянутой на сетку. Внутренняя область каждого куска определяется методом интерполяции. Изображение составной поверхности, реализованное указанным способом, м.б. получено на экране дисплея, либо с помощью построения по точкам сплайновых кривых, либо путем создания многогранного каркаса, на который система будет автоматически аппроксимировать натяжение гладкой криволинейной поверхности

Твердотельное моделирование (ТМ). ТМ – единственное средство, которое обеспечивает полное однозначное описание 3D геометрической формы. Преимущество Т-моделей:

- ✓ Полное определение объемной формы с возможностью разграничивать внутренний и внешние области объекта, что необходимо для взаимовлияний компонент.
- ✓ Обеспечение автоматического удаления скрытых линий.
- ✓ Автоматическое построение 3D разрезов компонентов, что особенно важно при анализе сложных сборочных изделий.
- ✓ Применение методов анализа с автоматическим получением изображения точных весовых характеристик методом конечных элементов.
- ✓ Получение тоновых эффектов, манипуляции с источниками света.

Примерами пакетов 3D-моделирования являются: Power Shape, Solid Edge. Эти системы позволяют сочетать каркасную, поверхностную и твердотельную геометрию и использовать комбинации жестко размерного моделирования, т.е. использовать гибридное моделирование.

2 ЗАДАНИЕ

1. В среде пакета SolidWorks студент должен создать трехмерную деталь средней сложности и сохранить геометрическую модель в формате DWG системы AutoCAD и формате графического обмена DXF.

2. Открыть геометрическую модель в AutoCAD и выполнить некоторые команды редактирования модели.

3. Подготовить отчет, который должен содержать цель, задание, краткие теоретические сведения, рисунки геометрических моделей, выводы по работе.

3 ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

В отчете должны быть отображены следующие пункты:

1. Задание.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Геометрическая модель SolidWorks.
4. Геометрическая модель AutoCAD.
5. Сравнительный анализ двух моделей.
6. Выводы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как создаются трехмерные детали в SolidWorks?
2. Импортирование геометрических моделей в различные форматы файлов.
3. Возможные ошибки при импортировании геометрических моделей деталей и сборок.
4. Типы графических файлов геометрических моделей.

;
.

Лабораторная работа № 7

«Создание и импорт конечноразностных моделей»

(2 часа)

Цель работы: создание средствами SolidWorks трехмерных деталей и импорт конечноразностной модели, в файл, поддерживающий системой ANSYS.

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Главная сфера использования МКЭ – анализ на прочность и расчет деформации.

Сейчас МКЭ является одним из наиболее популярных инструментов исследования характеристик инженерных конструкций, подвергаемых различным нагрузкам. Традиционные методы, предполагающие строгое теоретическое обоснование, могут использоваться только для ограниченного класса задач и особых условий нагрузки. Они часто нуждаются в модификации, причем приходится контролировать их применимость к решению поставленной задачи. Неуверенность конструкторов в достоверности полученных результатов заставляет их повышать предельные нагрузки, что приводит к включению в конструкцию дополнительных крепежных секций, перерасходу материалов и повышению общей стоимости изделия.

МКЭ позволяет конструктору решать задачи расчета сложных деталей путем разбиения их на более мелкие части – конечные элементы. Эти элементы иногда называю дискретными, процесс их выделения- дискретизацией формы детали.

После разбивки дальнейшие расчеты проводятся для отдельных конечных элементов, каждый из них вносит свой вклад в характеристику прочности детали. Точки, ограничивающие элемент, называются узлами, и вместе с проходящими через линиями образуют конечную элементную сетку.

Для 2D областей наиболее часто используются элементы в форме треугольника и четырехугольника. При этом элементы могут иметь как прямо-, так и криволинейные границы, что позволяет с достаточной степенью точности аппроксимировать границу любой формы. Для 3D областей наиболее часто применяются элементы в форме тетраэдра и параллелепипеда, которые также могут иметь прямо – и криволинейные границы.

В общем случае МКЭ состоит из следующих этапов:

- 1) Выделение конечных элементов.

Это один из наиболее важных этапов МКЭ, т.к. от качества разбиения во многом зависит точность полученных результатов. Например, разбиение на двумерные элементы, близкие по форме к равносторонним треугольникам, обеспечивает лучшие результаты по сравнению с разбиением на вытянутые треугольники. Возможность легко изменять размеры элементов позволяет без труда учитывать концентрацию напряжений, температурные градиенты, свойства материалов и т.д. Разбиение области на элементы обычно начинают от ее границы с целью наиболее точной аппроксимации формы границы, затем выполняют разбиение внутренних областей. Часто разбиение области на элементы выполняют в несколько этапов. Сначала область делится на достаточно большие подобласти, границы между которыми проходят там, где изменяются свойства материалов, геометрия, приложенная нагрузка и др. Затем каждая подобласть делится на элементы, причем резкого изменения размеров конечных элементов на границах подобластей стараются избегать.

2) Нумерация узлов элементов.

Порядок нумерации имеет в данном случае существенное значение, так как влияет на эффективность последовательных вычислений. Дело в том, что матрица коэффициентов системы множества алгебраических уравнений, к которым приводит МКЭ – сильно разреженная матрица ленточной структуры. Ненулевые элементы матрицы располагаются параллельно главной диагонали. Целое число, являющееся максимальной разностью между номерами ненулевых элементов в строке, называется шириной полосы. Чем меньше ширина полосы, тем меньший объем памяти требуется для хранения матрицы при реализации МКЭ и тем меньше затраты машинного времени на решение результирующей системы уравнений. Ширина полосы зависит от количества степеней свободы узлов и способа нумерации последних. При нумерации узлов предпочтителен способ, обеспечивающий минимальную разницу между номерами узлов в каждом отдельном элементе. Если максимальная разность между номерами узлов для отдельного элемента обозначить через N , а количество степеней свободы через M , то $L=(N+1)*M$. В некоторых случаях уменьшение числа N может быть достигнуто последовательной нумерацией узлов при движении в направлении минимального размера рассматриваемой области. Рациональная нумерация уменьшает необходимый объем памяти почти в 3 раза. Информация о способе разбиения области на конечные элементы и нумерация узлов является исходной для всех сле-

дующих этапов алгоритмов МКЭ при реализации методов САПР. При этом требуется указывать не только номер, но и координаты каждого узла и принадлежность его к определенным конечным элементам. Такого рода информация называется топологической и содержит примерно в 6 раз больше цифр, чем количество узлов системы. При описании области, разбитой на конечные элементы, необходимо задавать тип конечного элемента, его порядковый номер, номера узлов элемента, координаты узлов, информацию о соединении элементов, значении физических параметров объекта в пределах конечного элемента.

3) Определение аппроксимирующей функции для каждого элемента (определение функции элемента).

На этом этапе искомая непрерывная аппроксимирующая кусочно-непрерывных, определенной на множестве конечных элементов. Эту процедуру нужно выполнить один раз для типичного элемента области безотносительно к его топологическому положению в ней. Полученная функция используется для всех остальных элементов области того же вида. Эта особенность является важным аспектом МКЭ. Благодаря ей элементы с однажды определенными функциями легко включаются в библиотеку элементов соответствующего программного комплекса и далее используется для решения разнообразных краевых задач. В качестве аппроксимирующей функции элементов чаще всего используются полиномы, которые разбираются так, чтобы обеспечить непрерывность искомой функции в узлах и на границах элементов.

4) Объединение конечных элементов в ансамбль.

На этом этапе уравнения, относящиеся к отдельным элементам, объединяются в ансамбль, т.е. в систему алгебраических уравнений. При этом выполняется перенумерация узлов.

5) Решение полученной системы алгебраических уравнений.

Реальная конструкция аппроксимируется сотнями конечных элементов, и следовательно появляются системы уравнений с сотнями и тысячами неизвестных, которые нужно решить. Решение таких систем - главная проблема реализации МКЭ. Методы решений зависят от размеров разрешающей системы уравнений. В связи с большой размерностью и сильной разреженностью матрицы коэффициентов для реализации МКЭ САПР разработаны специальные способы хранения матрицы жесткости, позволяющей уменьшить необходимый для этого объем памяти. Матрицы жесткости используются в каждом методе

прочностного расчета, используя конечную элементную сетку. Название матрицы жесткости пришло из строительной механики, где МКЭ начал использоваться раньше, чем в других областях техники.

2 ЗАДАНИЕ

1. В среде пакета SolidWorks студент должен создать трехмерную деталь средней сложности.

2. Разработать сеточную модель, сохранить сеточную модель в формате графического обмена сеточных файлов системы ANSYS.

3. Открыть сеточную модель в ANSYS и вывести на печать основные параметры сеточной модели.

4. Подготовить отчет, который должен содержать цель, задание, краткие теоретические сведения, сеточные модели, выводы по работе.

3 ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

В отчете должны быть отображены следующие пункты:

1. Задание.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Геометрическая модель SolidWorks.
4. Сеточная модель SolidWorks.
5. Сеточная модель ANSYS.
6. Выводы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Создание трехмерных деталей в SolidWorks.
2. Импортирование сеточных моделей в различные форматы файлов.
3. Возможные ошибки при импортировании сеточных моделей, приводящих к появлению больших ошибок при прочностном расчете.
4. Виды некорректных сеточных моделей.
5. Оптимизация сеточных моделей в SolidWorks.

Лабораторная работа № 8
«Прочностной расчет стержневых,
твердотельных и оболочечных объектов»
(4 часа)

Цель работы: создание средствами SolidWorks трехмерных деталей сборки, прочностной расчет, анализ результатов, сравнение результатов, полученных в системе ANSYS.

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

CosmosWorks представляет собой программу для решения задач механики деформируемого твёрдого тела. Позволяет проводить статический анализ деталей и сборок, расчёт собственных частот и соответствующих им форм тел, расчёт величин критических нагрузок потери устойчивости и соответствующих им форм деталей, тепловой и термоупругий анализы. CosmosWorks позволяет проводить оптимизацию конструкции по критериям минимизации/максимизации массы, объёма, собственных частот и критической силы. Имитировать деформацию конструкции с учётом нелинейности, моделировать эффект падения конструкции и проводить усталостный расчёт.

CosmosWorks имеет широкий спектр специализированных решателей, позволяющих провести анализ большинства встречающихся задач для деталей и сборок:

- линейный статический анализ;
- определение собственных форм и частот;
- расчет критических сил и форм потери устойчивости;
- тепловой анализ;
- совместный термостатический анализ;
- расчет сборок с использованием контактных элементов;
- нелинейные расчеты;
- оптимизация конструкции;
- расчет электромагнитных задач;
- определение долговечности конструкции;
- расчет течения жидкостей и газов.
- Инструменты автоматического анализа:
- используя проверенную технику генерации конечно-элементной сетки, CosmosWorks позволяет быстро и качественно проводить анализ конструкций любой сложности, включая сборки, изделия из листового металла и т.д. ;

- AccuStress дает возможность управлять характеристиками конечно-элементной модели;
- проведение оптимизации геометрических параметров модели;
- анализ оболочек с использованием данных SolidWorks, включая анализ с использованием срединных поверхностей;
- использование Р-адаптации сетки;

Анализ сборок:

- Автоматическая генерация сетки с объединением различных компонентов в одну модель;
- Анализ сборок с учетом разъединения и трения;
- Анализ сборок с учетом больших нелинейных деформаций при контакте поверхностей и трении;
- Анализ интерференции компонентов.

Нагрузки и граничные условия могут быть приложены в глобальной или локальной системе координат. CosmosWorks поддерживает ортогональную, цилиндрическую и сферическую системы координат. Нагрузки и граничные условия включают:

- принудительные перемещения узлов;
- постоянные и переменные силы и моменты;
- постоянное и переменное давление;
- подшипниковые нагрузки;
- удаленные нагрузки и закрепления;
- абсолютно жесткое соединение компонентов в сборке;
- ускорения и гравитацию;
- тепловые нагрузки.

Для визуализации результатов CosmosWorks поддерживает трехмерную графику, основанную на OpenGL. Постпроцессор позволяет просматривать следующие данные, полученные при расчете конструкции:

- напряжения, относительные и абсолютные деформации, деформированное состояние, энергия деформации, силы реакции;
- собственные формы и частоты колебаний;
- температура, градиенты температуры, тепловые потоки;
- динамическое отображение сечений и вывод изоповерхностей;
- мастер проверки конструкции позволяет определять коэффициент безопасности;
- историю оптимизации конструкции;
- графическое отображение изменения параметров при Р-методе.

2 ЗАДАНИЕ

1. В среде пакета SolidWorks студент должен создать трехмерные детали средней сложности, собрать детали в сборку, назначить материал для каждой детали, установить статические и контактные граничные условия, разработать сеточную модель, выполнить прочностной расчет, вывести результаты, проанализировать результаты расчета.

2. Импортировать геометрическую модель в ANSYS и провести аналогичный прочностной расчет в ANSYS, вывести на печать результаты расчета.

3. Сравнить результаты, полученные в системах ANSYS и SolidWorks.

3. Подготовить отчет, который должен содержать цель, задание, краткие теоретические сведения, решение задачи, выводы по работе.

3 ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

В отчете должны быть отображены следующие пункты:

1. Задание.
2. Краткие теоретические сведения по расчетам.
3. Аксонометрический вид сборки из SolidWorks, аксонометрический вид сборки и диаграмма результатов из SolidWorks, аксонометрический вид сборки и диаграмма результатов из ANSYS.
5. Выводы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение материала деталей и их параметров.
2. Назначение статических и контактных граничных условий.
3. Прочностной расчет стержневых, твердотельных и оболочечных объектов.
4. Анализ результатов расчета.

Лабораторная работа № 9
«Кинематика и динамика в SolidWorks»
(4 часа)

Цель работы: изучить создание средствами SolidWorks трехмерных деталей сборки, динамический расчет, анализ результатов.

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Модуль COSMOSMotion тесно интегрируется в SolidWorks. С точки зрения пользователя, он не был выполнен на уровне расчетного модуля, характеризующегося собственным менеджером, набором окон и независимой структурой результатов. Сейчас все функции COSMOSMotion присутствуют непосредственно в интерфейсе SolidWorks.

Доступ к функциональности, связанной с моделированием движения, осуществляется после активизации вкладки Motion Study. В выпадающем списке, расположенном справа под окном SolidWorks в верхней части панели менеджера движения, доступны три уровня моделирования движения:

- движение сборки позволяет:
 - фиксировать несколько последовательных положений детали,
 - создавать двигатель, приводящий сборку в движение,
 - варьировать размер сопряжений «Расстояние» или «Угол», а также взаимосвязи между кривыми выбранного объекта,
 - динамически изменять свойства компонента. Можно скрыть или отобразить компоненты и выбрать режим их отображения (каркасное представление, скрыть невидимые линии, закрасить и т.д.),
 - изменять ориентацию вида и выбор вида,
 - изменять цвет или текстуру компонента,
 - изменять свойства освещения и камеры,
 - изменять расположение элементов эскиза;
- физическое моделирование позволяет:
 - вводить двигатели,
 - моделировать линейные и торсионные пружины и демпферы (в том числе с нелинейными характеристиками), трехмерные контакты для выбранных деталей, учитывать действие линейных и круговых двигателей с различными законами движения, в том числе определяемыми формулами, а также силу тяжести. В процессе физического моделирования учитывается масса конструкции.

Физическое моделирование включает функциональность процедуры «Физическая динамика»;

- COSMOSMotion позволяет выполнять полноценный кинематический и динамический анализ сборки с учетом разнообразных соединений, локальной податливости деталей, наличия податливых втулок с выводом результатов в произвольной форме, а также экспортировать нагрузки движения в COSMOSWorks.

Объекты, созданные в расчетной модели «нижнего» уровня, доступны в «верхних» уровнях в новой функциональности. Например, трехмерный контакт, сгенерированный в типе исследования «Физическое моделирование», где не учитываются трение и податливость при контакте, может быть дополнен этими свойствами при переходе к COSMOSMotion.

2 ЗАДАНИЕ

1. В среде пакета SolidWorks студент должен создать трехмерные детали средней сложности, собрать детали в сборку, назначить материал для каждой детали, установить статические и контактные граничные условия.

2. Разработать сеточную модель, выполнить динамический расчет, вывести результаты. В качестве динамической модели можно использовать установившиеся и переходные процессы в ременных, зубчатых, фрикционных и цепных передачах.

3. Проанализировать результаты расчета.

4. Подготовить отчет, который должен содержать цель, задание, краткие теоретические сведения, геометрическая модель, результаты расчета, выводы по работе.

3 ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

В отчете должны быть отображены следующие пункты:

1. Задание.
2. Краткие теоретические сведения по кинематическому расчету.
3. Анализ результатов расчета.
4. Выводы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Создание трехмерных деталей в SolidWorks.

2. Назначение материала деталей и их параметров.
3. Назначение статических и контактных граничных условий.
4. Динамический расчет.
5. Анализ результатов расчета.

Лабораторная работа № 10 **«Изучение PDM-системы»** **(4 часа)**

Цель работы: Изучить состав и задачи, решаемые PDM-системами на предприятии.

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

PDM-система выступает в качестве средства интеграции множества используемых на предприятии прикладных автоматизированных систем (CAD/CAM/CAE/CAPP/ERP/MRP) за счет сбора поступающей из них информации в логически единую модель на основе стандартных интерфейсов взаимодействия.

Пользователями PDM-системы могут быть все сотрудники всех предприятий-участников жизненного цикла изделия: конструкторы, технологи, работники технического архива, а также сотрудники, работающие в других предметных областях (сбыт, маркетинг, снабжение, финансы, сервис, эксплуатация и т. п.). Главная задача PDM-системы – предоставить соответствующему сотруднику необходимую информацию в нужное время и в удобной форме (в соответствии с правами доступа).

Функционал PDM-системы можно четко разделить на несколько групп:

- управление архивом информации: все документы в PDM-системе хранятся в специальной подсистеме – электронном архиве, который обеспечивает целостность данных, организует доступ к ним пользователей в соответствии с назначенными правами и позволяет осуществлять поиск;
- управление процессами: PDM-система выступает в качестве рабочей среды пользователей и отслеживает все их действия, включая версии создаваемых ими данных. PDM-система управляет потоком работ и занимается протоколированием действий пользователей и изменений данных;
- управление составом изделия: PDM-система содержит информацию о составе изделия, его исполнениях и конфигурациях. Важная особенность – наличие нескольких представлений состава изделия для различных предметных областей (конструкторский состав, технологический состав, маркетинговый состав и т. д.), а также управление применяемостью компонентов изделия;

- классификация: PDM-система позволяет распределять изделия и документы в соответствии с различными классификаторами. Это может быть использовано при автоматизации поиска изделий с нужными характеристиками с целью их повторного использования или для автоматизации присваивания обозначений компонентов изделия;
- вспомогательные функции, обеспечивающие взаимодействие PDM-системы с другими программными средствами, с пользователями, а также взаимодействие пользователей друг с другом.

Внедрение PDM – длительный процесс, сопровождающийся привлечением значительных ресурсов как со стороны предприятия, так и со стороны поставщика программного обеспечения. Потребуется вносить изменения во все процессы – от работы конструктора до полного пересмотра стандартов предприятия. PDM-система не просто программное обеспечение, которое можно установить и забыть. Это новая технология работы предприятия, новый режим функционирования бизнеса.

Поскольку PDM-система предназначена практически для всех подразделений, для ее развертывания необходимо создать специальную проектную группу, возглавляемую руководителем проекта. Очень важно, чтобы руководитель проекта принадлежал к высшему руководству предприятия либо ему были делегированы такие полномочия на время внедрения проекта. В группу со стороны предприятия обязательно должен войти администратор системы – он займется установкой и поддержкой работоспособности PDM-системы. Кроме того, необходимы специалисты, досконально знающие, каким образом происходит движение различной документации и какие изменения она при этом претерпевает. Такие сотрудники помогут при настройке и адаптации системы. В проектную команду надо включать и нескольких опытных пользователей. Со стороны заказчика PDM-системы в проектную команду должны войти руководитель проекта (он же постановщик задач) и группа инженеров по внедрению.

Перед проектной группой ставится целый комплекс задач: установка системы, организация работы и настройка серверов, настройка и наполнение баз данных и их адаптация к требованиям предприятия, организация автоматизированного обмена заданиями между сотрудниками и подразделениями. Объем работ значительный – внедренческий проект PDM-системы по трудоемкости не уступает внедрению системы управления корпоративного уровня.

2 ЗАДАНИЕ

1. Изучить теоретические сведения по PDM-системам.
2. Изучить SolidWorks Enterprise PDM на основе небольшой сборки.
3. Изменить конфигурацию деталей или сборки и проанализировать состав документов.
4. Подготовить отчет, который должен содержать цель, задание, краткие теоретические сведения, состав документов сборки по различным конфигурациям, выводы по работе.

3 ТРЕБОВАНИЕ К ОТЧЕТУ

В отчете должны быть отображены следующие пункты:

1. Задание.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Состав документов сборки по различным конфигурациям.
7. Выводы.

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Задачи, решаемые PDM-системами.
2. Структура PDM-систем.
3. Организация состава документов для различных конфигураций деталей или сборок.
4. Какие пакеты интегрирует PDM-система на предприятии.

Список использованных источников

1. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. – Мн.: ДизайнПРО, 1997. – 640 с.
2. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986. – 318 с.
3. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твёрдого тела. М.: Мир, 1987. – 328 с.
4. Прерис А. SolidWorks 2005/2006. Учебный курс. СПб.: Питер, 2006. – 528 с.
5. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. – 392 с.
6. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. М.: Едиториал УРСС, 2004. – 272 с.
7. Ли К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
8. Шайдуров В.В. Многосеточные методы конечных элементов. М.: Наука, 1989. – 288 с.
9. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / Под общ. ред. Д.Г. Красковского. М.: КомпьютерПресс, 2002. – 224 с.
10. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справ. Пособие. М.: Машиностроение-1, 2004. – 512 с.
11. Колесов Ю. Моделирование систем. Динамические и гибридные системы. – СПб.: BHV, 2006. – 224 с.
12. Жолобов А. Проектирование технологических процессов сборки машин. – М.: Новое знание, 2005. – 410 с.
13. SolidWorks 2007/2008 :компьютерное моделирование в инженерной практике. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2008. – 1028 с.
14. Алямовский А. А. SolidWorks / COSMOSWorks 2006-2007:инженерный анализ методом конечных элементов – Москва :ДМК, 2007. –783 с.
15. Дударева, Н. Ю. SolidWorks 2009 на примерах Загайко – Санкт-Петербург :БХВ-Петербург, 2009. – 528 с.
16. Тику Ш. SolidWorks 2005 – Санкт-Петербург :Питер, 2006. – 815с.