

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 7-06-0715-01 «Транспорт»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2025

УДК 658.012.011.56
ББК 32.81
П76

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»
«24» декабря 2024 г., протокол № 5

Составитель ст. преподаватель Ю. С. Романович

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Применение систем автоматизированного проектирования». Приведены краткие сведения по дисциплине, способы настройки программного комплекса SolidWorks, рекомендации по использованию CAD-, CAM- и CAE-модулей при проектировании изделий.

Учебное издание

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ответственный за выпуск	И. В. Лесковец
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 32 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Настройки программного комплекса САПР при использовании интегрированных приложений	5
2 Лабораторная работа № 2. Параметризация трехмерных моделей	8
3 Лабораторная работа № 3. Создание параметрических моделей деталей.....	11
4 Лабораторная работа № 4. Конфигурации моделей.....	14
5 Лабораторная работа № 5. Оптимизация формы детали	16
6 Лабораторная работа № 6. Создание параметрических моделей сборочных единиц.....	17
7 Лабораторная работа № 7. Параметрическая оптимизация размеров.....	19
8 Лабораторная работа № 8. Технологическая подготовка производства средствами САПР.....	23
9 Лабораторная работа № 9. Моделирование движения жидкостей и газов средствами САПР.....	29
10 Лабораторная работа № 10. Решение комплексных задач проектирования машин средствами САПР	31
Список литературы	32

Введение

Системы автоматизированного проектирования (САПР) являются важнейшими составляющими современных технологий, связанных с автоматизацией производства.

Эффективное применение САПР возможно только при наличии высококвалифицированных инженеров, профессионально владеющих основами автоматизации проектирования, компьютерной техникой и способных быть пользователями САПР.

Основная цель выполнения лабораторных работ – освоение студентами принципов автоматизации проектирования в машиностроении и получения практических навыков применения современных программных средств для самостоятельного решения проектных задач в области конструирования строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин.

1 Лабораторная работа № 1. Настройки программного комплекса САПР при использовании интегрированных приложений

Цель работы: ознакомиться с системой автоматизированного проектирования SolidWorks; изучить принципы управления и настройки интерфейса; получить практические навыки подключения интегрированных приложений.

1.1 Общие сведения

SolidWorks – это система автоматизированного проектирования, обладающая инструментами для создания чертежей и твердотельных моделей, инженерного анализа и организации совместной работы.

Широкие функциональные возможности SolidWorks обеспечиваются наличием интегрированных приложений и возможностью подключения приложений сторонних разработчиков.

Запуск SolidWorks осуществляется одним из методов, доступных в среде Windows:

- вызовом команды запуска из меню «Пуск»;
- используя ярлык на рабочем столе;
- открыв любой файл SolidWorks с расширениями *.sldprt, *.sldasm, *.slddrw двойным щелчком левой клавиши мыши в проводнике Windows.

Изначально при запуске отображается ограниченный набор элементов интерфейса, отвечающий за работу с файлами, справочной системой, внешний вид и настройки. Для изучения интерфейса создадим пустой файл детали.

На рисунке 1.1 изображены основные элементы пользовательского интерфейса SolidWorks.

В строке меню по умолчанию содержатся наиболее часто используемые кнопки инструментов. Возможно переключение к классическому виду и закрепление этого меню. Настройка команд меню осуществляется следующим образом:

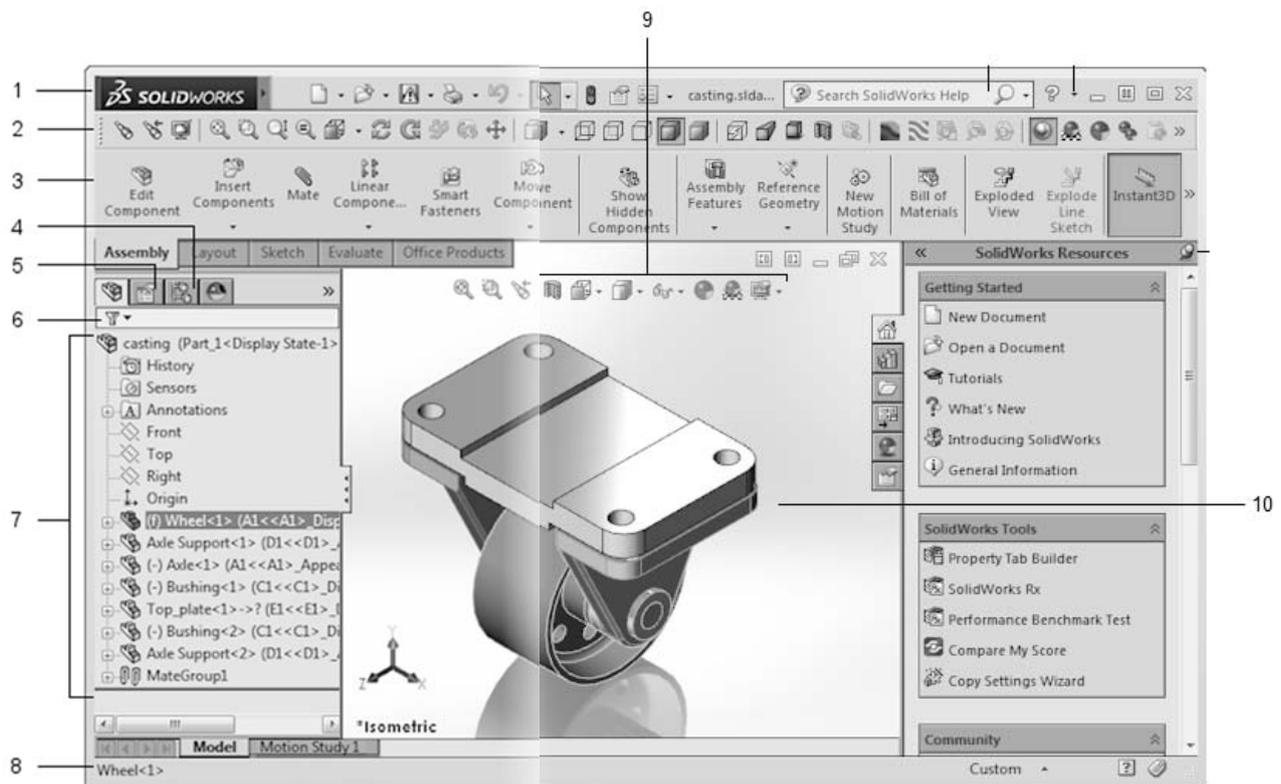
- нажмите правой кнопкой мыши на пункт меню, выберите «Настройка меню» и укажите или отмените необходимые пункты.

Для большинства инструментов SolidWorks и дополнительных продуктов имеются панели инструментов, на которых размещены кнопки команд для выполнения задач проектирования, чтобы переключать видимость и настраивать панели инструментов;

- нажмите правой кнопкой мыши на границу окна, выберите панель инструментов или «Настройка» для их изменения;
- выберите «Инструменты» – «Настройка», используйте необходимую вкладку появившегося диалогового окна.

Диспетчер команд – это контекстная панель инструментов, которая обновляется автоматически в зависимости от выбранной вкладки в ее нижней части.

Менеджер конфигурации служит для создания, выбора и просмотра конфигураций деталей и сборок в документе.



1 – строка меню; 2 – панель инструментов; 3 – диспетчер команд; 4 – менеджер конфигураций; 5 – менеджер свойств; 6 – фильтр дерева конструирования; 7 – дерево конструирования; 8 – строка состояния; 9 – панель инструментов управляемого просмотра; 10 – графическая область

Рисунок 1.1 – Интерфейс SolidWorks

Окно «Менеджер свойств» предназначено для настройки свойств и других параметров команд.

Фильтр дерева конструирования позволяет проводить поиск определенных деталей или компонентов сборок.

В дереве конструирования отображаются этапы построения модели или сборки, разные листы и виды чертежа, что облегчает операции выбора и предоставляет доступ к папкам и инструментам при работе с моделями.

Строка состояния, расположенная в нижней части окна SolidWorks, отображает информацию о выполняемых задачах.

Панель инструментов управляемого просмотра предоставляет все часто используемые инструменты для манипулирования видом.

В графической области отображаются детали, сборки и чертежи, которыми может оперировать пользователь.

Для подключения интегрированных приложений при работе в SolidWorks необходимо выполнить одно из следующих действий:

– выберите «Инструменты» – «Добавления», в появившемся диалоговом окне (рисунок 1.2) выберите необходимые модули в колонке «Активные добавления»;

– выберите вкладку «Диспетчер команд» – «Добавления SolidWorks», на панели (рисунок 1.3) и в диалоговом окне «Добавления» выберите в колонке

«Активные добавления» необходимые приложения.

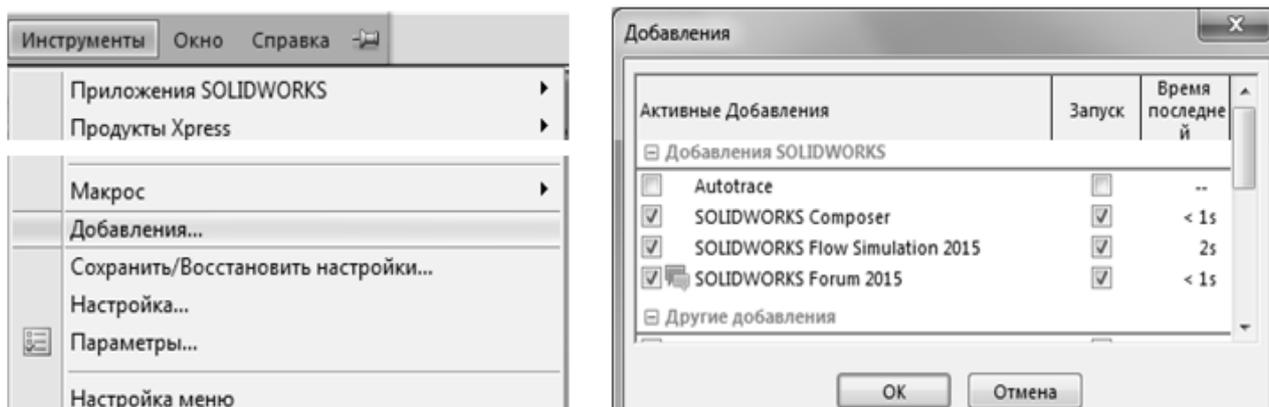


Рисунок 1.2 – Диалоговое окно «Добавления»

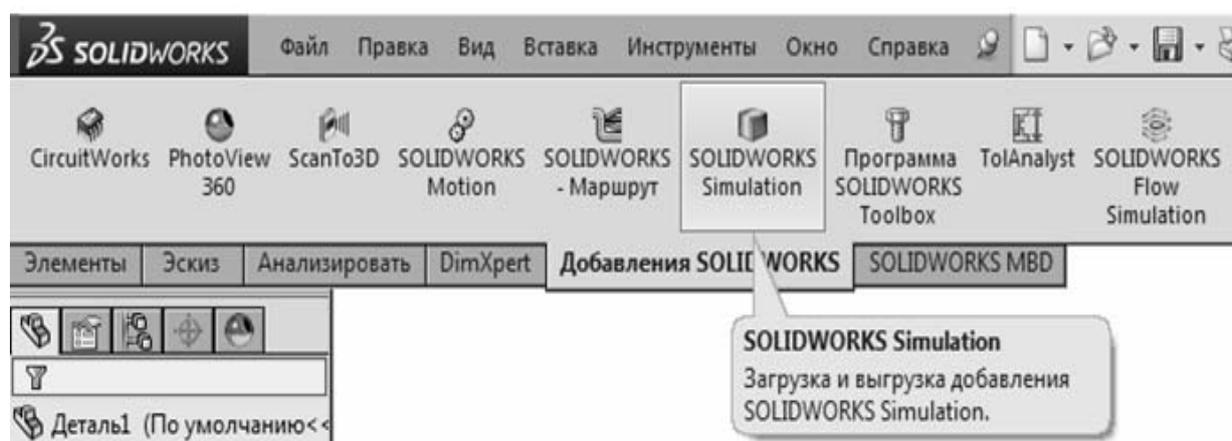


Рисунок 1.3 – Вкладка «Добавления SolidWorks»

При перезапуске подключенные вышеуказанным способом приложения необходимо подключать заново.

При частом использовании интегрированных приложений рекомендуется установить их подключение при загрузке SolidWorks. Для этого необходимо вызвать диалоговое окно «Добавления», как указано выше, и отметить автоматически загружаемые добавления в колонке «Запуск» (см. рисунок 1.2).

После подключения модуля на ленте «Диспетчер команд» (рисунок 1.4) появляется вкладка приложения. В строке меню команд для некоторых интегрированных приложений появится соответствующая категория.

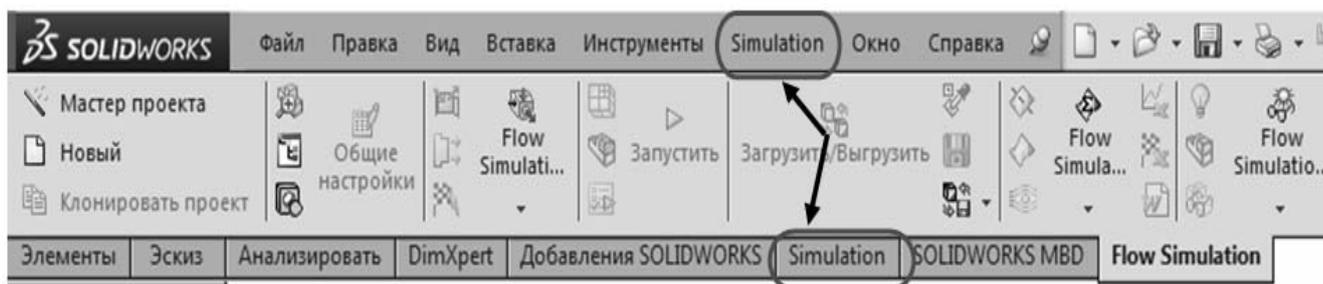


Рисунок 1.4 – Интерфейс после подключения интегрированного приложения

1.2 Порядок выполнения работы

- 1 Запустить систему SolidWorks.
- 2 Ознакомиться со структурой, элементами интерфейса и принципами их настройки в SolidWorks используя справочную систему.
- 3 Выполнить подключение интегрированных приложений Simulation, FlowSimulation для автоматической загрузки при запуске SolidWorks. Подключить модуль CamWorks только для активного сеанса работы.
- 4 Ознакомиться со структурой, элементами интерфейса и принципами их настройки в интегрированных приложениях.
- 5 Оформить отчет.

1.3 Содержание отчета

- Титульный лист.
- Цель работы.
- Описание порядка подключения интегрированных приложений.
- Описание назначения и структуры интерфейса интегрированных приложений SolidWorks.
- Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Каковы основные способы запуска SolidWorks?
- 2 Перечислите основные элементы интерфейса SolidWorks. Каково их назначение?
- 3 Как производится добавление/удаление и настройка панелей инструментов SolidWorks?
- 4 Чем определяется структура диспетчера команд?
- 5 Продемонстрируйте различные способы подключения интегрированных приложений SolidWorks.

2 Лабораторная работа № 2. Параметризация трехмерных моделей

Цель работы: изучить понятия и принципы построения параметрических моделей и создания на их основе конфигураций; получить практические навыки параметризации эскизов, деталей, создания конфигураций.

2.1 Общие сведения

Система SolidWorks предоставляет возможности по созданию различных конфигураций с управляемыми параметрами.

В основе создания конфигураций лежит создание параметризованных с помощью размеров и взаимосвязей моделей как на этапе выполнения эскиза, так и на этапе получения твердотельного объема. При изменении размеров изменяется и форма модели. Каждому размеру среда присваивает имя по умолчанию. Для изменения имени:

- выделить желаемый размерный объект;
- в окне «Первичное значение» панели «Размер» назначить желаемое имя (рисунок 2.1).

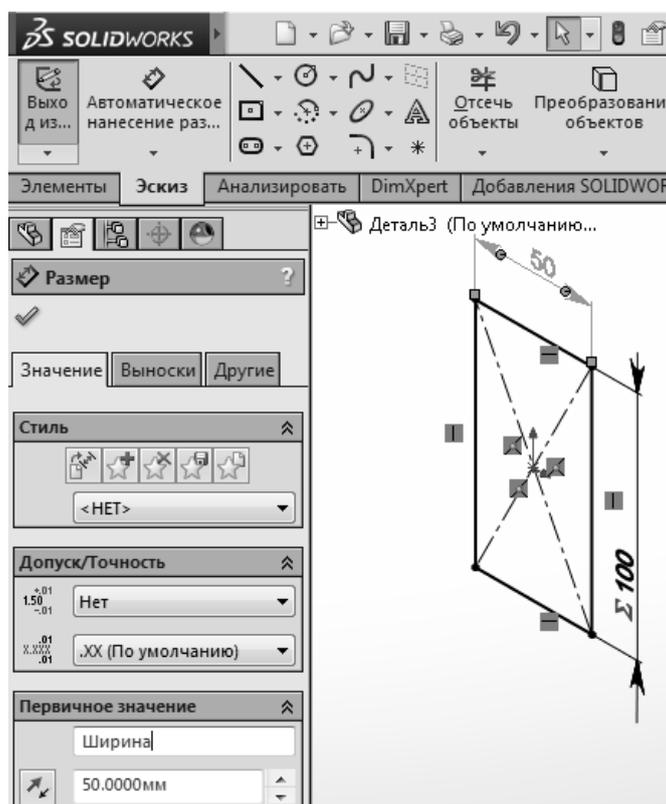


Рисунок 2.1 – Управление размером

Размеры параметрической модели можно связать между собой в уравнениях, что снижает количество операций по редактированию параметров конфигураций. Для добавления уравнения выполнить команду «Уравнения» из меню «Инструменты» и в диалоговом окне (рисунок 2.2) ввести уравнение, после чего соответствующая папка появится в дереве конструирования (рисунок 2.3). Контекстное меню, вызываемое на этой папке, предоставляет возможности по управлению уравнениями.

Эскиз параметрической модели для создания конфигурации должен быть полностью определен (должен быть черным). В качестве параметрических можно использовать только определяющие размеры модели.

SolidWorks предоставляет возможность управлять параметрами и создавать конфигурации с помощью встроенной таблицы Microsoft Excel.

Таблица параметров сохраняется в документе модели, при этом у нее по умолчанию отсутствует связь с исходным файлом Excel. Если необходимо,

можно связать документ модели с файлом Excel. Между таблицей и объектом существует взаимосвязь, т. е. при выборе определенного номера объекта программа обращается к таблице и выдает измененный вид в зависимости от тех данных, которые записаны в конкретной ячейке.

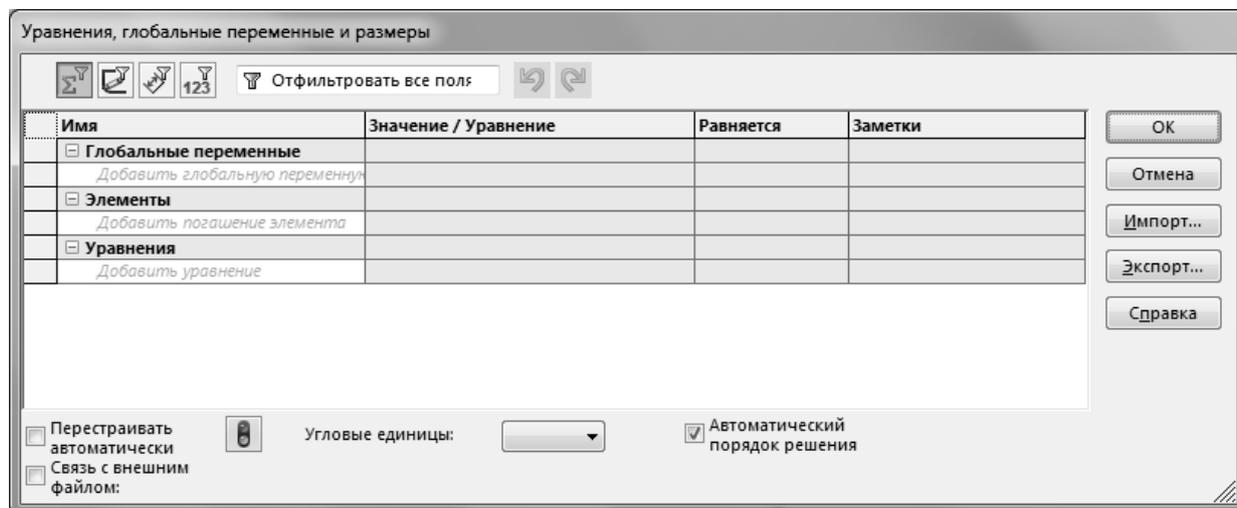


Рисунок 2.2 – Диалоговое окно уравнения и контекстное меню для управления уравнениями

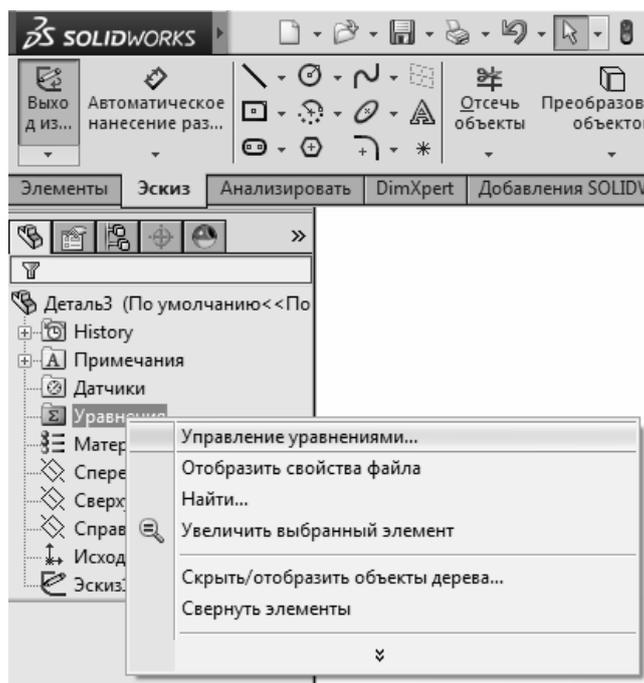


Рисунок 2.3 – Контекстное меню для управления уравнениями

4.2 Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с особенностями создания параметрических моделей в SolidWorks, используя справочную систему.

2 Выполнить создание параметрической модели детали типа втулка по заданию преподавателя.

3 С помощью уравнения связать не менее двух размеров модели.

4 Создать таблицу параметров в автоматическом режиме, для чего:

- в меню «Вставить» выбрать пункт «Таблицы» и далее – «Таблица параметров»;
- в окне PropertyManager в разделе «Источник» выбрать «Авто-создать»;
- установить настройки для параметра «Редактировать управление», выбрать необходимые «Параметры» и подтвердить создание;
- в открывшейся таблице ввести параметры новых конфигураций;
- нажать в любом месте за пределами таблицы в пределах графической области для закрытия таблицы параметров;
- связать таблицу параметров с файлом, используя контекстное меню, вызываемое на «Таблице параметров», открыть файл в MS Excel и создать в нем новую конфигурацию. Открыть исправленный файл таблицы конфигураций и просмотреть полученный результат.

5 Оформить отчет.

2.3 Содержание отчета

Титульный лист.

Цель работы.

Таблицы с параметрами созданных моделей и сами модели.

Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите назначение и основные функции конфигураций.
- 2 Что такое параметрическая модель?
- 3 Какова функция уравнений в параметрических моделях?
- 4 Как создать и редактировать уравнение и табличную конфигурацию?

3 Лабораторная работа № 3. Создание параметрических моделей деталей

Цель работы: изучить использование ассоциативных связей при построении параметрических моделей; получить практические навыки создания параметрических моделей деталей с ассоциативными связями.

3.1 Общие сведения

Ассоциативность – способность системы запоминать логические связи между операциями построения и геометрическими объектами, которые использовались в качестве опорных в данной операции (т. е. на которые производились ссылки при построении).

Ассоциативность оказывает существенное влияние на модификацию параметрических моделей и связана с историей создания модели.

Принцип ассоциативности положен в основу наложения взаимосвязей при построении твердотельных моделей в SolidWorks.

При создании ассоциативных взаимосвязей необходимо учитывать следующее:

- изменения родительских объектов приводят к изменению потомков;
- удаление родительских объектов может быть невозможно без предварительного удаления потомков, может повлечь за собой удаление потомков, может оборвать связи, идущие к потомку, и тот станет неопределенным в своей геометрии и будет вызывать ошибки;
- чтобы можно было удалить родительские объекты, нужно корректно преобразовать ассоциативные связи;
- наследование имеет иерархическую структуру: сколько бы уровней вложения не было, изменение родителей влечет изменения всех дочерних объектов на всех уровнях вложения;
- наследственная ассоциативность связана с деревом истории конструирования изделия.

Ассоциативные взаимосвязи при создании геометрии детали базируются на принципах наследования. Например, сначала создается элемент «Основание-вытянуть», а потом – дополнительные элементы, такие как «Бобышка» или «Вырез-вытянуть».

«Основание-вытянуть» – это родительский элемент; «Бобышка» или «Вырез-вытянуть» – это дочерний элемент. Дочерний элемент зависит от родительского элемента.

Взаимосвязь «Родитель/Потомок» включает следующие характеристики:

- можно только просматривать взаимосвязи; редактировать их нельзя;
- дочерний элемент не может предшествовать элементу родителя.

Чтобы просмотреть взаимосвязи «Родитель/Потомок», в дереве конструирования или в графической области в контекстном меню компонента выбрать команду «Родитель/Потомок» (рисунок 3.1).

Изменить или добавить взаимосвязи в режиме создания эскиза можно, выполнив команду «Отобразить /скрыть взаимосвязи» на вкладке «Эскиз» или в контекстном меню на эскизе. Включение или отключение взаимосвязей и привязок осуществляется из меню «Инструменты» или контекстного меню на эскизе командой «Настройки эскиза».

3.2 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с основными понятиями.
- 2 Выполнить создание параметрической модели детали типа корпус.
- 3 Изучить возникшие взаимосвязи при создании эскиза и ассоциативные взаимосвязи «Родитель/Потомок» при создании детали.
- 4 Создать табличные конфигурации корпуса, изучить влияние параметров на поведение родительских и дочерних объектов детали.
- 5 Оформить отчет.

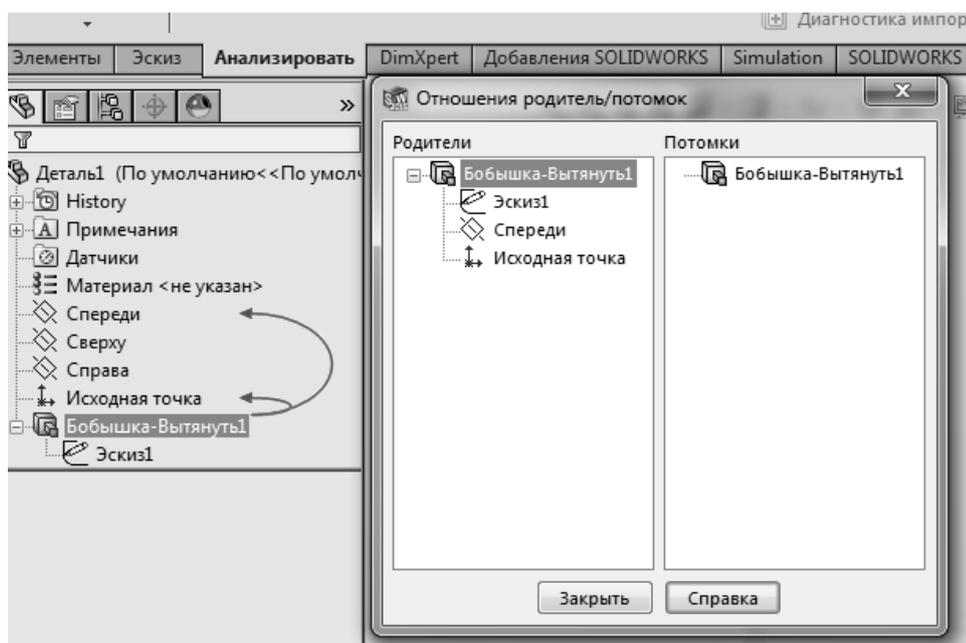


Рисунок 3.1 – Отображение ассоциативных взаимосвязей в SolidWorks

3.3 Содержание отчета

Титульный лист.

Цель работы.

Таблицы конфигураций для созданных деталей.

Изображения моделей, соответствующих таблицам конфигураций.

Взаимосвязи «Родитель/Потомок» для созданных моделей.

Оценка влияния изменения параметров на родительские и дочерние объекты модели.

Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое ассоциативность?
- 2 Для чего в SolidWorks используется принцип ассоциативности?
- 3 Дайте описание взаимосвязи «Родитель/Потомок».
- 4 Какой принцип положен в основу взаимосвязи «Родитель/Потомок»?
- 5 Как изменение родительского объекта влияет на объекты-потомки?
- 6 Как просмотреть взаимосвязи «Родитель/Потомок»?
- 7 Как изменять и добавлять взаимосвязи при построении эскиза?

4 Лабораторная работа № 4. Конфигурации моделей

Цель работы: изучить возможности системы SolidWorks по созданию и управлению конфигурациями; получить практические навыки по работе с конфигурациями.

4.1 Общие сведения

Конфигурации позволяют создать несколько вариантов модели детали или сборки в одном документе. Можно использовать конфигурации, чтобы создавать ряды моделей с разными размерами, компонентами или другими параметрами, определяющими геометрию, и управлять ими.

В документах деталей конфигурации позволяют создавать ряд деталей различных размеров, с разными элементами и свойствами, включая свойства пользователя.

В документах сборок конфигурации позволяют создавать упрощенные варианты проекта путем погашения компонентов, ряды сборок с различными конфигурациями компонентов, различными параметрами для элементов сборок, различными размерами или свойствами пользователя, относящимися к конфигурации.

В документах чертежей можно отобразить виды конфигураций, созданных в документах деталей и сборок.

Для моделей деталей и сборок, содержащих конфигурации, можно управлять размером файлов и временем, необходимым для их сохранения. Можно указать и определить, какие конфигурации всегда будут оставаться обновленными. При каждом сохранении модели можно очистить кэшированные данные конфигурации.

Доступность набора данных конфигурации экономит существенное количество времени при переключении на эту конфигурацию с другой, но для каждой активированной конфигурации увеличивается размер файла модели, а также время, необходимое для перестройки и сохранения файла.

Можно создать конфигурации с использованием следующих методов:

- создание конфигураций вручную;
- с использованием таблиц параметров для создания и управления конфигурациями в электронной таблице Microsoft Excel;
- с использованием диалогового окна «Изменить конфигурации» для создания и изменения конфигураций.

Таблица параметров позволяет создавать несколько конфигураций путем задания параметров во встроенной таблице Microsoft Excel.

Таблица параметров сохраняется в документе модели, при этом у нее по умолчанию отсутствует связь с исходным файлом Excel. Если необходимо, можно связать документ модели с файлом Excel. Между таблицей и объектом существует взаимосвязь, т. е. при выборе определенного номера объекта программа обращается к таблице и выдает измененный вид в зависимости от тех данных, которые записаны в конкретной ячейке.

Существует несколько способов вставки таблицы параметров:

- автоматическая вставка таблицы параметров;
- вставка пустой таблицы параметров;
- вставка внешнего файла в таблицу параметров;
- создание в виде отдельного файла Microsoft Excel, а затем с помощью окна PropertyManager – «Таблица параметров» вставить файл в модель.

Чаще всего для создания, выбора и просмотра конфигураций в документе используют ConfigurationManager (Менеджер конфигурации), выполняя действия с конфигурациями через контекстное меню.

4.2 Порядок выполнения работы

1 Используя справочную систему, изучить возможности по созданию и редактированию конфигураций.

2 Создать ручные конфигурации для сборки на основе параметрической модели для чего в «Менеджере конфигураций»:

- вызвать контекстное меню на названии сборки и выбрать «Добавить конфигурацию». В появившейся панели слева указать параметры конфигурации, подтвердить создание;

- выбрать двойным щелчком нужную конфигурацию и перейти в дерево конструирования;

- в режиме редактирования эскиза, твердого тела или сборки выбрать изменяемый в текущей конфигурации размер. В окне «Первичное значение» панели «Размер» нажать кнопку «Конфигурация», указать, к какой из конфигураций относится изменение размера. Далее в окне «Первичное значение» указать желаемый размер, подтвердить изменение и выйти из режима редактирования.

3 В «Менеджере конфигураций» просмотреть полученные конфигурации и результаты.

4 Создать вручную производные конфигурации на основе уже существующих, вызвав контекстное меню на названии конфигурации, и выбрать «Добавить производную конфигурацию». Далее действовать, как указано выше.

4.3 Содержание отчета

Титульный лист.

Цель работы.

Изображения сборочной единицы разных конфигураций.

Параметры созданных конфигураций.

Оценка полученных результатов. Выводы.

Контрольные вопросы

1 Каковы назначение и основные функции конфигураций?

2 Какие способы создания конфигураций вам известны?

3 Каков порядок создания конфигураций?

4 Как редактировать конфигурации?

5 Как создаются производные конфигурации?

5 Лабораторная работа № 5. Оптимизация формы детали

Цель работы: изучить основные функциональные возможности модуля Simulation и инженерного анализа; получить практические навыки постановки и решения задачи исследования и оптимизации формы изделия в Simulation.

5.1 Основные сведения

Оптимизация формы подразумевает сохранение неизменной топологии при изменении формы.

Переменные оптимизации в этом случае задают форму конструкции. Побочным эффектом оптимизации формы обычно является оптимизация размеров. Таким образом, оптимизация размеров может считаться всего лишь частным случаем оптимизации формы.

Переменные оптимизации могут быть параметрами, определяющими какие-либо особенности формы или ее важнейшие размеры. Например, переменной оптимизации может быть радиус отверстия или длина стороны детали. Очевидно, что изменение этих параметров может значительно изменить геометрию. При этом требуется перестроение сетки конечных элементов. Основное требование к модели состоит в том, что она не должна ухудшаться в процессе оптимизации.

5.2 Порядок выполнения работы

1 Создать модель детали.

2 Исследовать прочностные характеристики детали по заданию преподавателя и определить её оптимальную форму при ограниченном допуске напряжении, цель оптимизации, снижение массы изделия, для чего:

- выполнить базовое статическое исследование в Simulation;
- выполнить параметрическую оптимизацию с целью минимизации

массы.

3 Оформить отчет.

5.3 Содержание отчета

Титульный лист.

Цель работы.

Результаты исследования в Simulation.

Результаты оптимизации формы кронштейна.

Оценка полученных результатов.

Выводы.

Контрольные вопросы

1 Какие требования предъявляются к модели при выполнении оптимизации формы?

- 2 Назовите основные задачи оптимизации формы.
- 3 Каков порядок проведения оптимизации формы?
- 4 Как осуществляется управление параметрами оптимизации формы?

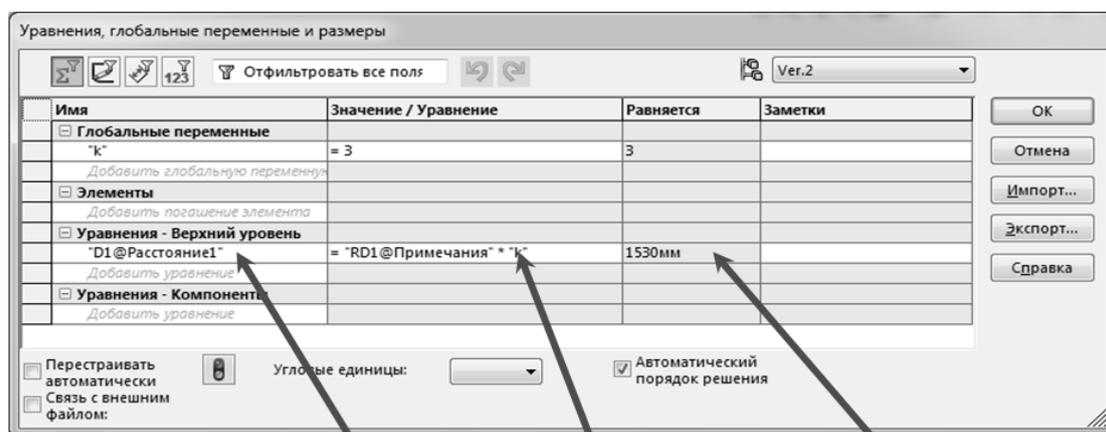
6 Лабораторная работа № 6. Создание параметрических моделей сборочных единиц

Цель работы: изучить и освоить средства создания параметрических моделей сборочных единиц; выполнить сборку и создать конфигурации с разным вылетом модели телескопической стрелы автомобильного крана.

6.1 Общие сведения

Методика создания параметрических моделей деталей описана в лабораторных работах № 4 и 5.

Для создания параметрической сборки с помощью уравнения, определяющего положение одной детали сборки относительно другой детали, положением которой производится управление в сборке, должна быть освобождена и установлена в необходимое положение при помощи сопряжений относительно другой детали. Одно из сопряжений, определяющее взаимное положение деталей сборки, необходимо добавить в уравнение (рисунок 6.1).



Зависимый размер Определяющий размер Значение зависимого размера

Рисунок 6.1 – Добавление уравнения

Для добавления уравнения запускаем «Инструменты» – «Уравнения», выбираем зависимый размер (например, «D1@Расстояние1»), далее выбираем определяющий положение деталей размер (например, «RD1@Примечания»). В глобальных переменных задаем коэффициент «K», определяющий взаимосвязь определяющего и зависимого размеров и, соответственно, положение второй детали относительно первой.

Также уравнение можно вписать вручную в соответствии с правилом:

Имя_размера = Имя_размера@Имя_конфигурации@Имя_детали.SLDPRT.

В сборке можно управлять положением одной детали сборки относительно другой с помощью дополнительного эскиза. Вторая деталь, положением которой производится управление в сборке, должна быть освобождена и установлена в необходимое положение при помощи сопряжений относительно первой детали. Одно из сопряжений, определяющее взаимное положение деталей сборки, необходимо привязать к размеру дополнительного эскиза, принадлежащего первой детали.

Также в сборке можно управлять положением одной детали сборки относительно другой с помощью управления сопряжением.

6.2 Порядок выполнения работы

1 Построить твердотельные параметрические модели основания и выдвижной секции стрелы крана в соответствии с заданием.

2 Выполнить сборку телескопической стрелы.

3 Создать конфигурации сборки с различным положением выдвижной секции, установив связь между вылетом и высотой профиля основания с помощью уравнения с глобальной переменной.

4 Создать конфигурации сборки с различным положением выдвижной секции, установив связь с помощью дополнительного эскиза.

5 Создать конфигурации сборки с различным положением выдвижной секции, установив связь с помощью сопряжения в сборке.

6 Оформить отчет.

6.3 Содержание отчета

Титульный лист.

Цель работы.

Результаты параметрического моделирования стрелы.

Таблицы параметров созданных моделей.

Оценка различных способов создания параметрических сборок.

Выводы.

Контрольные вопросы

1 Каковы назначение и основные функции конфигураций в сборках?

2 Что такое параметрическая модель сборки?

3 Какова функция уравнений в параметрических сборках?

4 Какие способы управления положением деталей в параметрических сборках вам известны?

7 Лабораторная работа № 7. Параметрическая оптимизация размеров

Цель работы: изучить основные функциональные возможности модулей Simulation и модуля инженерного анализа для выполнения параметрической оптимизации; получить практические навыки постановки и решения задачи исследования и оптимизации параметров изделия.

7.1 Общие сведения

Оптимизацией называют поиск наилучшего решения в конструкции.

В зависимости от того, какими свойствами компонента управляют конструктивные параметры в конкретной задаче оптимизации, она называется оптимизацией:

- размеров;
- формы;
- топологии.

Оптимизация размеров – простейший из трех методов структурной оптимизации, состоящий в изменении размеров конструкции при сохранении ее формы и топологии.

Оптимизация конструкции требует ее параметризации, дающей возможность рассматривать альтернативные конструкции, изменяя значения параметров. Различные наборы значений параметров будут давать разные конструкции. В зависимости от ситуации некоторые параметры могут не иметь степеней свободы из-за ограничений.

Оптимизация выполняется в последовательности, описанной ниже.

Для выполнения задачи параметрической оптимизации конструкции необходимо выполнить предварительное исследование этой параметрической модели в Simulation.

Для создания анализа необходимо создать исследование, щелкнув по стрелке пиктограммы «Консультант исследования» на панели инструментов и выбрав пункт «Новое исследование» либо выбрав пункт «Исследования» в меню Simulation.

Интерфейс SolidWorks Simulation (рисунок 7.1) состоит из: менеджера исследования, меню, панели инструментов.

В Simulation для одной и той же геометрической модели могут быть проведены различные виды исследований, перечисленные при создании нового исследования.

В процессе формирования модели изделия проектировщик имеет возможность оценить его свойства (массово-габаритные параметры, прочность, частотные характеристики и т. д.), не выходя за рамки среды проектирования. Порядок организации и проведения исследования прочностных характеристик модели:

- 1) создаем статическое исследование;
- 2) указываем тип контактов компонентов, условия крепления элементов

сборки, схему внешнего нагружения;

3) для формирования сетки КЭ оцениваем однородность геометрических размеров конструкции. Simulation позволяет управлять параметрами конечных элементов;

4) запускаем решение задачи и получаем результат.

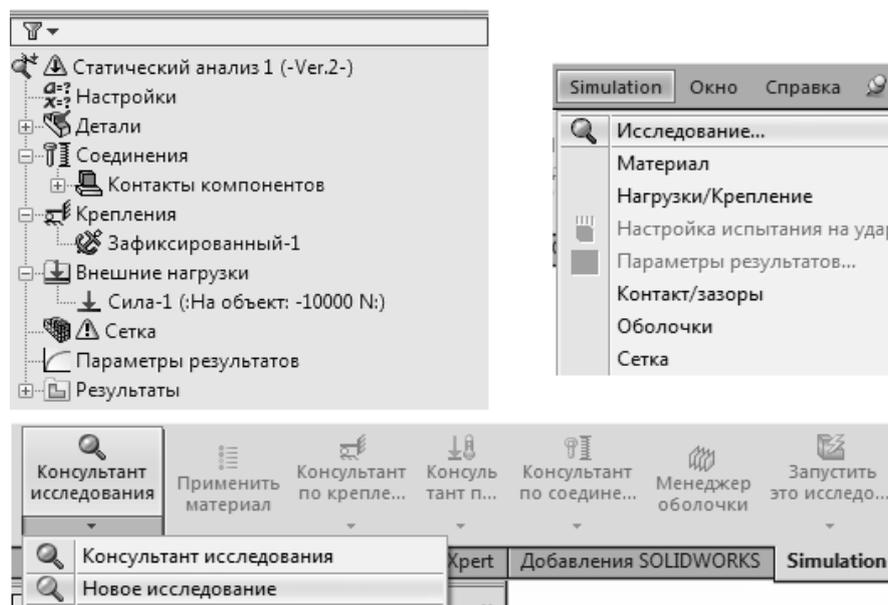


Рисунок 7.1 – Создание исследования Simulation

Анализ методом конечных элементов помогает смоделировать любую конструкцию на компьютере. Однако даже в самой простой конструкции может быть несколько размеров, которые могут быть изменены при проектировании, т. е. необходимо будет создать несколько исследований и смоделировать множество сценариев. Выбрать комбинацию параметров, вести учет изменений и просматривать результаты бывает довольно трудно. Для упрощения данных исследований в SolidWorks имеются специальные средства, которые называются «Исследования проектирования».

Исследование проектирования позволяет автоматизировать процесс оптимизации, используя параметрические и моделирующие функции программы. В программе имеется технология быстрого выявления тенденций и поиска оптимального решения с наименьшим количеством прогонов. Программа использует метод на основе планирования опыта. Для выполнения оптимизации или выполнения определенных сценариев конструкции создается так называемое исследование проектирования. Используя его, можно выполнить следующее:

- определить круг переменных, используя любой параметр моделирования или управляющие глобальные переменные;
- определить множественные ограничения с использованием датчиков;
- определить множественные цели с использованием датчиков;
- осуществить оптимизацию моделей на основе результатов моделирования.

Например, можно свести к минимуму массу сборки, в качестве переменных используя плотность (тип материала) и размеры модели, а в качестве ограни-

чения – максимальные напряжения.

При наличии результатов базовых исследований осуществляется переход к задаче оптимизации. Для этого необходимо:

- определить цель оптимизации;
- определить переменные проектирования, для которых следует явным образом установить предельные значения (по умолчанию программа принимает исходное значение параметра средним, формируя пределы его изменения в интервале от 0,5 до 1,5 исходного значения);
- определить ограничения минимум на одну характеристику изделия (ограничения могут соответствовать различным типам задач);
- указать вариант итерационного процесса, обеспечивающий минимизацию числа промежуточных расчетов;
- при решении задачи комплексной оптимизации для моделей входящих в нее частных задач должен использоваться одинаковый материал.

Для исследования проектирования необходимо создать новое исследование, выбрав на вкладке «Анализировать» команду «Исследование проектирования» (рисунок 7.2) либо выбрав команду «Добавить» в пункте «Исследования проектирования» в меню «Вставка».

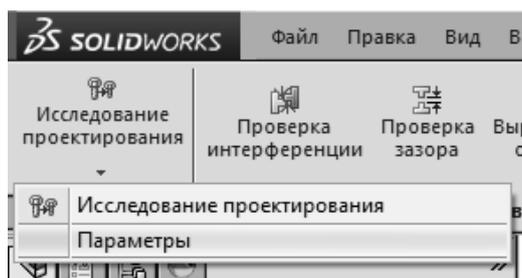


Рисунок 7.2 – Создание исследования проектирования

Для настройки параметров проектирования используется «Менеджер исследования», вызываемый нажатием кнопки «Параметры».

Решение задачи оптимизации конструкции на основе результатов базовых исследований выполняется следующим образом: создаем новую задачу «Исследование проектирования», после чего становятся доступными инструменты решения задачи оптимизации конструкции, указываются переменные проектирования (рисунок 7.3), цели, ограничения (рисунок 7.4).

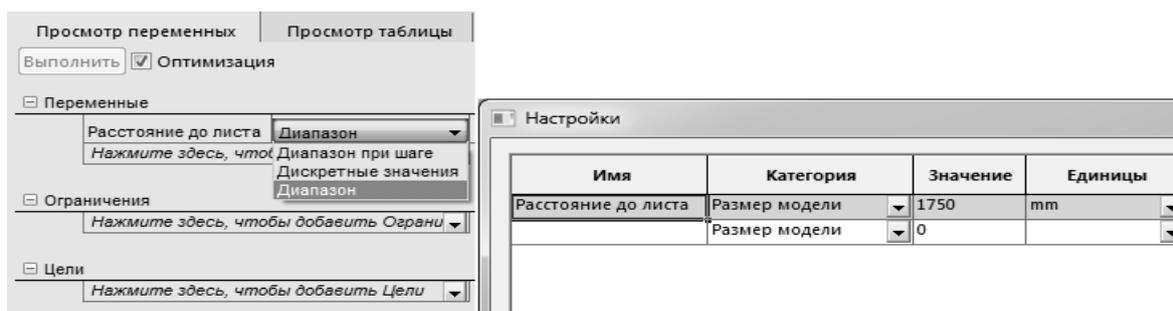


Рисунок 7.3 – Определение переменных, ограничений и целей исследования

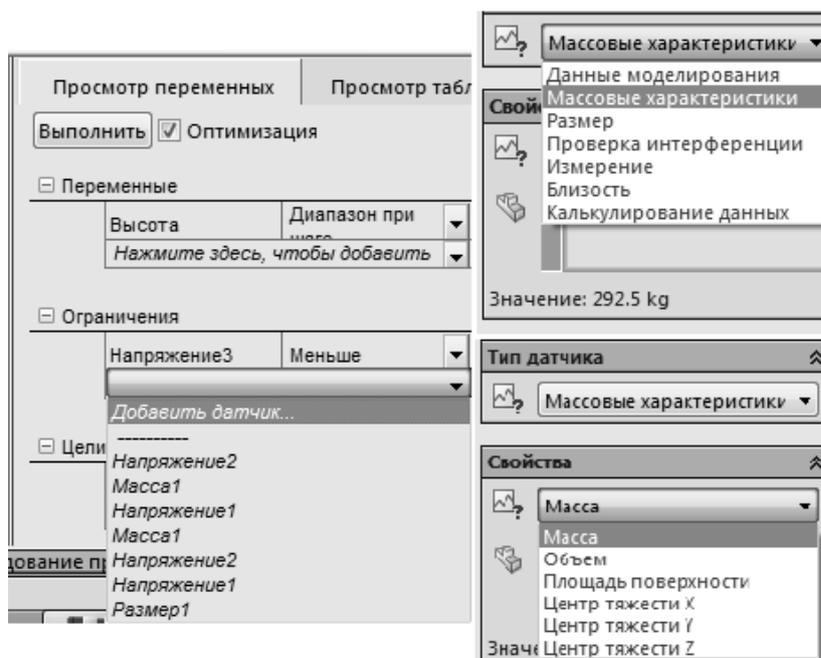


Рисунок 7.4 – Настройка датчиков ограничений и целей

7.2 Порядок выполнения работы

1 Выполнить базовое статическое исследование параметрической модели из лабораторной работы № 6. Для исследований используем упрощенную модель, представленную основными элементами конструкции.

2 Выполнить оптимизацию высоты поперечного сечения основания стрелы и выдвижной секции (высоту сечений связать с помощью уравнения) с целью минимизации массы конструкции.

3 Подобрать оптимальный вылет выдвижной секции при угле установки стрелы 45° . Напряжения не должны превышать допусковых.

4 Оформить отчет.

7.3 Содержание отчета

Титульный лист.

Цель работы.

Результаты исследования в Simulation.

Результаты оптимизации металлоконструкции стрелы: оптимальная модель и значения ее параметров.

Оценка эффективности параметрической оптимизации.

Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие требования предъявляются к модели при выполнении оптимизации?
- 2 Назовите основные задачи оптимизации.
- 3 Каков порядок проведения исследования в Simulation?

4 Каков порядок решения задач инженерного анализа?

5 Как осуществляется управление параметрами оптимизации?

8 Лабораторная работа № 8. Технологическая подготовка производства средствами САПР

Цель работы: изучить основные функциональные возможности, структуру и интерфейс модуля CAMWorks; получить практические навыки использования и освоить основные приемы работы со средствами моделирования техпроцессов.

8.1 Общие сведения

Модуль CAMWorks – система для разработки технологии обработки детали и создания управляющих программ для станков с ЧПУ, полностью интегрированная в пользовательский интерфейс SolidWorks.

На основе геометрической модели SolidWorks создаются формообразующие элементы технологической оснастки и выполняется численное моделирование процессов обработки на оборудовании с ЧПУ.

В CAMWorks реализована полная ассоциативность со всеми изменениями геометрической модели SolidWorks, что обеспечивает адаптацию операций обработки при изменении геометрической модели.

После подключения модуля на ленте появляются вкладки и добавляется меню CAMWorks.

В дереве конструирования появятся закладки модулей CAMWorks (операций, элементов, инструмента).

На закладке дерева элементов CAMWorks будет отображено дерево элементов CAMWorks с менеджером обработки CAMWorks NC Manager.

В нем присутствуют пункты (рисунок 8.1): «Конфигурации», «Станок», «Менеджер заготовок», «Корзина».

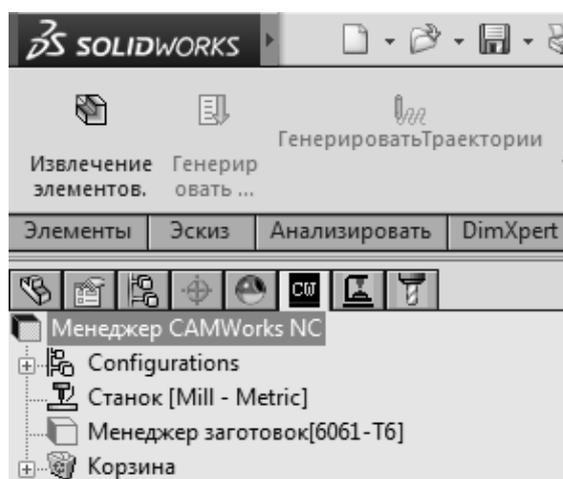


Рисунок 8.1 – Вкладки и закладки CAMWorks в дереве конструирования

Закладки CAMWorks обеспечивают доступ к технологической информации об обработке модели и позволяют переключаться между деревьями SolidWorks и CAMWorks.

Конфигурации – в одном документе детали можно хранить несколько наборов данных CAMWorks.

Менеджер заготовок – позволяет задать форму заготовки, а также материал заготовки.

Пункт «Станок» определяет, на каком оборудовании будет изготавливаться деталь, а также тип станка, описания инструментов и постпроцессора.

«Корзина» в дереве элементов CAMWorks предназначена для хранения тех конструктивных элементов, которые не будут обрабатываться.

Панель инструментов и лента вкладки CAMWorks обеспечивают доступ к основным командам CAMWorks.

В меню «Инструменты – CAMWorks» собраны все команды модуля. Действия этих команд описаны в справочной системе CAMWorks. Щелчок правой кнопки мыши в дереве CAMWorks вызывает контекстное меню, содержащее наиболее часто используемые команды.

Из контекстных меню на закладках дерева элементов CAMWorks доступны команды для управления информацией о технологической обработке.

Для настройки модуля необходимо нажать кнопку «Настройки» – окно настроек содержит закладки, позволяющие выбрать и изменить разные настройки модуля.

CAMWorks обрабатывает только специальным образом заданные элементы. Существуют два способа их задания:

- 1) автоматическое распознавание элементов (AFR);
- 2) интерактивное создание элементов.

Функция автоматического распознавания элементов анализирует геометрию детали и пытается выделить формализуемые геометрические элементы. CAMWorks не выполняет прямое заимствование списка конструктивных элементов из дерева конструирования SolidWorks. Это связано с тем, что один элемент в SolidWorks может содержать несколько поверхностей, подлежащих разным видам обработки с использованием разного инструмента.

Элементы, для которых не созданы операции, и элементы, для которых операции не могут быть созданы, выделены цветом.

Большинство параметров элементов являются неизменными, но часть из них все же можно изменить при помощи команды «Параметры» из контекстного меню.

Постпроцессорная обработка предназначена для создания управляющей программы (УП). На этом этапе траектории и технологическая информация преобразуются в УП для конкретного контроллера ЧПУ.

8.2 Порядок выполнения работы

- 1 Смоделировать или импортировать деталь.
 - 2 Определить станок и сформировать набор инструментов.
- В контекстном меню на названии станка в дереве элементов CAMWorks

выбрать пункт «Определение», появится окно «Станок».

На закладке «Станок» (рисунок 8.2) в списке «Доступные станки» выбирается необходимый станок.

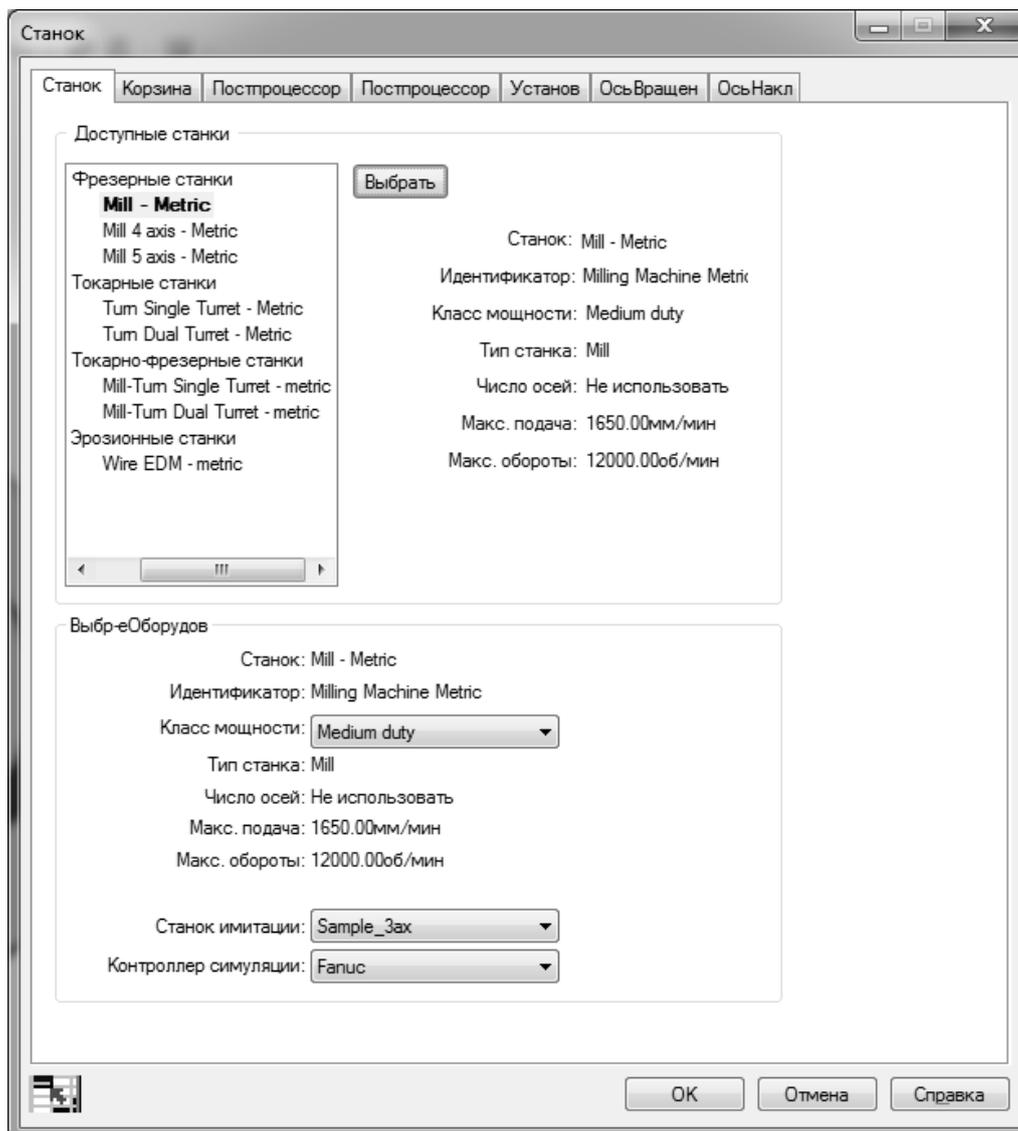


Рисунок 8.2 – Выбор и настройка станка

Закладка «Корзина» позволяет выбрать набор инструментов или инструментальных сборок, используемых в работе. Для выбора корзины выделить необходимую корзину и нажать кнопку «Выбрать».

Закладка «Post Processor» позволяет выбрать из списка нужный постпроцессор (контроллер ЧПУ).

Закладка «Постпроцессирование» предназначена для предоставления информации, необходимой для создания управляющей программы.

3 Определить заготовку.

В контекстном меню на пункте «Менеджер заготовок» выбрать «Определение», откроется окно «Заготовка» (рисунок 8.3), в котором необходимо выбрать «Материал, тип заготовки, указать припуски на габарит».

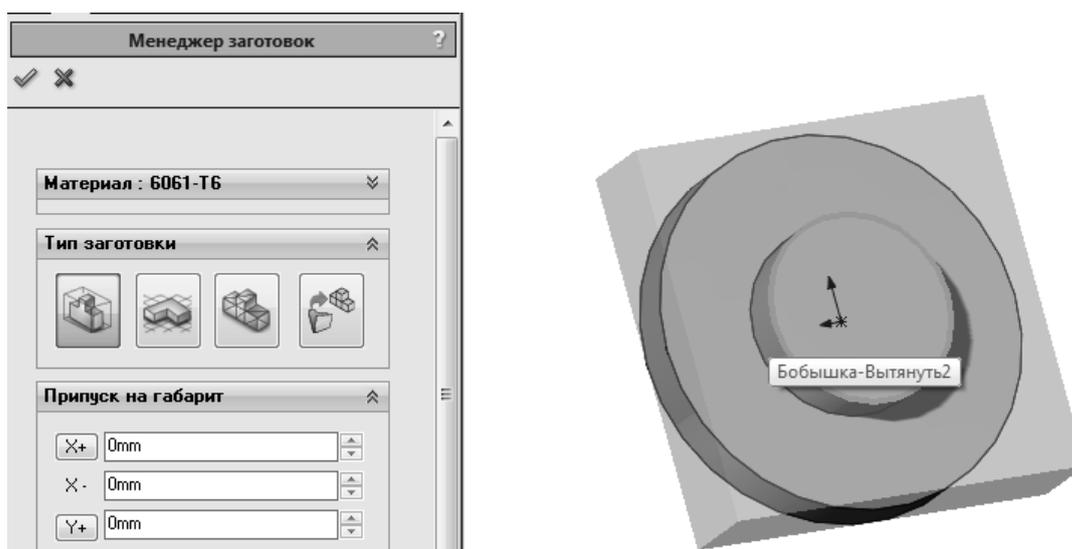


Рисунок 8.3 – Параметры заготовки

По умолчанию заготовка – прямоугольная призма наименьшего размера, охватывающая деталь. Чаще всего размер реальной необходимо задать иным образом для учета припусков обработки.

4 Определить обрабатываемые элементы в автоматическом и интерактивном режимах.

Для автоматического распознавания элементов (AFR) необходимо в контекстном меню «Менеджера обработки» выбрать команду «Распознать элементы» или нажать кнопку «Извлечение элементов» на панели инструментов. Создаются установки и обрабатываемые элементы, которые отображаются в дереве элементов.

Для интерактивного определения обрабатываемых элементов в контекстном меню дерева элементов CAMWorks (рисунок 8.4) выбрать команду «Создать элемент». Откроется окно мастера, в котором задаются тип элемента, способ вычисления параметров обрабатываемого элемента, стратегия обработки и граничные условия.

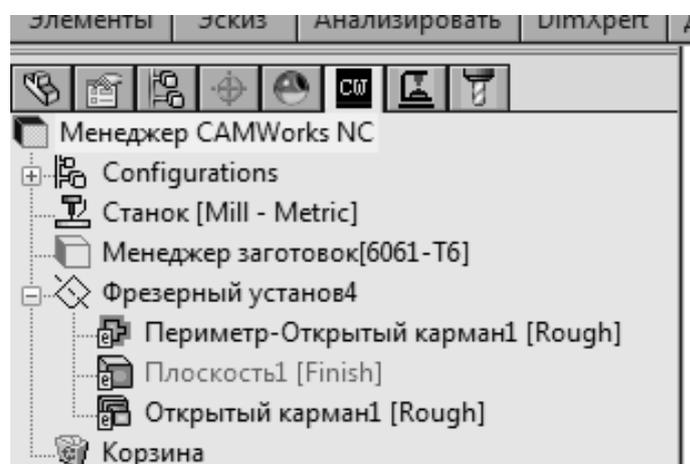


Рисунок 8.4 – Менеджер элементов

Элементы, для которых не созданы операции, и элементы, для которых операции не могут быть созданы по настройкам технологической базы данных, выделены цветом.

Большинство параметров элементов являются неизменными, но часть из них можно изменить на вкладке «Параметры элемента» в диалоговом окне «Параметры операции», вызываемом при помощи команды «Определение» из контекстного меню на элементе (рисунок 8.5).



Рисунок 8.5 – Диалоговое окно настройки элементов, операций и инструмента

5 Создать операции и определить параметры обработки.

Для создания операций в контекстном меню установка дерева элементов SAMWorks выбрать «Создать операции» или нажать кнопку «Генерировать план обработки» на панели инструментов. Для каждого элемента автоматически создаются предусмотренные в технологической базе операции. Дополнительные операции при необходимости добавляются вручную.

Созданные операции собраны в дереве операций SAMWorks (рисунок 8.6), которое позволяет управлять операциями.

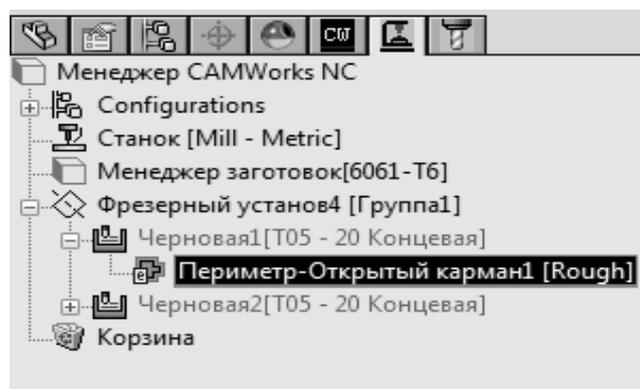


Рисунок 8.6 – Менеджер операций

Если имя операции отображается не черным цветом, это означает, что траектория для нее не создана из-за ошибок алгоритма или некорректности параметров операции.

CAMWorks создает операции на основе информации из технологической базы данных. Эти операции являются лишь отправными точками обработки. Для редактирования параметров служит команда «Параметры» контекстного меню на операции.

6 Рассчитать траектории инструмента.

Для расчета траекторий в контекстном меню дерева операций CAMWorks выбрать «Создать траекторию» или нажать кнопку «Генерировать траектории» на ленте. Можно создавать траектории для каждого установа или операции по отдельности. Для этого щелкнуть правой кнопкой мыши по операции и выбрать в контекстном меню пункт «Создать траекторию». Все траектории отображаются на детали в виде следа вершины фрезы.

При щелчке по любой операции в дереве операций CAMWorks будет отображена траектория данной операции. При выборе любой операции отобразятся соответствующие траектории.

7 Выполнить имитацию обработки.

В контекстном меню установа или операции выбрать пункт «Имитация обработки». Появится панель инструментов «Имитация обработки», которая позволяет управлять имитацией.

8 По результатам имитации принимается решение о настройке параметров станка, инструмента, заготовки и выполнения нового расчета.

9 Оформить отчет.

8.3 Содержание отчета

Титульный лист.

Цель работы.

Модель детали.

Заготовка для изготовления детали.

Результаты моделирования обработки заготовки.

Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Каково назначение модуля CAMWorks?
- 2 Опишите структуру и основные элементы интерфейса CAMWorks.
- 3 Каковы этапы разработки техпроцесса с помощью CAMWorks?
- 4 Какие способы создания элементов используются в CAM Works?
- 5 На каком этапе формируется программа для ЧПУ?

9 Лабораторная работа № 9. Моделирование движения жидкостей и газов средствами САПР

Цель работы: изучить основные функциональные возможности, структуру и интерфейс модуля FlowSimulation для SolidWorks; получить практические навыки работы со средствами моделирования FlowSimulation.

9.1 Общие сведения

При решении инженерных задач в области исследования течения газов и жидкостей результаты такого исследования необходимо использовать для прочностного расчета, инженерного анализа и оптимизации в модуле Simulation.

Решение данной задачи возможно за счет наличия связи между геометрической моделью и исследованием в FlowSimulation.

Для передачи результатов исследования текучей среды в модуль прочностного анализа необходимо:

- выполнить в меню «Инструменты» – «FlowSimulation» – «Инструменты» команду «Экспорт результатов в Simulation»;
- для добавления нагрузок в свойствах «Статического исследования» (рисунок 9.1) на вкладке «Эффекты потока/Тепловые эффекты» в разделе «Параметр давления жидкости» включить опцию «Включает эффекты давления из FlowSimulation» и указать путь к файлу *.fld с результатами расчетов в FlowSimulation.

9.2 Порядок выполнения работы

1 Создать твердотельную модель трубы круглого сечения с местным сопротивлением в виде шайбы по заданию преподавателя.

2 Создать новый проект с помощью мастера. Задать параметры: задача – внутренняя с исключением полостей; текучая среда – вода; шероховатость – 50; остальные параметры – по умолчанию.

3 Установить торцевые заглушки и представить модель в поперечном сечении.

4 Задать граничное условие на входе «Скорость на входе» – 20 м/с; задать граничное условие на выходе «Давление окружающей среды» – 0. Для перегородки задать граничное условие «Реальная стенка».

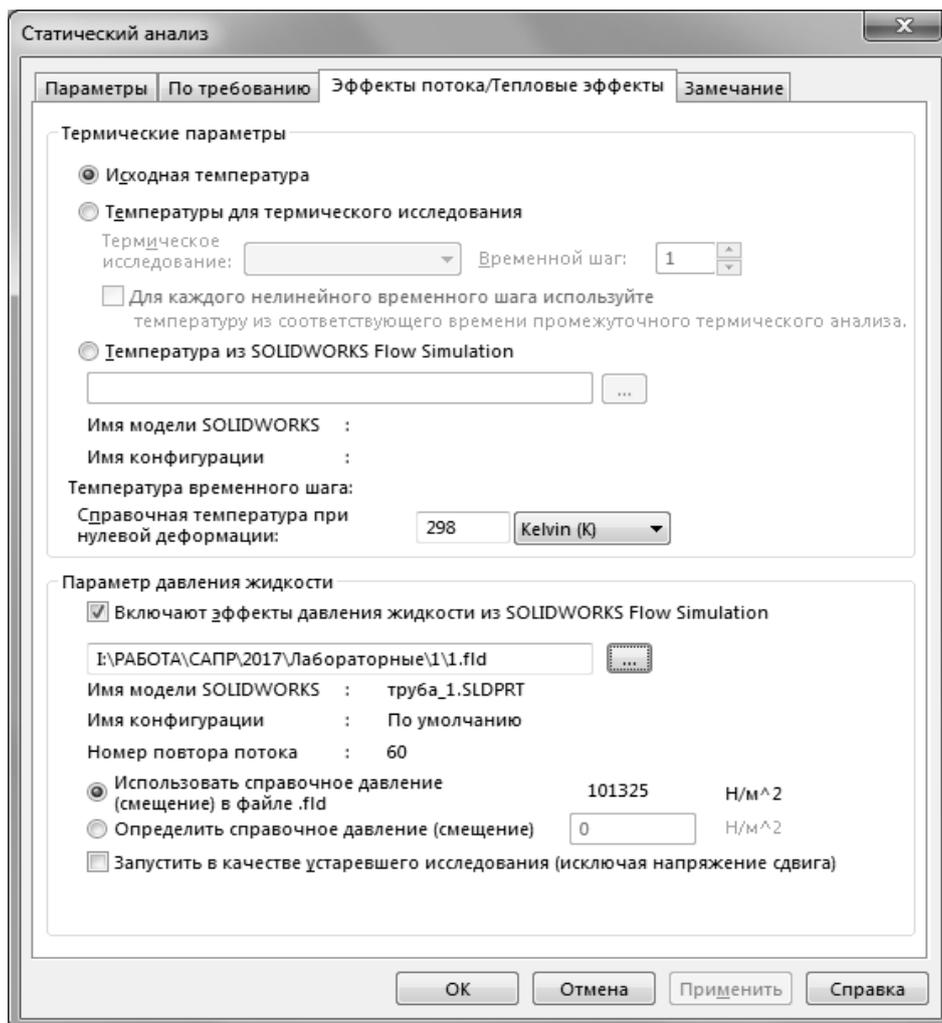


Рисунок 9.1 – Импорт результатов из FlowSimulation

5 Создать сетку и выполнить расчет.

6 Построить траекторию движения потока. Определить скорости, давления, температуры, давления на поверхности.

7 Выполнить прочностной расчет и анализ:

- передать результаты моделирования FlowSimulation для расчета на прочность перегородки в Simulation:

- создать новое статическое исследование в Simulation: исключить из анализа заглушки, задать материал;

- закрепить трубу на торцах («Зафиксированная геометрия»);

- импортировать нагрузки из FlowSimulation;

- создать сетку с использованием более мелкой сетки на перегородке (применить элемент управления сеткой) и выполнить расчет;

- просмотреть результаты расчета напряжений и перемещений, создать продольное сечение модели, выполнив команду контекстного меню на пункте «Напряжения» – «Ограничения сечения»;

- используя инструменты параметрической оптимизации, подобрать минимальную толщину шайбы по максимальным допускаемым напряжениям.

8 Оформить отчет.

9.3 Содержание отчета

Титульный лист.

Цель работы.

Модель и результаты исследования во FlowSimulation.

Результаты прочностного анализа в Simulation.

Результаты параметрической оптимизации.

Оценка полученных результатов.

Выводы.

Контрольные вопросы

1 Каковы основные этапы решения задачи в FlowSimulation?

2 Как задать начальные и граничные условия?

3 Каков порядок экспорта результатов расчета в FlowSimulation для прочностного анализа?

10 Лабораторная работа № 10. Решение комплексных задач проектирования машин средствами САПР

Цель работы: получить практические навыки решения комплексной задачи конструирования и инженерного анализа сложной сборочной единицы.

10.1 Общие сведения

Теоретические сведения для выполнения данной работы представлены в соответствующих разделах лабораторных работ № 1–7.

10.2 Порядок выполнения работы

1 По заданию преподавателя создать параметрические модели деталей и сборку стрелы экскаватора.

2 Выполнить прочностной анализ и оптимизацию конструкции с целью минимизации массы.

3 Создать новый чертеж по модели в соответствии с требованиями стандартов.

4 Оформить отчет.

10.3 Содержание отчета

Титульный лист.

Цель работы.

Модель сборочной единицы.

Результаты прочностного расчета и оптимизации конструкции.

Чертеж сборочной единицы по трехмерной модели.
Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Каковы основные этапы решения комплексной задачи?
- 2 Как результаты анализа и оптимизации соотносятся с параметрами реального объекта?

Список литературы

- 1 **Берлинер, Э. М.** САПР в машиностроении: учеб. пособие для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – М.: ФОРУМ, 2010. – 448 с.
- 2 **Кондаков, А. И.** САПР технологических процессов: учебник / А. И. Кондаков. – М.: Академия, 2007. – 272 с.