МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ

Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальностей 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» и 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» очной и заочной форм обучения

Могилев 2025

УДК 621.01/.03
ББК 30.2-5-05
И19

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «29» сентября 2025 г., протокол № 2

Составитель канд. техн. наук, доц. М. Н. Миронова

Рецензент канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов специальностей 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» и 6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств» очной и заочной форм обучения. Изложены методики выполнения лабораторных работ.

Учебное издание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
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 76 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

Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ……. 4
1 Лабораторная работа № 1. Знакомство с системой трехмерного моделирования SolidWorks. Использование интерфейса ……..… 5
2 Лабораторная работа № 2. Основные принципы построения трехмерных моделей ……. 8
3 Лабораторная работа № 3. Графическое построение профиля зубчатого колеса……. 11
4 Лабораторная работа № 4. Построение моделей тел вращения..... 14
5 Лабораторная работа № 5. Массивы в системах геометрического моделирования ……..…. 16
6 Лабораторная работа № 6. Построение моделей корпусных деталей..... 18
7 Лабораторная работа № 7. Построение сборок в системах геометрического моделирования……..… 20
8 Лабораторная работа № 8. Расчет напряженно-деформированного состояния вала методом конечных элементов…..… 24
9 Лабораторная работа № 9. Создание рабочих чертежей деталей на основе трехмерных моделей……..... 26
10 Лабораторная работа № 10. Построение сопряжения и анимации движения зубчатого зацепления…… 28
11 Лабораторная работа № 11. Информационные технологии в машиностроении…… 31
Список литературы…… 33

Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ

Общие требования безопасности

1 Для работы на ПЭВМ допускаются студенты, прошедшие обучение и проверку знаний по мерам безопасности.

2 Студенты должны соблюдать правила внутреннего распорядка. Не допускается находиться в классах в верхней одежде, в состоянии алкогольного, токсического или наркотического опьянения.

3 При проведении лабораторных работ необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

4 В помещении кабинета и на рабочем месте необходимо поддерживать чистоту и порядок, проводить систематическое проветривание.

5 Обо всех выявленных во время работы неисправностях оборудования необходимо доложить преподавателю.

Требования безопасности перед началом работы

1 Внимательно изучить содержание и порядок проведения лабораторной работы, а также безопасные приемы его выполнения.

2 В случае неисправности оборудования немедленно сообщить об этом преподавателю и до ее устранения к работе не приступать (работать на неисправном оборудовании запрещается).

Требования безопасности во время работы

Студенту при работе на ПЭВМ запрещается:

– прикасаться к задней стенке системного блока при включенном питании;

– загромождать верхние панели устройств ненужными бумагами и посторонними предметами;

– допускать попадания влаги на поверхность системного блока, монитора, рабочую поверхность клавиатуры и другие устройства.

Требования безопасности по окончании работы

При работе на ПЭВМ:

– произвести закрытие всех активных задач;

– отключить питание системного блока;

– осмотреть и привести в порядок рабочее место.

1 Лабораторная работа № 1. Знакомство с системой трехмерного моделирования SolidWorks. Использование интерфейса

Цель работы: ознакомление с системой трехмерного моделирования SolidWorks и изучение принципов построения трехмерных моделей деталей.

Методика выполнения лабораторной работы

1 Открытие документа. Загрузить систему трехмерного моделирования SolidWorks. Чтобы открыть документ SolidWorks, выберите команды «Файл», «Открыть» из главного меню.

В качестве примера откройте файл crosslink.sldprt, расположенный в папке \SollidWorks\samples\design portfolio\ (рисунок 1.1).

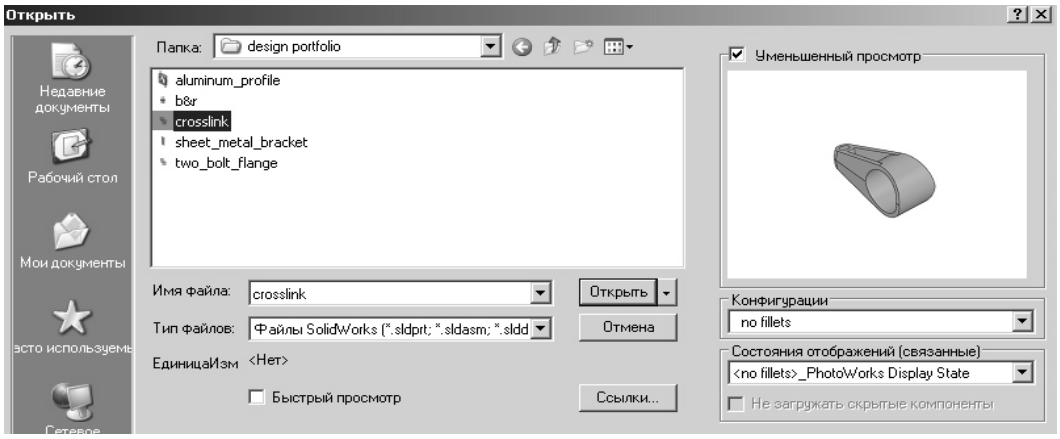

Рисунок 1.1 – Диалоговое окно открытия документа

2 Знакомство с пользовательским интерфейсом SolidWorks. Основные элементы пользовательского интерфейса SolidWorks представлены на рисунке 1.2.

Графическая область представляет собой пространство, в котором на экране отображается деталь, сборка или чертеж, а также происходит построение и оформление вышеперечисленных объектов.

Дерево конструирования (FeatureManager) расположено в левой части окна SolidWorks и представляет собой набор строк, содержащих полную информацию о трехмерном объекте.

Менеджер конфигураций (ConfigurationManager) предназначен для создания нескольких конфигураций деталей и сборок в документе.

Панели инструментов отображают различные кнопки, активизирующие команды. На панели инструментов «Элементы» сосредоточены все кнопки команд, позволяющие различными способами строить твердотельные модели.

Менеджер команд представляет собой контекстную панель инструментов, которая обновляется автоматически.

Строка состояния расположена в нижнем правом углу окна и предназначена для отображения информации о выполняемой функции.

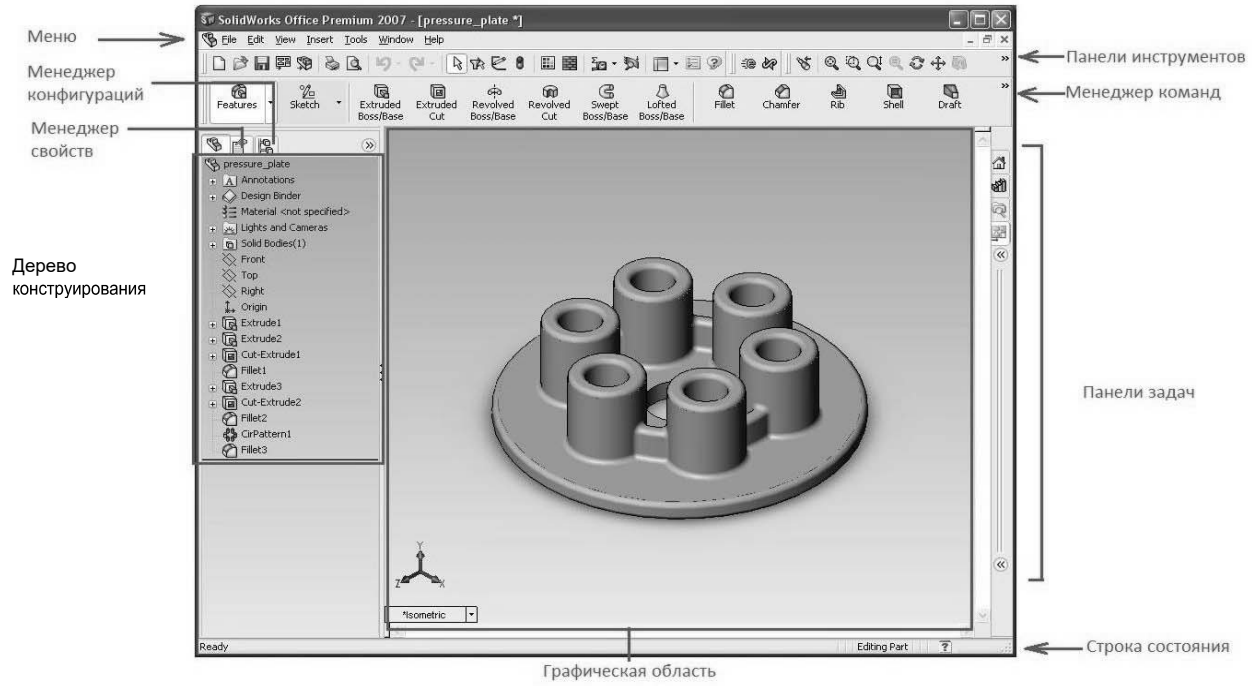

Рисунок 1.2 – Пользовательский интерфейс SolidWorks

3 Отображение трехмерных моделей объектов. Возможности SolidWorks при отображении трехмерных моделей обширны и создают максимальное количество удобств для конструктора. Так, в SolidWorks легко вращать детали в трехмерном пространстве, удалять и увеличивать объекты, разрезать детали и их грани в различные цвета и придавать им текстуру.

Команды для отображения трехмерных моделей располагаются в меню «Вид» (View), а наиболее часто использованные команды продублированы кнопками на панели инструментов «Вид» (рисунок 1.3).

Рисунок 1.3 – Панель инструментов «Вид»

Панель инструментов «Стандартные виды» обеспечивает ориентацию модели, сборки или эскиза, используя один из стандартных видов по умолчанию. Панель инструментов «Стандартные виды» открывается при нажатии на треугольник справа от иконки (рисунок 1.4).

4 Создание нового документа. Создать новый документ в SolidWorks. Выбрать в меню пункты «Файл», «Новый». Откроется окно «Новый документ SolidWorks». Выбрать шаблон «Деталь», после чего откроется документ SolidWorks для создания трехмерных моделей отдельных деталей. Сохранить созданный документ в своей папке, выбрав в главном меню пункт «Файл», «Сохранить как …». В открывшимся диалоговом окне в поле «Имя файла» задать имя файла, например: «Практическая_работа_1 (ФИО студента)».

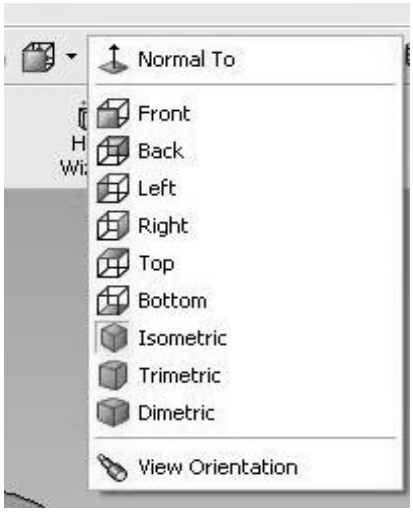

Рисунок 1.4 – Панель инструментов «Стандартные виды»

5 Задание. Построить трехмерную модель, изображенную на рисунке 1.5.

Рисунок 1.5 – Панель инструментов «Стандартные виды»

Порядок выполнения задания:

– построить трехмерную модель прямоугольного параллелепипеда (основание) с размерами 100 × 200 × 15;

– добавить к построенной модели основания бобышку круглой формы (диаметром 70 мм, высотой 20 мм);

– добавить к построенной модели детали отверстие диаметром 50 мм;

– добавить к построенной модели детали четыре отверстия диаметром 20 мм на расстоянии 20 мм от двух торцев;

– добавить скругления кромок построенной модели детали радиусом 10 мм.

Контрольные вопросы

1 Какие задачи решает программный комплекс САПР SolidWorks?

2 Что такое САПР?

3 Назовите основные виды панелей инструментов SolidWorks.

4 Назовите основные объекты проектирования в SolidWorks.

5 Какие инструменты построения эскиза вы знаете?
6 Из каких этапов состоит общая процедура проектирования в SolidWorks?

2 Лабораторная работа № 2. Основные принципы построения трехмерных моделей

Цель работы: приобретение практических навыков в построении трехмерных моделей в среде трехмерного моделирования SolidWorks.

Теоретические сведения

Построение объемной геометрической модели детали осуществляется по общему принципу, смысл которого состоит в последовательности булевских операций (объединения, вычитания, пересечения) над различными элементами (параллелепипед, цилиндр, сфера, конус и т. д.) (рисунок 2.1).

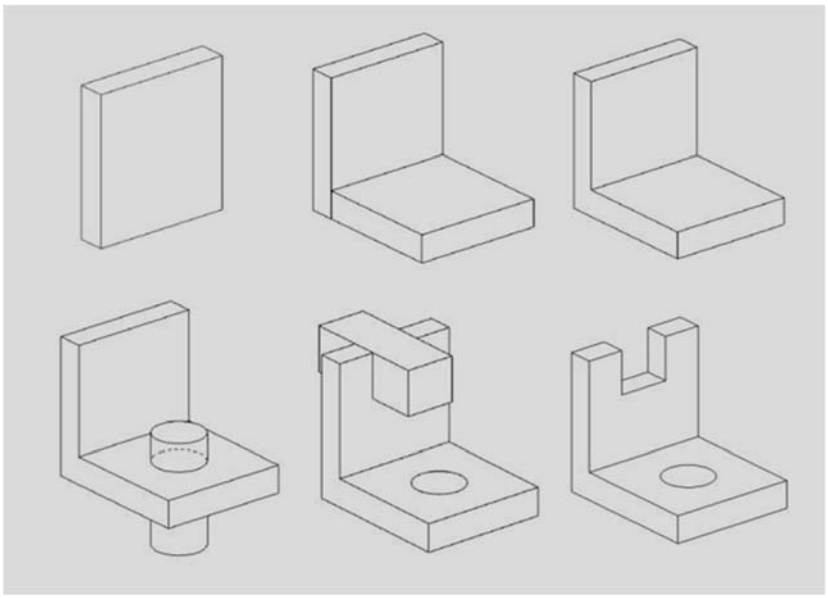

Рисунок 2.1 – Иллюстрация общего принципа построения объемного тела

Для создания объемного тела используются несколько способов (рисунок 2.2):
– вытягивание вдоль вектора;
– вращение;
– вытягивание вдоль направляющей;
– по сечениям;
– создание тела из трехмерных примитивов: блок, цилиндр, конус, сфера.

Задание
Построить трехмерные модели шайбы, гайки (рисунок 2.3).

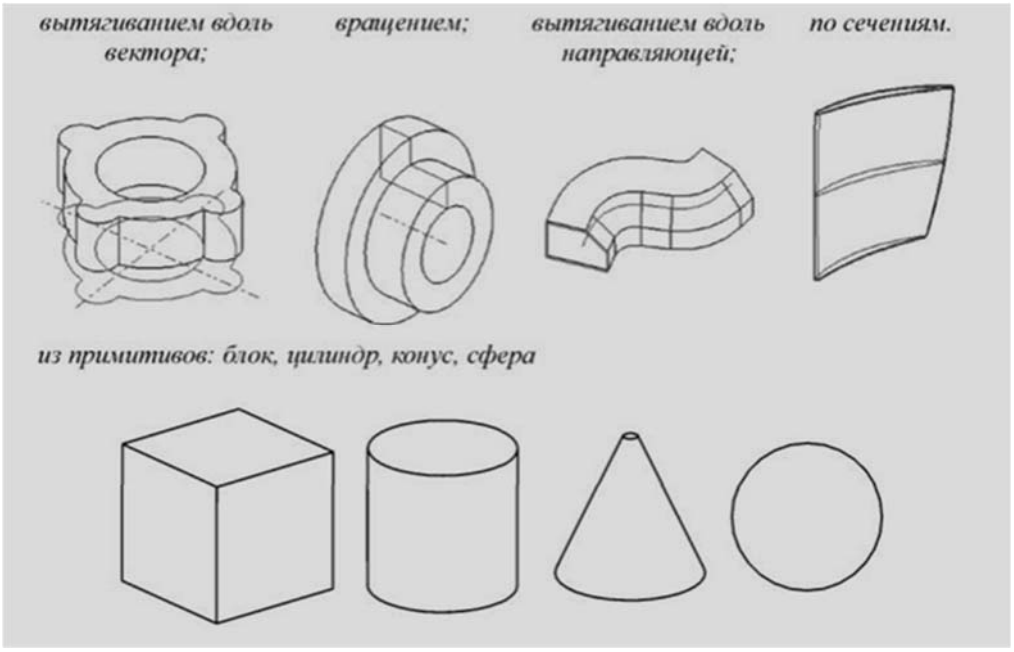

Рисунок 2.2 – Способы создания объемного тела

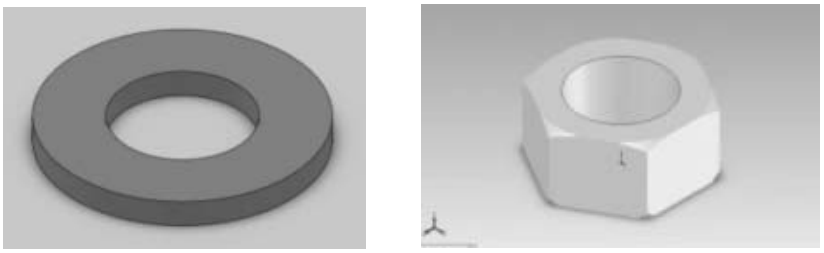

Рисунок 2.3 – Упрощенные модели шайбы, гайки

Методика выполнения лабораторной работы

1 Порядок создания модели шайбы:

– в режиме «Эскиз» создать две окружности диаметром 9 и 4,5 мм с привязкой центров окружностей к исходной точке;

– создать трехмерную модель шайбы. Для этого нажать кнопку «Вытянутая бобышка/основание» панели инструментов «Элементы». В диспетчере свойств «Вытянуть» задать: направление – на заданное расстояние; глубина – 0,80 мм.

2 Порядок создания модели гайки.

В режиме «Эскиз» создать окружность диаметром 7,7 мм с привязкой центра окружности к исходной точке.

Нажать кнопку «Вытянутая бобышка/основание» панели инструментов «Элементы», в диспетчере свойств «Вытянуть» задать: направление – на заданное расстояние; глубина – 3 мм.

Снять фаски с граней цилиндра, нажав кнопку «Фаска» панели инструментов «Конструктивные элементы». В диспетчере свойств выбрать параметр «Угол Расстояние» и задать: расстояние – 0,3 мм; угол – 60°; кромки, грани или

вершины – указать верхнюю и нижнюю грани цилиндра.

Открыть эскиз и создать многоугольник, центр которого привязан к исходной точке. В диспетчере свойств «Многоугольник» в группе «Параметры» выбрать параметр «Описанная окружность», задать: количество сторон – 6; абсцисса центра – 0; ордината центра – 0; диаметр окружности – 6,9 мм; угол – 330°.

Закрыть эскиз и нажать кнопку «Вытянутый вырез». В диспетчере свойств выбрать параметр «Инвертировать вырез» и задать: изменить направление – через все.

Для создания резьбового отверстия М4 выбрать верхнюю грань шестигранника, нажать кнопку «Отверстие под крепеж» панели инструментов «Конструктивные элементы». В диалоговом окне «Определение отверстия» (рисунок 2.4) выбрать вкладку «Отверстие» и задать: чертежный стандарт – ISO; тип винта – сверление под метчик; размер – М4; тип и глубина отверстия – через все. В диалоговом окне «Размещение отверстия» ввести координаты «Координата *X*» – 0; «Координата *Y*» – 0. Появится сквозное отверстие диаметром 3,3 мм. Закрыть эскиз.

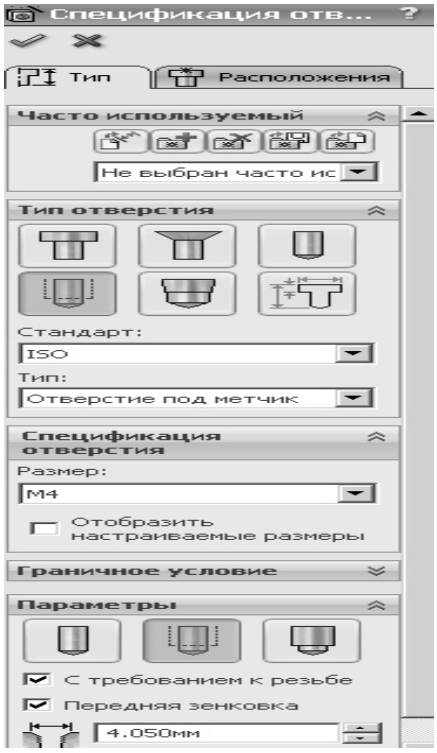

Рисунок 2.4 – Диалоговое окно «Определение отверстия»

Щелкнуть по кромке отверстия и нажать кнопку «Условное обозначение резьбы» панели инструментов «Примечание». В диалоговом окне «Условное обозначение резьбы» задать: применить резьбу – насквозь; основной диаметр – 4 мм. Вокруг отверстия появится условное обозначение резьбы в виде концентрической окружности. Условное обозначение резьбы автоматически переносится на чертеж.

Контрольные вопросы

1 Назовите основные этапы твердотельного моделирования.
2 Назовите основные принципы создания трехмерной модели.
3 Назовите основные команды панели инструментов «Эскиз».
4 Назовите основные команды панели инструментов «Элементы».
5 Назовите основные функциональные возможности SolidWorks.

3 Лабораторная работа № 3. Графическое построение профиля зубчатого колеса

Цель работы: приобретение практических навыков в построении профиля зубчатого колеса в среде трехмерного моделирования SolidWorks.

Задание

Построить трехмерную модель зубчатого колеса, выданного преподавателем.

Методика выполнения лабораторной работы

Изобразить делительный диаметр с диаметром D и центром шестерни O. Изобразить диаметр вершин зубьев d_1 и диаметр впадин зубьев d_2. Провести касательную к делительному диаметру. В точке касания под углом 20° провести линию зацепления. Изобразить окружность, касательную к линии зацепления и с центром в точке O. Эта окружность является основной (рисунок 3.1).

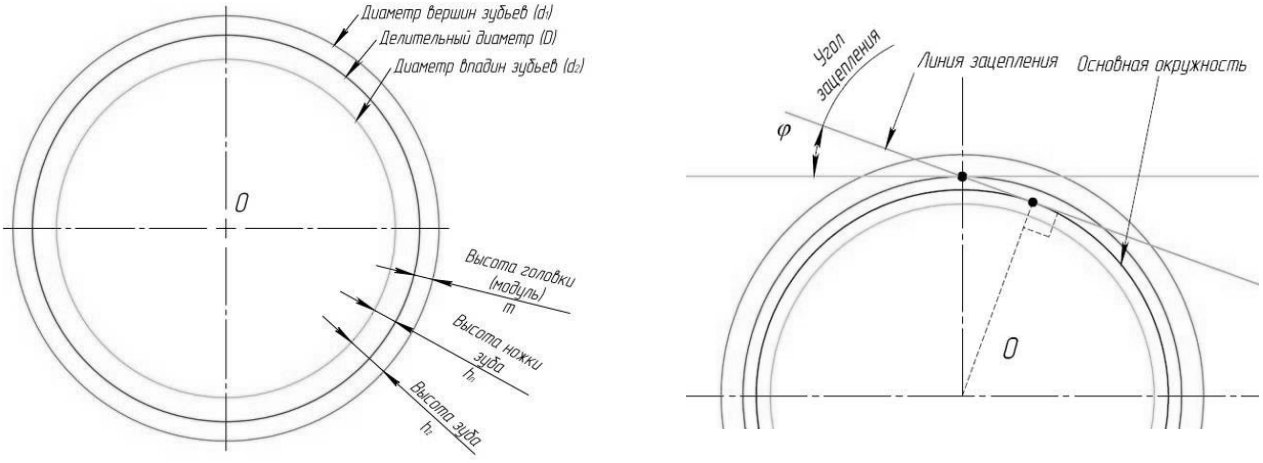

Рисунок 3.1 – Построение эскиза колеса

Отметить точку A на диаметре вершин зубьев. На прямой, соединяющей точки A и O, отметить точку B, находящуюся на основной окружности. Разделить расстояние AB на три части и отметить точкой C полученное значение от точ-

ки *A* в сторону точки *B* на отрезке *AB* (рисунок 3.2).

От точки *C* провести касательную к основной окружности. В точке касания отметить точку *D*. Разделить расстояние *DC* на четыре части и отметить точкой *E* полученное значение от точки *D* в сторону точки *C* на отрезке *DC* (см. рисунок 3.2).

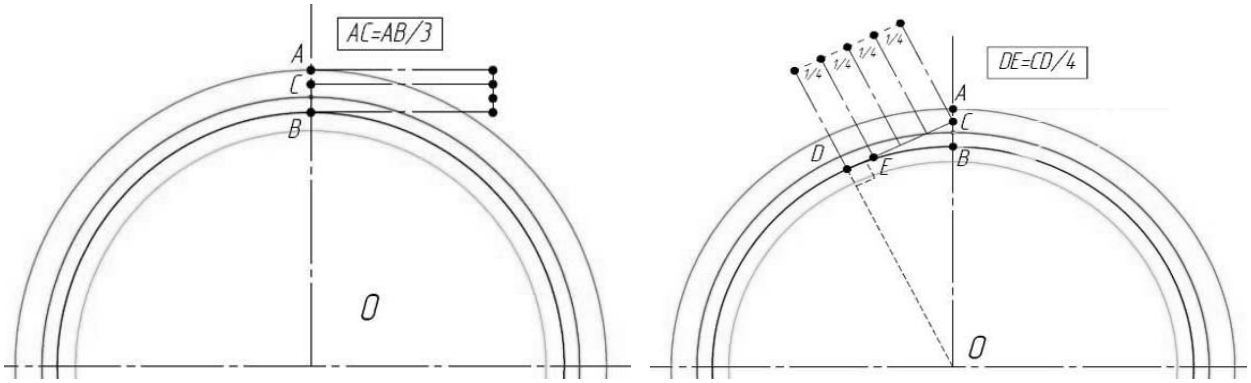

Рисунок 3.2 – Построение эскиза колеса

Изобразить дугу окружности с центром в точке *E*, что проходит через точку *C*. Это будет часть одной стороны зуба (рисунок 3.3).

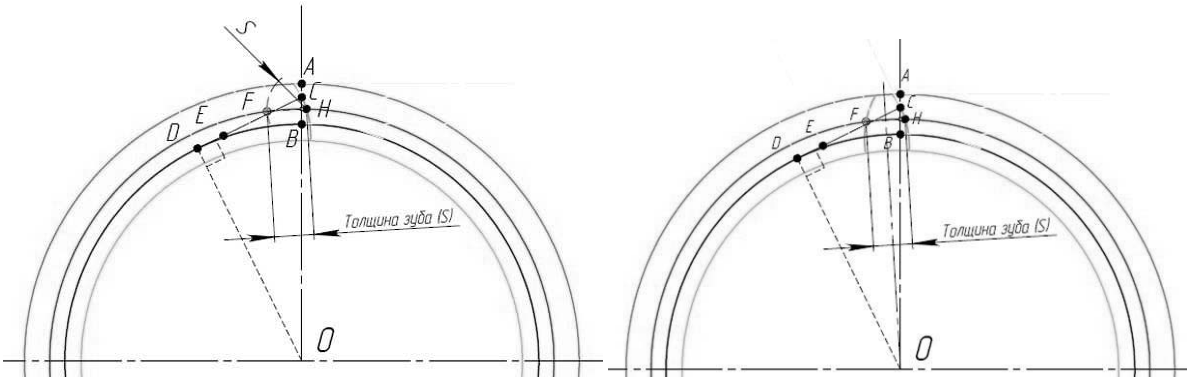

Рисунок 3.3 – Построение эскиза колеса

Изобразить дугу окружности с центром в точке *H*, радиусом, равным толщине зуба *s*. Место пересечения с делительным диаметром отметить точкой *F*. Эта точка находится на другой стороне зуба (см. рисунок 3.3).

Изобразить ось симметрии, проходящую через центр *O* и середину расстояния *FH*. Линия профиля зуба, отображенная зеркально относительно этой оси, и будет второй стороной зуба.

После построения чертежа профиля зуба скопировать профиль зуба, диаметры и центр зубчатого колеса (Ctrl + C). Создать новый документ (Деталь). Выбрать плоскость «Спереди», перейти в режим «Эскиз» и, когда эскиз активен, нажать (Ctrl + V).

После того, как вставился чертеж, окружности диаметров изменить на вспомогательные линии (рисунок 3.4).

Затем проставить численные значения диаметров: делительного, вершин и впадин. Профиль зуба готов для дальнейшей работы. Перейти в режим «Эле-

менты». Выбрать команду «Вытянутая бобышка». Указать необходимую длину зубчатого венца (рисунок 3.5).

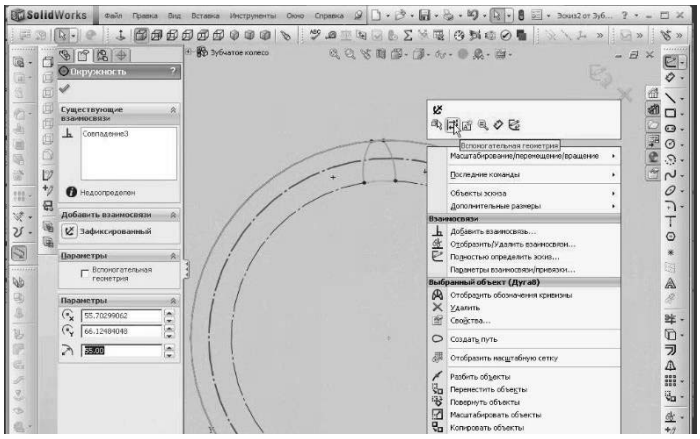

Рисунок 3.4 – Диалоговое окно с эскизом колеса

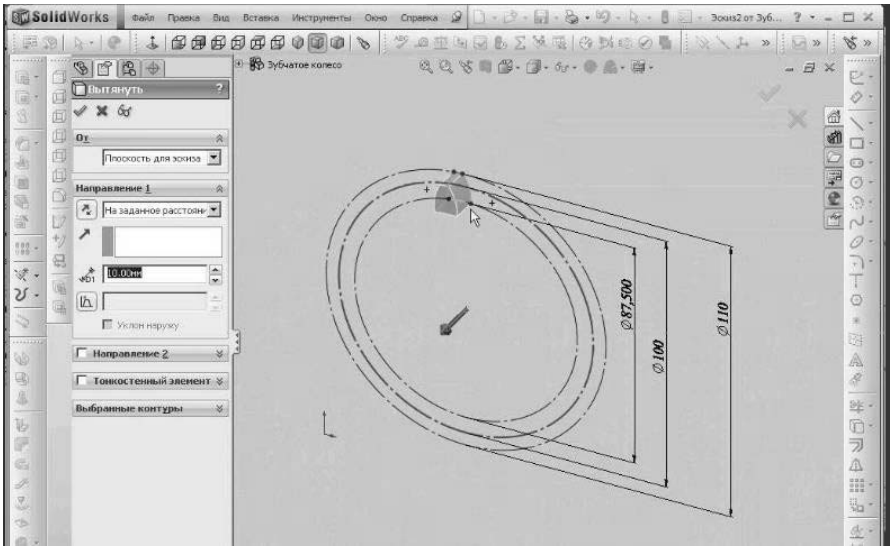

Рисунок 3.5 – Построение зуба колеса

Далее использовать команды «Вставка», «Справочная геометрия», «Ось». Выбрать радиусную поверхность (основание зуба). Вставить «Ось 1». Использовать команды «Вставка», «Массив/зеркало», «Круговой массив». В параметрах указать «Ось 1», вокруг которой будет строиться круговой массив. В строке «Копировать тела» указать тело зуба. Активировать равный шаг, интервал – 360° и указать количество зубьев.

Далее необходимо добавить ступицу. Для этого нажать «Эскиз» на этой плоскости (передней плоскости зуба). Вставить окружность, совместив центра, и вытолкать ее до противоположной поверхности зуба (рисунок 3.6).

Полученное изображение зубчатого колеса самостоятельно достроить в соответствии с чертежом, выданным преподавателем.

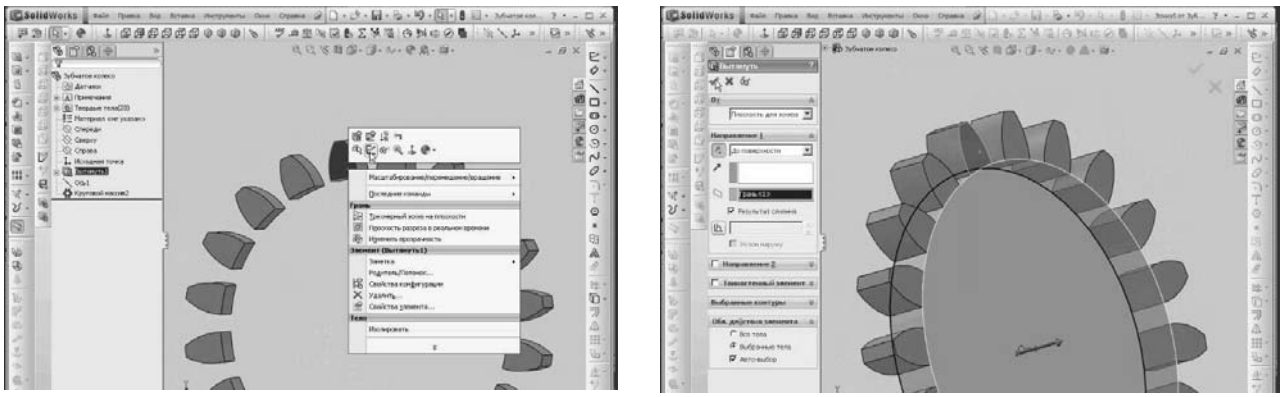

Рисунок 3.6 – Построение модели колеса

Контрольные вопросы

1 Какие два режима существуют для создания двухмерных эскизов?
2 Назовите основные принципы создания трехмерной модели.
3 Назовите основные этапы твердотельного моделирования в SolidWorks.
4 Каким образом можно проверить геометрию модели в SolidWorks?
5 Назовите основные этапы построения профиля зубчатого колеса в SolidWorks.

4 Лабораторная работа № 4. Построение моделей тел вращения

Цель работы: приобретение практических навыков в построении трехмерных моделей в среде трехмерного моделирования SolidWorks.

Задание 1

Построить трехмерную модель вала (рисунок 4.1) по размерам, выданным преподавателем.

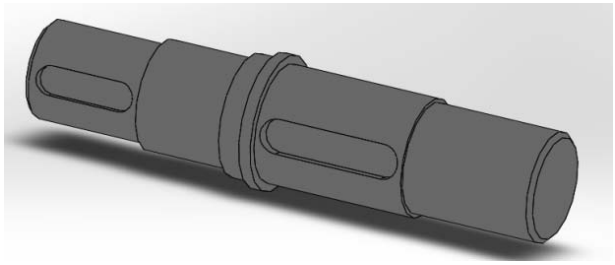

Рисунок 4.1 – Модель вала

Задание 2

Построить трехмерную модель вала-шестерни (рисунок 4.2) по размерам, выданным преподавателем.

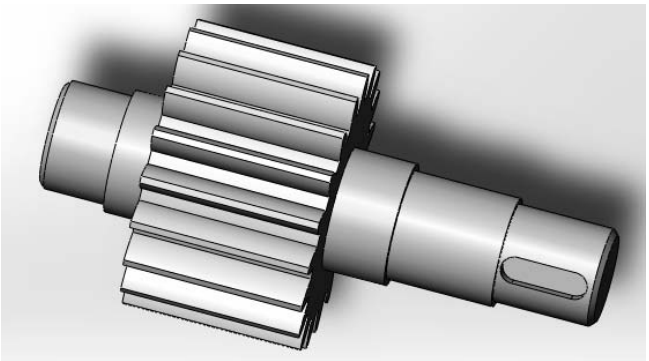

Рисунок 4.2 – Модель вала-шестерни

Методика выполнения лабораторной работы

Порядок создания 3D-модели вала:

1) используя команду «Осевая линия», создать ось симметрии вала, проходящую через ось координат;

2) используя команду «Линия», вычертить половинчатый контур вала и установили необходимые размеры, используя команду «Автоматическое нанесение размеров» (рисунок 4.3);

3) во вкладке «Элементы» выбрать команду «Повернутая бобышка» и указать контур вала;

4) проставить фаски, используя команды «Скругление», «Фаска»;

5) для создания шпоночных пазов в дереве конструирования выбрать плоскость «Спереди». Удерживая кнопку «Ctrl» и левую кнопку мыши, переместить данную плоскость вверх, указывая направление на величину радиуса соответствующих шеек вала, на которых расположены шпоночные пазы. На перемещенной плоскости в режиме «Эскиз» построить эскизы двух шпоночных пазов;

6) во вкладке «Элементы» выбрать команду «Вытянутый вырез» и указать глубины пазов.

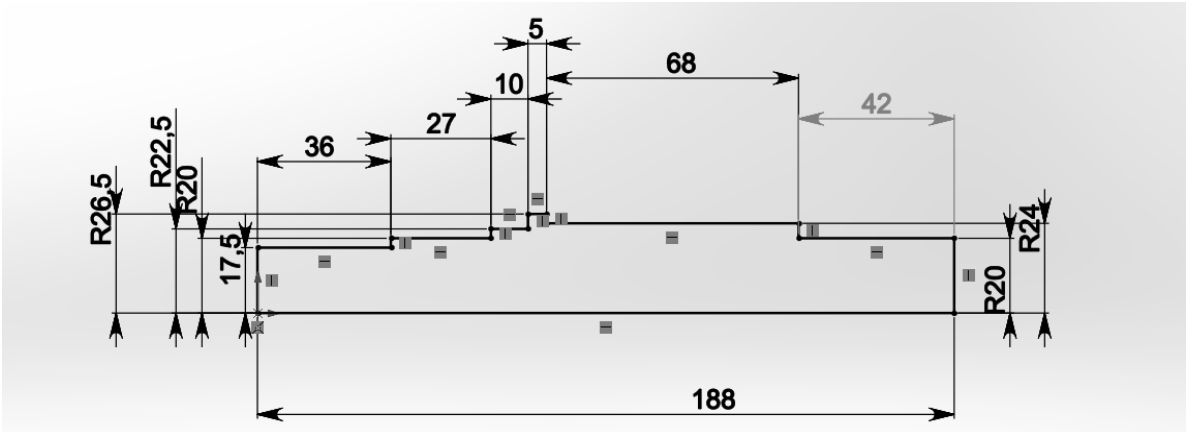

Рисунок 4.3 – Эскиз вала с проставленными размерами

Порядок создания 3D-модели вала-шестерни:

1) в режим «Эскиз» построить профиль зуба вала-шестерни;

2) во вкладке «Элементы» выбрать команду «Вытянутая бобышка» и указать длину зубчатого венца;

3) используя команду «Круговой массив», создать остальные зубья. В строке «Копировать тела» указать тело зуба, активировать равный шаг, интервал – 360° и указать количество зубьев;

4) в режиме «Эскиз» на плоскости, совпадающей с передней плоскостью зуба, создать окружность, диаметр которой равен диаметру впадин зубьев. Во вкладке «Элементы» выбрать команду «Вытянутая бобышка» и указать длину зубчатого венца;

5) в режиме «Эскиз» на плоскости, совпадающей с передней плоскостью зуба, создать окружность, которую вытянуть с помощью команды «Вытянутая бобышка». Аналогично построить остальные ступени вала-шестерни;

6) проставить фаски, используя команды «Скругление», «Фаска»;

7) для создания шпоночного паза в дереве конструирования выбрать плоскость «Спереди». Удерживая кнопку «Ctrl» и левую кнопку мыши, переместить данную плоскость вверх, указывая направление на величину радиуса шейки вала-шестерни, на которой расположен шпоночный паз. На перемещенной плоскости в режиме «Эскиз» построить эскиз шпоночного паза;

8) во вкладке «Элементы» выбрать команду «Вытянутый вырез» и указать глубину паза.

Контрольные вопросы

1 Для чего используются привязки эскиза?
2 Как задаются параметры эскиза?
3 Назовите основные способы выбора объектов в SolidWorks.
4 Что позволяют создавать конфигурации?
5 Назовите основные способы создания конфигураций.
6 Назовите основные этапы построения модели вала в SolidWorks.

5 Лабораторная работа № 5. Массивы в системах геометрического моделирования

Цель работы: приобретение практических навыков работы с массивами в среде SolidWorks.

Теоретические сведения

Массив элементов – повторение одного элемента множество раз на одной плоскости. В SolidWorks определяют два основных вида массивов: массив на плоскости и трехмерный массив.

Каждый из этих массивов, в свою очередь, бывает по линиям и круговой.

Задание

Построить трехмерную модель детали, представленную на рисунке 5.1.

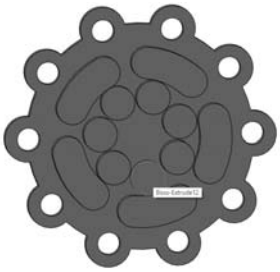

Рисунок 5.1 – Трехмерная модель детали

Методика выполнения лабораторной работы

Нажать кнопку «Эскиз» на панели инструментов «Эскиз», выбрать вид спереди. В выбранной плоскости построить круг радиусом 50 мм. Далее на дуге круга построить еще один полукруг радиусом 10 мм (рисунок 5.2). Сделать это можно двумя способами: при помощи инструмента «Centerpoint Arc», при помощи круга и команды «Обрезать».

Далее из выпадающего меню инструмента «Массив» выбрать «Массив по кругу».

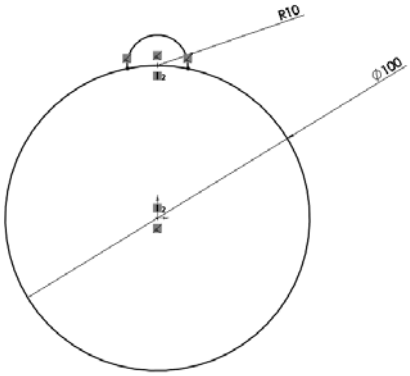

Рисунок 5.2 – Построение эскиза

В качестве элемента массива выбрать построенный ранее полукруг, а количество повторений элемента выставить на 10. Удалить все ненужные линии, тем самым утвердив нарисованный эскиз. Вытянуть эскиз на 10 мм. После чего при помощи инструмента «Centerpoint ark slot» создать следующий элемент на плоскости модели (рисунок 5.3).

Вытянуть новый элемент на 10 мм. После чего при помощи инструмента «Массив по кругу» выбрать одну грань выпуклости, количество повторений равно 5. Далее на данной плоскости построить вырез в форме круга радиусом 10 мм. Используя инструмент «Круговой Массив», сделать массив в 10 подобных кругов. Сделать вырез кругов на 10 мм. В завершение начертить еще один круг радиусом 15 мм и продублировать его 7 раз при помощи кругового массива. Вытянуть полученные элементы на 20 мм.

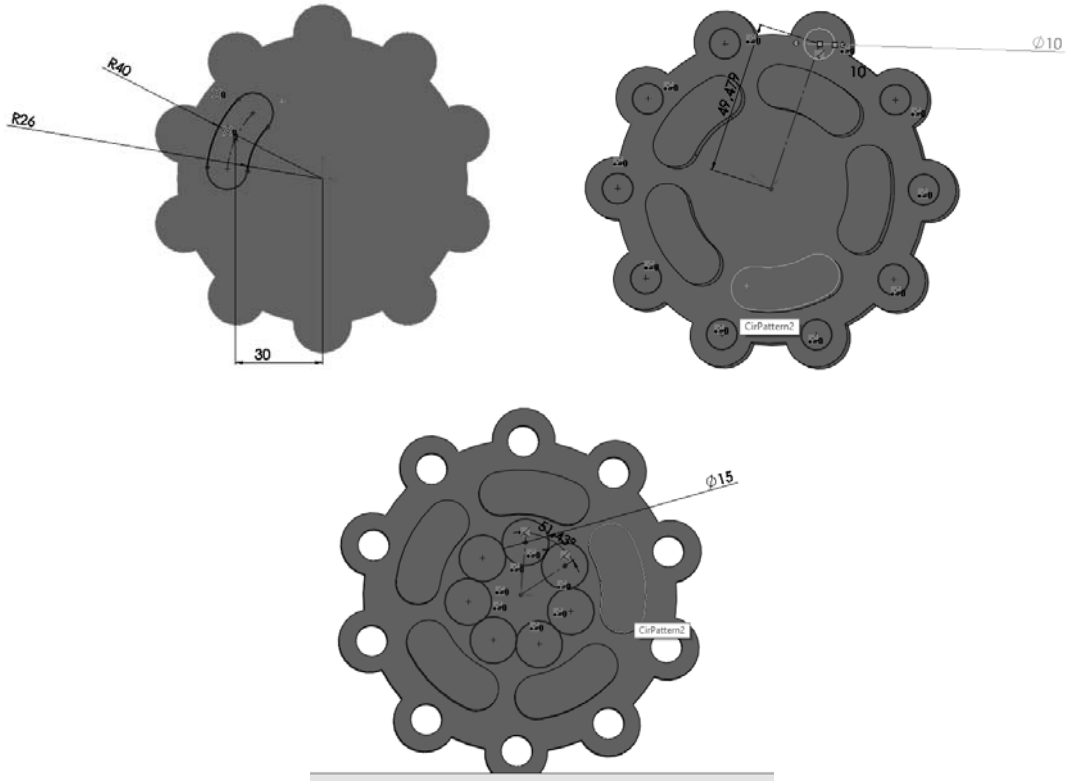

Рисунок 5.3 – Построение модели

Контрольные вопросы

1 Что такое массив элементов?
2 Для чего используются массивы?
3 Назовите команды работы с массивами в SolidWorks.
4 Назовите основные виды массивов.

6 Лабораторная работа № 6. Построение моделей корпусных деталей

Цель работы: приобретение практических навыков построения трехмерных моделей корпусных деталей.

Задание

Построить трехмерную модель корпуса (рисунок 6.1) по размерам, выданным преподавателем.

Методика выполнения лабораторной работы

Порядок построения 3D-модели корпуса:

1) в режиме «Эскиз» построить два прямоугольника в одной плоскости с

размерами $(L + 2s) \times (B + 2s)$ и $L \times B$ мм;

2) во вкладке «Элементы» выбрать команду «Вытянутая бобышка» и выдавить первый прямоугольник на высоту $(H - b - P)$ мм, а затем, при помощи команды «Вытянутый вырез», выдавить второй прямоугольник на глубину $(H - b - P)$ мм;

3) в режиме «Эскиз» построить прямоугольник $(L + 2s) \times (B + 2L_2)$, служащий основанием корпуса. При помощи команды «Вытянутая бобышка» выдавить поверхность основания на высоту P мм;

4) в режиме «Эскиз» построить прямоугольник $(L + 2L_1) \times (B + 2L_1)$, служащий фланцем корпуса. При помощи команды «Вытянутая бобышка» выдавить поверхность фланца на высоту b мм, затем построить второй прямоугольник $L \times B$ в этой же плоскости и при помощи команды «Вытянутый вырез» выдавить данный прямоугольник на глубину b мм;

5) при помощи команды «Вытянутый вырез» построить посадочные поверхности под подшипники и крепежные отверстия для крепления корпуса и крышки.

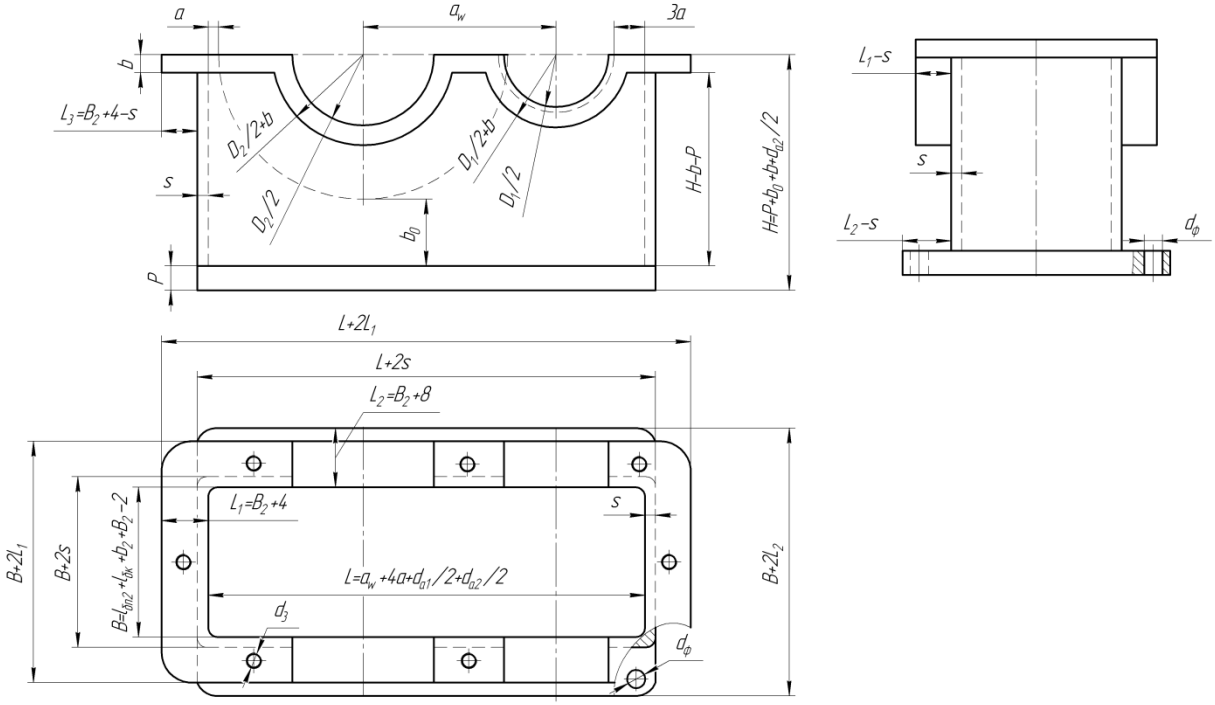

Рисунок 6.1 – Параметрическая модель корпуса

Контрольные вопросы

1 Для чего используются привязки эскиза?
2 Как задаются параметры эскиза?
3 Назовите основные способы выбора объектов в SolidWorks.
4 Что позволяют создавать конфигурации?
5 Назовите основные способы создания конфигураций.
6 Назовите основные этапы построения модели вала в SolidWorks.

7 Лабораторная работа № 7. Построение сборок в системах геометрического моделирования

Цель работы: приобретение практических навыков в построении 3D-моделей сборок в среде трехмерного моделирования SolidWorks.

Теоретические сведения

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

В SolidWorks можно создать сложные сборки, состоящие их многочисленных компонентов, которые могут быть деталями или другими сборками, называемыми узлами сборок. Расширение документа сборки – .sldasm.

В дереве конструирования FeatureManager отображаются следующие объекты для сборок:

– сборка верхнего уровня (первый объект);

– различные папки, например «Примечания» и «Сопряжения» ;

– плоскости сборки и исходные точки;

– компоненты (узлы сборки и отдельные детали);

– элементы сборки (вырезы или отверстия) и массивы компонентов.

В дереве конструирования FeatureManager имя компонента может содержать префикс, предоставляющий информацию о состоянии его взаимосвязей с другими компонентами. Используются следующие префиксы:

– неопределен (-);

– переопределен (+);

– зафиксирован (ф);

– не решен (?).

Отсутствие префикса означает, что положение компонента полностью определено.

Задание

Построить трехмерную модель сборки редуктора. Модели зубчатого колеса, вала-шестерни, вала и корпуса берутся из лабораторных работ № 2, 4 и 6.

Методика выполнения лабораторной работы

1 Создание нового документа сборки в SolidWorks. Выбрать в меню пункты «Файл», «Новый». Выбрать шаблон «Сборка», после чего откроется документ SolidWorks для создания трехмерных моделей сборок узлов. В созданном документе сборки в менеджере свойств нажать «Обзор» и выбрать базовую деталь (вал).

2 Установка шпонки на вал. В библиотеке проектирования последовательно

выбрать «Toolbox», «Din», «Шпонки», «Шпонка призматическая» (рисунок 7.1). Левой кнопкой мыши перетащить изображение шпонки в область чертежа. В левой части экрана появится меню свойств шпонки. Необходимо в соответствии с вариантом задания, выданным преподавателем, выбрать диаметр стержня (диаметр вала под шпонку) и длину шпонки.

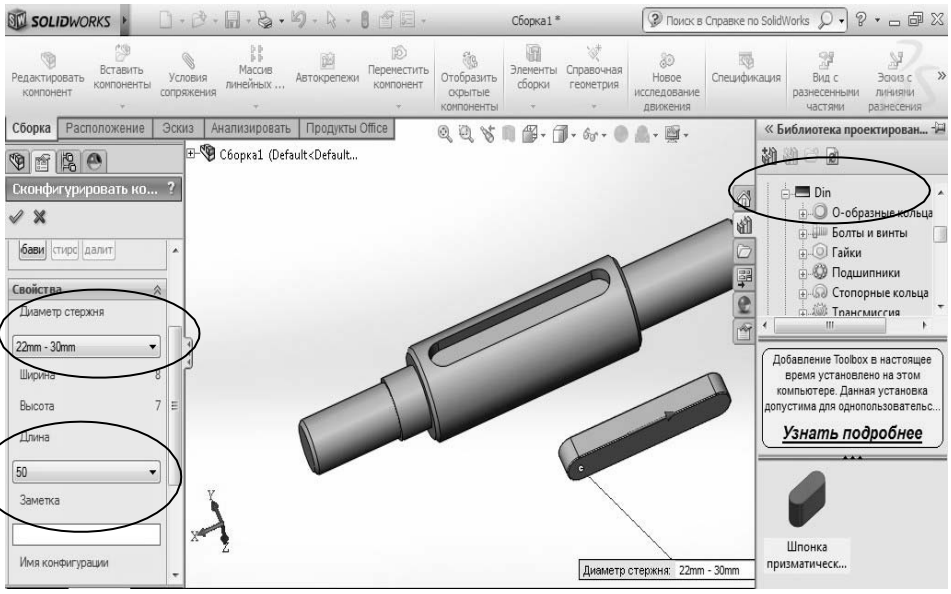

Рисунок 7.1 – Диалоговое окно с выбором шпонки

Выбрать на панели инструментов «Сборка» команду «Условия сопряжения». В менеджере свойств команды «Сопряжение» выбрать вид сопряжения «Совпадение» и последовательно плоскость основания шпонки и плоскость шпоночного паза (рисунок 7.2). Плоскость основания шпонки и плоскость шпоночного паза окажутся в одной плоскости. Затем создать новое сопряжение шпонки и вала. Выбрать тип сопряжения «Концентричность» и указать последовательно скругленную поверхность шпонки и шпоночного паза. Шпонка установится в шпоночный паз (см. рисунок 7.2).

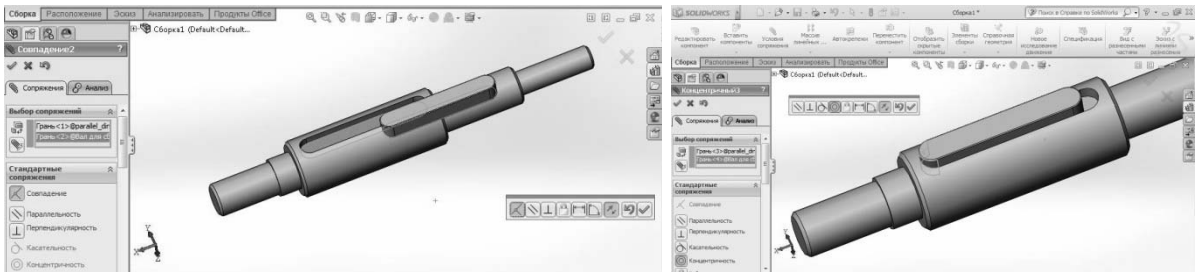

Рисунок 7.2 – Задание сопряжений

3 Установка зубчатого колеса на вал. Выбрать команду «Вставить компоненты» и добавить модель зубчатого колеса в модель сборки.

Создать сопряжения (команда «Условия сопряжения»):

– «Концентричность» между поверхностью отверстия колеса и цилиндри-

ческой поверхностью ступени вала со шпоночным пазом;

– «Совпадение» между боковой поверхностью шпонки и шпоночного паза колеса;

– «Совпадение» между торцевой поверхности ступицы колеса и торцом буртика вала.

4 Установка подшипников качения. Подшипник качения также является стандартным элементом и вставляется в сборку из библиотеки проектирования. Для этого последовательно выбрать «Toolbox», «Din», «Подшипники», «Шариковые подшипники», «Радиально-упорный шариковый подшипник». Левой кнопкой мыши перетащить изображение подшипника в область чертежа. В соответствии с чертежом вала выбрать внутренний диаметр подшипника.

Создать сопряжения (команда «Условия сопряжения»):

– «Концентричность» между поверхностью отверстия подшипника и цилиндрической поверхностью ступени вала;

– «Совпадение» между торцом поверхности подшипника и торцом шейки вала (рисунок 7.3).

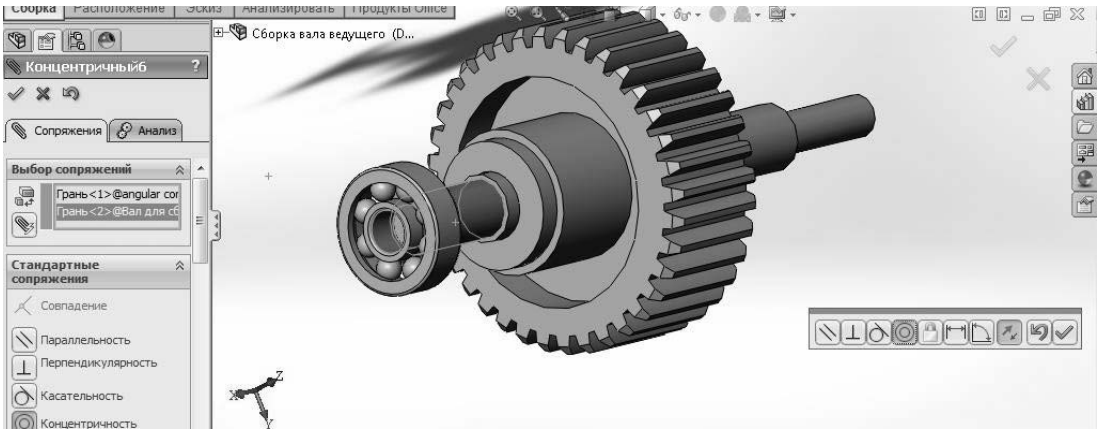

Рисунок 7.3 – Установка подшипника на вал

5 Создание модели сборки узла – вала-шестерни в сборе. В качестве базовой детали использовался вал-шестерня. Для установки втулки и подшипников на вал-шестерню создать сопряжения:

– «Концентричность» между поверхностью отверстия подшипника и цилиндрической поверхностью ступени вала-шестерни;

– «Совпадение» между боковой поверхностью подшипника и торца вала-шестерни.

3D-модель вала-шестерни в сборе с подшипниками представлена на рисунке 7.4.

6 Создание 3D-модели сборки редуктора. В качестве базовой детали использовался корпус.

Установка собранных узлов в корпус редуктора осуществлялась при создании сопряжений:

– «Концентричность» между наружным диаметром подшипников и полости для подшипников в корпусе;

– «Совпадение» между боковой поверхностью подшипников и наружной стороной корпуса (рисунок 7.5).

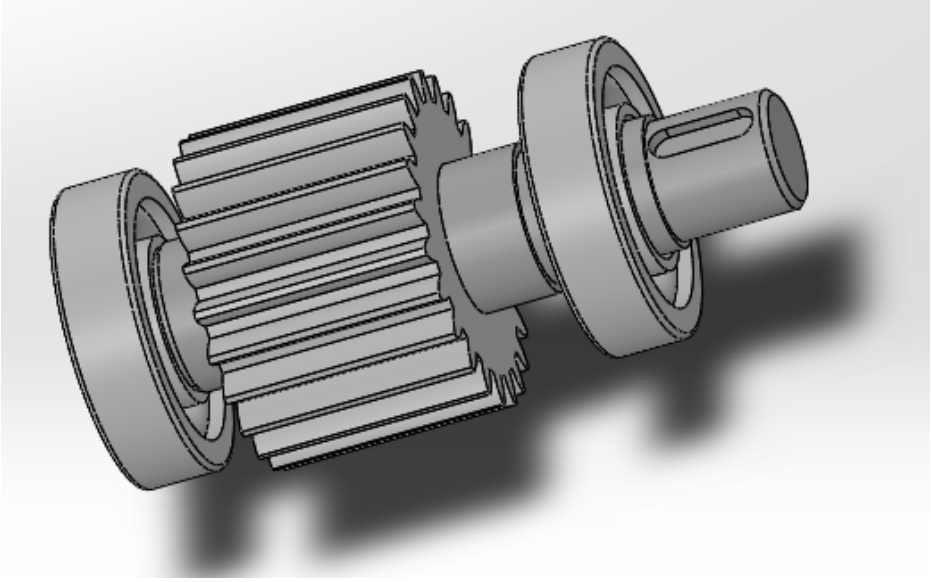

Рисунок 7.4 – 3D-модель вала-шестерни в сборе с подшипниками

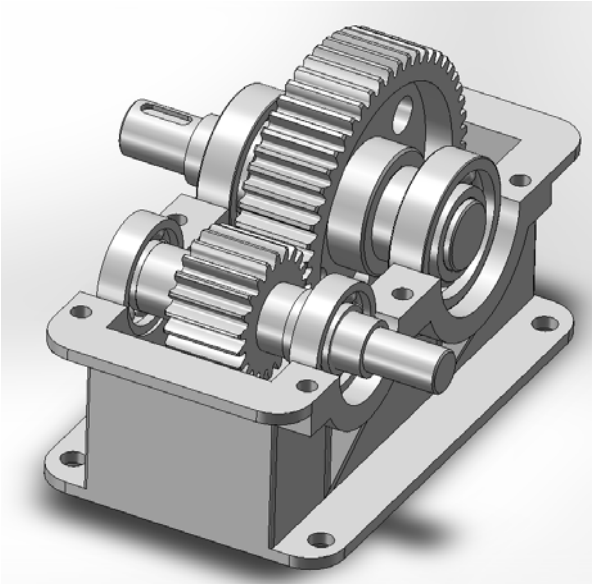

Рисунок 7.5 – 3D-модель редуктора в сборе

Контрольные вопросы

1 Какие объекты для сборок отображаются в дереве конструирования FeatureManager?

2 Назовите основные методы проектирования сборок в SolidWorks.

3 Что такое проектирование снизу вверх?

4 Что такое проектирование сверху вниз?

5 Для чего используются сопряжения при создании сборок?

8 Лабораторная работа № 8. Расчет напряженно-деформированного состояния вала методом конечных элементов

Цель работы: приобретение практических навыков в исследовании напряженно-деформированных состояний деталей машин в среде SolidWorks Simulation.

Задание

Исследовать напряженно-деформированное состояние вала в среде SolidWorks Simulation. Модель вала взять из лабораторной работы № 4.

Методика выполнения лабораторной работы

Открыть вал, созданный при выполнении лабораторной работы № 4. Выбрать вкладку «SolidWorks Simulation», «Simulation», «Консультант исследования», «Новое исследование», «Статический анализ».

Выбрать в качестве материала вала легированную сталь, использовав команду «Применить материал» (рисунок 8.1). Нажать «Применить» и «Закрыть».

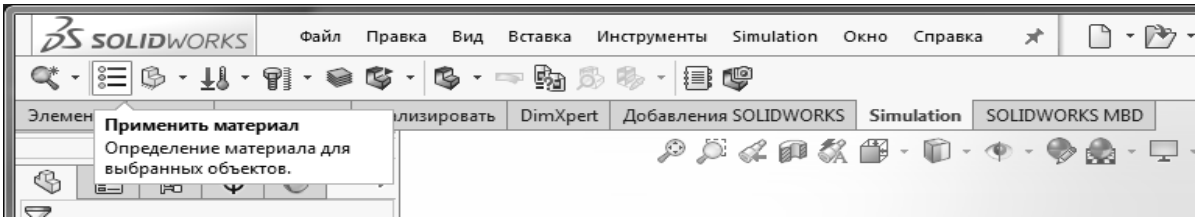

Рисунок 8.1 – Иллюстрация панели SolidWorks Simulation

Далее указать, как поддерживается модель. Закрепить один торец вала фиксированно. Для этого выбрать вкладку «Консультант по креплению», «Фиксированная геометрия» и указать левый торец вала (рисунок 8.2).

Опорные шейки вала закрепить с возможностью скольжения. Для этого выбрать вкладку «Консультант по креплению», «Ролик/скольжение», «Зафиксированный шарнир» и указать две шейки вала, на которые устанавливают подшипники.

Оставшийся противоположный торец вала зафиксировать, выбрав «Консультант по креплению», «Фиксированная геометрия», «Ролик/ползун».

Затем необходимо приложить нагрузки. Для этого выбрать «Консультант по внешним нагрузкам», «Вращающий момент» (рисунок 8.3). Для того чтобы приложить вращающий момент, необходимо воспользоваться справочной геометрией и вставить «Ось», указав цилиндрическую поверхность вала, на которой расположен шпоночный паз. Справочная геометрия расположена во вкладке «Вставка».

Далее приложить радиальную силу *Fr* («Консультант по внешним нагрузкам», «Сила»). Выбрать шейку вала со шпоночным пазом.

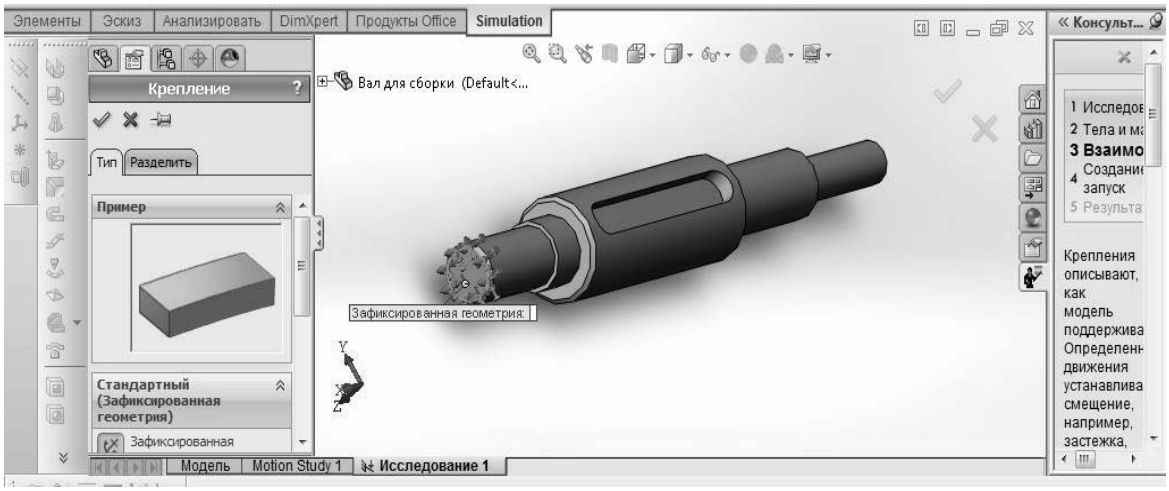

Рисунок 8.2 – Диалоговое окно выбора закрепления вала

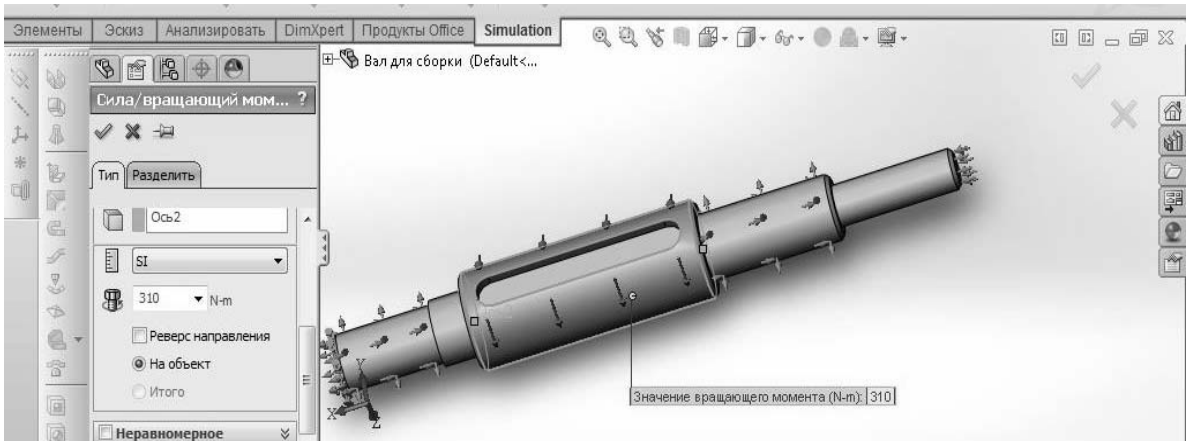

Рисунок 8.3 – Диалоговое окно приложения нагрузки

После крепления элементов вала и приложения внешних нагрузок сформировать сетку конечных элементов. Нажать «Запуск», «Создание сетки», «Стандартная сетка» (рисунок 8.4).

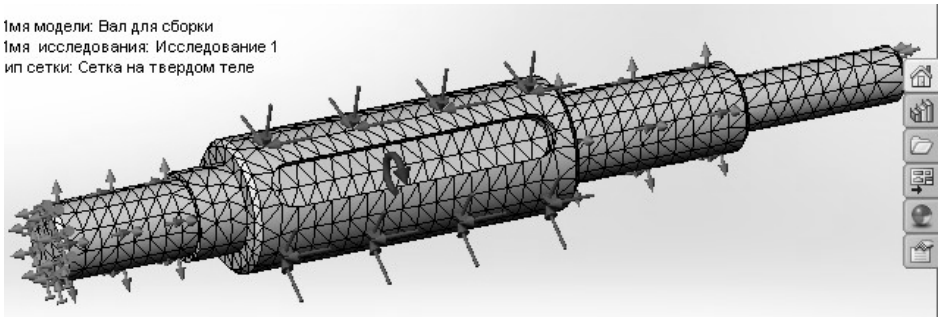

Рисунок 8.4 – Диалоговое окно создания сетки конечных элементов

Затем нажать вкладку «Запуск» и провести расчет вала на прочность. Используя эпюру напряжений, проанализировать полученное максимальное значение напряжения с допустимым пределом текучести 620 МПа (для легированной стали) (рисунок 8.5).

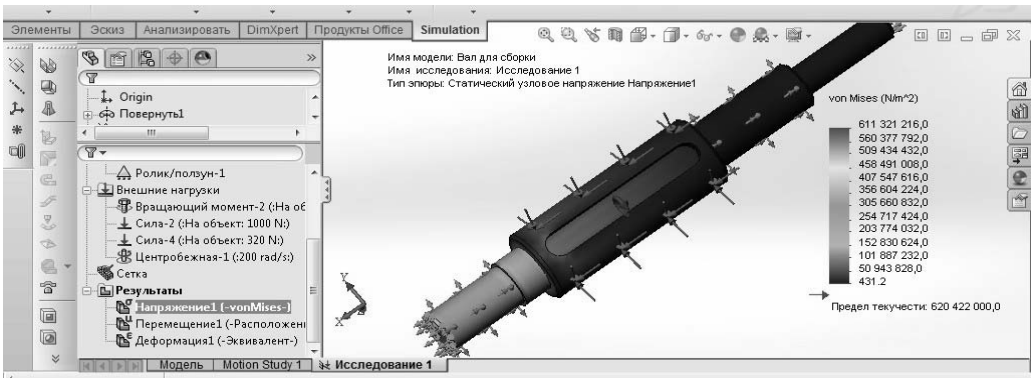

Рисунок 8.5 – Диалоговое окно анализа напряжений

Для анализа перемещений выбрать «Консультант по результатам», «Новая эпюра», «Перемещение».

Далее оценить запас прочности. Выбрать «Консультант по результатам», «Новая эпюра», «Запас прочности».

Построить эпюру запаса эквивалентных деформаций.

Конечным этапом выполнения лабораторной работы является формирование отчета, выполненного в среде SolidWorks Simulation.

Контрольные вопросы

1 Какие задачи можно решать с помощью SolidWorks Simulation?
2 Что такое метод конечных элементов?
3 Назовите основные типы исследований.
4 Какими факторами определяются исследования моделирования?
5 Назовите типы сеток на основе геометрии элементов.
6 Назовите основные этапы исследований элементов модели в SolidWorks Simulation.

9 Лабораторная работа № 9. Создание рабочих чертежей деталей на основе трехмерных моделей

Цель работы: ознакомление с принципами построения чертежей в SolidWorks.

Задание

Разработать рабочий чертеж вала, созданный в лабораторной работе № 4.

Методика выполнение работы

Нажать «Создать новый документ» и выбрать «Чертеж». При создании нового документа чертежа появится диалоговое окно выбора формата листа. Тут можно выбрать предустановленные форматы либо указать свои. Выбрать формат «А3 – Альбомная» и стандартную основную надпись, нажать ОК.

На панели инструментов «Чертеж» нажать пиктограмму «Вид модели», появится окно выбора модели или сборки для создания видов на чертеже. Нажать кнопку «Обзор» и выбрать в открывшемся окне модель вала, созданную в лабораторной работе № 6. Нажать «Открыть».

Появится очертание вида и указатель, которым он перемещается. По умолчанию первый вид – это «вид спереди». Но его можно поменять, нажав левой кнопкой мыши на нужном виде и в параметрах чертежного вида изменить ориентацию детали на виде и нажать ОК.

Далее навести указатель на свободное поле чертежа и нажать левую кнопку мыши для установки позиции первого вида (Главного) (рисунок 9.1). Добавить вид «Сверху» и вид «Сбоку». Для этого отвести указатель от основного вида вниз и нажать левую кнопку мыши, потом отвести указатель от основного вида вправо и нажать левую кнопку мыши. Нажать Esc и выйти из режима вставки чертежного вида.

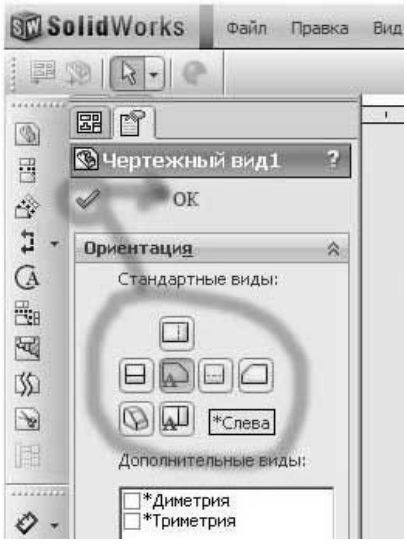

Рисунок 9.1 – Диалоговое окно выбора проекционных видов

На виде сверху сделать разрез. Для построения разреза нужно нажать на кнопку «Разрез» и нарисовать линию разреза на детали. Потом перетянуть вид разреза на свободное место чертежа.

Для простановки размеров импортировать размеры из эскизов детали и отредактировать. Для этого нажать кнопку «Элементы модели» на панели инструментов «Примечания» и отметить необходимые элементы модели для импорта в чертеж (рисунок 9.2). Далее нажать ОК и подправить в ручном режиме размещение размеров.

Для добавления необходимых размеров нажать кнопку «Автоматическое нанесение размеров» на панелях «Эскиз» или «Примечания» и навести указатель на кромку вида (она должна выделиться другим цветом), нажать левую кнопку мыши. Появится размер длины кромки. Далее отвести указатель в сторону и еще раз нажать левую кнопку мыши.

Рекомендуется попробовать самостоятельно для закрепления материала поработать с расстановкой видов и размеров. Попробовать их редактировать.

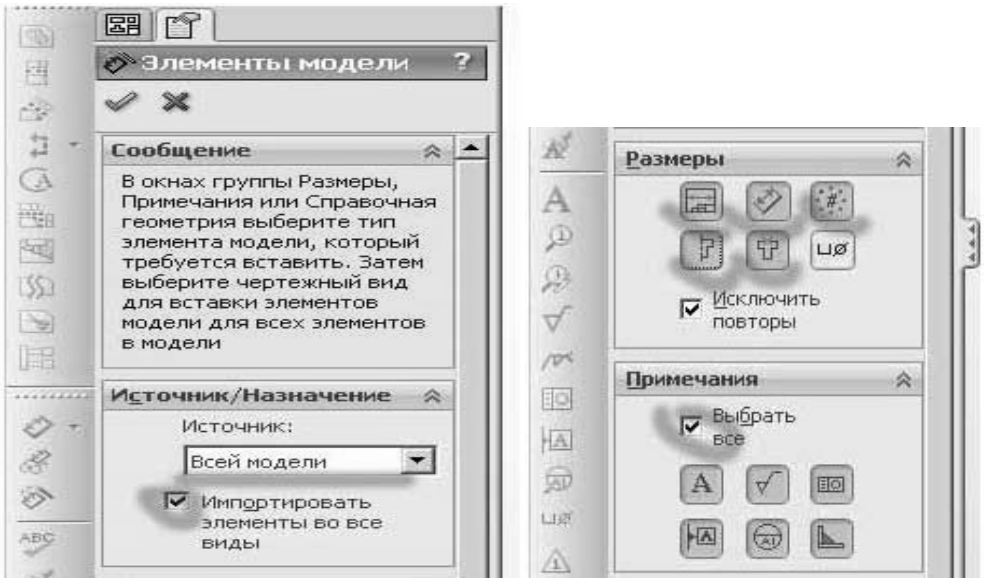

Рисунок 9.2 – Диалоговое окно выбора элементов модели для импорта в чертеж

Контрольные вопросы

1 Назовите принципы построения чертежей в SolidWorks.
2 Какие параметры чертежа можно редактировать в меню «Вид»?
3 Что можно редактировать в параметрах разреза?
4 Назовите основные способы вставки элементов модели в чертеж.
5 Назовите основные этапы построения чертежей в SolidWorks.

10 Лабораторная работа № 10. Построение сопряжения и анимации движения зубчатого зацепления

Цель работы: приобретение практических навыков в построении динамического сопряжения и анимации движения в среде SolidWorks Motoin на примере зубчатого зацепления.

Задание
Построить сопряжения и анимации движения зубчатого зацепления.

Методика выполнение работы

1 Построение условного корпуса редуктора. Создать новый документ «Деталь». Выбрать плоскость «Спереди», перейти в режим «Эскиз».

Условно изобразить корпус редуктора в виде стенки (прямоугольник с размерами 200 × 100 мм). Перейти во вкладку «Элементы» и, используя команду «Вытянутая бобышка», вытолкнуть стенку толщиной 5 мм. В режиме «Эскиз» на плоскости провести горизонтальную ось симметрии, изобразить окружность диаметром 10 мм, указать вертикальную ось симметрии, относительно которой

произвести зеркальное отражение окружности и указать между окружностями межосевое расстояние 75 мм. Затем перейти во вкладку «Элементы» и вытолкнуть их на расстояние 50 мм. Сохранить построенную деталь (рисунок 10.1).

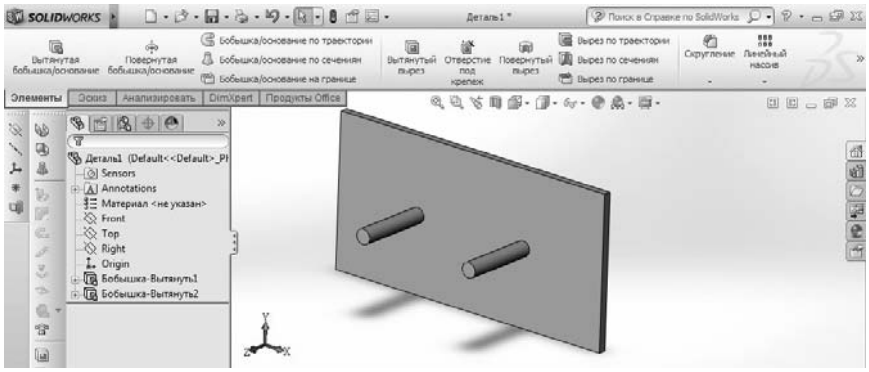

Рисунок 10.1 – Модель условного корпуса редуктора

2 Построение сборки условного корпуса редуктора и зубчатых колес. Создать новый документ «Сборка». Через команду «Вставить компоненты» вставить ранее построенный корпус редуктора.

Затем в библиотеке проектирования последовательно выбрать «Toolbox», «Iso», «Трансмиссия», «Зубчатые колеса», «Прямозубое цилиндрическое зубчатое колесо». Левой кнопкой мыши перетащить изображение зубчатого колеса в область чертежа. В левой части экрана появится меню свойств колеса. Задать модуль m = 3 мм, число зубьев z = 20, диаметр вала d = 10 мм. Вставить второе колесо. Нажать Esc.

Создать сопряжения (команда «Условия сопряжения»): «Концентричность» между поверхностью отверстия колеса и цилиндрической поверхностью вала; «Совпадение» между торцом зубчатого колеса и стенкой редуктора, указывая размер между ними 25 мм.

Аналогичным образом установить на второй вал второе зубчатое колесо (модуль m = 3 мм; число зубьев z = 30; диаметр вала d = 10 мм).

3 Создание сопряжения между зубчатыми колесами, для возможности вращения с учетом передаточного отношения. При вращении одного колеса второе остается неподвижным. Для вращения обоих колес необходимо выполнить условие сопряжения при заданном передаточном отношении. Для этого выбрать «Условия сопряжения», «Механическое сопряжение», «Редуктор». Затем на эскизе зубчатого сопряжения последовательно указать диаметры впадин меньшего и большего колес (рисунок 10.2).

В окне «Пропорция» поменять значения на 60 и 90 мм для того, чтобы было правильное передаточное число. Если при вращении одного колеса вращается другое и нет набегания зуба на зуб, то построение правильное и зубчатое сопряжение готово.

4 Создание анимации движения в SolidWorks. Для создания анимации движения на примере зубчатого зацепления выбрать вкладку «Исследование движения». Выбрать «Двигатель» (рисунок 10.3).

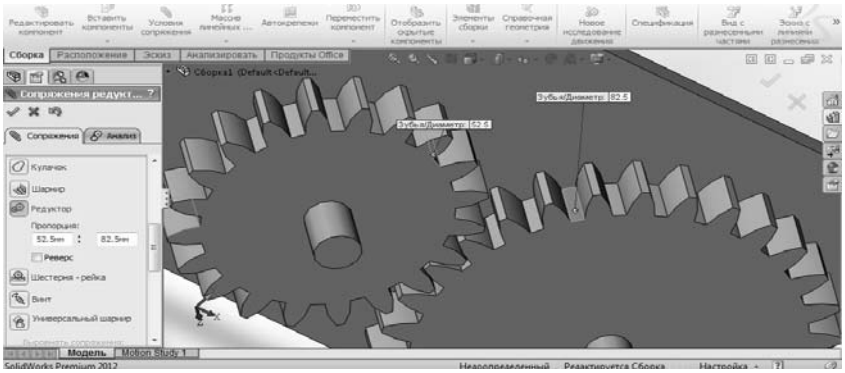

Рисунок 10.2 – Диалоговое окно с зубчатым сопряжением

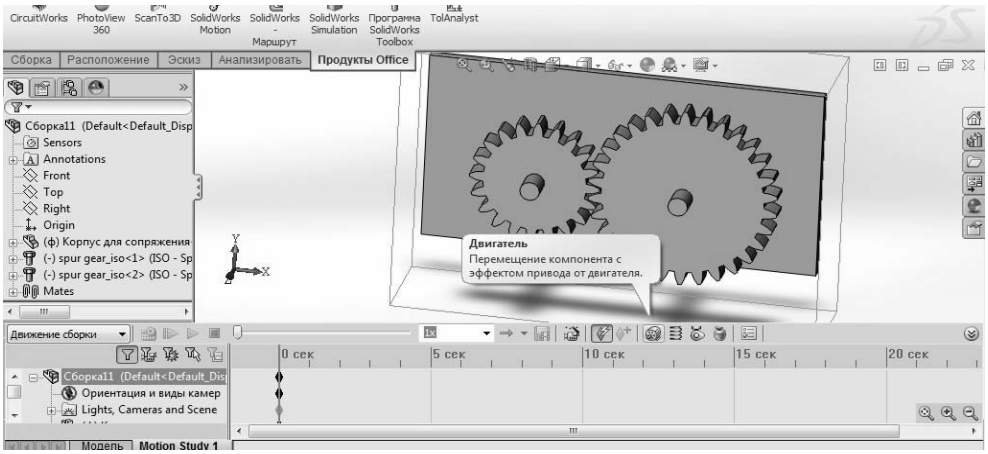

Рисунок 10.3 – Диалоговое окно создания анимации

Выбрать вращающийся двигатель. В качестве месторасположения двигателя указать кромку отверстия в меньшей шестерне (должна появиться надпись «Кромка<1>»). В качестве компонента для движения указать второе зубчатое колесо. Частоту вращения указать 1000 об/мин. Далее задать «Контакт». Выбрать два зубчатых колеса. Во вкладке «Движение сборки» необходимо заменить на «Базовое движение».

Нажать «Расчет исследования движения». Система производит расчеты. После нажать кнопку «Воспроизведение» и посмотреть анимацию движения зубчатого зацепления.

Контрольные вопросы

1 Назовите инструменты исследования движения.

2 Что включает дерево конструирования MotionManager?

3 Для чего используется функция «Анимация»?

4 Для чего используется инструмент исследования движения «Базовое движение»?

5 Для чего используется инструмент исследования движения «Анализ движения»?

6 Что такое ключевая точка и ключевой кадр?

11 Лабораторная работа № 11. Информационные технологии в машиностроении

Цель работы: приобретение практических навыков разработки алгоритмов и прикладных программ для решения технологических задач.

Задание

1 Разработать алгоритм расчета режимов резания металлов с использованием аналитических формул, представленных в [7].

2 Построить пользовательскую форму для расчета режимов резания металлов.

Теоретические сведения

Для создания графического интерфейса VBA-программ в виде пользовательских диалоговых окон используются формы (объект UserForm).

Как правило, форма запускается при открытии пользователем документа, в котором она встроена, или нажатием кнопки в окне этого документа. Пользователь выполняет на ней какие-то действия по вводу или выбору информации, а потом нажимает на кнопку на форме. Программа обрабатывает нажатие на кнопку (событие) с помощью специальной процедуры (обработчик события), записанной при проектировании формы.

Для создания формы достаточно создать или открыть файл Excel, перейти в редактор VBA, нажав сочетание клавиш «Левая_клавиша_Alt + F11». В открывшемся окне редактора VBA выбрать вкладку «Insert» главного меню и нажать кнопку «UserForm» (рисунок 11.1). То же подменю откроется при нажатии на вторую кнопку (после значка Excel) на панели инструментов.

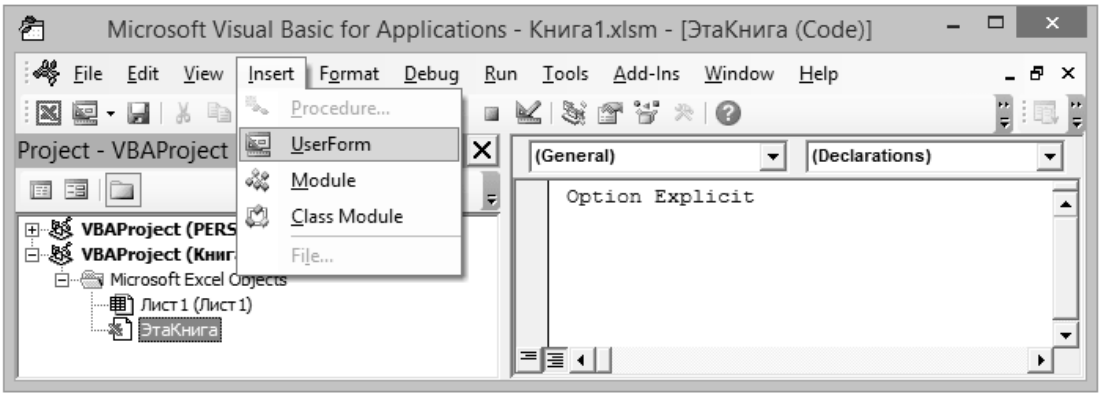

Рисунок 11.1 – Иллюстрация создания пользовательской формы

На экране редактора VBA появится новая пользовательская форма с именем «UserForm1» и панель инструментов «Toolbox» с набором элементов управления формы (рисунок 11.2).

Элементы управления – это специализированные объекты, которые можно размещать на формах VBA и непосредственно в документах, используемые для

организации взаимодействия с пользователем.

Для добавления элементов управления на форму необходимо выбрать элемент управления на панели «Toolbox» и перетащить его на форму.

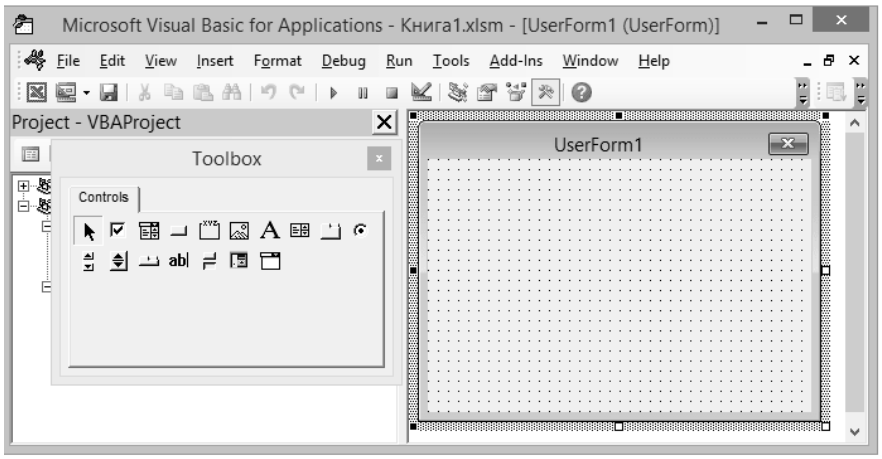

Рисунок 11.2 – Пользовательская форма с именем «UserForm1» и панель инструментов «Toolbox»

Порядок выполнения работы

1 Разработать алгоритм решения технологической задачи.

2 По разработанному алгоритму составить программу на языке программирования высокого уровня VBA.

3 Произвести отладку программы и проверить ее на контрольных примерах.

Контрольные вопросы

1 Для чего предназначены формы?

2 На основе чего можно создавать формы?

3 Как создать кнопку на форме?

4 Как можно разместить несколько таблиц и запросов на одной форме?

5 Как создать главную кнопочную форму?

6 Назовите основные этапы разработки программы с пользовательской формой.

Список литературы

1 **Голованов, Н. Н.** Геометрическое моделирование : учеб. пособие / Н. Н. Голованов. – М. : КУРС ; ИНФРА-М, 2021. – 400 с.

2 **Берлинер, Э. М.** САПР конструктора-машиностроителя / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – М. : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2019. – 288 с.

3 **Щеглов, Г. А.** Практикум по компьютерному моделированию геометрии изделий с использованием SolidWorks : учеб. пособие / Г. А Щеглов, А. Б. Минеев. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. – 182 с.

4 **Волков, М. А.** Информационные технологии : учеб. пособие / М. А. Волков. – М. : ИНФРА-ИНЖЕНЕРИЯ, 2023. – 136 с.

5 Компьютерное моделирование : учебник / В. М. Градов, Г. В. Овечкин, П. В. Овечкин, И. В. Рудаков. – М. : КУРС ; ИНФРА-М, 2023. – 264 с.

6 Основы автоматизированного проектирования : учебник / под ред. А. П. Карпенко. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 329 с.

7 Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.