

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

# ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности 6-05-0611-01  
«Информационные системы и технологии»  
дневной формы обучения*



Могилев 2024

УДК 004.4: 621.8  
ББК 32.973.26-02: 34.4  
О-75

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»  
«17» мая 2024 г., протокол № 14

Составитель канд. техн. наук, доц. С. Н. Хатетовский

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов специальности 6-05-0611-01 «Информационные системы и технологии» дневной формы обучения.

Учебное издание

## ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	М. М. Дударева

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 50 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, 2024

## Содержание

Меры безопасности при проведении лабораторных работ .....	4
1 Лабораторная работа № 1. Интерфейс в САПР .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Эскизы в среде САПР среднего уровня ...	7
3 Лабораторная работа № 3. Моделирование поверхностей в среде САПР среднего уровня .....	10
4 Лабораторная работа № 4. Моделирование сборок в среде САПР среднего уровня .....	13
5 Лабораторная работа № 5. Автоматизация твердотельного моделирования в среде САПР среднего уровня .....	14
6 Лабораторная работа № 6. Автоматизация моделирования прямозубой эвольвентной передачи в среде САПР среднего уровня .....	20
7 Лабораторная работа № 7. Вспомогательная геометрия и кривые в среде САПР высшего уровня .....	21
8 Лабораторная работа № 8. Эскизы в среде САПР высшего уровня ...	23
9 Лабораторная работа № 9. Моделирование поверхностей в среде САПР высшего уровня .....	24
10 Лабораторная работа № 10. Моделирование сборок в среде САПР высшего уровня .....	25
11 Лабораторная работа № 11. Автоматизация твердотельного моделирования в среде САПР высшего уровня .....	26
12 Лабораторная работа № 12. Автоматизация моделирования косозубой эвольвентной передачи в среде САПР высшего уровня .....	29
Список литературы .....	30

## **Меры безопасности при проведении лабораторных работ**

Не работайте за компьютером при наличии внешних повреждений корпуса или изоляции силовых кабелей.

Не кладите на корпус системного блока и не храните на нем разные предметы, особенно тяжелые, т. к. в этом случае может возникнуть вибрация, которая может вызвать нарушения работы компьютера.

Не рекомендуется включать компьютер в розетки без заземления. Розетки и вилки должны быть цельными, без повреждений.

Не включайте компьютер в помещении с высокой влажностью.

Не оставляйте работающий ПК без присмотра длительное время.

Провода и силовые кабели компьютера должны быть расположены так, чтобы исключить возможность наступить на них или поставить что-то тяжелое.

Нельзя работать с компьютером при открытом корпусе системного блока.

# 1 Лабораторная работа № 1. Интерфейс САПР

**Цель работы:** изучение общих принципов работы в системе автоматизированного проектирования SolidWorks.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР SolidWorks.

## Основные положения

Интерфейс SolidWorks соответствует привычному графическому интерфейсу программ операционной системы Windows Microsoft.

Проектирование в SolidWorks включает создание твердотельных моделей деталей и сборок с возможностью генерировать на их основе рабочие чертежи. Создание нового документа в SolidWorks сопровождается выбором шаблона документа: «Деталь», «Сборка» или «Чертеж». В случае выбора шаблонов «Деталь» или «Сборка» графическая область представляет собой трехмерное пространство.

Основными элементами интерфейса SolidWorks являются (рисунок 1.1): строка меню 1; панели инструментов 2; менеджер команд 3; дерево конструирования 4; строка состояния 5; панель задач 6.

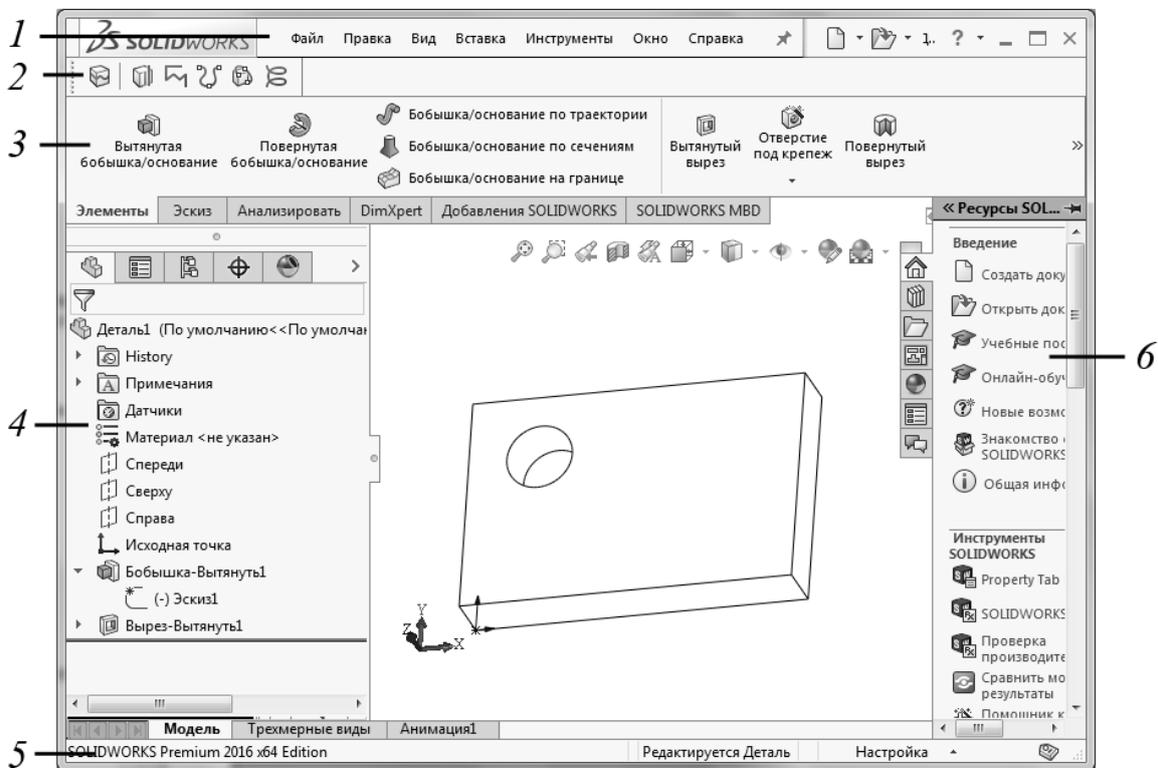


Рисунок 1.1 – Основные элементы интерфейса SolidWorks

Некоторые часто используемые инструменты интерфейса SolidWorks представлены на рисунке 1.2. К этим элементам относятся: 1 – графическая область; 2 – окно свойств элемента; 3 – панель инструментов управляемого просмотра; 4 – инструмент поиска команд; 5 – всплывающее меню «Справка».

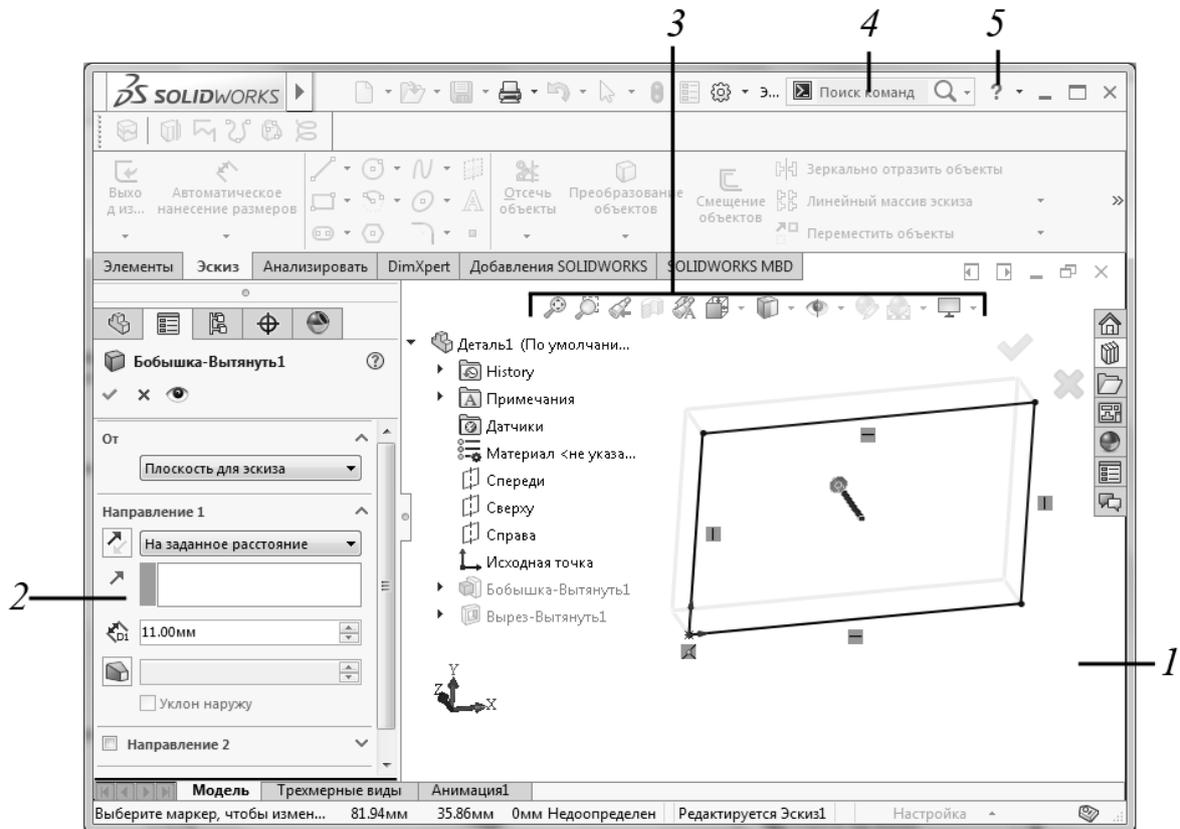


Рисунок 1.2 – Некоторые часто используемые элементы интерфейса SolidWorks

### ***Порядок выполнения работы***

Открыть готовый файл детали. Ознакомиться с элементами твердотельной модели. Используя справку, изучить основные параметры указанных элементов. Изменить параметры элементов.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Каковы основные элементы интерфейса SolidWorks?
- 2 Что такое дерево конструирования SolidWorks?
- 3 Как в интерфейсе найти команду SolidWorks?
- 4 Как пользоваться справкой SolidWorks?

## 2 Лабораторная работа № 2. Эскизы в среде САПР среднего уровня

**Цель работы:** изучение инструментов для работы с эскизами в среде SolidWorks.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР SolidWorks.

### Основные положения

Плоский эскиз можно создавать на любой плоскости по умолчанию («Спереди», «Сверху» или «Справа»), на созданной плоскости, на плоской грани.

Для создания плоского эскиза используем следующую команду: вкладка «Эскиз» → всплывающее меню «Эскиз» → «Эскиз».

Для перехода в режим редактирования уже существующего эскиза можно его выделить в дереве конструирования и выполнить контекстную команду «Редактировать эскиз».

Для выхода из режима редактирования эскиза можно выполнить одну из команд (рисунок 2.1): 1 – «Выход из эскиза»; 2 – «Перестроить»; 3 – «Отмена» (без сохранения изменений).

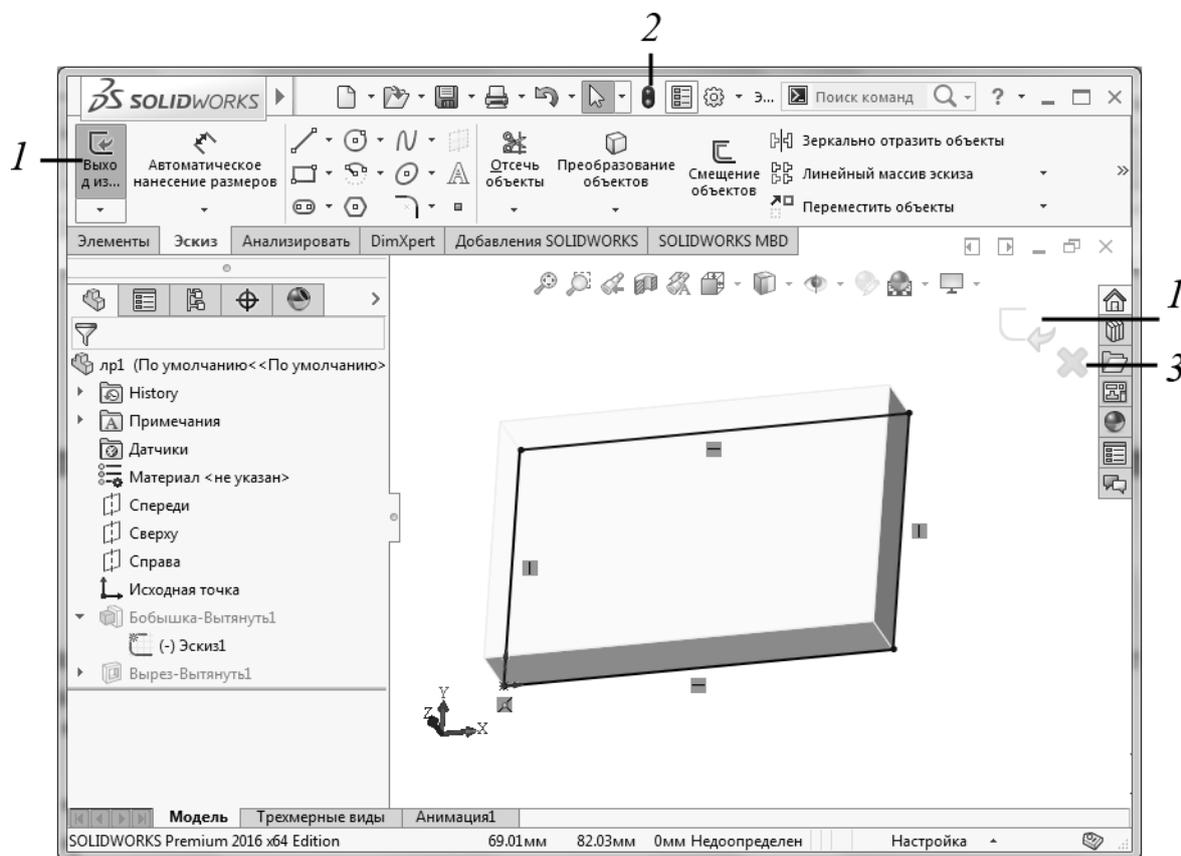


Рисунок 2.1 – Команды выхода из режима редактирования эскиза

Эскиз может находиться в одном из трех состояний: полностью определенный, когда положение всех кривых в эскизе однозначно описывается размерами и (или) взаимосвязями; переопределенный, когда размеры или взаимосвязи находятся в противоречии либо дублируют друг друга; недоопределенный, когда не определены некоторые размеры или взаимосвязи.

Создавать твердотельные модели без ошибок возможно как для полностью определенных эскизов, так и для эскизов, которые недоопределены. В последнем случае имеется больше возможностей по моделированию объектов, размеры и форма которых заранее неизвестны. Однако на стадии завершения проектирования рекомендуется эскизы полностью определить (любые изменения в эскизах с полностью заданными параметрами будут предсказуемыми).

Основными объектами плоского эскиза являются кривые, вспомогательная геометрия, размеры и взаимосвязи.

На основе кривых эскиза могут быть образованы грани. Вспомогательная геометрия служит для упрощения создания кривых. Взаимосвязи определяют относительное расположение кривых.

Для добавления взаимосвязи следует выполнить следующую команду: вкладка «Эскиз» → выпадающее меню «Отобразить/Скрыть взаимосвязи» → «Добавить взаимосвязь». Также можно выбрать необходимый объект или объекты эскиза (выбор нескольких объектов выполняют, удерживая клавишу «Ctrl» на клавиатуре). Система самостоятельно определяет допустимые взаимосвязи для выбранных объектов и предлагает выбрать одну из них.

### ***Порядок выполнения работы***

Создать в SolidWorks эскиз (рисунок 2.2). Эскиз должен быть полностью определенным.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что такое эскиз SolidWorks и для чего он предназначен?
- 2 Как создать эскиз SolidWorks?
- 3 Что включает эскиз SolidWorks?
- 4 Что такое взаимосвязь в эскизе SolidWorks?

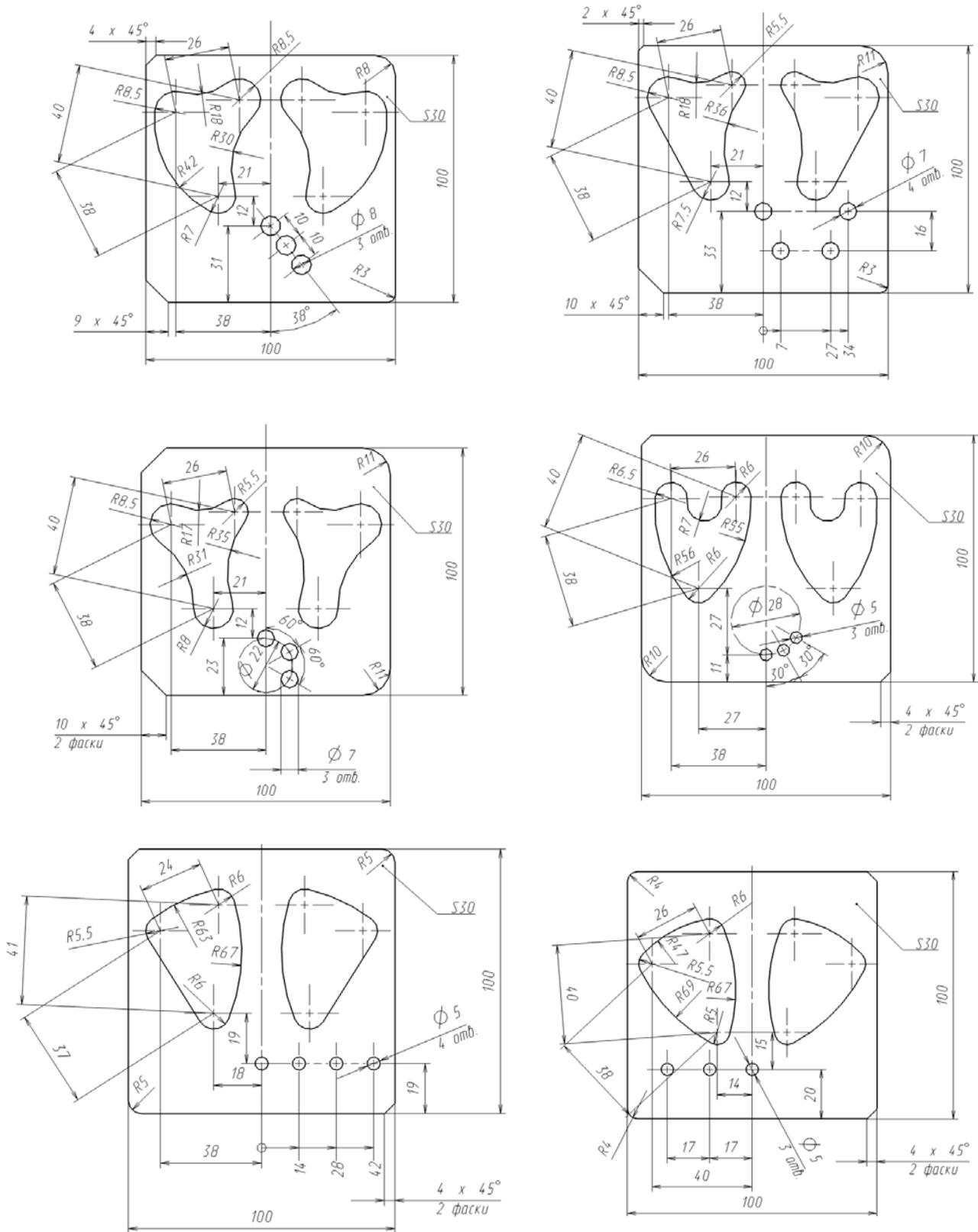
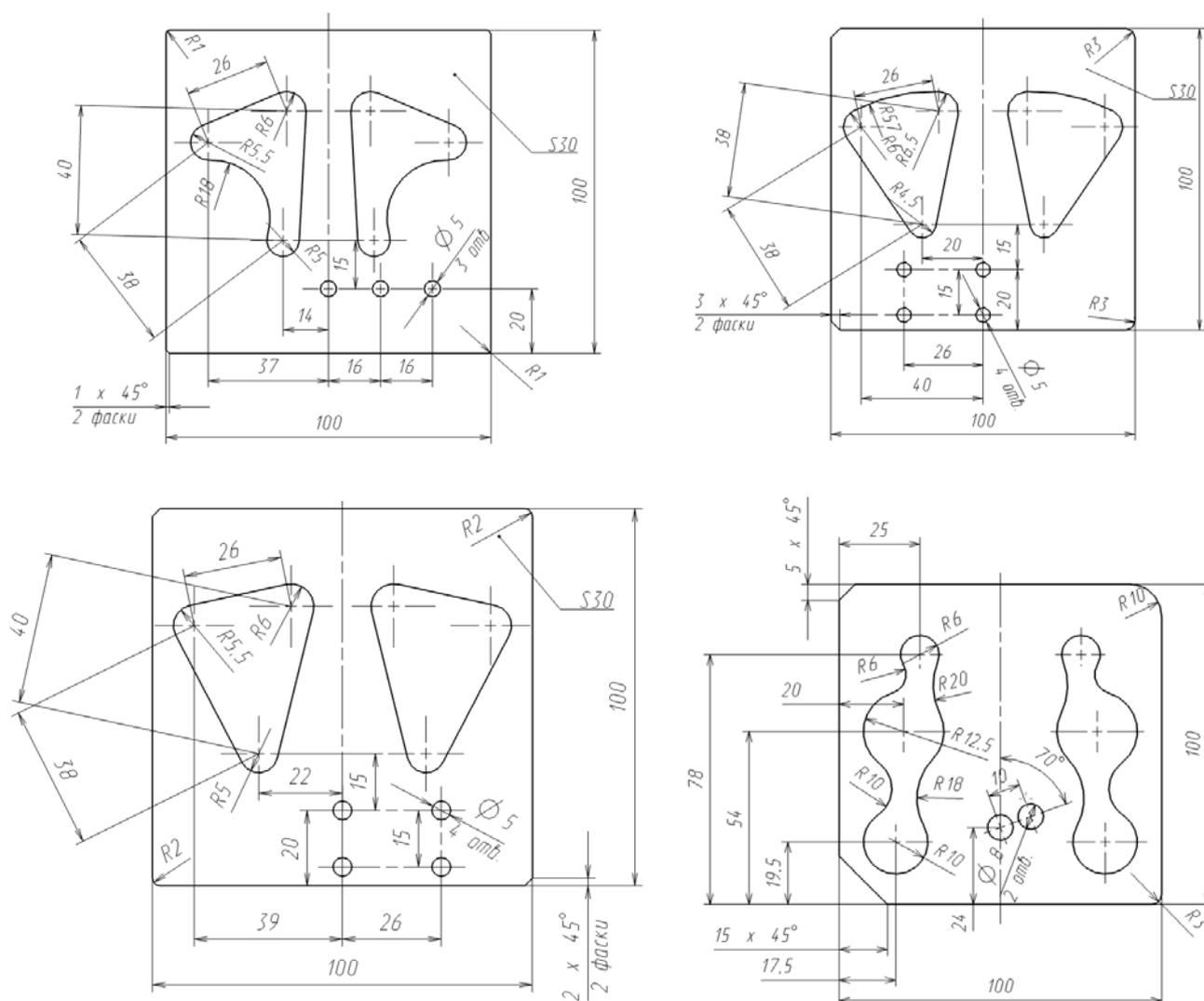


Рисунок 2.2 – Варианты задания к лабораторной работе № 2



Окончание рисунка 2.2

### 3 Лабораторная работа № 3. Моделирование поверхностей в среде САПР среднего уровня

**Цель работы:** ознакомление с простейшими инструментами создания твердотельных моделей.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР SolidWorks.

#### Основные положения

Твердотельные модели деталей типа «плита» и «тело вращения» создаются на основе плоского эскиза соответствующими командами:

- вкладка «Элементы» → «Вытянутая бобышка/основание»;
- вкладка «Элементы» → «Повернутая бобышка/основание».

## Порядок выполнения работы

На основе эскиза, созданного в ходе предыдущей работы, создать твердотельную модель детали типа «плита». На основе эскиза, представленного на рисунке 3.1, создать твердотельную модель детали типа «тело вращения».

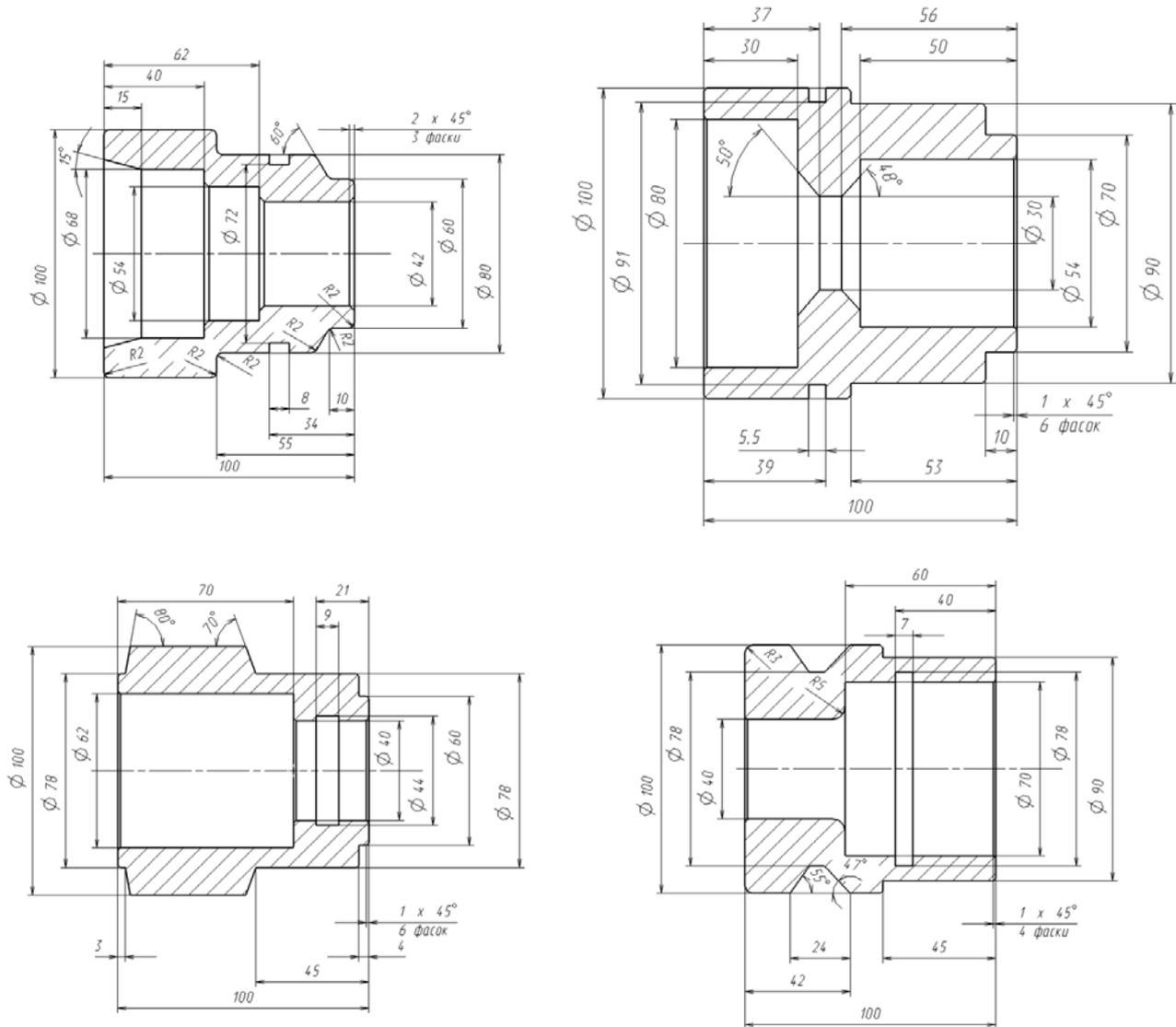
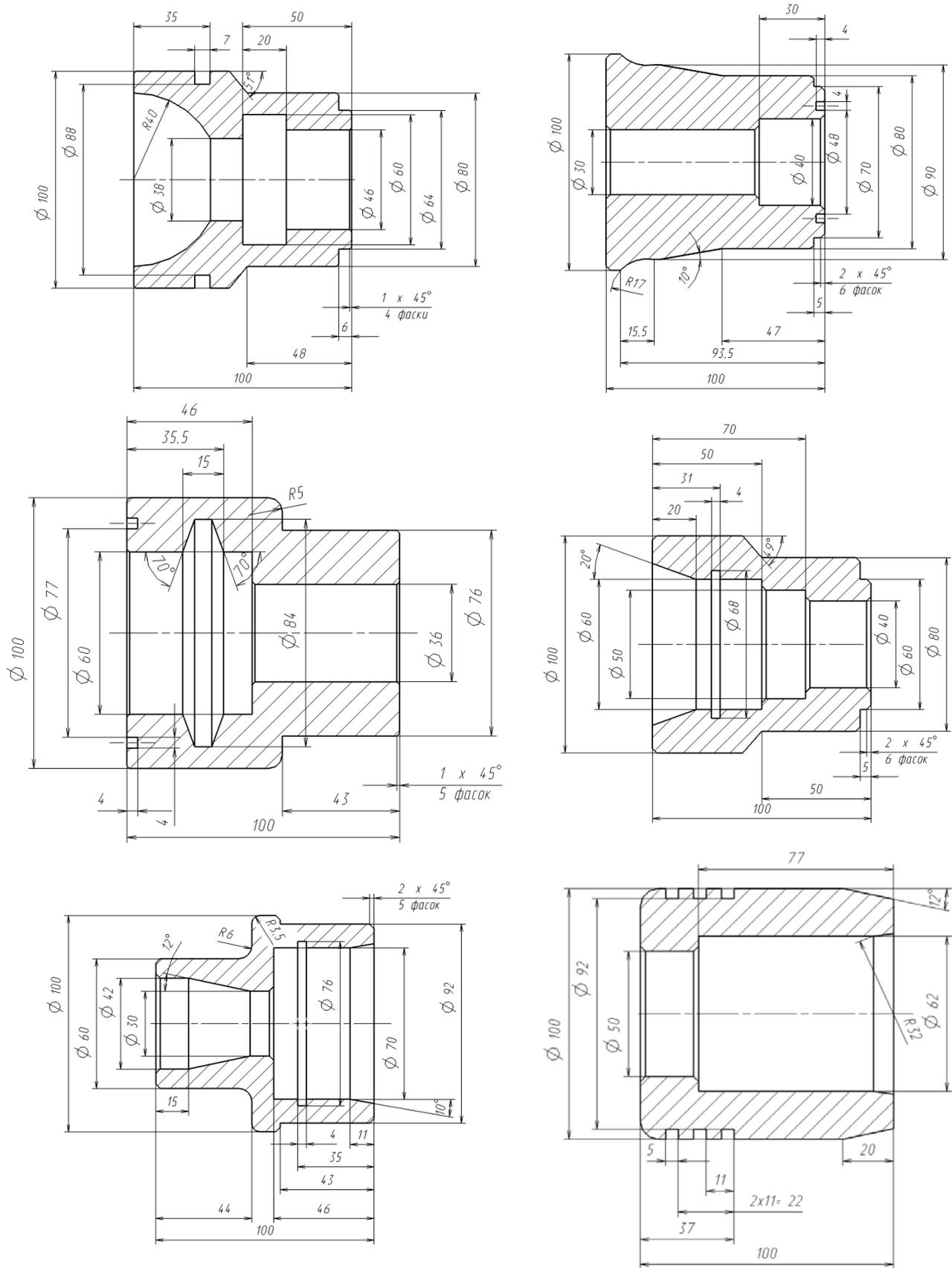


Рисунок 3.1 – Варианты задания к лабораторной работе № 3



Окончание рисунка 3.1

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что представляет собой деталь типа «плита»?
- 2 Что представляет собой деталь типа «тело вращения»?
- 3 Какой командой SolidWorks создается деталь типа «плита»?
- 4 Какой командой SolidWorks создается деталь типа «тело вращения»?
- 5 Какие особенности имеет эскиз детали типа «тело вращения»?

## **4 Лабораторная работа № 4. Моделирование сборок в среде САПР среднего уровня**

**Цель работы:** ознакомление с принципами моделирования сборок в среде САПР SolidWorks.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР SolidWorks.

### ***Общие положения***

Сборкой называется документ, в котором детали и другие сборки сопряжены друг с другом в единую конструкцию. Сборку можно создавать, используя проектирование «снизу вверх», проектирование «сверху вниз» или комбинацию этих двух методов.

Файл сборки в SolidWorks (расширение SLDASM) не содержит в себе описания геометрии деталей. Без полного комплекта составляющих деталей, сборок (узлов), типовых библиотечных элементов файл сборки является пустым. Добавление компонента в сборку создает связь между ними. Изменения в компоненте сборки автоматически отражаются на сборке.

В общем случае сборочное изделие представляет собой многоуровневую древовидную структуру. Файл сборки, как и реальное изделие, может включать не только отдельные детали, но и другие сборки (узлы). Уровень вложенности при этом не ограничен. Сборка изделия в SolidWorks выполняется в соответствии с принципом технологической декомпозиции: составляющие изделие узлы могут собираться обособленно от других элементов конструкции.

Согласно принципу создания сборочной модели по методу «снизу вверх» предварительно необходимо построить трехмерные модели деталей, а затем объединить их в единую конструкцию путем наложения ограничений на пространственное положение объектов.

При проектировании «сверху вниз» трехмерные модели деталей разрабатываются в контексте одной сборки на основе геометрических элементов других деталей. В соответствии с данным методом первоначально создаваемая сборка является исходной информацией для выполнения последующей детализации.

### ***Порядок выполнения работы***

Спроектировать входной вал двухступенчатого редуктора. На данном валу установлены зубчатое колесо, два подшипника и распорная втулка. Диаметр шейки вала под зубчатое колесо указан в таблице 4.1. Зубчатое колесо фиксируется на валу при помощи призматической шпонки.

Создать модели входного вала, зубчатого колеса в виде втулки, подшипников в виде втулок, распорной втулки и призматической шпонки. Размеры призматической шпонки и подшипников должны соответствовать ГОСТу. Смоделировать сборку указанных деталей.

Таблица 4.1 – Параметры вала и втулки

Номер варианта	Параметры вала и втулки
1	Диаметр вала 7 мм, ширина втулки 25 мм
2	Диаметр вала 9 мм, ширина втулки 25 мм
3	Диаметр вала 11 мм, ширина втулки 25 мм
4	Диаметр вала 16 мм, ширина втулки 25 мм
5	Диаметр вала 21 мм, ширина втулки 25 мм
6	Диаметр вала 29 мм, ширина втулки 25 мм
7	Диаметр вала 39 мм, ширина втулки 25 мм
8	Диаметр вала 42 мм, ширина втулки 25 мм

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что такое сборка в SolidWorks?
- 2 Каковы принципы моделирования сборок в SolidWorks?
- 3 Что такое сопряжение деталей в сборке SolidWorks?
- 4 Каковы основные команды, используемые при работе со сборками в SolidWorks?

## **5 Лабораторная работа № 5. Автоматизация твердотельного моделирования в среде САПР среднего уровня**

**Цель работы:** изучение основных принципов программирования в среде SolidWorks.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР SolidWorks.

### ***Общие положения***

Среда VBA становится доступной по команде меню «Инструменты» → «Макрос» → «Редактировать» или «Инструменты» → «Макрос» → «Создать». Файл, содержащий программу (макрос), имеет расширение swp.

Изучение программирования на VBA в среде SolidWorks удобно выполнять при помощи инструмента автоматической записи макроса «Инструменты» → «Макрос» → «Начать запись»; «Инструменты» → «Макрос» → «Остановить».

Листинг универсального шаблона программы представлен на рисунке 5.1.

```

Dim SW As Object
Dim MD As ModelDoc2
Dim Prt As PartDoc
Dim Ftr As Feature
Dim SM As SketchManager
Dim SS As SketchSegment
Dim SL As SketchLine
Dim SA As SketchArc
Dim FP As Feature
Dim TP As Feature
Dim RP As Feature
Dim Orgn As Feature
Sub Main()
Set SW = Application.SldWorks
Set MD = SW.ActiveDoc
Set Prt = MD
Set SM = MD.SketchManager
Set Ftr = Prt.FirstFeature
Do While Not Ftr Is Nothing
If Ftr.GetTypeName = "RefPlane" Then
Set FP = Ftr
Exit Do
End If
Set Ftr = Ftr.GetNextFeature
Loop
Set TP = FP.GetNextFeature
Set RP = TP.GetNextFeature
Set Orgn = RP.GetNextFeature
Call SM.InsertSketch(True)
Call SM.InsertSketch(True)
Set Ftr = Prt.Extension.GetLastFeatureAdded
End Sub

```

Рисунок 5.1 – Листинг универсального шаблона программы

Методы и свойства классов приложения позволяют выполнять действия, аналогичные действиям, которые выполняет пользователь при работе с прило-

жением. Порядок выполнения методов должен соответствовать порядку соответствующих действий пользователя.

Объект класса SldWorks предоставляет доступ к приложению.

Объект класса ModelDoc2 предоставляет доступ к документам приложения.

Объект класса PartDoc предоставляет доступ к документам типа «Деталь».

Если в приложении активным является документ типа «Деталь», одна и та же ссылка на данные объектов классов ModelDoc2 и PartDoc возвращается следующим методом класса SldWorks: Public Property ActiveDoc() As Object.

Объект класса ModelDocExtension предоставляет расширенный доступ к документу типа «Деталь». Этот объект возвращается следующим свойством класса ModelDoc2: Public Property Extension() As ModelDocExtension.

Объект класса FeatureManager позволяет работать с элементами дерева построения. Этот объект возвращается следующим свойством класса ModelDoc2: Public Property FeatureManager() As FeatureManager.

Объект класса SketchManager предоставляет доступ к эскизам и возвращается следующим свойством класса ModelDoc2: Public Property SketchManager() As SketchManager.

Элементы дерева построения представляются объектами класса Feature и создаются специальными методами некоторых классов, в том числе классов FeatureManager и ModelDoc2.

Такие элементы эскиза, как линия, дуга окружности (окружность), сплайн и некоторые другие, представляются объектами класса SketchSegment. Точкам эскиза соответствует класс SketchPoint. Линии эскиза, дуги окружности эскиза и сплайны эскиза дополнительно представляются объектами соответственно класса SketchLine, класса SketchArc и класса SketchSpline. Свойства и методы классов SketchLine, SketchArc и SketchSpline доступны по ссылке на данные соответствующих объектов класса SketchSegment. Элементы эскиза создаются специальными методами некоторых классов, в том числе классов SketchManager и ModelDoc2.

Инструменты идентификации элементов дерева конструирования описаны в таблице 5.1.

Выделение объектов может быть осуществлено следующим методом класса ModelDocExtension: Public Function SelectByID2 As Boolean.

Аргументы этого метода описаны в таблице 5.2.

Основные команды, необходимые для моделирования детали типа «тело вращения», представлены в таблице 5.3.

### ***Порядок выполнения работы***

Написать программу для моделирования детали типа «тело вращения», используя данные лабораторной работы № 3.

Таблица 5.1 – Инструменты идентификации элементов дерева конструирования

Действие	Доступ	Описание	Возвращаемое значение
1	2	3	4
Чтение типа элемента дерева построения	Свойство класса Feature	Public Function Get- TypeName2() As String	Строка: – вырез по сечениям «BlendCut»; – фаска «Chamfer»; – круговой массив «CirPattern»; – массив, управляемый кривой «CurvePattern»; – вырез, полученный вытягиванием «Cut»; – бобышка, полученная вытягиванием «Extrusion»; – простое скругление «Fillet»; – спираль/винтовая кривая – «Helix»; – вырез, созданный поворотом «RevCut»; – бобышка, созданная поворотом «Revolution»; – бобышка, созданная заметанием «Sweep»; – вырез, созданный заметанием «SweepCut»; – скругление переменного радиуса «VarFillet»; – справочная ось «RefAxis»; – справочная кривая «ReferenceCurve»; – справочная плоскость «RefPlane»
Чтение-запись имени элемента дерева построения	Свойство класса Feature	Public Property Name() As String	Строка
Получить объект первого элемента дерева построения	Метод класса PartDoc	Public Function First- Feature() As Object	Объект класса Feature

## Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4
Получить объект следующего элемента дерева построения	Метод класса Feature	Public Function GetNextFeature() As Object	Объект класса Feature
Получить объект последнего добавленного элемента дерева построения	Метод класса ModelDocExtension	Public Function GetLastFeatureAdded() As Feature	Объект класса Feature

Таблица 5.2 – Аргументы метода SelectByID2

Аргумент	Описание
1	2
ByVal Name As String	Имя элемента модели или пустая строка, например «D1@Sketch2@Part1.SLDPRT»
ByVal Type As String	Тип элемента модели или пустая строка. Возможные значения: – «DATUMPOINT» – справочная точка; – «AXIS» – справочная ось; – «PLANE» – справочная плоскость; – «REFCURVE» – справочная кривая; – «HELIX» – спираль/винтовая кривая; – «SKETCH» – эскиз; – «SKETCHSEGMENT» – элемент эскиза, если эскиз активен; – «EXTSKETCHSEGMENT» – элемент эскиза, если эскиз неактивен; – «SKETCHPOINT» – точка эскиза, если эскиз активен; – «EXTSKETCHPOINT» – точка эскиза, если эскиз неактивен; – «FACE» – грань; – «EDGE» – кромка; – «VERTEX» – вершина; – «BODYFEATURE» – тело; – «POINTREF» – точка; – «NOTHING» – ничего; – «EVERYTHING» – все
ByVal X As Double	Координата x точки элемента модели
ByVal Y As Double	Координата y точки элемента модели
ByVal Z As Double	Координата z точки элемента модели

## Окончание таблицы 5.2

1	2
ByVal Append As Boolean	Если True, то невыделенный элемент модели будет добавлен к существующему выделению или выделенный элемент модели будет исключен из существующего выделения; если False, то существующее выделение будет снято и создано новое из невыделенного элемента модели или существующее выделение, включающее выделенный элемент модели, будет оставлено без изменения
ByVal Mark As Long	Номер элемента модели в выделении
ByVal Callout As Callout	Объект класса Callout (или Nothing)
ByVal SelectOption As Long	Значение из перечисления swSelectOption_e: – swSelectOptionDefault – клавиша Shift не используется; – swSelectOptionExtensive – клавиша Shift используется

Таблица 5.3 – Основные команды, необходимые для моделирования детали типа «тело вращения»

Действие	Доступ	Описание
Создать 2D-эскиз или выйти из активного 2D-эскиза	Метод класса SketchManager	Public Sub InsertSketch([Аргументы])
Создать бобышку поворотом	Метод класса FeatureManager	Public Function FeatureRevolve2([Аргументы]) As Feature

### **Контрольные вопросы**

- 1 Как создать новый макрос в SolidWorks?
- 2 Как отредактировать существующий макрос в SolidWorks?
- 3 Что выполняется в универсальном шаблоне программы для SolidWorks?
- 4 Как программно выделить объект в SolidWorks?
- 5 Каковы аргументы команды InsertSketch в среде SolidWorks?
- 6 Каковы аргументы команды FeatureRevolve2 в среде SolidWorks?
- 7 Какая функция SolidWorks служит для создания отрезка эскиза?
- 8 Какая функция SolidWorks служит для создания дуги окружности эскиза?

## 6 Лабораторная работа № 6. Автоматизация моделирования прямозубой эвольвентной передачи в среде САПР среднего уровня

**Цель работы:** ознакомление с инструментами автоматизации твердотельного моделирования в среде SolidWorks.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР SolidWorks, электронные таблицы Excel.

### Основные положения

Методика моделирования эвольвентного прямозубого колеса может состоять из следующих этапов.

1 Расчет параметров зубчатого колеса в Excel или в SolidWorks по программе.

2 Моделирование тела колеса с наружным диаметром  $d_a$ .

3 Создание эскиза профиля впадины с диаметром впадин  $d_f$ .

4 Вырезание впадины.

5 Создание кругового массива вырезов.

Эскиз профиля впадины состоит из ряда кривых (рисунок 6.1): эвольвент 1, определяемых минимальным диаметром  $d_i$ ; прямолинейных участков 2; дуг окружностей.

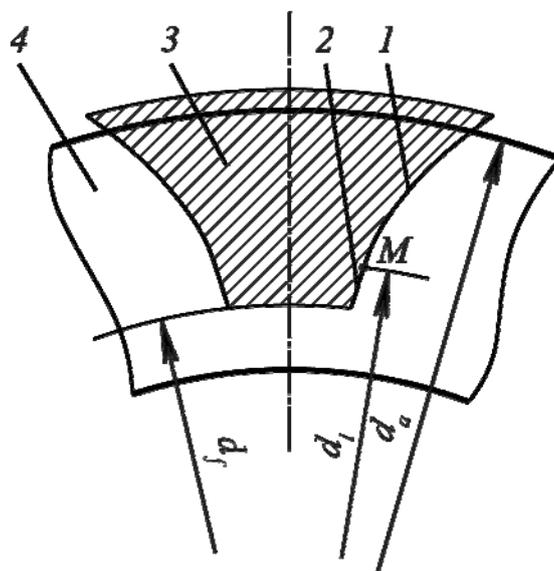


Рисунок 6.1 – Схема моделирования впадины эвольвентного прямозубого колеса

Координаты точек эвольвент могут быть рассчитаны в Excel. По этим координатам в SolidWorks можно построить соответствующие кривые. Указанные координаты также могут быть рассчитаны прямо в среде SolidWorks и занесены в массивы, которые используются в команде создания сплайна эскиза.

Профиль впадины 3 вырезается из тела зубчатого колеса 4 (см. рисунок 6.1).

### **Порядок выполнения работы**

Написать программу для моделирования в среде SolidWorks детали типа «эвольвентное прямозубое колесо», используя данные, представленные в таблице 6.1. Создать модель сборки, включающей зубчатые колеса. Для зубчатых колес принять следующие параметры: ширина – 20 мм; коэффициент смещения – 0; угол профиля рейки – 20°; коэффициент высоты головки зуба – 1; коэффициент высоты ножки зуба – 1; коэффициент радиального зазора – 0,25.

Таблица 6.1 – Параметры зубчатых колес

Номер варианта	Параметры
1	$z_1 = 30, z_2 = 60, m = 3,25$
2	$z_1 = 31, z_2 = 62, m = 3$
3	$z_1 = 32, z_2 = 64, m = 2,75$
4	$z_1 = 33, z_2 = 66, m = 2,5$
5	$z_1 = 34, z_2 = 68, m = 2,25$
6	$z_1 = 35, z_2 = 70, m = 2$
7	$z_1 = 36, z_2 = 72, m = 1,75$
8	$z_1 = 37, z_2 = 74, m = 1,5$

### **Контрольные вопросы**

- 1 Какими параметрами характеризуется эвольвентная зубчатая передача?
- 2 Какими параметрами характеризуется эвольвентное зубчатое колесо?
- 3 Каковы параметрические уравнения эвольвенты?
- 4 Как рассчитать минимальный диаметр эвольвенты зубчатого колеса?
- 5 Какая функция SolidWorks служит для создания сплайна эскиза?
- 6 Какая функция SolidWorks служит для создания оси?
- 7 Какая функция SolidWorks служит для создания выреза вытягиванием?
- 8 Какая функция SolidWorks служит для создания кругового массива?
- 9 Какая функция SolidWorks служит для создания кривой из файла с координатами точек?

## **7 Лабораторная работа № 7. Вспомогательная геометрия и кривые в среде САПР высшего уровня**

**Цель работы:** изучение команд «Datum Plane», «Datum Axis», «Datum CSYS», «Point», «Law Curve».

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР NX.

### Основные положения

К вспомогательной геометрии в NX относятся плоскости, оси, системы координат и точки. Указанные элементы создаются при помощи соответствующих команд: вкладка «Home» → группа «Features» → список «Datum Plane», «Datum Axis», «Datum CSYS», «Point».

В NX используются различные инструменты создания кривых. Одним из основных инструментов является следующая команда: вкладка «Curve» → группа «Curve» → список → «Law Curve». Данная команда требует предварительного задания выражений для параметра и каждой из координат.

### Порядок выполнения работы

Построить кривую в NX, используя команду «Law Curve» и данные таблицы 7.1.

Таблица 7.1 – Варианты заданий к лабораторной работе № 7

Номер варианта	Первое уравнение	Второе уравнение	Параметры
1	$x = r \cdot \cos \varphi$	$y = r \cdot \sin \varphi$	Спираль Архимеда $r = a + b \cdot \varphi$ ; $\varphi \in \left[ \frac{a}{b}, \infty \right)$ ; $a = 1$ ; $b = 2$ ; $\varphi$ в радианах
2	$x = r \cdot \cos \varphi$	$y = r \cdot \sin \varphi$	Логарифмическая спираль $\begin{cases} r = a^\varphi; \\ a > 1; \end{cases}$ $\varphi \in [0, \infty)$ ; $a = 2$ ; $\varphi$ в радианах
3	$x = r \cdot \cos \varphi$	$y = r \cdot \sin \varphi$	Логарифмическая спираль $\begin{cases} r = a^\varphi; \\ 0 < a < 1; \end{cases}$ $\varphi \in [0, \infty)$ ; $a = 0,5$ ; $\varphi$ в радианах

## Окончание таблицы 7.1

Номер варианта	Первое уравнение	Второе уравнение	Параметры
4	$x = a \cdot (t - \sin t)$	$y = a \cdot (1 - \cos t)$	Циклоида $t \in (-\infty, \infty)$ ; $a = 3$ ; $t$ в радианах
5	$x = a \cdot (\cos t + t \cdot \sin t)$	$y = a \cdot (\sin t - t \cdot \cos t)$	Эвольвента $t \in [0, \infty)$ ; $a = 30$ ; $t$ в радианах
6	$x = (a+b) \cdot \cos t -$ $-a \cdot \cos\left(\frac{a+b}{a} \cdot t\right)$	$y = (a+b) \cdot \sin t -$ $-a \cdot \sin\left(\frac{a+b}{a} \cdot t\right)$	Эпициклоида $t \in [0, 2 \cdot \pi]$ ; $a = 2$ ; $b = 8$
7	$x = (b-a) \cdot \cos t +$ $+a \cdot \cos\left(\frac{b-a}{a} \cdot t\right)$	$y = (b-a) \cdot \sin t -$ $-a \cdot \sin\left(\frac{b-a}{a} \cdot t\right)$	Гипоциклоида $t \in [0, 2 \cdot \pi]$ ; $a = 2$ ; $b = 8$
8	$x = r \cdot \cos \varphi$	$y = r \cdot \sin \varphi$	Эллипс $\varphi \in [0, \infty)$ ; $r = 20$

**Контрольные вопросы**

- 1 Каковы команды, предназначенные для создания вспомогательной геометрии в NX?
- 2 Как создавать выражения?
- 3 Как в NX построить параметрическую кривую?

**8 Лабораторная работа № 8. Эскизы в среде САПР высшего уровня**

**Цель работы:** изучение инструментов для работы с эскизами в среде NX.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР NX.

**Основные положения**

Для создания эскиза можно выполнить следующую команду: вкладка «Home» → группа «Direct Sketch» → «Sketch».

После создания эскиза приступают к созданию геометрии эскиза. К геомет-

рии эскиза относятся кривые и точки. Геометрия эскиза лежит в плоскости эскиза. Ограничения эскиза определяют, как кривые и точки эскиза располагаются относительно друг друга, а также относительно геометрии, не относящейся к эскизу. Ограничения эскиза делятся на размеры и геометрические ограничения.

При создании кривых они отображаются в режиме динамического предварительного просмотра. В контексте команд создания геометрии эскиза NX автоматически визуализирует так называемые вспомогательные линии. Вспомогательные линии исчезают после завершения работы с командой создания геометрии эскиза. Вспомогательные линии бывают пунктирными и штриховыми. Пунктирные линии показывают выравнивание управляющих точек кривых относительно управляющих точек уже созданной геометрии эскиза. Штриховые линии показывают возможное геометрическое ограничение относительно ранее созданной геометрии, которая подсвечивается.

### ***Порядок выполнения работы***

Используя данные лабораторной работы № 2, создать в NX эскиз. Эскиз должен быть полностью определенным.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как создать эскиз NX?
- 2 Что включает эскиз NX?
- 3 Что такое геометрические ограничения в эскизе NX?
- 4 Что такое степени свободы в эскизе NX?

## **9 Лабораторная работа № 9. Моделирование поверхностей в среде САПР высшего уровня**

**Цель работы:** изучение инструментов для создания простейших поверхностей в среде NX.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР NX.

### ***Основные положения***

Цилиндрическая поверхность в среде NX может быть смоделирована следующей командой: вкладка «Home» → группа «Feature» → список → «Extrude».

## ***Порядок выполнения работы***

Используя данные лабораторной работы № 3, создать в NX твердотельные модели.

### ***Контрольные вопросы***

1 Каковы параметры следующей команды NX: вкладка «Home» → группа «Feature» → список → «Extrude»?

## **10 Лабораторная работа № 10. Моделирование сборок в среде САПР высшего уровня**

**Цель работы:** изучение инструментов моделирования сборок в среде NX.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР NX.

### ***Основные положения***

Для активизации команд работы со сборками необходимо выполнить команду «Assemblies» группы «Design» вкладки «Application». При этом появляется новая вкладка «Assemblies», на которой и расположены необходимые команды.

Основные команды, предназначенные для работы со сборками, представлены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Основные команды для работы со сборками

Значок	Название	Расположение команды	Описание
	«Add Component»	Группа «Component»	Добавление компонента
	«Move Component»	Группа «Component Position»	Перемещение компонента
	«Assembly Constraints»	Группа «Component Position»	Создание ограничений сборки
	«Pattern Component»	Группа «Component»	Размножение компонента
	«WAVE Geometry Linker»	Группа «General»	Создание объекта в сборке, идентичного объекту компонента. Создание объекта в компоненте, идентичного объекту другого компонента или сборки
	«Show Components in View»	Контекстное меню компонента в навигаторе сборки	Показать компонент

Окончание таблицы 10.1

Значок	Название	Расположение команды	Описание
	«Hide Components in View»	Контекстное меню компонента в навигаторе сборки	Скрыть компонент
	«Set Displayed Part»	Контекстное меню компонента в навигаторе сборки	Сделать компонент отображаемым
	«Set Work Part»	Контекстное меню компонента в навигаторе сборки	Сделать компонент рабочим

### ***Порядок выполнения работы***

Используя данные лабораторной работы № 4, смоделировать в NX сборку.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Каковы основные команды NX, предназначенные для работы со сборками?
- 2 Что такое ограничения сборки в NX?

## **11 Лабораторная работа № 11. Автоматизация твердотельного моделирования в среде САПР высшего уровня**

**Цель работы:** изучение основных принципов программирования в среде NX.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР NX.

### ***Общие положения***

Программа для NX может быть создана на языке C++ в среде Visual Studio. Данная программа оформляется как библиотечный файл с расширением dll и запускается в среде NX следующей командой: «File» → «Execute» → «NX Open».

Листинг универсального шаблона программы представлен на рисунке 11.1.

В данный шаблон программы входит процедура CreateModel, которую пользователь должен написать в соответствии со своей задачей.

Листинг типовой процедуры CreateModel представлен на рисунке 11.2.

Листинг глобальных переменных приведен на рисунке 11.3.

```

#define UF_CALL(X)(report_error(__FILE__, __LINE__, #X, (X)))
static int report_error( char *file,int line,char *call,int irc)
{
    if(irc)
    {
        char err[133],
            msg[133];
        sprintf(msg,"*** ERROR code %d at line %d in %s:\n+++ ",irc,line,file);
        UF_get_fail_message(irc,err);
        UF_print_syslog(msg,FALSE);
        UF_print_syslog(err,FALSE);
        UF_print_syslog("\n",FALSE);
        UF_print_syslog(call,FALSE);
        UF_print_syslog(";\n",FALSE);
        if(!UF_UI_open_listing_window())
        {
            UF_UI_write_listing_window(msg);
            UF_UI_write_listing_window(err);
            UF_UI_write_listing_window("\n");
            UF_UI_write_listing_window(call);
            UF_UI_write_listing_window(";\n");
        }
    }
    return irc;
}
extern DllExport void ufusr(char *parm,int *returnCode,int rlen)
{
    if(UF_CALL(UF_initialize()))
    {
        return;
    }

    CreateModel();/процедура пользователя

    UF_CALL(UF_terminate());
}
extern int ufusr_ask_unload(void)
{
    return UF_UNLOAD_IMMEDIATELY;
}

```

Рисунок 11.1 – Листинг универсального шаблона программы для NX

```

void CreateModel()
{
    psession=Session::GetSession();
    pupdate=psession->UpdateManager();
    pui=UI::GetUI();
    plistingwindow=psession->ListingWindow();
    plistingwindow->Open();
    ppart=psession->Parts()->Work();
    pexpressioncollection=ppart->Expressions();
    psketchcollection=ppart->Sketches();
    psectioncollection=ppart->Sections();
    pfeaturecollection=ppart->Features();
    pbasefeaturecollection=ppart->BaseFeatures();
    pdatumcollection=ppart->Datums();
    pbodycollection=ppart->Bodies();
}

```

Рисунок 11.2 – Листинг типовой процедуры CreateModel

```

Session *psession=NULL;
Update *pupdate=NULL;
Part *ppart=NULL;
Session::UndoMarkId undomarkid;
UI *pui=NULL;
ListingWindow *plistingwindow=NULL;
ExpressionCollection *pexpressioncollection=NULL;
ExpressionCollection::iterator i_expressioncollection;
BaseFeatureCollection *pbasefeaturecollection=NULL;
BaseFeatureCollection::iterator i_basefeaturecollection;
FeatureCollection *pfeaturecollection=NULL;
FeatureCollection::iterator i_featurecollection;
DatumCollection *pdatumcollection=NULL;
DatumCollection::iterator i_datumcollection;
SketchCollection *psketchcollection=NULL;
SketchCollection::iterator i_sketchcollection;
SectionCollection *psectioncollection=NULL;
SectionCollection::iterator i_sectioncollection;
BodyCollection *pbodycollection=NULL;
BodyCollection::iterator i_bodycollection;

```

Рисунок 11.3 – Листинг глобальных переменных

Для моделирования деталей типа «тело вращения» можно использовать класс RevolveBuilder. Объект данного класса может быть создан следующей функцией: pfeaturecollection->CreateRevolveBuilder(NULL). Соответственно, для моделирования деталей типа «плита» используем класс ExtrudeBuilder и функцию pfeaturecollection->CreateExtrudeBuilder(NULL).

### ***Порядок выполнения работы***

Используя данные лабораторной работы № 5, написать программу для моделирования деталей типа «тело вращения» и «плита».

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как создать программу для выполнения в среде NX?
- 2 Какие заголовочные файлы нужны в шаблоне программы для NX?
- 3 Как выполнить программу в среде NX?

## **12 Лабораторная работа № 12. Автоматизация моделирования косозубой эвольвентной передачи в среде САПР высшего уровня**

**Цель работы:** изучение основных принципов автоматизации моделирования косозубой эвольвентной передачи в среде NX.

**Перечень используемого оборудования и программного обеспечения:** персональный компьютер, САПР NX.

### ***Общие положения***

В отличие от моделирования прямозубого колеса, косозубое эвольвентное колесо требует выполнения операции заметания. Направляющей кривой служит винтовая кривая, по которой перемещается профиль впадины. Наклон винтовой кривой должен быть равен углу наклона зубьев.

### ***Порядок выполнения работы***

Используя данные лабораторной работы № 6, написать программу для моделирования косозубого эвольвентного колеса в среде NX. Создать сборку в NX из двух зубчатых колес, образующих косозубую эвольвентную передачу. Угол наклона зубьев принять 15°.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как формируется винтовая поверхность эвольвентного косозубого колеса?
- 2 Какие классы и функции NX необходимо использовать для моделирования косозубого эвольвентного колеса?

### **Список литературы**

- 1 **Бутко, А. О.** Основы моделирования в САПР NX: учебное пособие / А. О. Бутко, В. А. Прудников, Г. А. Цырков. – 2-е изд. – Москва: ИНФРА-М, 2018. – 199 с.
- 2 **Берлинер, Э. М.** САПР конструктора машиностроителя: учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2015. – 288 с.
- 3 **Культин, Н. Б.** C/C++ в задачах и примерах / Н. Б. Культин. – 3-е изд., доп. и испр. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2019. – 272 с.
- 4 **Лустенков, М. Е.** Детали машин: учебное пособие / М. Е. Лустенков. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – 240 с.
- 5 **Лустенков, М. Е.** Детали машин: учебное пособие / М. Е. Лустенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – 258 с.
- 6 **Жуков, В. А.** Детали машин и основы конструирования. Основы расчета и проектирования соединений и передач: учебное пособие / В. А. Жуков. – 2-е изд. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 416 с.