

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
6-05-0714-02 «Технология машиностроения,  
металлорежущие станки и инструменты»  
дневной формы обучения*



Могилев 2024

УДК 004:621  
ББК 32.973:34.5  
И74

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»  
«24» апреля 2024 г., протокол № 13

Составители: д-р техн. наук, проф. М. Е. Лустенков;  
канд. техн. наук, доц. С. Н. Хатетовский

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

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены  
для студентов специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения,  
металлорежущие станки и инструменты» дневной формы обучения.

Учебное издание

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

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
Лабораторная работа № 1. Основы математического программного пакета.....	5
Лабораторная работа № 2. Матрицы и матричные операции в среде математического программного пакета.....	12
Лабораторная работа № 3. Построение графиков функций в среде математического программного пакета.....	14
Лабораторная работа № 4. Построение поверхностей в среде математического программного пакета.....	16
Лабораторная работа № 5. Решение линейных уравнений в среде математического программного пакета.....	17
Лабораторная работа № 6. Решение нелинейных уравнений в среде математического программного пакета.....	19
Лабораторная работа № 7. Символьные вычисления в среде математического программного пакета.....	21
Лабораторная работа № 8. Решение дифференциальных уравнений в среде математического программного пакета.....	22
Лабораторная работа № 9. Основы САПР.....	24
Лабораторная работа № 10. Создание эскизов в среде САПР.....	27
Лабораторная работа № 11. Создание деталей типа «плита» и «тело вращения» в среде САПР.....	32
Лабораторная работа № 12. Твердотельное моделирование в среде САПР.....	36
Лабораторная работа № 13. Моделирование сборки в среде САПР.....	38
Лабораторная работа № 14. Моделирование чертежа в среде САПР.....	41
Список литературы.....	43

## **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 компьютер 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.

## Лабораторная работа № 1. Основы математического программного пакета

**Цель работы:** изучить основные возможности математического программного пакета.

### *Краткие теоретические сведения*

Mathcad – программа, которая относится к классу приложений, называемых PSE (Problem Solution Environment – программная среда для решения). Это подразумевает, что ее работа не определяется однозначно действиями пользователя (как, например, в текстовых редакторах), а является в большей степени результатом работы встроенных алгоритмов.

С помощью Mathcad можно решать самые разные математические задачи и оформлять результаты расчетов на высоком профессиональном уровне.

Интерфейс программы Mathcad включает заголовок окна, строку меню, панели инструментов, рабочий лист (рабочую область) документа, строку состояния и окно трассировки (рисунок 1).

Вызвать любую панель на экран или скрыть ее можно с помощью пункта «Панели инструментов» меню «Вид». Дополнительные панели инструментов активизируются и скрываются при помощи панели инструментов «Математические» (рисунок 2).

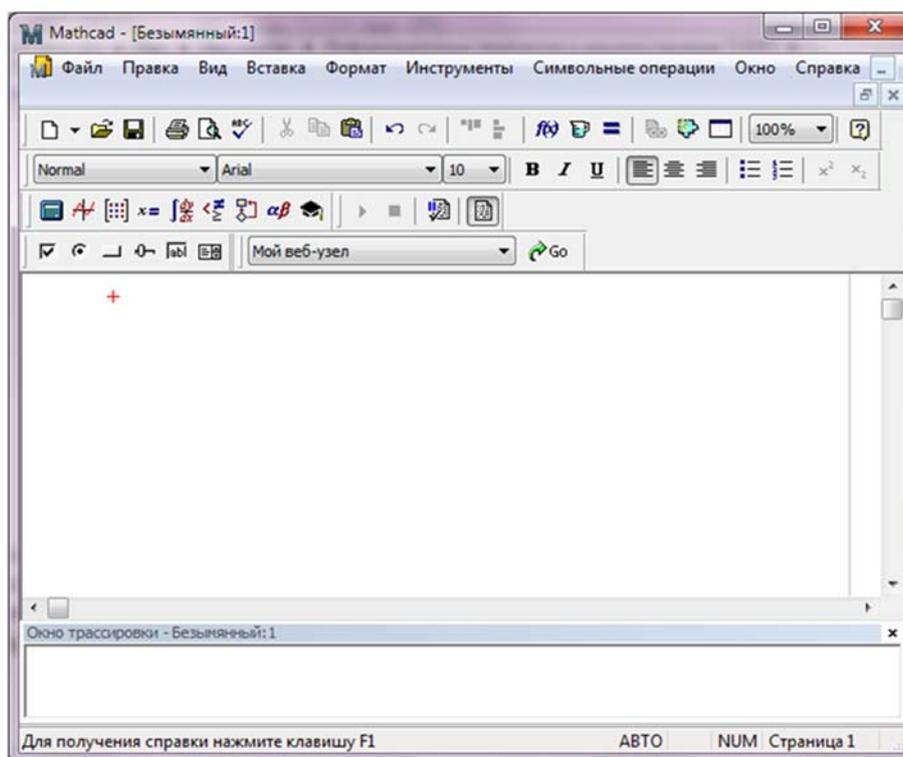


Рисунок 1 – Интерфейс математического программного пакета

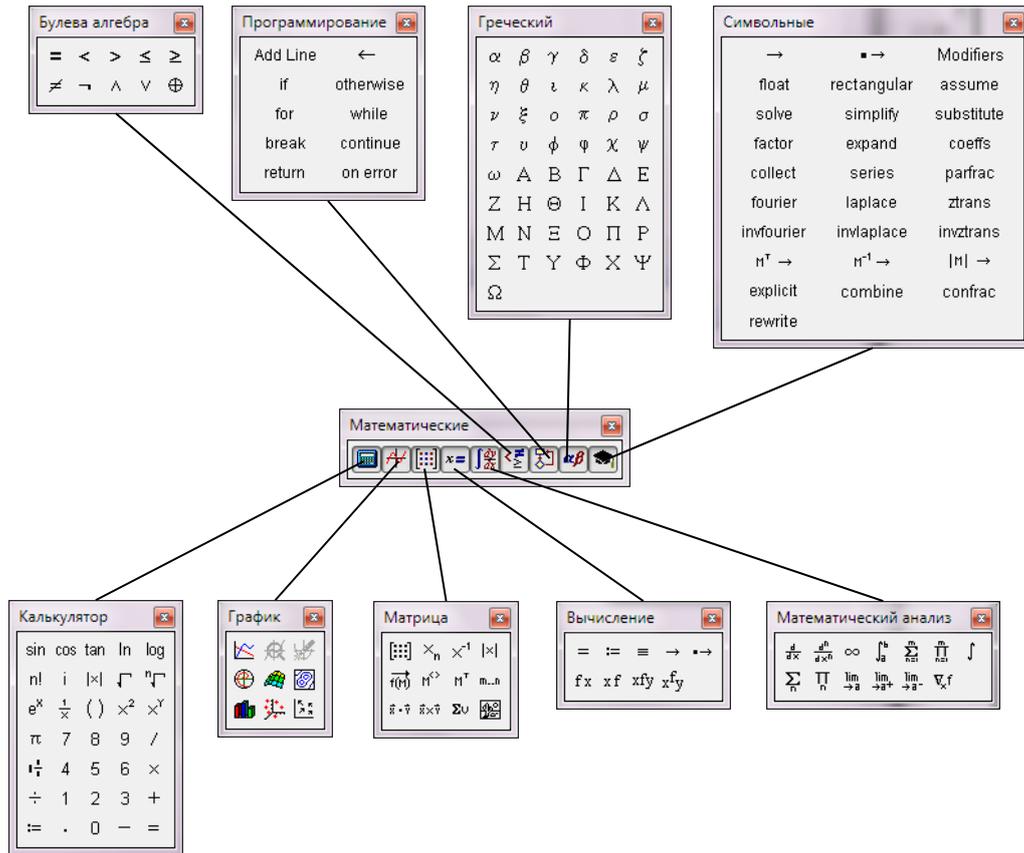


Рисунок 2 – Панель инструментов «Математические»

К основным элементам математических выражений в Mathcad относятся числа, переменные, константы, операторы и функции.

Числа бывают целыми, вещественными и комплексными. Примеры записи чисел представлены на рисунке 3.

200  
 .009  
 $-3 \cdot 10^{-3}$   
 $3 + 6.8i$

Рисунок 3 – Примеры записи чисел

Имена переменных, констант и функций могут состоять из любого количества допустимых символов: латинских и греческих букв, цифр и специальных символов («`», «\_», «%»). Имя не может начинаться цифрой. Прописные и строчные буквы различаются.

Некоторые имена в Mathcad зарезервированы под системные переменные,

которые называются встроенными константами. Встроенные константы делятся на два типа: математические, хранящие значения некоторых общеупотребительных специальных математических символов, и системные, определяющие работу большинства численных алгоритмов, реализованных в Mathcad.

Математические константы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Математические константы

Символ	Горячая клавиша	Значение
$\infty$	<Ctrl> + <Shift> + <z>	Бесконечность
$e$	<e>	Основание натурального логарифма
$\pi$	<Ctrl> + <Shift> + <p>	Число «пи»
$i$	<1i>	Мнимая единица
$j$	<1j>	Мнимая единица
%	<%>	Процент, т. е. 0,01

Основные математические операторы доступны на панели инструментов «Калькулятор». Некоторые из них можно набирать с помощью клавиатуры, например: <+>, <-> и т. п. Оператор возведения в степень набирается клавишами <Shift> + <^>.

Для присваивания числа переменной служит оператор определения «:=», который отображается после набора клавиш <Shift> + <:=>.

Значением переменной может быть не только число, но и строка, состоящая из любой последовательности символов, заключенной в кавычки. Кавычки вводятся после оператора «:=» клавишами <Shift> + <”>.

Переменной также может быть присвоен диапазон значений. Такая переменная называется ранжированной. Диапазон указывается специальным символом «..». Этот символ набирается клавишей <:=>. Примеры ранжированных переменных представлены на рисунке 4.

Диапазон с шагом 1 от 1 до 9:

$a := 1..9$

Диапазон с шагом 0,7 от 0,3 до 9  
(последнее значение 8,3):

$b := 0.3, 1..9$

Рисунок 4 – Примеры ранжированных переменных

Переменную вообще можно определять любым допустимым математическим выражением, в том числе с использованием векторов, матриц, тензоров, других переменных. При этом для определения переменной при помощи другой переменной последняя должна быть определена в рабочей области выше или

левее. Это относится к оператору «Определение», т. е. «:=», который называется локальным. Существует также оператор глобального определения переменной – «≡». Он доступен на панели инструментов «Вычисление», а также может быть набран клавишами <Shift> + <~>. Этот оператор служит для определения переменной, которая может использоваться для определения другой переменной, расположенной в любом месте рабочей области.

Вычисление выражения осуществляется оператором «=», который называется «Рассчитать численно».

Точностью вычислений при помощи оператора «=» можно управлять командой, доступной в меню: «Формат» → «Результат». Эта команда активирует диалог «Формат результата».

Вычисление выражения с непосредственно задаваемой точностью осуществляется оператором «▪→», который называется «Символьный расчет с ключевым словом» и доступен на панелях инструментов «Вычисление» и «Символьные», а также может быть набран клавишами <Ctrl> + <>>. Ключевым словом здесь является «float,n», где n – это число знаков после запятой.

В Mathcad доступно много стандартных функций. Некоторые из них можно набирать при помощи клавиш, например: <sin>, <cos> и т. п. Ряд функций доступен на панели инструментов «Калькулятор». Все имеющиеся функции доступны в меню: «Вставка» → «Функция». Эта команда активирует диалог «Вставка функции».

Примеры вычисления функции представлены на рисунке 5.

Логарифм числа 2 по основанию 3:

$$c := \log(2,3) = 0.631$$

Логарифм числа 2 по основанию 3,  
вычисленный с заданной точностью:

$$d := \log(2,3) \text{ float,5} \rightarrow 0.63093$$

Рисунок 5 – Примеры вычисления функции

Каждая формула ограничена рабочей областью, так называемой математической областью, в пределах которой доступны инструменты редактора формул. Основные элементы интерфейса редактора формул Mathcad (рисунок 6): указатель мыши, играющий обычную для приложений Windows роль, следуя за движениями мыши; курсор, обязательно находящийся внутри документа; местозаполнители, появляющиеся внутри незавершенных формул в местах, которые должны быть заполнены.

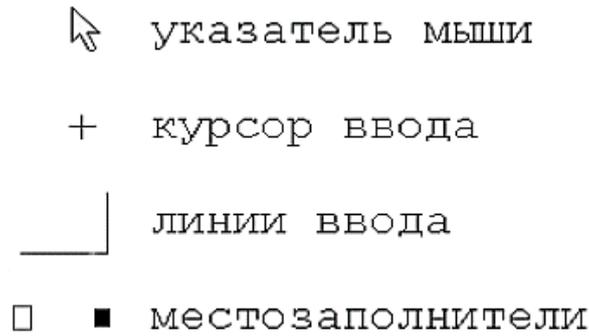


Рисунок 6 – Элементы интерфейса редактора формул

Курсор может быть трех видов: курсор ввода – крестик красного цвета, который отмечает пустое место в документе, куда можно вводить текст или формулу; линии ввода – горизонтальная и вертикальная линии синего цвета, выделяющие в тексте или формуле определенную часть; линия ввода текста – красная вертикальная линия, аналог линий ввода для текстовых областей.

Местозаполнители бывают двух видов: местозаполнитель символа – черный прямоугольник; местозаполнитель оператора – черная прямоугольная рамка.

Перемещать линии ввода в пределах формулы можно двумя способами: щелкая в нужном месте мышью; нажимая на клавиатуре клавиши стрелок, пробел и <Ins>. Клавиши со стрелками имеют естественное назначение, переводя линии ввода вверх, вниз, влево или вправо. Клавиша <Ins> переводит вертикальную линию ввода с одного конца горизонтальной линии ввода на противоположный. Пробел предназначен для выделения различных частей формулы.

Удаление элементов выражения осуществляется клавишами <Del> и <Backspace>.

Если щелкнуть левой клавишей мыши по математической области, то становится активным математический редактор. Такую математическую область можно перемещать. Для этого следует привести курсор на рамку, нажать левую клавишу мыши и, удерживая ее нажатой, перемещать мышь.

Для удаления математической области ее необходимо выделить прямоугольником и нажать клавишу <Del>.

Кроме математических областей, в Mathcad можно создавать текстовые области. Для этого можно воспользоваться клавишами <Shift> + <”>.

**Перечень используемого программного обеспечения:** программный математический пакет Mathcad.

### **Порядок выполнения работы**

Изучить интерфейс математического программного пакета.

**Задание 1**

Вычислить выражение (таблица 2) двумя способами, установив глобально количество цифр после запятой, равное 4, и установив локально количество цифр после запятой, равное номеру варианта.

Таблица 2 – Варианты задания 1 к лабораторной работе № 1

Номер	Выражение
1	$\left( \frac{2}{\sqrt{3}-1} + \frac{3}{\sqrt{3}-2} + \frac{15}{3-\sqrt{3}} \right) \cdot (\sqrt{3}+5)^{-1}$
2	$\sqrt[4]{32 \cdot \sqrt[3]{4}} + \sqrt[4]{64 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{2}}} - 3\sqrt[3]{2 \cdot \sqrt[4]{2}}$
3	$8 \cos \frac{4\pi}{9} \cos \frac{2\pi}{9} \cos \frac{\pi}{9}$
4	$(4 - 3\sqrt{2})^2 + 8\sqrt{34 - 24\sqrt{2}} - \sqrt{5}$
5	$\sqrt{43 + 30\sqrt{2}} + \sqrt{43 - 30\sqrt{2}}$
6	$\frac{1}{3} \log_{\frac{1}{2}} 27 + \log_{\frac{1}{2}} 24 - 2 \log_{\frac{1}{2}} 3$
7	$(\sqrt[3]{2} - \sqrt[3]{5}) \cdot (\sqrt[3]{4} + \sqrt[3]{10} + \sqrt[3]{25})$
8	$\frac{20}{99} + 0,2 + \frac{0,097}{1-0,01}$
9	$\sqrt[6]{4 - 2\sqrt{2}} \cdot \sqrt[3]{1 + \sqrt{3}} \cdot \sqrt[2]{4}$
10	$6 - 2 \sin \pi - 3 \cos \pi + 2 \sin \frac{\pi}{2} \cdot \cos 2\pi$

**Задание 2**

Приняв самостоятельно значения  $a$  и  $b$ , получить таблицу из 10–20 значений выражения (таблица 3), задав его как функцию от  $x$  и варьируя  $x$  с шагом  $h$ .

Таблица 3 – Варианты задания 2 к лабораторной работе № 1

Номер	Выражение, шаг $h$
1	$\frac{1 + \sin^2(b^3 + x^3)}{\sqrt[3]{b^3 + x^3}}, h = 0,1$
2	$\frac{\sqrt[3]{a \cdot x + b}}{\lg^2 x}, h = 0,2$
3	$\frac{1 + \lg^2 \frac{x}{a}}{b - e^{\frac{x}{a}}}, h = 0,3$
4	$\sqrt[4]{ x^2 - 2,5 } + \sqrt[3]{\lg x^2}, h = 0,4$
5	$\frac{a^x - b^x}{\lg \left  \frac{a}{b} \right } \cdot \sqrt[3]{a \cdot b}, h = 0,5$
6	$\frac{b^3 + \sin^2(a \cdot x)}{\arccos(x \cdot b) + e^{\frac{x}{2}}}, h = 0,6$
7	$\frac{\lg(x^2 - 1)}{\log_5(a \cdot x^2 - b)}, h = 0,7$
8	$\frac{\arccos(x^2 - b^2)}{\arcsin(x^2 - a^2)}, h = 0,8$
9	$\arcsin(x^2) + \arccos(x^b), h = 0,9$
10	$a^{x^2-1} - \lg(x^2 - 1) + \sqrt[3]{x^2 - 1}, h = 0,5$

### ***Содержание отчета***

Листинги заданий 1 и 2.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Для чего предназначен математический программный пакет?
- 2 Каковы основные элементы интерфейса математического программного пакета?
- 3 Каковы основные элементы выражения математического программного пакета?

## Лабораторная работа № 2. Матрицы и матричные операции в среде математического программного пакета

**Цель работы:** изучить основные средства математического программного пакета для работы с матрицами.

### *Краткие теоретические сведения*

Для представления матриц в пакете Mathcad используются массивы двух типов: одномерные и двумерные. Одномерный массив с одним столбцом или одной строкой называется вектором. Двумерный массив называется собственно матрицей. Стандартные функции и операторы для работы с векторами используют именно вектор-столбцы.

Массив может быть присвоен переменной, которая может участвовать в дальнейшем в матричных выражениях.

Номер элемента матрицы называется индексом. Индексы могут иметь только целочисленные значения. Они могут начинаться с нуля или единицы, в зависимости от системной переменной ORIGIN, которая может быть равна 0 или 1 соответственно. В случае двумерных матриц индекс состоит из номера строки и номера столбца, разделенных запятой. В случае векторов индекс означает или номер строки (для вектор-столбца), или номер столбца (для вектор-строки). Направление нумерации: слева направо и сверху вниз.

Доступ к элементам матрицы осуществляется с помощью их индексов. Для задания индексов на панели «Матрица» предусмотрена специальная кнопка «Индекс». Перейти к записи индекса можно также с помощью клавиши <[>.

С матрицами могут производиться различные операции. Основные операторы представлены на панели инструментов «Матрица».

Для выделения подматрицы используется встроенная функция submatrix. Для того чтобы составить из двух или более матриц одну, в Mathcad предусмотрена пара матричных функций: augment – матрица, сформированная слиянием матриц-аргументов слева направо; stack – матрица, сформированная слиянием матриц-аргументов сверху вниз.

**Перечень используемого программного обеспечения:** программный математический пакет Mathcad.

### *Порядок выполнения работы*

#### **Задание 1**

Рассчитать матричное выражение (таблица 4).

Таблица 4 – Варианты задания 1 к лабораторной работе № 2

Номер	Матричное выражение
1	$C = A + B^T \times B$ , где $A = \begin{bmatrix} 100 & 100 \\ 200 & 200 \end{bmatrix}$ ; $B = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 3 & 4 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
2	$C = A^T \times B$ , где $A = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix}$ ; $B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
3	$C = A + B \times B^T$ , где $A = \begin{bmatrix} 100 & 100 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ ; $B = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$
4	$C = B \times A$ , где $A = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 5 \end{bmatrix}$ ; $B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
5	$C = A^T \times B^T$ , где $A = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \end{bmatrix}$ ; $B = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
6	$C = B^T \times A$ , где $A = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}$ ; $B = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
7	$C = A \times B \times B^T$ , где $A = 2$ ; $B = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
8	$C = B \times B^T \times A$ , где $A = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix}$ ; $B = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 3 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$
9	$C = A^T \times B^T \times B$ , где $A = \begin{bmatrix} 3 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix}$ ; $B = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}$
10	$C = A + B \times B^T$ , где $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ ; $B = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 1 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$

**Задание 2**

Выполнить преобразование матриц (таблица 5).

Таблица 5 – Варианты задания 2 к лабораторной работе № 2

Номер	Преобразование матриц
1	Из матрицы $A(5 \times 5)$ выделить минор, который образуется в результате вычеркивания из этой матрицы четвертой строчки и нулевого столбца
2	Дана матрица $A(6 \times 4)$ . Требуется выделить из матрицы вторую строку по порядку
3	Даны матрицы $A(4 \times 4)$ и $B(5 \times 5)$ . Требуется получить из этих матриц два вектора. Первый вектор должен совпадать с четвертым столбцом матрицы $A$ , а второй – с нулевым столбцом матрицы $B$
4	Из матрицы $A(4 \times 4)$ выделить минор, который образуется в результате вычеркивания из этой матрицы третьей строчки и второго столбца
5	Требуется сформировать диагональную квадратную матрицу $C(5 \times 5)$ . Значения элементов главной диагонали должны совпадать с номером строки
6	Дана матрица $A(3 \times 3)$ . Требуется получить из этой матрицы два вектора. Первый вектор должен совпадать с нулевым столбцом матрицы $A$ , второй – с третьим столбцом матрицы $A$
7	Даны матрицы $A(2 \times 2)$ и $B(4 \times 2)$ . Требуется объединить эти матрицы в одну матрицу $C(6 \times 2)$ , причем в новой матрице в качестве первых строк должны быть строки матрицы $B$ , а за ними следовать строки матрицы $A$
8	Даны матрицы $A(4 \times 3)$ и $B(4 \times 2)$ . Требуется объединить эти матрицы в одну матрицу $C(4 \times 5)$ , причем первыми столбцами новой матрицы должны быть столбцы матрицы $A$ , а справа от этих элементов следовать столбцы матрицы $B$
9	Требуется сформировать матрицу $C(6 \times 6)$ . Найти сумму элементов в пятом столбце матрицы
10	Даны матрицы $A(4 \times 5)$ и $B(4 \times 2)$ . Требуется выделить из матрицы $A$ первый столбец по порядку и объединить его с матрицей $B$ дописыванием справа

### ***Содержание отчета***

Листинги заданий 1 и 2.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как задаются матрицы и векторы в математическом программном пакете?
- 2 Каковы основные операторы и функции, применимые к матрицам математического программного пакета?
- 3 Каковы правила перемножения вектор-столбца на матрицу в математическом программном пакете?

## **Лабораторная работа № 3. Построение графиков функций в среде математического программного пакета**

**Цель работы:** изучить основные средства математического программного пакета для построения графиков функций.

### ***Краткие теоретические сведения***

Для построения графика функции используются команды панели «График».

График функции можно построить на основании функции, задаваемой формулой, или на основании таблиц (двух векторов) значений аргумента и функции.

На графике имеются местозаполнители для ввода аргумента, функции и пределов изменения аргумента и функции. Если используются несколько функций, то они набираются через запятую. Если эти функции зависят от разных аргументов, то последние набираются в соответствующем местозаполнителе также через запятую.

Форматирование графиков осуществляется при помощи специального диалогового окна, которое активируется из меню: «Формат» → «График».

**Перечень используемого программного обеспечения:** программный математический пакет Mathcad.

### **Порядок выполнения работы**

#### **Задание**

Построить график функции (таблица 6) двумя способами, задав функцию формулой и таблицами.

Таблица 6 – Варианты задания к лабораторной работе № 3

Номер	Функция
1	$y = \frac{3}{x^3} + \frac{2}{x^2} + \frac{1}{x}$
2	$y = \sqrt{x} - \sqrt[3]{x^2} + \sqrt[4]{x^3}$
3	$y = \ln(3 \cdot x) + \frac{e^{-3 \cdot x}}{\sqrt{x}}$
4	$y = \frac{x^2 - \sqrt{x}}{1 - x}$
5	$y = \frac{x^2}{x^3 + 1}$
6	$y = \sin x - 4 \cdot \cos x$
7	$y = x^2 \cdot \operatorname{tg} x$
8	$y = \frac{\sqrt[3]{x}}{\cos x}$
9	$y = \frac{\cos x - \sin x}{\cos x + \sin x}$
10	$y = (1 + x^2) \cdot \arccos x$

## ***Содержание отчета***

Листинг задания.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что такое график функции?
- 2 Как задается график функции в математическом программном пакете?
- 3 Каковы средства редактирования графика функции в математическом программном пакете?

## **Лабораторная работа № 4. Построение поверхностей в среде математического программного пакета**

**Цель работы:** изучить основные средства математического программного пакета для построения поверхностей.

### ***Краткие теоретические сведения***

В местозаполнитель трехмерного графика следует ввести либо имя функции двух переменных, либо имя матричной переменной, которая задает распределение данных на плоскости XY.

**Перечень используемого программного обеспечения:** программный математический пакет Mathcad.

### ***Порядок выполнения работы***

#### **Задание**

Построить поверхность (таблица 7) двумя способами, задав функцию формулой и матрицей.

Таблица 7 – Варианты задания к лабораторной работе № 4

Номер	Функция
1	$z = \sin \frac{x}{y} \cdot \cos \frac{y}{x}$
2	$z = \frac{1}{\operatorname{arctg} \frac{y}{x}}$
3	$z = x^3 \cdot y - x \cdot y^3$
4	$z = 4 \cdot x \cdot e^{-y} + 6 \cdot y$

Окончание таблицы 7

Номер	Функция
5	$z = e^{-\frac{x}{y}}$
6	$z = \frac{x^3 + y^3}{x^2 + y^2}$
7	$z = \ln\left(x + \sqrt{x^2 + y^2}\right)$
8	$z = \ln\left(\operatorname{tg} \frac{x}{y}\right)$
9	$z = \ln\left(x^2 + y^2\right)$
10	$z = x^{x \cdot y}$

### ***Содержание отчета***

Листинг задания.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как задается поверхность в математическом программном пакете?
- 2 Каковы средства редактирования поверхности в математическом программном пакете?
- 3 Как математически описать поверхность?

## **Лабораторная работа № 5. Решение линейных уравнений в среде математического программного пакета**

**Цель работы:** изучить основные средства математического программного пакета для решения линейных уравнений.

### ***Краткие теоретические сведения***

Для решения нелинейных уравнений и их систем в Mathcad применяется специальный вычислительный блок Given/Find: после ключевого слова Given записываются уравнения с использованием логического знака равенства (панель «Булева алгебра» или сочетание клавиш <Ctrl> + <=>), а затем используется встроенная функция Find для решения системы уравнений.

Для того чтобы численным методом решить СЛАУ (систему линейных алгебраических уравнений) при помощи вычислительного блока, следует всем неизвестным присвоить начальные значения.

Альтернативой предыдущему способу решения СЛАУ является применение

встроенной функции `lsolve`. Для этого система уравнений должна быть записана в матричной форме.

**Перечень используемого программного обеспечения:** программный математический пакет `Mathcad`.

### **Порядок выполнения работы**

#### **Задание**

Решить систему линейных уравнений (таблица 8) с использованием блока `Given / Find` и функции `lsolve`.

Таблица 8 – Варианты задания к лабораторной работе № 5

Номер	Система линейных уравнений
1	$\begin{cases} 6 \cdot x_1 - x_2 + 10 \cdot x_3 - x_4 = 158; \\ 2 \cdot x_1 + x_2 + 10 \cdot x_3 + 7 \cdot x_4 = 128; \\ 3 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 - 2 \cdot x_3 - x_4 = 7; \\ x_1 - 12 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 - x_4 = 17 \end{cases}$
2	$\begin{cases} x_1 - 2 \cdot x_2 + 6 \cdot x_3 + x_4 = 88; \\ 5 \cdot x_1 + 2 \cdot x_3 - 3 \cdot x_4 = 88; \\ 7 \cdot x_1 - 3 \cdot x_2 + 7 \cdot x_3 + 2 \cdot x_4 = 181; \\ 3 \cdot x_1 - 7 \cdot x_2 + 5 \cdot x_3 + 2 \cdot x_4 = 99 \end{cases}$
3	$\begin{cases} x_1 - 2 \cdot x_2 - 8 \cdot x_4 = -7; \\ x_1 + 4 \cdot x_2 - 7 \cdot x_3 + 6 \cdot x_4 = -8; \\ x_1 + x_2 - 5 \cdot x_3 + x_4 = -10; \\ 2 \cdot x_1 - x_2 + 2 \cdot x_4 = 7 \end{cases}$
4	$\begin{cases} 2 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + 6 \cdot x_3 + x_4 = 15; \\ -x_2 + 2 \cdot x_3 + x_4 = 18; \\ 4 \cdot x_1 - 3 \cdot x_2 + x_3 - 5 \cdot x_4 = 37; \\ 3 \cdot x_1 - 5 \cdot x_2 + x_3 - x_4 = 30 \end{cases}$
5	$\begin{cases} 4 \cdot x_1 - 5 \cdot x_2 + 7 \cdot x_3 + 5 \cdot x_4 = 15; \\ 2 \cdot x_1 + x_2 - 3 \cdot x_3 - x_4 = -15; \\ 9 \cdot x_1 + 4 \cdot x_3 - x_4 = 194; \\ x_1 - x_2 - 2 \cdot x_3 - 3 \cdot x_4 = -19 \end{cases}$
6	$\begin{cases} 2 \cdot x_1 - 8 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3 - 2 \cdot x_4 = -18; \\ x_1 - 2 \cdot x_2 + 3 \cdot x_3 - 2 \cdot x_4 = 28; \\ x_2 + x_3 + x_4 = 10; \\ 11 \cdot x_2 + x_3 + 2 \cdot x_4 = 21 \end{cases}$

## Окончание таблицы 8

Номер	Система линейных уравнений
7	$\begin{cases} 2 \cdot x_1 - x_2 + 4 \cdot x_3 + x_4 = 66; \\ 2 \cdot x_2 - 6 \cdot x_3 + x_4 = -63; \\ 8 \cdot x_1 - 3 \cdot x_2 + 6 \cdot x_3 - 5 \cdot x_4 = 146; \\ 2 \cdot x_1 - 7 \cdot x_2 + 6 \cdot x_3 - x_4 = 80 \end{cases}$
8	$\begin{cases} 2 \cdot x_1 - 3 \cdot x_3 - 2 \cdot x_4 = -16; \\ 2 \cdot x_1 - x_2 + 13 \cdot x_3 + 4 \cdot x_4 = 213; \\ 3 \cdot x_1 + x_2 + 2 \cdot x_3 + x_4 = 72; \\ x_1 - 12 \cdot x_3 - 5 \cdot x_4 = -159 \end{cases}$
9	$\begin{cases} 7 \cdot x_1 + 7 \cdot x_2 - 7 \cdot x_3 - 2 \cdot x_4 = 5; \\ 3 \cdot x_1 + 4 \cdot x_2 + 5 \cdot x_3 + 8 \cdot x_4 = 60; \\ 2 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 + x_4 = 27; \\ 2 \cdot x_1 - 2 \cdot x_3 - x_4 = -1 \end{cases}$
10	$\begin{cases} 6 \cdot x_1 - 9 \cdot x_2 + 5 \cdot x_3 + x_4 = 124; \\ 7 \cdot x_2 - 5 \cdot x_3 - x_4 = -54; \\ 5 \cdot x_1 - 5 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 + 4 \cdot x_4 = 83; \\ 3 \cdot x_1 - 9 \cdot x_2 + x_3 + 6 \cdot x_4 = 45 \end{cases}$

***Содержание отчета***

Листинг задания.

***Контрольные вопросы***

1 Что такое линейное уравнение?

2 Как решаются линейные уравнения в математическом программном пакете?

3 Как решаются системы линейных уравнений в математическом программном пакете?

## **Лабораторная работа № 6. Решение нелинейных уравнений в среде математического программного пакета**

**Цель работы:** изучить основные средства математического программного пакета для решения нелинейных уравнений.

### ***Краткие теоретические сведения***

Для решения нелинейных уравнений и их систем в Mathcad применяется специальный вычислительный блок Given/Find.

***Перечень используемого программного обеспечения:*** программный математический пакет Mathcad.

### ***Порядок выполнения работы***

#### **Задание**

Решить систему нелинейных уравнений (таблица 9) с использованием блока Given / Find, предварительно приближенно отыскав решение графически.

Таблица 9 – Варианты задания к лабораторной работе № 6

Номер	Система нелинейных уравнений
1	$\begin{cases} \sin(x+0,5) - y = 1; \\ \cos(y-2) + x = 0 \end{cases}$
2	$\begin{cases} \sin x + 2 \cdot y = 2; \\ \cos(y-1) + x = 0,7 \end{cases}$
3	$\begin{cases} \sin y + x = -0,4; \\ 2 \cdot y - \cos(x+1) = 0 \end{cases}$
4	$\begin{cases} \sin(x+2) - y = 1,5; \\ \cos(y-2) + x = 0,5 \end{cases}$
5	$\begin{cases} \cos x + y = 1,5; \\ 2 \cdot x - \sin(y-0,5) = 1 \end{cases}$
6	$\begin{cases} \cos(x+0,5) - y = 2; \\ \sin y - 2 \cdot x = 1 \end{cases}$
7	$\begin{cases} \cos(x+0,5) + y = 0,8; \\ \sin y - 2 \cdot x = 1,6 \end{cases}$
8	$\begin{cases} \cos(x-2) + y = 0; \\ \sin(y+0,5) - x = 1 \end{cases}$
9	$\begin{cases} x^2 + y^2 = 25; \\ x^2 - 1 = 0 \end{cases}$
10	$\begin{cases} \sin x - 2 \cdot y = 1; \\ \sin(y-1) + x = 1,3 \end{cases}$

## ***Содержание отчета***

Листинг задания.

## ***Контрольные вопросы***

1 Что такое нелинейное уравнение?

2 Как решаются нелинейные уравнения в математическом программном пакете?

3 Как решаются системы нелинейных уравнений в математическом программном пакете?

## **Лабораторная работа № 7. Символьные вычисления в среде математического программного пакета**

**Цель работы:** изучить основные средства математического программного пакета для символьных вычислений.

### ***Краткие теоретические сведения***

Операции с выражениями поддерживают аналитические вычисления, для чего используется оператор « $\rightarrow$ ». В меню «Символьные операции» и на панели инструментов «Символьные» доступны команды символьного преобразования.

**Перечень используемого программного обеспечения:** программный математический пакет Mathcad.

### ***Порядок выполнения работы***

#### **Задание 1**

Полином (таблица 10) разложить на множители, подставить выражение  $x = y + z$ , разложить по степеням, свернуть.

#### **Задание 2**

Определить символьное значение первой и второй производных функции (таблица 10).

Таблица 10 – Варианты заданий к лабораторной работе № 7

Номер	Полином	Функция
1	$x^4 - 2 \cdot x^3 + x^2 - 12 \cdot x + 20$	$\frac{1}{\operatorname{tg} 2x + 1}$
2	$x^4 + x^3 - 17 \cdot x^2 - 45 \cdot x - 100$	$\frac{\cos x}{2x + 5}$
3	$x^4 + 6 \cdot x^3 + x^2 - 4 \cdot x - 60$	$\frac{1}{x\sqrt{x^3 + 4}}$
4	$x^4 - 5 \cdot x^3 + x^2 - 15x + 50$	$\frac{\sin x}{1 + \sin x}$
5	$x^4 - 14x^2 - 40x - 75$	$\sqrt{1 + e^{-x}}$
6	$x^4 - 4x^3 - 2x^2 - 20x + 25$	$x^2 \operatorname{arctg} \frac{x}{3}$
7	$x^4 - x^3 + x^2 - 11x + 10$	$e^{2x} \sin 3x$
8	$x^4 + 5x^3 + 7x^2 + 7x - 20$	$\frac{\operatorname{ctg} 2x}{\sin^2 2x}$
9	$x^4 - x^3 - 29x^2 - 71x - 140$	$(x + 1) \sin x$
10	$x^4 - 7x^3 + 7x^2 - 5x + 100$	$5x + x \lg x$

### ***Содержание отчета***

Листинг заданий.

### ***Контрольные вопросы***

1 Оператор математического программного пакета для символьных вычислений.

2 Функции математического программного пакета для символьного преобразования выражений.

3 Операторы математического программного пакета для дифференцирования и интегрирования.

## **Лабораторная работа № 8. Решение дифференциальных уравнений в среде математического программного пакета**

**Цель работы:** изучить основные средства математического программного пакета для решения дифференциальных уравнений.

### ***Краткие теоретические сведения***

Для решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)

первого порядка предназначена функция `rkfixed`, которая позволяет решать задачу Коши методом Рунге – Кутты с фиксированным шагом.

ОДУ, в т. ч. ОДУ высших порядков, можно решить с помощью вычислительного блока `Given / Odesolve`.

**Перечень используемого программного обеспечения:** программный математический пакет `Mathcad`.

### **Порядок выполнения работы**

#### **Задание 1**

Решить систему ОДУ первого порядка (таблица 11).

#### **Задание 2**

Решить ОДУ второго порядка (таблица 12).

Таблица 11 – Варианты задания 1 к лабораторной работе № 8

Номер	Система ОДУ первого порядка	Начальное условие	Область решения
1	$\begin{cases} x' = 5x + 2y; \\ y' = -4x - y \end{cases}$	$\begin{cases} x(0) = 0; \\ y(0) = 1 \end{cases}$	0...50
2	$\begin{cases} x' = 3x + 2y; \\ y' = -x - y \end{cases}$	$\begin{cases} x(0) = 0; \\ y(0) = 1 \end{cases}$	0...50
3	$\begin{cases} x' = -x - 2y; \\ y' = 3x + 4y \end{cases}$	$\begin{cases} x(0) = 0; \\ y(0) = 1 \end{cases}$	40...50
4	$\begin{cases} x' = 2x - y; \\ y' = x - 2y \end{cases}$	$\begin{cases} x(0) = 0; \\ y(0) = 1 \end{cases}$	40...50
5	$\begin{cases} x' = x - 3y; \\ y' = 3x + y \end{cases}$	$\begin{cases} x(0) = 0; \\ y(0) = 1 \end{cases}$	40...50
6	$\begin{cases} x' = x - y; \\ y' = x + 2y - 3 \end{cases}$	$\begin{cases} x(0) = 0; \\ y(0) = 1 \end{cases}$	0...50
7	$\begin{cases} x' = -2x + 4y; \\ y' = -x + 3y \end{cases}$	$\begin{cases} x(0) = 3; \\ y(0) = 0 \end{cases}$	0...50
8	$\begin{cases} x' = 3x + y; \\ y' = x + 3y \end{cases}$	$\begin{cases} x(0) = 0; \\ y(0) = 1 \end{cases}$	0...50
9	$\begin{cases} x' = y; \\ y' = -x \end{cases}$	$\begin{cases} x(0) = 0; \\ y(0) = 1 \end{cases}$	0...50
10	$\begin{cases} x' = -x - 5y; \\ y' = x + y \end{cases}$	$\begin{cases} x(\pi / 2) = 0; \\ y(\pi / 2) = 1 \end{cases}$	$\pi / 2 \dots 50$

Таблица 12 – Варианты задания 2 к лабораторной работе № 8

Номер	ОДУ второго порядка	Начальное условие	Область решения
1	$y'' = y' \cdot e^y$	$y(0) = 0;$ $y'(0) = 1$	0...0,9
2	$y'' = -\frac{(y')^2}{2y}$	$y(0) = 1;$ $y'(0) = 1$	0...20
3	$y'' = -\frac{2(y')^2}{1-y}$	$y(0) = 0;$ $y'(0) = 1$	0...9
4	$y'' = y' + y^3$	$y(0) = 1;$ $y'(0) = 0$	0...2
5	$0,25y'' + 0,2y' + y + 0,95y^2 = 0$	$y(0) = 0;$ $y'(0) = 3$	0...20
6	$y'' = -\frac{2(y')^2}{y-1}$	$y(0) = 2;$ $y'(0) = 2$	0...0,4
7	$y'' = -y(y')^3$	$y(0) = 1;$ $y'(0) = 2$	0...12
8	$y'' = -\frac{(y')^2 + y'}{1+y}$	$y(0) = 2;$ $y'(0) = 2$	0...8
9	$y'' = -\frac{y'}{\sqrt{y}}$	$y(0) = 1;$ $y'(0) = 2$	0...10
10	$y'' = -100y$	$y(0) = 0;$ $y'(0) = 10$	0...2π

### ***Содержание отчета***

Листинг заданий.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что такое дифференциальное уравнение?
- 2 Какие типы дифференциальных уравнений можно решить в среде математического программного пакета?
- 3 Каковы инструменты математического программного пакета для решения дифференциальных уравнений?

## **Лабораторная работа № 9. Основы САПР**

**Цель работы:** изучить общие принципы работы в системе автоматизированного проектирования (САПР).

**Перечень используемого программного обеспечения:** САПР NX.

## Основные положения

Создание твердотельной модели в NX, интерфейс которого представлен на рисунке 7, начинается в абсолютной системе координат (АСК) или рабочей системе координат (РСК). Эти системы координат изначально и постоянно существуют в виртуальном геометрическом пространстве NX. АСК не может быть изменена пользователем. РСК может быть смещена относительно АСК так, как удобно пользователю.

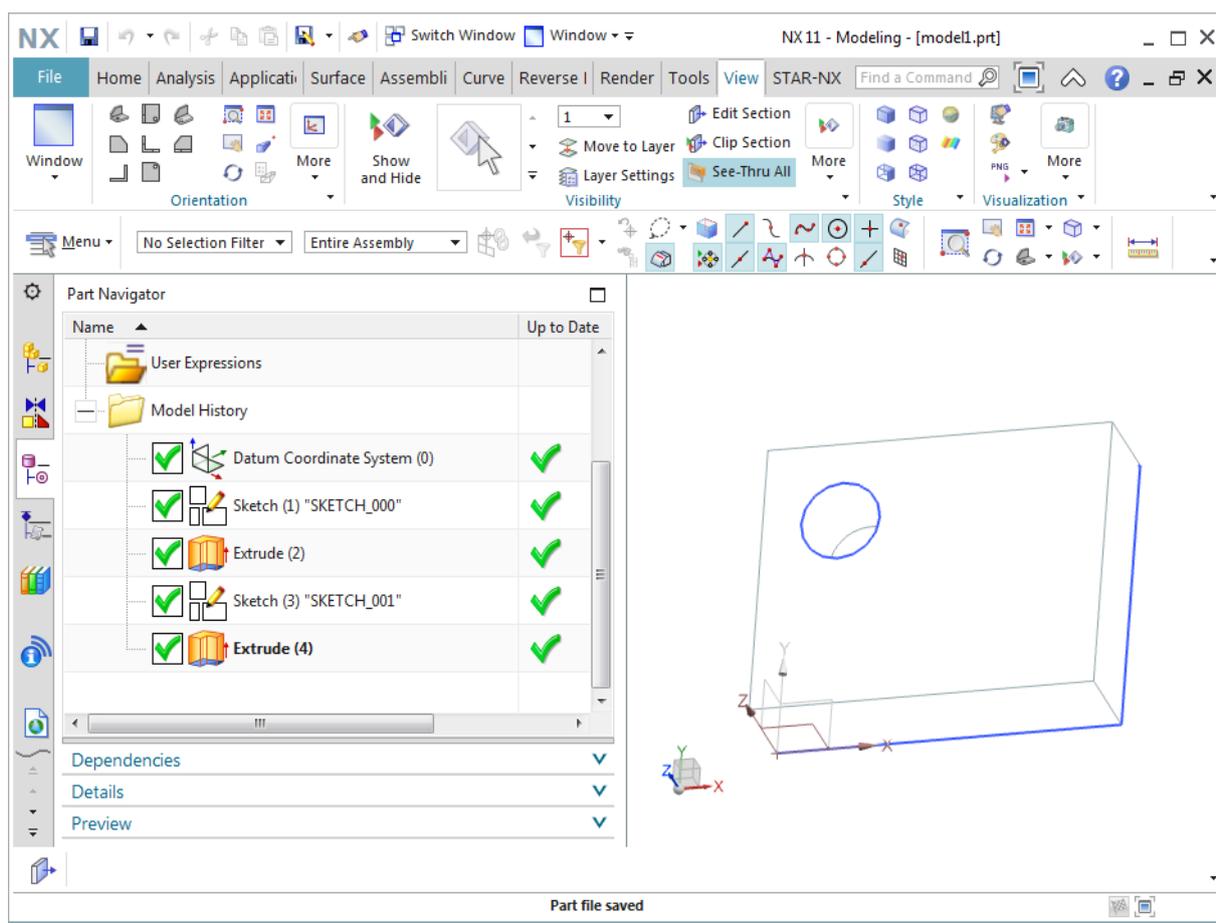


Рисунок 7 – Основные элементы интерфейса NX

Если при создании элемента в качестве данных использовались порожденные другим элементом твердотельная геометрия или объекты, то возможно образование так называемой ассоциативной связи между указанными элементами. Причем создаваемый элемент будет являться дочерним. Элемент, порожденные геометрия или объекты которого были использованы при создании дочернего элемента в качестве данных, будет являться родительским. Если ассоциативная связь была создана, то NX при необходимости автоматически будет изменять дочерний элемент при изменении родительского элемента.

Последовательность шагов по созданию иерархической системы элементов

отображается в навигаторе модели (НМ) как история модели (ИМ). В ИМ каждый элемент имеет свое обозначение. Обозначение в общем случае складывается из идентификатора элемента, временной отметки в скобках, имени объекта и имени элемента в кавычках, разделенных двоеточием.

Построение твердотельной модели сводится к назначению числовых параметров и выбору каких-либо объектов в контексте ряда команд.

Выбор единичного объекта осуществляется в графической области (ГО). В ГО выбираются геометрия, элементы твердотельной модели, а также другие объекты. Одновременно выбранными могут быть несколько объектов. Для этого можно использовать последовательный выбор единичных объектов.

Если в ГО сложно навести курсор мыши на объект, который требуется выделить (например, когда он расположен за другими объектами или совпадает с ними), можно воспользоваться диалогом «Быстрый выбор».

Для управления выбором объектов в NX используется в основном панель инструментов (ПИ) «Панель выбора». Ее вид может меняться в зависимости от выполняемой команды. В общем случае ПИ «Панель выбора» содержит три группы опций: фильтры выбора; опции контекста выбора; опции захвата точек. Фильтры выбора определяют, какие объекты NX позволит выбирать (например, только кривые, только в активном эскизе). Контекст выбора расширяет выбор по тому или иному признаку (например, автоматический выбор кривых, которые расположены в эскизе, к которому относится непосредственно выбираемая кривая). Опции захвата точек позволяют выбирать характерные точки кривых (например, конечные, серединные точки, точки пересечения и т. п.), если курсор расположен в некоторой окрестности выбираемой точки.

После выбора грани, ребра или кривой контекст выбора может быть задан при помощи так называемой мини-панели активного выбора, если изначально контекст выбора был определен как «Единственная грань», «Единственная кривая» и в некоторых других случаях.

Еще одним инструментом выбора является диалог «Выбор по классу», который активизируется в контексте ряда команд.

### ***Порядок выполнения работы***

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

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что такое САПР и для чего она предназначена?
- 2 Каковы основные элементы интерфейса САПР?
- 3 Из чего состоит твердотельная модель?

## Лабораторная работа № 10. Создание эскизов в среде САПР

**Цель работы:** изучить основные средства создания эскизов в САПР.

**Перечень используемого программного обеспечения:** САПР NX.

### Краткие теоретические сведения

Эскиз – это именованный набор объектов, соответствующих одной плоскости. Для создания эскиза можно выполнить команду Sketch в группе Direct Sketch на вкладке Home, которая активизирует диалог Create Sketch (рисунок 8). Вид этого диалога может меняться в зависимости от выбираемых в нем опций. Выход из эскиза – команда Finish Sketch.

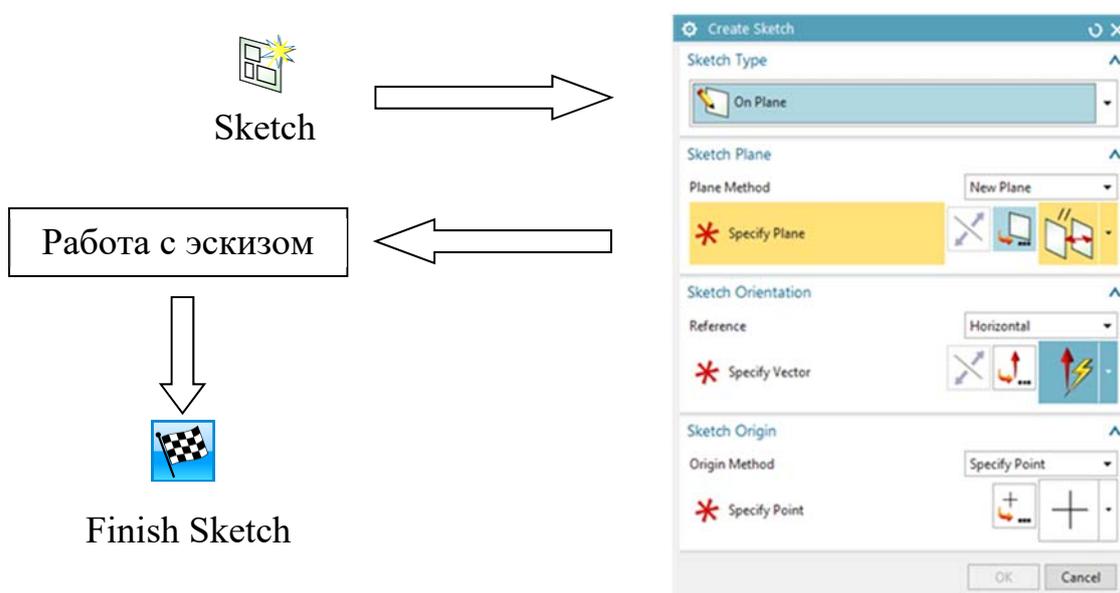


Рисунок 8 – Порядок работы с эскизом

Работа с эскизом ведется по схеме, представленной на рисунке 9.

После создания эскиза приступают к созданию геометрии эскиза. К геометрии 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. В таблице 13 представлены основные команды для создания и изменения кривых эскиза.

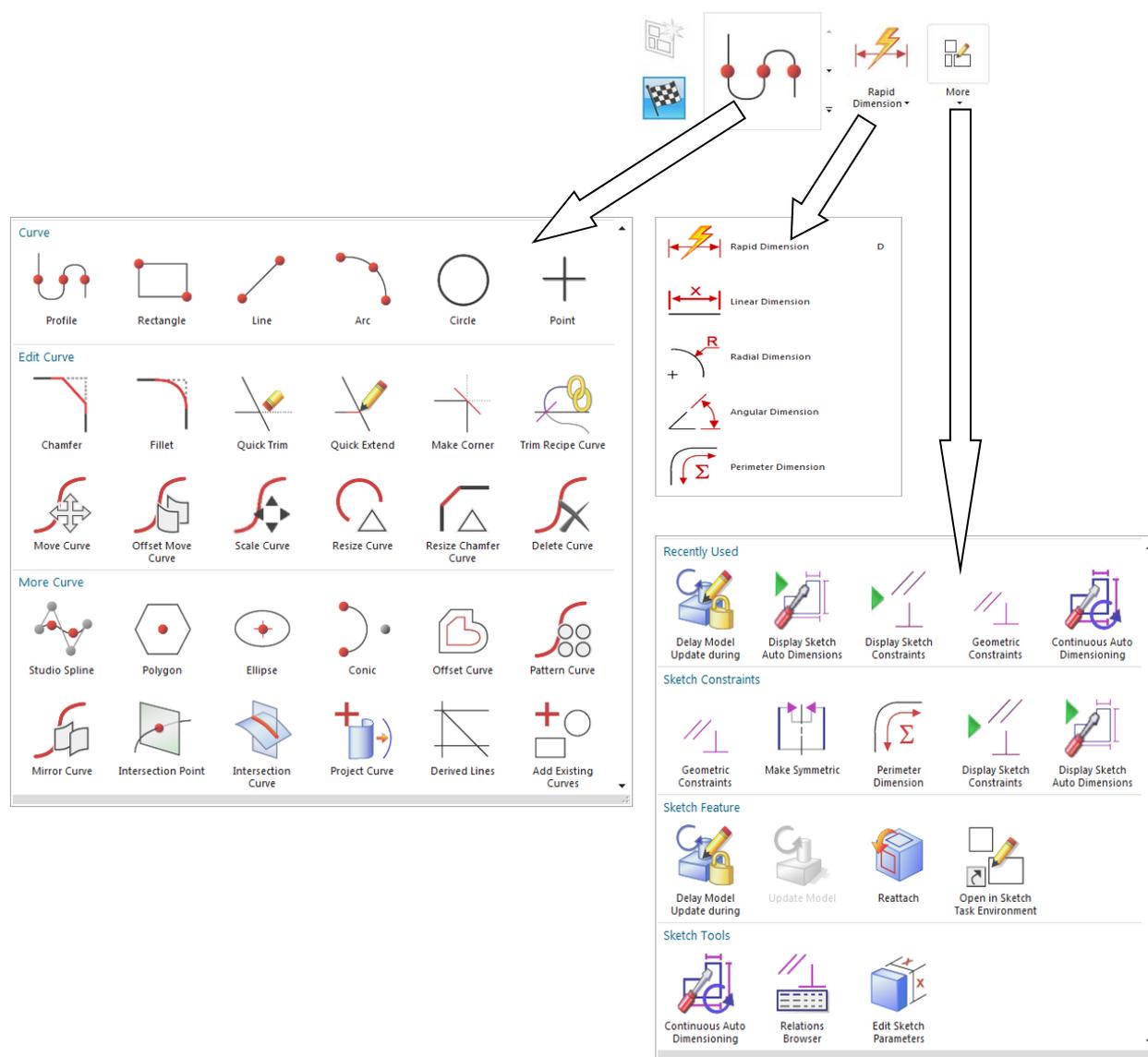


Рисунок 9 – Схема работы с эскизом

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.

Таблица 13 – Основные команды для создания и изменения кривых эскиза

Значок	Название	Описание
	Rectangle	Создание прямоугольника
	Line	Создание отрезка
	Circle	Создание окружности
	Chamfer	Создание фаски
	Fillet	Создание закругления
	Quick Trim	Обрезка кривой
	Quick Extend	Удлинение кривой
	Studio Spline	Создание сплайна
	Polygon	Создание многоугольника
	Offset Curve	Создание эквидистанты
	Pattern Curve	Размножение кривой
	Mirror Curve	Отражение кривой

Для создания размеров служит ряд команд, основной из которых является RapidDimension (рисунок 10).

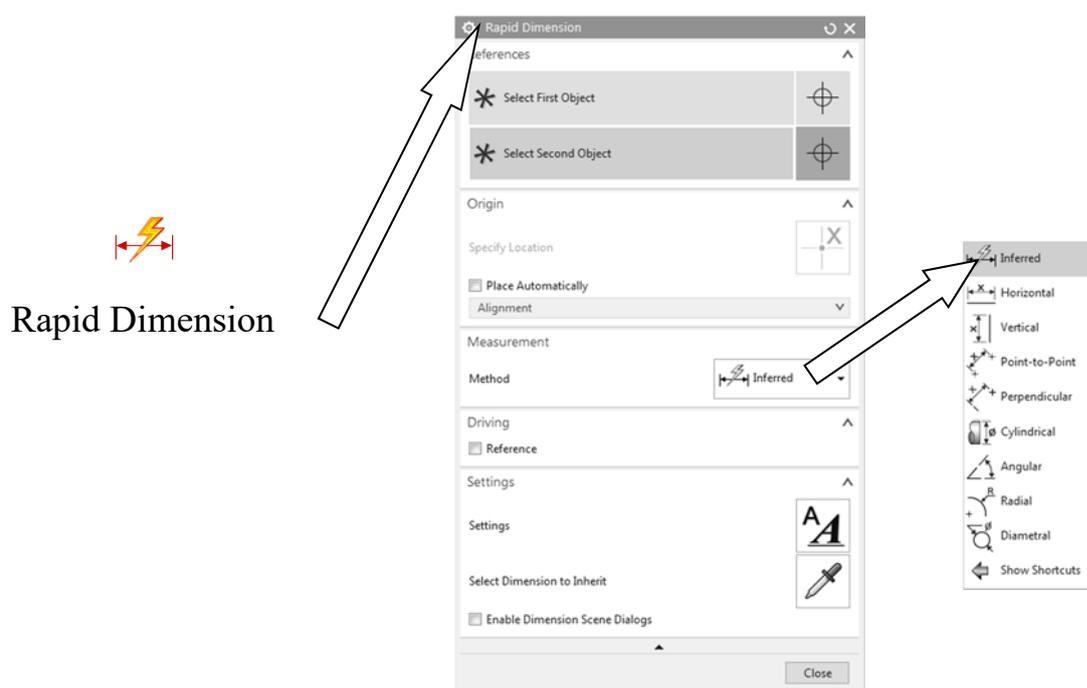


Рисунок 10 – Порядок создания размера

Для создания геометрического ограничения используется команда Geometric Constraints (рисунок 11), вызывающая соответствующий диалог. Указанная команда расположена в списке More группы Direct Sketch вкладки Home.

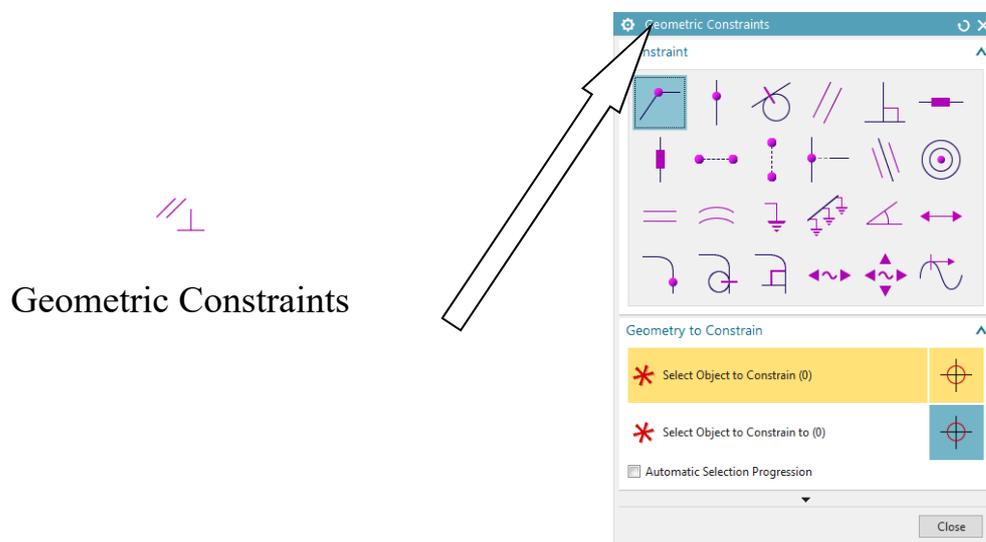


Рисунок 11 – Порядок создания геометрического ограничения

Основные геометрические ограничения представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Основные геометрические ограничения

Значок	Название	Описание
	Vertical	Делает отрезок вертикальным
	Tangent	Делает кривые касательными
	Point On Curve	Размещает точку на кривой
	Perpendicular	Делает кривые перпендикулярными
	Parallel	Делает отрезки параллельными
	Horizontal Alignment	Выравнивает положение точек по горизонтали
	Horizontal	Делает отрезок горизонтальным
	Equal Radius	Делает радиус окружностей равным
	Equal Length	Делает длину кривых равной
	Collinear	Делает отрезки коллинеарными
	Coincident	Совмещает точки
	Vertical Alignment	Выравнивает положение точек по вертикали

## Порядок выполнения работы

### Задание

Создать эскиз (рисунок 12).

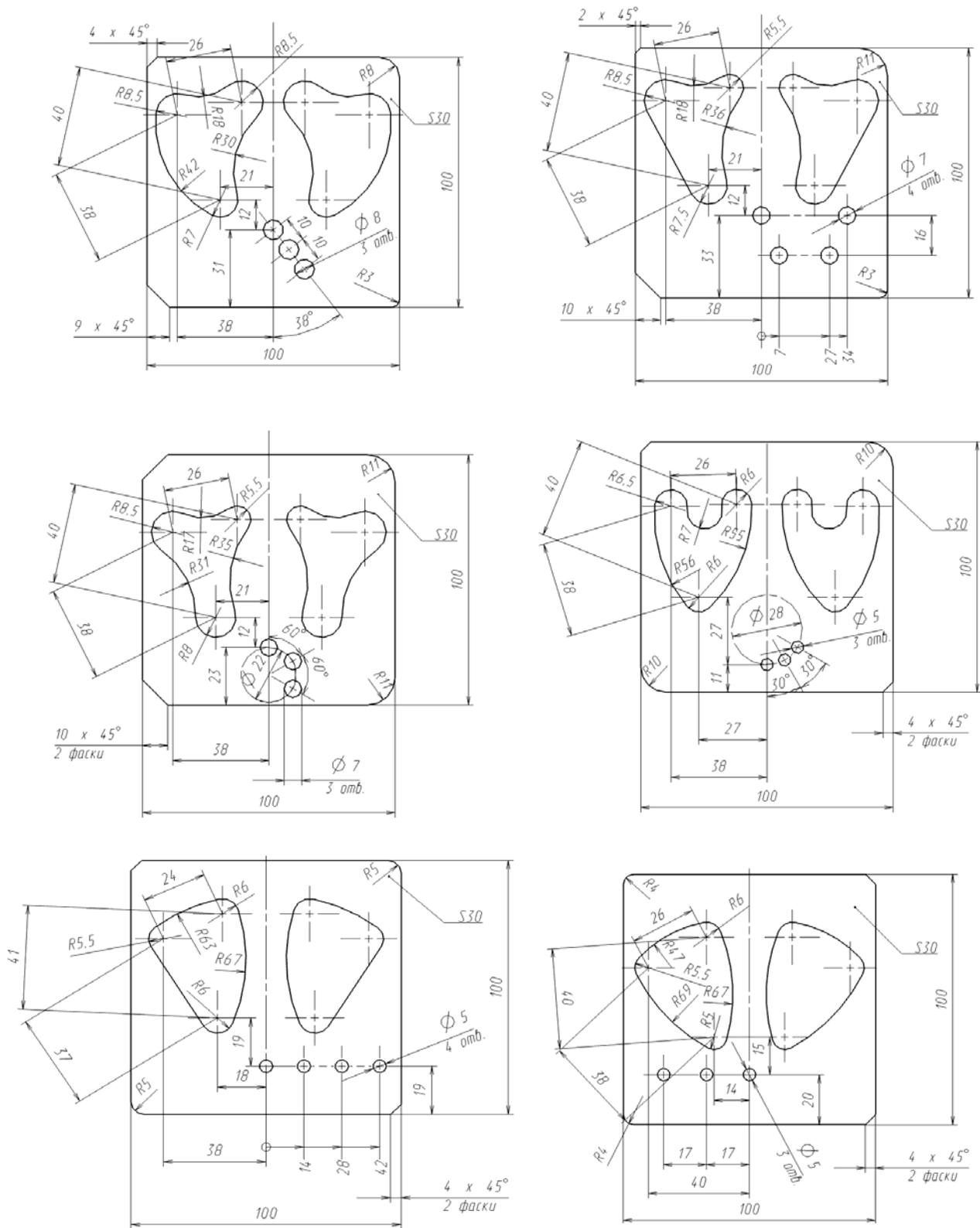
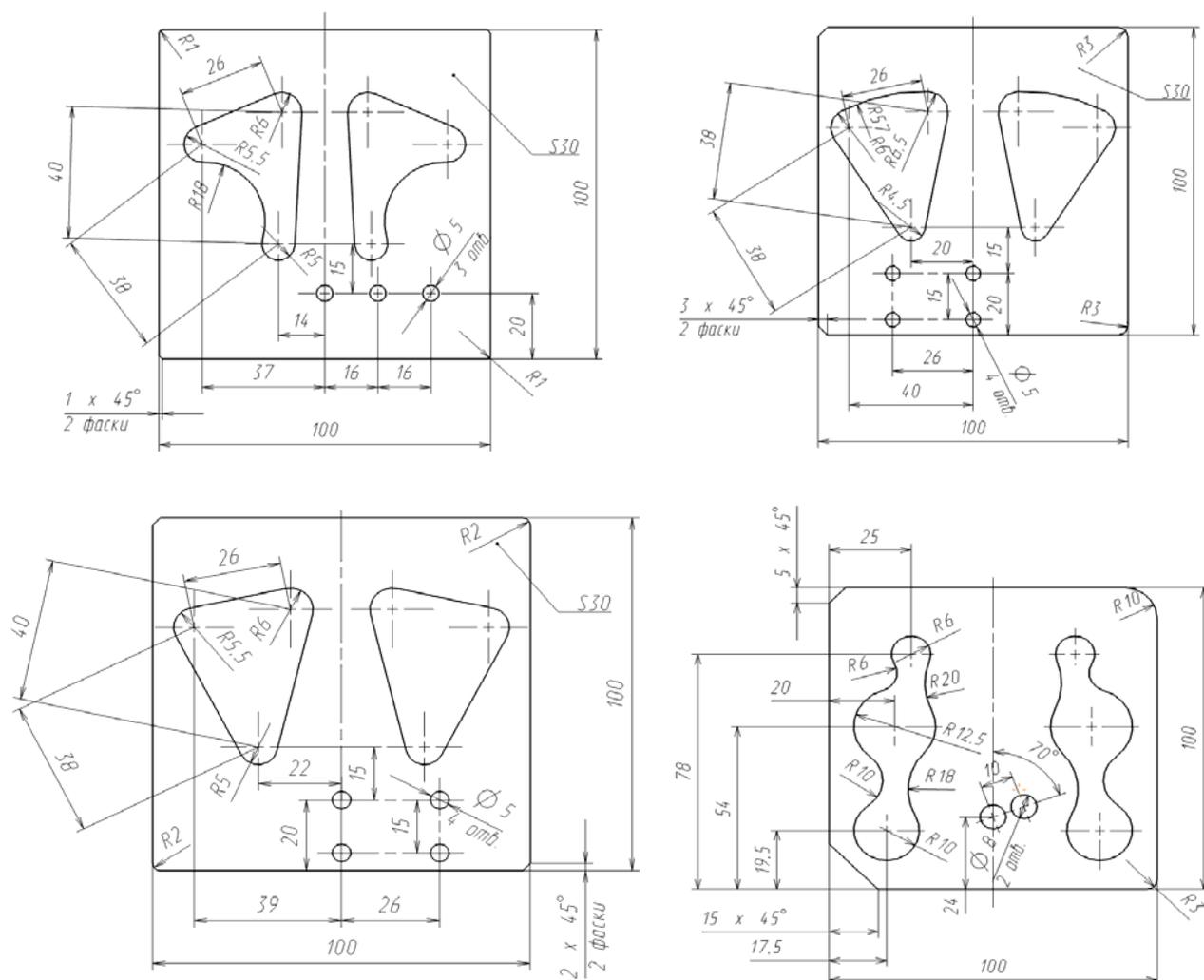


Рисунок 12 – Варианты задания к лабораторной работе № 10



Окончание рисунка 12

### **Содержание отчета**

Файл NX с эскизом.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Каков порядок работы с эскизом САПР?
- 2 Каковы основные параметры команд создания и изменения кривых эскиза САПР?
- 3 На какие виды делятся ограничения эскиза САПР?

## **Лабораторная работа № 11. Создание деталей типа «плита» и «тело вращения» в среде САПР**

**Цель работы:** изучить основные средства твердотельного моделирования в САПР.

**Перечень используемого программного обеспечения:** САПР NX.

### Краткие теоретические сведения

Основные команды, предназначенные для твердотельного моделирования, расположены в группе Feature вкладки Home (рисунок 13, таблица 15).

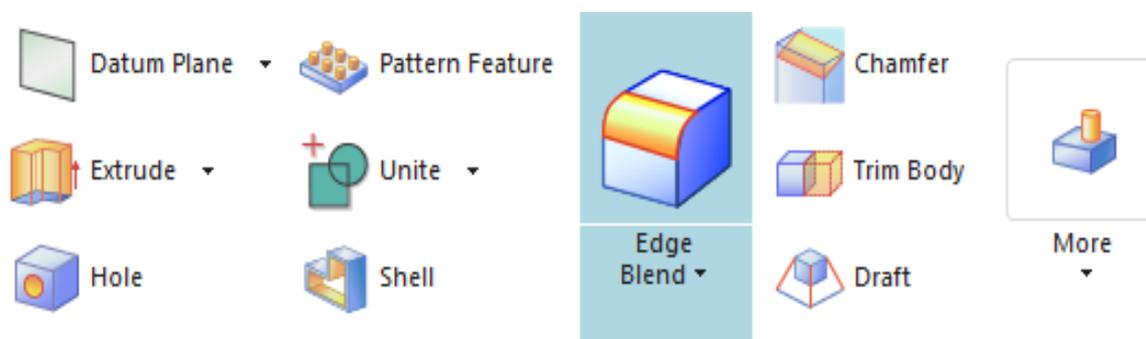


Рисунок 13 – Группа Feature вкладки Home

Таблица 15 – Основные команды твердотельного моделирования

Значок	Название	Описание
	Extrude	Создание тела прямолинейным перемещением кривой вдоль прямой
	Revolve	Создание тела вращением кривой вокруг оси
	Pattern Geometry	Размножение геометрии модели
	Pattern Feature	Размножение элементов модели
	Unite	Объединение тел
	Intersect	Пересечение тел
	Subtract	Вычитание тел
	Edge Blend	Создание закругления на основе ребра
	Chamfer	Создание фаски
	Datum CSYS	Создание ссылочной системы координат
	Datum Plane	Создание ссылочной плоскости
	Datum Axis	Создание ссылочной оси

Команды твердотельного моделирования можно условно разделить на несколько видов. К первому виду относятся так называемые кинематические команды Extrude и Revolve, предназначенные для создания тел типов «плита» и «тело вращения» соответственно. Ко второму типу относятся так называемые булевы команды Unite, Subtract, и Intersect. Команды третьего вида Edge Blend и Chamfer предназначены для создания конструкторских элементов. Команды

четвертого вида Pattern Geometry и Pattern Feature предназначены для размножения геометрии и элементов соответственно. Команды пятого вида Datum CSYS, Datum Plane и Datum Axis не порождают твердотельной геометрии непосредственно и выполняют ссылочную функцию.

### Порядок выполнения работы

#### Задание 1

Построить твердотельную модель типа «плита» на основе эскиза (рисунок 12).

#### Задание 2

Построить твердотельную модель типа «тело вращения» на основе эскиза (рисунок 14).

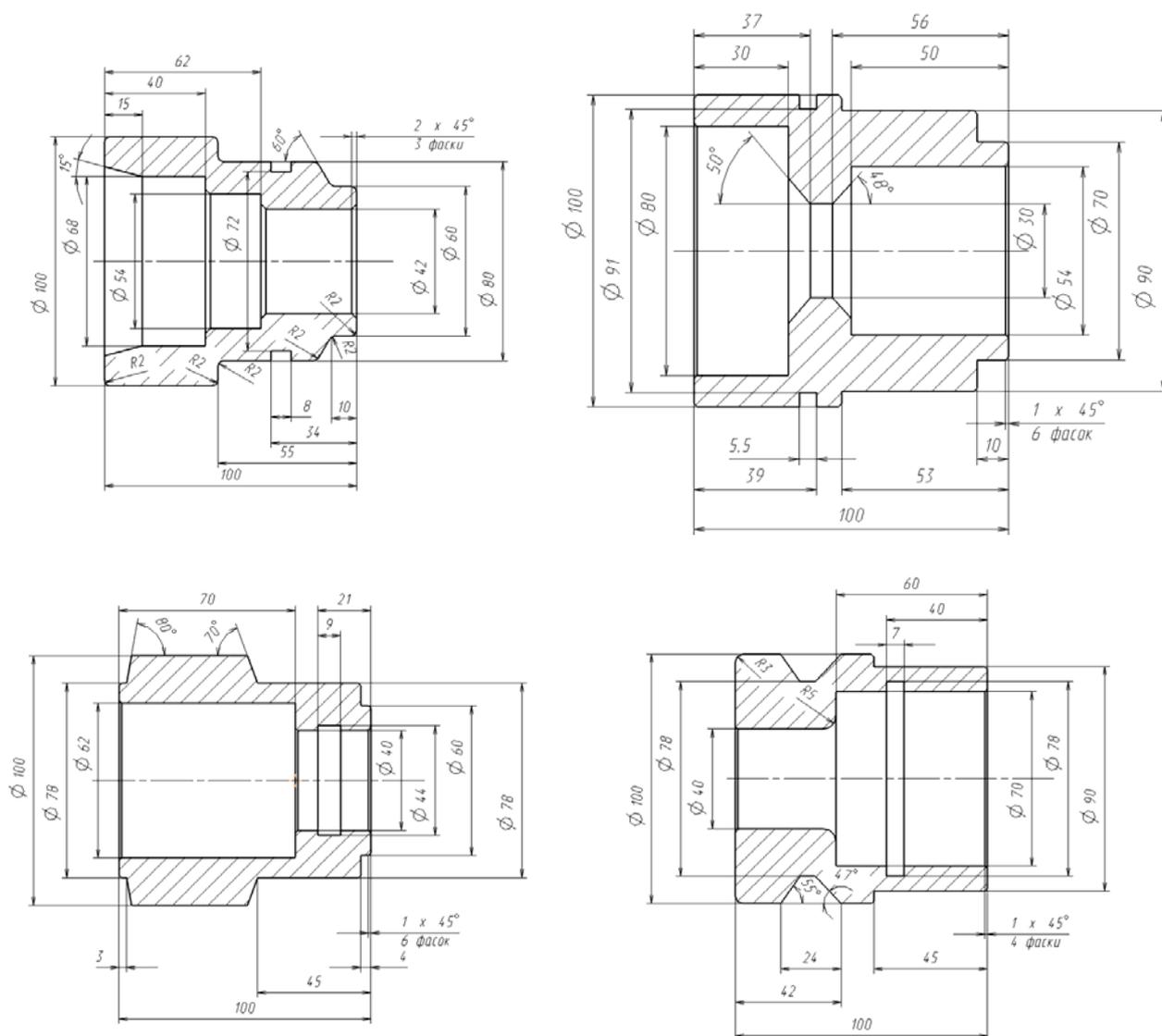
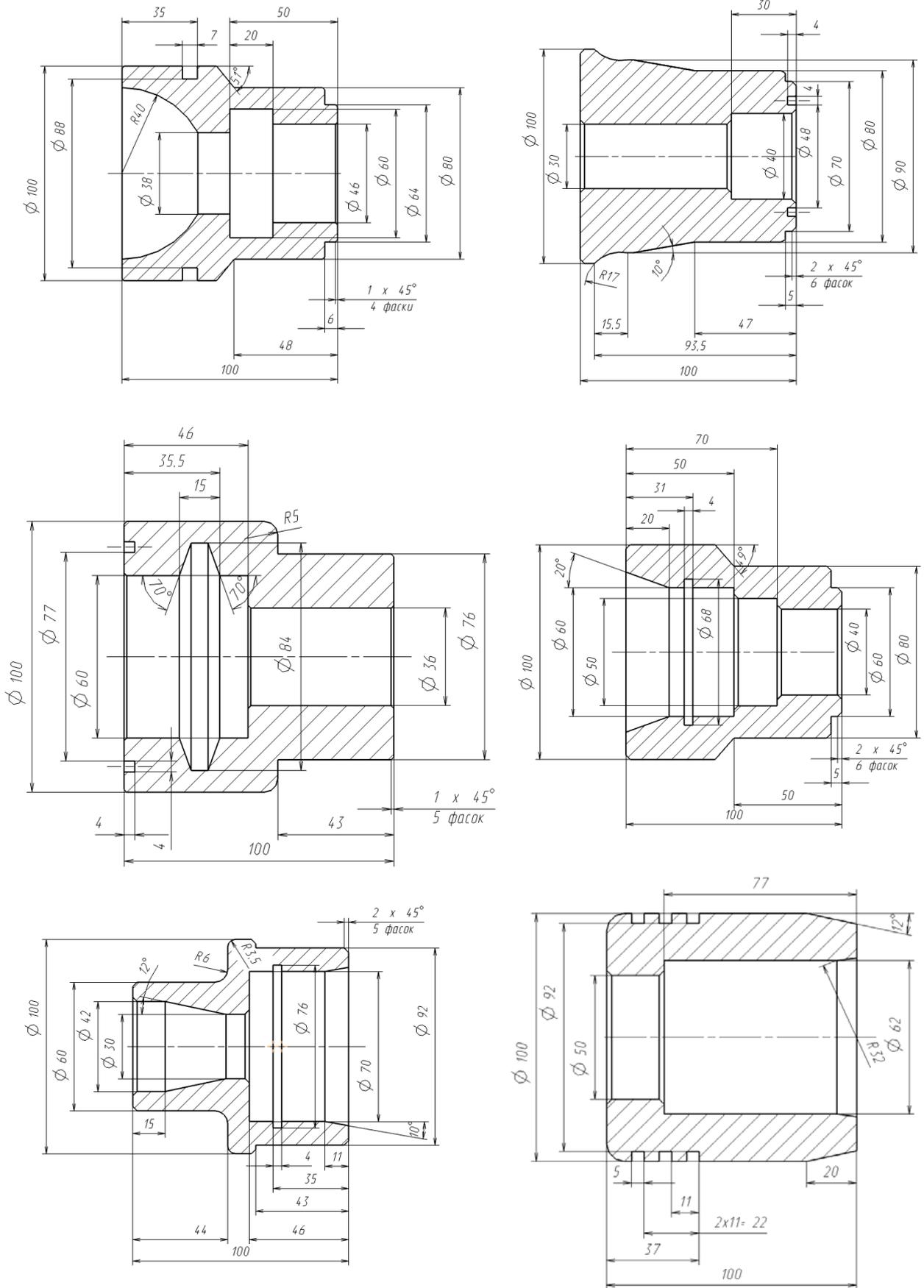


Рисунок 14 – Варианты задания 2 к лабораторной работе № 11



Окончание рисунка 14

## Содержание отчета

Файл NX с моделью детали типа «плита».

Файл NX с моделью детали типа «тело вращения».

## Контрольные вопросы

1 Каковы параметры команд создания твердотельной геометрии типа «плита» и «тело вращения» в среде САПР?

2 Каковы основные виды команд твердотельного моделирования в среде САПР?

## Лабораторная работа № 12. Твердотельное моделирование в среде САПР

**Цель работы:** изучить основные средства твердотельного моделирования в САПР.

**Перечень используемого программного обеспечения:** САПР NX.

### Краткие теоретические сведения

См. лабораторную работу № 11.

### Порядок выполнения работы

#### Задание

Согласно рисунку 15 создать твердотельную модель детали; недостающие размеры принять самостоятельно.

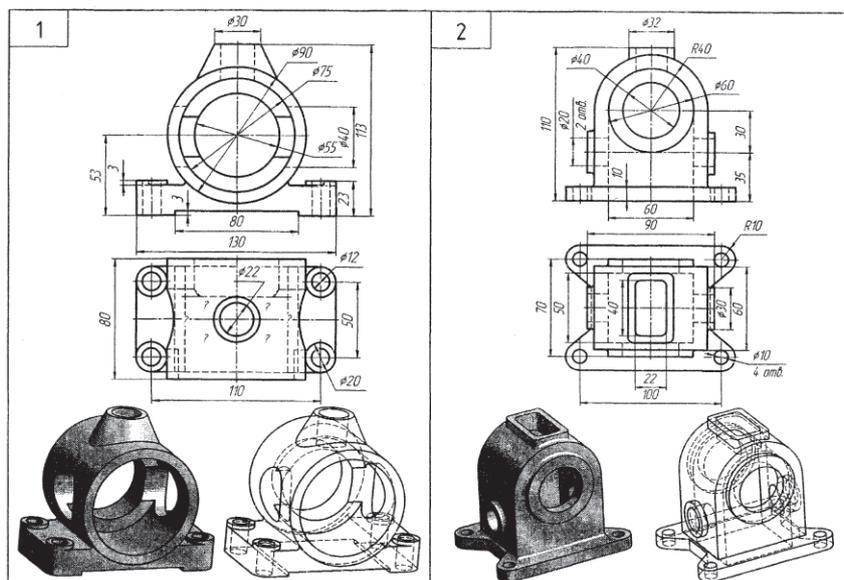
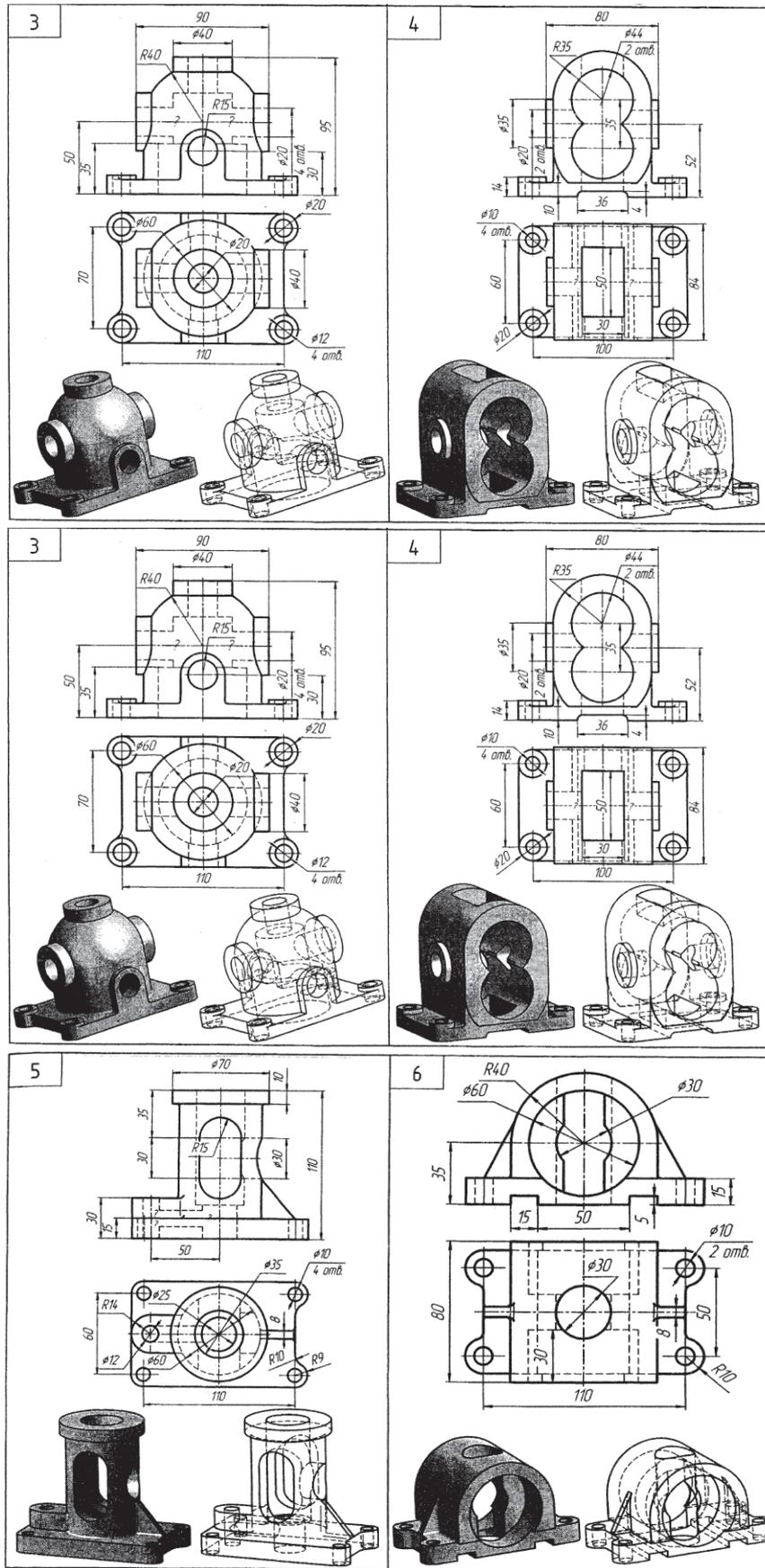
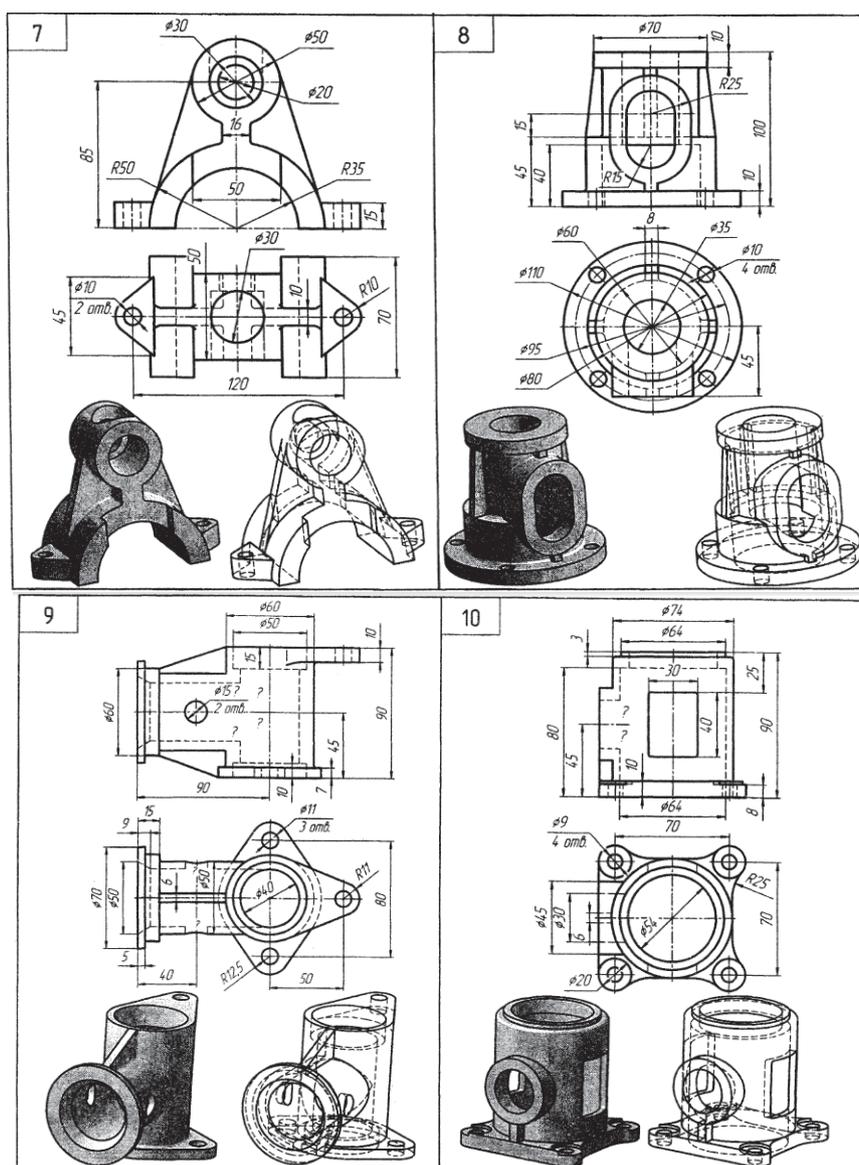


Рисунок 15 – Варианты задания к лабораторной работе № 12



Продолжение рисунка 15



Окончание рисунка 15

### *Содержание отчета*

Файл NX с моделью.

### *Контрольные вопросы*

- 1 Что такое булевы операции САПР?
- 2 Что такое вспомогательная геометрия САПР?

## **Лабораторная работа № 13. Моделирование сборки в среде САПР**

**Цель работы:** изучить основные средства моделирования сборок в САПР.

**Перечень используемого программного обеспечения:** САПР NX.

## Краткие теоретические сведения

Для активизации команд работы со сборками необходимо выполнить команду «Assemblies» группы Design вкладки Application (рисунок 16). При этом появляется новая вкладка Assemblies, на которой и расположены необходимые команды.

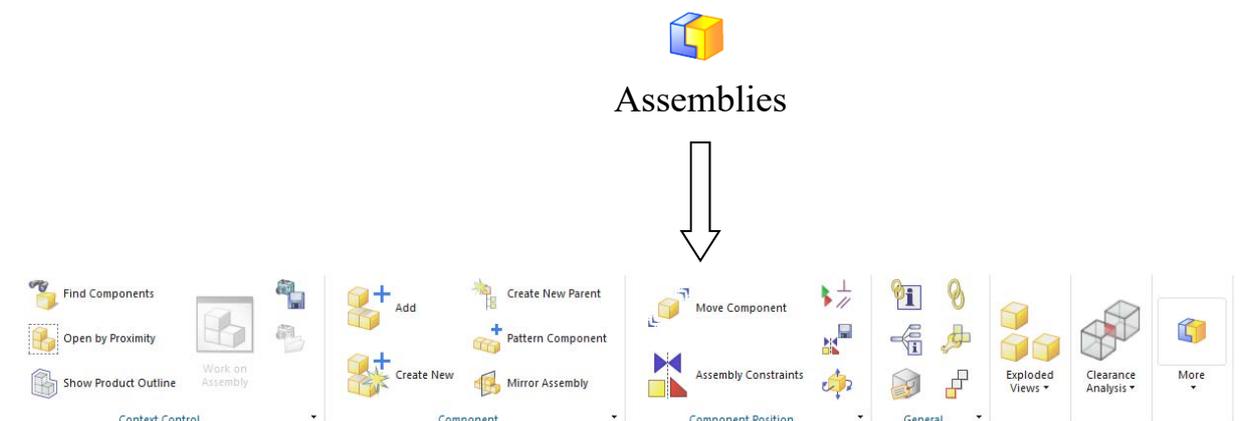


Рисунок 16 – Порядок активизации команд работы со сборками

Основные команды, предназначенные для работы со сборками, представлены в таблице 16.

Таблица 16 – 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 16

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

Файл сборки включает ссылки на файлы, модели из которых составляют в качестве компонентов сборку как логический объект. Компоненты собираются в одно целое по правилам, которые называются ограничениями сборки. Сборка может содержать также свою твердотельную геометрию.

Компоненты сборки отображаются в навигаторе сборки, который активизируется соответствующей командой (Assembly Navigator) на панели ресурсов.

Чтобы подавить компонент сборки, достаточно убрать соответствующую «галочку» в навигаторе сборки.

### ***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 17. 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 17 – Параметры вала и втулки

Номер варианта	Параметр 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

## *Содержание отчета*

Файл NX с моделью сборки.

### *Контрольные вопросы*

- 1 Что такое сборка в САПР?
- 2 Какова последовательность создания сборки в САПР?
- 3 Каковы основные команды работы со сборкой в САПР?

## **Лабораторная работа № 14. Моделирование чертежа в среде САПР**

**Цель работы:** изучить основные средства моделирования чертежей в САПР.

*Перечень используемого программного обеспечения:* САПР NX.

### *Краткие теоретические сведения*

Приложение для создания чертежей активизируется командой Drafting группы Design вкладки Application.

Основные команды модуля Drafting приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Основные команды модуля Drafting

Значок	Название	Расположение команды	Описание
	Base View	Вкладка Home, группа View	Создание базового вида
	Projected View	Вкладка Home, группа View	Создание вида проекции
	Section View	Вкладка Home, группа View	Создание разреза или сечения
	View Break	Вкладка Home, группа View	Создание разрыва на виде
	Break-out Section View	Вкладка Home, группа View	Создание местного разреза
	Update Views	Вкладка Home, группа View, меню выпадающей кнопки	Обновление видов
	2D Centerline	Вкладка Home, группа Annotation, меню выпадающей кнопки	Создание оси симметрии
	3D Centerline	Вкладка Home, группа Annotation, меню выпадающей кнопки	Создание оси вращения

## Окончание таблицы 18

Значок	Название	Расположение команды	Описание
	Center Mark	Вкладка Home, группа Annotation, меню выпадающей кнопки	Создание символа центра
	Bolt Circle Centerline	Вкладка Home, группа Annotation, меню выпадающей кнопки	Создание окружности центров
	Surface Finish Symbol	Вкладка Home, группа Annotation	Создание символа шероховатости
	Feature Control Frame	Вкладка Home, группа Annotation	Создание символа допуска формы и расположения поверхности
	Note	Вкладка Home, группа Annotation	Создание заметки, выноски
	Datum Feature Symbol	Вкладка Home, группа Annotation	Создание символа базы
	Rapid	Вкладка Home, группа Dimension	Создание размера чертежа

***Порядок выполнения работы*****Задание**

Согласно данным лабораторной работы № 11 выполнить чертеж в среде NX.

***Содержание отчета***

Файл NX с чертежом.

***Контрольные вопросы***

- 1 Какова последовательность создания чертежа в САПР?
- 2 Каковы основные команды работы с чертежом в САПР?
- 3 Что такое мастер-модель?

## Список литературы

1 **Кирсанов, М. Н.** Алгебра и геометрия. Сборник задач и решений с применением системы Maple : учебное пособие / М. Н. Кирсанов, О. С. Кузнецова. – Москва : ИНФРА-М, 2016. – 272 с.

2 **Кошелев, В. Е.** Excel 2007 / В. Е. Кошелев. – Москва: Бином, 2008. – 544 с.

3 **Гусак, А. А.** Справочник по высшей математике / А. А. Гусак. – 6-е изд. – Минск : ТетраСистемс, 2005. – 640 с.

4 **Берлинер, Э. М.** САПР конструктора машиностроителя : учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : ФОРУМ; ИНФРА-М, 2015. – 288 с.

5 Теория механизмов и механика машин : учебник для вузов / Под ред. К. В. Фролова. – 3-е изд., стер. – Москва : Высшая школа, 2001. – 496 с.