

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ОП.07 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

**для обучающихся специальности
13.02.13 Эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического
оборудования (по отраслям)**

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	36
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	37
Практическое занятие № 1.....	37
Практическое занятие № 2.....	38
Практическое занятие № 3.....	40
Практическое занятие № 4.....	42
Практическое занятие № 5.....	43
Практическое занятие № 6.....	45
Практическое занятие № 7.....	47
Практическое занятие № 8.....	49
Практическое занятие № 9.....	50
Практическое занятие № 10.....	52
Практическое занятие № 11.....	54
Практическое занятие № 12.....	56
Практическое занятие № 13.....	58
Практическое занятие № 14.....	60
Практическое занятие № 15.....	64
Практическое занятие № 16.....	66
Практическое занятие № 17.....	69
Практическое занятие № 18.....	72
Практическое занятие № 19.....	74
Практическое занятие № 20.....	76
Практическое занятие № 21.....	77
Практическое занятие № 22.....	79
Практическое занятие № 23.....	82
Практическое занятие № 24.....	85

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические занятия.

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование учебных практических умений (умений решать задачи по математике, в том числе прикладного характера), необходимых в последующей учебной деятельности.

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Математика» предусмотрено проведение практических занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен уметь:

Уд 1 Оформлять и заполнять техническую документацию по эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.

Уд2 Проверять и вносить правки в техническую документацию.

Уо 01.01 распознавать и анализировать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; выделять её составные части; определять этапы решения задачи; составлять план действий; определять необходимые ресурсы; реализовывать составленный план.

Уо 01.02 владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах.

Уо 02.01 определять необходимые источники информации; эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы, оформлять результаты поиска.

Уо 02.02 использовать современное программное обеспечение, различные цифровые средства для решения профессиональных задач; проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий.

Содержание практических работ ориентировано на подготовку студентов к освоению профессионального модуля основной профессиональной образовательной программы по специальности и овладению **профессиональными компетенциями**:

ПК 2.2. Разрабатывать документацию по эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.

А также формированию общих компетенций:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 02 Использовать современные средства поиска, интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Практические занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1. Алгебраическая форма комплексного числа

Практическое занятие № 1

Действия над комплексными числами в алгебраической форме.

Цель: научиться выполнять действия над комплексными числами в алгебраической форме.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 01.02, Уо 02.01, Зд1, Зо 01.01, Зо 01.02, Зо 02.01

Материальное обеспечение:

Индивидуальные задания, конспекты лекций

Задание:

1. Дано: $U=43.5-j5,6$. Определить активную P и реактивную Q мощность.

2. Даны комплексные числа : $z_1=(-3;-5)$, $z_2=(-7,2;7,2)$, $z_3=(2;6)$.

Записать эти числа в алгебраической форме.

1. Вычислить:

1) $z_1 + z_2$;

2) $z_2 - z_3$;

3) z_1/z_3 ;

4) $z_2 \cdot z_3$;

5) z_1^5 .

2. Вычислить:

$$\frac{1-3i}{i-2} + \frac{1+4i}{1+3i} + i^{13}$$

Порядок выполнения работы:

1. Запишите комплексные числа в алгебраической форме $z = a + bi$

2. Выполните действия над комплексными числами в алгебраической форме, используя формулы:

$$z_1 + z_2 = (a_1 + a_2) + (b_1 + b_2)i$$

$$z_1 - z_2 = (a_1 - a_2) + (b_1 - b_2)i;$$

$$z_1 \cdot z_2 = (a_1 a_2 - b_1 b_2) + (a_1 b_2 + a_2 b_1)i;$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{a_1 a_2 + b_1 b_2}{a_2^2 + b_2^2} + \frac{a_2 b_1 - a_1 b_2}{a_2^2 + b_2^2} i$$

1. Даны комплексные числа : $z_1=(7;1)$, $z_2=(-1,5;1,5)$, $z_3=(4;-3)$.

Записать эти числа в алгебраической форме.

Решение:

Т.к. алгебраическая форма комплексного числа имеет вид $z=x+iy$, то

$$z_1 = 7 + i; \quad z_2 = -1,5 + 1,5i; \quad z_3 = 4 - 3i$$

2. Выполнить действия в алгебраической форме:

1) $z_1 + z_2$;

2) $z_2 - z_3$;

3) z_1/z_3 ;

4) $z_2 \cdot z_3$;

5) z_1^5 .

Решение:

$$z_1 + z_2 = (7 - 1,5) + (1 + 1,5)i = 5,5 + 2,5i;$$

$$z_2 - z_3 = (-1,5 - 4) + (1,5 + 3)i = -5,5 + 4,5i;$$

$$\frac{z_1}{z_3} = \frac{7+i}{4-3i} = \frac{(7+i)(4+3i)}{(4-3i)(4+3i)} = \frac{28+4i+21i+3i^2}{16-9i^2} = \frac{28+25i-3}{16+9} = \frac{25+25i}{25} = 1 + i;$$

$$\begin{aligned} z_2 \cdot z_3 &= (-1,5 + 1,5i)(4 - 3i) = -6 + 4,5i + 6i - 4,5i^2 = -6 + 10,5i + 4,5 = -1,5 + 10,5iz_1^5 \\ &= (7 + i)^5 = ((7 + i)^2)^2(7 + i) = (49 + 14i + i^2)^2(7 + i) = (48 + 14i)^2(7 + i) \\ &= (2304 + 1344i + 196i^2)(7 + i) = (2304 + 1344i - 196)(7 + i) \\ &= (2108 + 1344i)(7 + i) = 13412 + 11516i \end{aligned}$$

3. Вычислить:

$$\frac{1+3i}{i-3} + \frac{4-5i}{1+3i} - i^8$$

Решение:

$$\frac{1+3i}{i-3} + \frac{4-5i}{1+3i} - i^8 = -2,1 - 2,8i$$

$$1) \frac{1+3i}{i-3} = \frac{(1+3i)(-3-i)}{(-3+i)(-3-i)} = \frac{-3-i-9i-3i^2}{(-3)^2-i^2} = \frac{-10i}{10} = -i;$$

$$2) \frac{4-5i}{1+3i} = \frac{(4-5i)(1-3i)}{(1+3i)(1-3i)} = \frac{4-12i-5i+15i^2}{1-(3i)^2} = \frac{-11-17i}{10} = -1,1 - 1,7i$$

$$3) i^8 = (i^2)^4 = (-1)^4 = 1$$

$$4) -i + (-1,1 - 1,7i) - 1 = -i - 1,1 - 1,7i - 1 = -2,1 - 2,8i$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объём выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 1.2. Тригонометрическая форма комплексного числа

Практическое занятие № 2

Действия над комплексными числами в тригонометрической форме

Цель: Научиться выполнять действия над комплексными числами в тригонометрической форме.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 01.02, Уо 02.01, Уо 02.02, Зд1, Зо 01.01, Зо 01.02, Зо 02.01, Зо 02.02

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания, конспекты лекций

Задание:

1. Дано: ток в комплексной форме $I=3-j4$. Написать уравнение тока.

2. Даны комплексные числа в тригонометрической форме:

$$z_1 = 5 \left(\cos \frac{\pi}{9} + i \sin \frac{\pi}{9} \right) \quad \text{и} \quad z_2 = 8 \left(\cos \frac{3\pi}{5} + i \sin \frac{3\pi}{5} \right).$$

Вычислите: $z_1 \cdot z_2$; $\frac{z_2}{z_1}$; z_1^3 ; $\sqrt[3]{z_2}$

3. Выполните действия и запишите результат в алгебраической форме:

$$\text{а) } \left(3 \cdot \left(\cos \frac{5\pi}{4} + i \sin \frac{5\pi}{4} \right) \right)^2 \quad \text{б) } \frac{24(\cos 75^\circ + i \sin 75^\circ)}{3(\cos 30^\circ + i \sin 30^\circ)}$$

Краткие теоретические сведения:

Тригонометрической формой комплексных чисел называется запись их в виде: $z = r \cdot (\cos \varphi + i \sin \varphi)$.

При выполнении действий над комплексными числами в тригонометрической форме используются следующие формулы:

$$z_1 \cdot z_2 = r_1 \cdot r_2 (\cos(\varphi_1 + \varphi_2) + i \sin(\varphi_1 + \varphi_2))$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} (\cos(\varphi_1 - \varphi_2) + i \sin(\varphi_1 - \varphi_2))$$

$$z^n = r^n (\cos n\varphi + i \sin n\varphi)$$

Для извлечения корня n -й степени из комплексного числа в тригонометрической форме $z=r \cdot (\cos \varphi + i \sin \varphi)$ используется формула:

$$\omega_k = \sqrt[n]{r} \cdot \left(\cos \frac{\varphi + 2\pi k}{n} + i \sin \frac{\varphi + 2\pi k}{n} \right), \text{ где } \sqrt[n]{r} - \text{арифметический корень, } k=0, 1, 2, \dots, n-1.$$

Порядок выполнения работы:

1. Запишите заданные в тригонометрической форме числа.
2. Используя конспект, выясните, как выполняются действия над комплексными числами в тригонометрической форме.
3. Выполните заданные действия.

Выполните действия и запишите результат в алгебраической форме:

$$1) \quad \left(2 \cdot \left(\cos \frac{5\pi}{24} + i \sin \frac{5\pi}{24} \right) \right)^6 = 2^6 \left(\cos \frac{5\pi}{24} \cdot 6 + i \sin \frac{5\pi}{24} \cdot 6 \right) = 64 \left(\cos \frac{5\pi}{4} + i \sin \frac{5\pi}{4} \right) =$$

$$64 \left(-\frac{\sqrt{2}}{2} - i \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = -32\sqrt{2} - 32\sqrt{2}i$$

2)

$$\begin{aligned} \frac{24(\cos 75^\circ + i \sin 75^\circ)}{3(\cos 15^\circ + i \sin 15^\circ)} &= \frac{24}{3} (\cos(75^\circ - 15^\circ) + i \sin(75^\circ - 15^\circ)) = 8(\cos 60^\circ + i \sin 60^\circ) \\ &= 8 \left(\frac{1}{2} + i \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = 4 + 4\sqrt{3}i \end{aligned}$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно

выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объём выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов

Тема 2.1. Матрицы и определители

Практическое занятие № 3

Действия с матрицами

Цель: научиться выполнять действия над матрицами.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 01.02, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 01.02, Зо 02.01

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания , учебники, конспекты лекций.

Задание:

1. Для расчета токов в сложной электрической цепи используются матричные преобразования. Даны две матрицы, отражающие компоненты цепи:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ -3 & 2 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & -3 \end{pmatrix}.$$

Найдите сумму и разность этих матриц.

2. В электрической схеме используется матричная форма записи для сопротивления. Найдите произведение матрицы сопротивлений на число $k=3$:

$$R = \begin{pmatrix} 10 & 20 \\ 30 & 40 \end{pmatrix}$$

3. При расчёте параметров транзисторного усилителя возникла необходимость умножить две матрицы, описывающие параметры каскадов усиления:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ -3 & 2 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & -3 \end{pmatrix}$$

Найдите произведение матриц А и В.

Краткие теоретические сведения:

Матрицей называется прямоугольная таблица чисел. Матрица записывается в виде:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} \dots & a_{mn} \end{pmatrix}.$$

Действия над матрицами:

1. Сложение.

Операция сложения вводится только для матриц одинаковых размеров. При сложении матриц их соответствующие элементы складываются.

$$A + B = C = \begin{pmatrix} a_{11} + b_{11} & a_{12} + b_{12} \dots & a_{1n} + b_{1n} \\ a_{21} + b_{21} & a_{22} + b_{22} \dots & a_{2n} + b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} + b_{m1} & a_{m2} + b_{m2} & a_{mn} + b_{mn} \end{pmatrix}$$

2. Умножение на число.

При умножении матрицы на число каждый ее элемент умножается на это число.

$$kA = \begin{pmatrix} ka_{11} & ka_{12} \cdots & ka_{1n} \\ ka_{21} & ka_{22} \cdots & ka_{2n} \\ ka_{m1} & ka_{m2} & ka_{mn} \end{pmatrix}.$$

3. Умножение матриц.

Операция умножения матриц вводится только для случая, когда число столбцов первой матрицы равно числу строк второй.

Чтобы найти элемент матрицы, стоящий в i -той строке в k -том столбце, нужно вычислить сумму произведений элементов i -той строки первой матрицы на соответствующие элементы k -того столбца второй.

Порядок выполнения работы:

1. Запишите задание.
2. Определите, какие действия, и по каким правилам необходимо выполнить.

Прочитайте конспект.

3. Выполните действия. Проверьте правильность вычислений.

1. Найти матрицу $C = A^2 + 3AB$, если

$$A = \begin{pmatrix} -2 & 3 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} 5 & -1 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$$

- а) Найдем A^2 , умножая матрицу саму на себя

$$A^2 = \begin{pmatrix} -2 & 3 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -2 & 3 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 & -9 \\ -3 & 4 \end{pmatrix}$$

- б) Найдем матрицу $3A$, умножив все элементы матрицы A на 3.

$$3A = 3 \begin{pmatrix} -2 & 3 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -6 & 9 \\ 3 & -3 \end{pmatrix}$$

- в) Найдем произведение $3AB$

$$3AB = \begin{pmatrix} -6 & 9 \\ 3 & -3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 5 & -1 \\ 1 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -21 & 33 \\ 12 & -12 \end{pmatrix}$$

- г) Найдем матрицу C , складывая соответствующие элементы

$$C = \begin{pmatrix} 7 & -9 \\ -3 & 4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -21 & 33 \\ 12 & -12 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -14 & 24 \\ 9 & -8 \end{pmatrix}$$

2. Найдем произведение $A \cdot A^{-1}$ и $A^{-1} \cdot A$:

$$A \cdot A^{-1} = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\frac{2}{5} & \frac{1}{2} \\ \frac{5}{2} & -\frac{2}{3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = E.$$

$$A^{-1} \cdot A = \begin{pmatrix} -\frac{2}{5} & \frac{1}{2} \\ \frac{5}{2} & -\frac{2}{3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = E.$$

В соответствии с определением данные матрицы являются взаимнообратными.

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов

Тема 2.1. Матрицы и определители

Практическое занятие № 4 Вычисление определителей

Цель: научиться вычислять определители второго и третьего порядков.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 01.02, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 01.02, Зо 02.01

Материальное обеспечение: индивидуальные задания, учебники, конспекты лекций.

Задание:

Вычислить определители:

$$1) \begin{vmatrix} -3 & 5 \\ 2 & 2 \end{vmatrix} \quad 2) \begin{vmatrix} 3 & 3 & -5 \\ 1 & 1 & 2 \\ 2 & -1 & 7 \end{vmatrix} \quad 3) \begin{vmatrix} 10 & -2 & 1 \\ -15 & 5 & -2 \\ 3 & -2 & -1 \end{vmatrix}$$

Краткие теоретические сведения:

Определителем квадратной матрицы второго порядка (определителем второго порядка) называется число, равное разности произведений элементов главной диагонали и элементов побочной диагонали.

$$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1$$

Определителем квадратной матрицы третьего порядка (определителем третьего порядка) называется число, равное

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{21}a_{32}a_{13} - a_{13}a_{22}a_{31} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{23}a_{32}a_{11}$$

Порядок выполнения работы:

1 Запишите определитель, определите какого он порядка.

2 Используя соответствующее определение, вычислите значение определителя.

Вычислить определители:

$$1) \begin{vmatrix} 2 & -4 \\ 3 & 6 \end{vmatrix} = 2 \cdot 6 - 3 \cdot (-4) = 12 + 12 = 24$$

$$2) \begin{vmatrix} 5 & -2 & 1 \\ 3 & 1 & -4 \\ 6 & 0 & -3 \end{vmatrix} = 5 \cdot 1 \cdot (-3) + (-2) \cdot (-4) \cdot 6 + 3 \cdot 0 \cdot 1 -$$

$$-6 \cdot 1 \cdot 1 - 3 \cdot (-2) \cdot (-3) - 0 \cdot (-4) \cdot 5 = -15 + 48 - 6 - 18 =$$

$$= 48 - 39 = 9$$

$$3) \begin{vmatrix} 4 & 0 & 5 \\ -6 & 2 & -7 \\ 1 & -3 & 2 \end{vmatrix} = 4 \cdot 2 \cdot 2 + 0 \cdot (-7) \cdot 1 + (-6) \cdot (-3) \cdot 5 -$$
$$-5 \cdot 2 \cdot 1 - (-6) \cdot 0 \cdot 2 - (-3) \cdot (-7) = 16 + 0 + 90 - 10 - 0 - 84 = 12$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 2.2. Системы линейных уравнений**Практическое занятие № 5****Решение систем линейных уравнений методом Крамера**

Цель: научиться решать системы линейных уравнений, используя формулы Крамера.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 01.02, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 01.02, Зо 02.01

Материальное обеспечение:

Индивидуальные задания, учебники, конспекты лекций.

Задание:

Электрическая цепь содержит три ветви с известными значениями сопротивлений и напряжений. Необходимо найти токи в ветвях, решив систему уравнений:

$$1) \begin{cases} 3x - 5y = 11 \\ 2x + 3y = 20 \end{cases}; \quad 2) \begin{cases} 3x + 3y - 5z = -2 \\ x + y + 2z = 3 \\ 2x - y + 7z = 27 \end{cases}$$

Пусть дана система двух линейных уравнений с двумя неизвестными: $\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 = b_2 \end{cases}$

Составим определитель из коэффициентов при неизвестных. Этот определитель называется определителем системы: $\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}$

Составим определители каждой неизвестной. Определитель Δ_1 получается из определителя Δ путем замены первого столбца коэффициентов столбцом из свободных членов. $\Delta_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} \\ b_2 & a_{22} \end{vmatrix}$

Определитель Δ_2 получается из определителя Δ путем замены второго столбца коэффициентов столбцом из свободных членов.

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 \\ a_{21} & b_2 \end{vmatrix}$$

Пусть дана система трех линейных уравнений с тремя неизвестными:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3 \end{cases}$$

Составим определитель из коэффициентов при неизвестных. Этот определитель называется определителем системы: $\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$

Составим определители каждой неизвестной. Определитель Δ_1 получается из определителя Δ путем замены первого столбца коэффициентов столбцом из свободных членов.

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & a_{13} \\ b_2 & a_{22} & a_{23} \\ b_3 & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

Определитель Δ_2 получается из определителя Δ путем замены второго столбца коэффициентов столбцом из свободных членов.

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 & a_{13} \\ a_{21} & b_2 & a_{23} \\ a_{31} & b_3 & a_{33} \end{vmatrix}$$

Определитель Δ_3 получается из определителя Δ путем замены третьего столбца коэффициентов столбцом из свободных членов.

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & b_2 \\ a_{31} & a_{32} & b_3 \end{vmatrix}$$

Чтобы вычислить значения неизвестных, воспользуемся формулами Крамера: $x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}$; $x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}$; $x_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$

Порядок выполнения работы:

1. Запишите систему уравнений.
2. Запишите и вычислите определитель системы.
3. Вычислите определители каждой неизвестной.
4. Найдите значения неизвестных, используя формулы Крамера.

Ход работы:

Рассмотрим пример:

Решить систему уравнений:

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0; \\ 2x_1 - x_2 + 4x_3 = 5; \\ 3x_1 + x_2 - x_3 = 5 \end{cases}$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -3 \\ 2 & -1 & 4 \\ 3 & 1 & -1 \end{pmatrix};$$

$$\Delta A = \begin{vmatrix} 1 & 2 & -3 \\ 2 & -1 & 4 \\ 3 & 1 & -1 \end{vmatrix} = 10 \neq 0$$

Вычислим определители каждой переменной:

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 0 & 2 & -3 \\ 5 & -1 & 4 \\ 5 & 1 & -1 \end{vmatrix} = 0 - 15 + 40 - 15 + 10 - 0 = 20$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -3 \\ 2 & 5 & 4 \\ 3 & 5 & -1 \end{vmatrix} = -5 - 30 + 0 + 45 - 0 - 20 = -10$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 2 & -1 & 5 \\ 3 & 1 & 5 \end{vmatrix} = -5 + 0 + 30 - 0 - 20 - 5 = 0$$

$$x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{20}{10} = 2; x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-10}{10} = -1; x_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{0}{10} = 0$$

ОТВЕТ: (2;-1;0).

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объём выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов

Тема 2. 2 Системы линейных уравнений

Практическое занятие № 6

Решение систем линейных уравнений матричным методом

Цель: научиться решать системы линейных уравнений матричным методом.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 01.02, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 01.02, Зо 02.01

Материальное обеспечение:

Индивидуальные задания , учебники, конспекты лекций.

Задание:

Электрическая цепь содержит три ветви с известными значениями сопротивлений и напряжений. Необходимо найти токи в ветвях, решив систему уравнений:

$$1. \begin{cases} 3x_1 - x_2 + x_3 = 3 \\ x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0 \\ 5x_1 + x_2 - 7x_3 = -1 \end{cases} \quad 2. \begin{cases} 2x_1 + 2x_2 - x_3 = 3 \\ 3x_1 - x_2 + 5x_3 = -2 \\ 7x_1 + 8x_2 - 6x_3 = 13 \end{cases}$$

Краткие теоретические сведения:

Пусть задана система линейных уравнений:

[illegible]

Составим матричное уравнение: $AX = B$, где $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{mn} \end{pmatrix}$; $X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$;

$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_n \end{pmatrix}.$$

$$X = A^{-1} \cdot B$$

Чтобы вычислить обратную матрицу, нужно:

- а) вычислить определитель матрицы A ($\Delta A \neq 0$);
 б) найти алгебраические дополнения для каждого элемента матрицы A ;
 в) транспонировать матрицу из алгебраических дополнений;
 г) найти обратную матрицу: $A^{-1} = \frac{1}{\Delta A} \begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & \dots & A_{m1} \\ A_{12} & A_{22} & \dots & A_{m2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{1n} & A_{2n} & \dots & A_{mn} \end{pmatrix}$

Чтобы найти неизвестную матрицу X , нужно умножить обратную матрицу A^{-1} на матрицу B , состоящую из свободных членов.

Порядок выполнения работы:

1. Запишите систему линейных уравнений.
2. Составьте матричное уравнение.
3. Вычислите обратную матрицу.
4. Найдите значения неизвестных.
5. Запишите ответ.

Рассмотрим пример:

Решить систему уравнений:

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0; \\ 2x_1 - x_2 + 4x_3 = 5; \\ 3x_1 + x_2 - x_3 = 5 \end{cases}$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -3 \\ 2 & -1 & 4 \\ 3 & 1 & -1 \end{pmatrix}; X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 5 \end{pmatrix}.$$

$$\Delta A = \begin{vmatrix} 1 & 2 & -3 \\ 2 & -1 & 4 \\ 3 & 1 & -1 \end{vmatrix} = 10 \neq 0$$

$$A_{11} = (-1)^2 \begin{vmatrix} -1 & 4 \\ 1 & -1 \end{vmatrix} = 1 - 4 = -3$$

$$A_{12} = (-1)^3 \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 3 & -1 \end{vmatrix} = -(-2 - 12) = 14$$

$$A_{13} = (-1)^4 \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ 3 & 1 \end{vmatrix} = 2 + 3 = 5$$

$$A_{21} = -1; \quad A_{22} = 8; \quad A_{23} = 5; \quad A_{31} = 5; \quad A_{32} = -10; \quad A_{33} = -5.$$

$$A^{-1} = \frac{1}{10} \begin{pmatrix} -3 & -1 & 5 \\ 14 & 8 & -10 \\ 5 & 5 & -5 \end{pmatrix}$$

$$X = A^{-1} \cdot B = \frac{1}{10} \begin{pmatrix} -3 & -1 & 5 \\ 14 & 8 & -10 \\ 5 & 5 & -5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 5 \end{pmatrix} = \frac{1}{10} \begin{pmatrix} 20 \\ -10 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Ответ: (2; -1; 0).

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в

ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объём выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 2. 2 Системы линейных уравнений

Практическое занятие № 7

Решение систем линейных уравнений методом Гаусса

Цель: научиться решать системы линейных уравнений методом последовательного исключения переменных (методом Гаусса).

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 01.02, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 01.02, Зо 02.01

Материальное обеспечение:

Индивидуальные задания, учебники, конспекты лекций.

Задание:

Электрическая цепь содержит три ветви с известными значениями сопротивлений и напряжений. Необходимо найти токи в ветвях, решив систему уравнений:

$$1. \begin{cases} 3x_1 - 2x_2 - 5x_3 + x_4 = 3 \\ 2x_1 - 3x_2 + x_3 + 5x_4 = -3 \\ x_1 + 2x_2 - 4x_4 = -3 \\ x_1 - x_2 - 4x_3 + 9x_4 = 22 \end{cases} \quad 2. \begin{cases} x_1 + x_2 - 3x_3 + 2x_4 = 6 \\ x_1 - 2x_2 - x_4 = -6 \\ x_2 + x_3 + 3x_4 = 16 \\ 2x_1 - 3x_2 + 2x_3 = 6 \end{cases}$$

Краткие теоретические сведения:

Метод Гаусса является одним из наиболее универсальных методов решения систем линейных уравнений. Он состоит в последовательном исключении неизвестных.

Процесс решения по методу Гаусса состоит из двух этапов. На первом этапе (прямой ход) система приводится к ступенчатому виду. На втором этапе (обратный ход) идет последовательное определение неизвестных из этой ступенчатой системы.

На практике удобнее работать не с системой уравнений, а с расширенной матрицей, выполняя все элементарные преобразования над ее строками.

Элементарными преобразованиями матрицы являются:

- перестановка строк местами;
- умножение некоторой строки на любое, не равное нулю число;
- прибавление к элементам одной строки соответствующих элементов другой строки, умноженных на одно и то же число

Порядок выполнения работы:

1. Запишите систему линейных уравнений.
2. Составьте расширенную матрицу.
3. Выполните элементарные преобразования строк матрицы, исключая последовательно переменные. В результате должна получиться ступенчатая матрица.
4. По ступенчатой матрице составьте систему.
5. Последовательно найдите значения всех неизвестных.
6. Запишите ответ.

Рассмотрим пример:

Решить систему уравнений:

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0; \\ 2x_1 - x_2 + 4x_3 = 5; \\ 3x_1 + x_2 - x_3 = 5 \end{cases}$$

Составим расширенную матрицу из коэффициентов при неизвестных и свободных членов:

$$(A|B) = \left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & -3 & 0 \\ 2 & -1 & 4 & 5 \\ 3 & 1 & -1 & 5 \end{array} \right)$$

Выполним элементарные преобразования над строками матрицы:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & -3 & 0 \\ 2 & -1 & 4 & 5 \\ 3 & 1 & -1 & 5 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} 1 & 2 & -3 & 0 \\ 0 & -5 & 10 & 5 \\ 0 & -5 & 8 & 5 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} 1 & 2 & -3 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & -1 \\ 0 & -5 & 8 & 5 \end{pmatrix} \sim \\ \sim \begin{pmatrix} 1 & 2 & -3 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & -2 & 0 \end{pmatrix}$$

Полученной матрице соответствует система уравнений:

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0 \\ x_2 - 2x_3 = -1 \\ -2x_3 = 0 \end{cases};$$

Начиная снизу вверх, находим значения неизвестных:

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0 \\ x_2 - 2x_3 = -1 \\ x_3 = 0 \end{cases}; \begin{cases} x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0 \\ x_2 = -1 \\ x_3 = 0 \end{cases}; \begin{cases} x_1 + 2 \cdot (-1) = 0 \\ x_2 = -1 \\ x_3 = 0 \end{cases}; \\ \begin{cases} x_1 = 2 \\ x_2 = -1 \\ x_3 = 0 \end{cases}$$

Ответ: (2;-1;0).

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 2. 2 Системы линейных уравнений

Практическое занятие № 8

Решение систем линейных уравнений различными методами

Цель: Научиться решать системы линейных уравнений различными методами.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 01.02, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 01.02, Зо 02.01

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания, учебники, конспекты лекций.**Задание:**

Электрическая цепь содержит три ветви с известными значениями сопротивлений и напряжений. Необходимо найти токи в ветвях, решив систему уравнений:

$$1) \begin{cases} 3x_1 - x_2 + x_3 = 3 \\ x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 0 \\ 5x_1 + x_2 - 7x_3 = -1 \end{cases}$$

$$2) \begin{cases} 2x_1 - 3x_2 + 4x_3 = 11 \\ x_1 + 2x_2 - 3x_3 = 9 \\ -3x_1 - 4x_2 + x_3 = -25 \end{cases}$$

Краткие теоретические сведения:

Пусть дана система трех линейных уравнений с тремя неизвестными:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 = b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 = b_3 \end{cases}$$

Чтобы решить систему методом Крамера, составим определитель из коэффициентов при неизвестных.

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

Этот определитель называется определителем системы:

Составим определители каждой неизвестной. Определитель Δ_1 получается из определителя Δ путем замены первого столбца коэффициентов столбцом из свободных членов.

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} b_1 & a_{12} & a_{13} \\ b_2 & a_{22} & a_{23} \\ b_3 & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

Определитель Δ_2 получается из определителя Δ путем замены второго столбца коэффициентов столбцом из свободных членов.

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & b_1 & a_{13} \\ a_{21} & b_2 & a_{23} \\ a_{31} & b_3 & a_{33} \end{vmatrix}$$

Определитель Δ_3 получается из определителя Δ путем замены третьего столбца коэффициентов столбцом из свободных членов.

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & b_2 \\ a_{31} & a_{32} & b_3 \end{vmatrix}$$

Чтобы вычислить значения неизвестных, воспользуемся формулами Крамера:

$$x_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta};$$

$$x_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad x_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$$

Для решения системы методом Гаусса используйте алгоритм:

- 1) Запишите систему линейных уравнений.
- 2) Составьте расширенную матрицу.
- 3) Выполните элементарные преобразования строк матрицы, исключая последовательно переменные. В результате должна получиться ступенчатая матрица.
- 4) По ступенчатой матрице составьте систему.
- 5) Последовательно найдите значения всех неизвестных.
- 6) Запишите ответ.

Для решения системы матричным методом:

1. Запишите систему линейных уравнений.
2. Составьте матричное уравнение.
3. Вычислите обратную матрицу.

Чтобы вычислить обратную матрицу, нужно:

- а) вычислить определитель матрицы A ($\Delta A \neq 0$);
- б) найти алгебраические дополнения для каждого элемента матрицы A ;
- в) транспонировать матрицу из алгебраических дополнений;

$$A^{-1} = \frac{1}{\Delta A} \begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & \dots & A_{m1} \\ A_{12} & A_{22} & \dots & A_{m2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{1n} & A_{2n} & \dots & A_{mn} \end{pmatrix}$$

- г) найти обратную матрицу:

Чтобы найти неизвестную матрицу X , нужно умножить обратную матрицу A^{-1} на матрицу B , состоящую из свободных членов.

4. Найдите значения неизвестных.
5. Запишите ответ.

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объём выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.1 Теория пределов

Практическая работа № 9 Вычисление пределов функций

Цель: Научиться вычислять пределы функций.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение: индивидуальные задания, конспекты лекций.

Задание:

Вычислить пределы функций:

1. $\lim_{x \rightarrow -2} (-x^3 + 2x^2 - 4x - 1)$
2. $\lim_{x \rightarrow -2} \frac{x+2}{3x^3+24}$
3. $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{4x^2-7x-2}{5x^2-9x-2}$
4. $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2+3x}{x^2+5x^2+10}$
5. $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{3x^3+4x^2-1}{x^2+3x}$

6. $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 2x - \sin 3x}{x}$
7. $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sqrt{x+1}-1}{x}$
8. $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{2x}{2x+1} \right)^x$

Порядок выполнения работы:

1. Найдите предел функции, используя теоремы о пределах.
2. Если получилась неопределенность, определите ее вид и способ раскрытия.
3. Преобразуйте функцию и раскройте неопределенность.
4. Вычислите предел.

Найти предел функции:

1. $\lim_{x \rightarrow 2} (2x^3 - 10x^2 - 4x + 5)$

Используем теоремы о пределах:

$$\lim_{x \rightarrow 2} (2x^3 - 10x^2 - 4x + 5) = 2(\lim_{x \rightarrow 2} x)^3 - 10(\lim_{x \rightarrow 2} x)^2 - 4\lim_{x \rightarrow 2} x + 5 = 16 - 40 - 8 + 5 = -27$$

2. $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{3x^2 - 11x + 6}{2x^2 - 5x - 3}$

Функция представляет собой отношение двух многочленов, обращающихся в нуль в точке $x = 3$. Поэтому сначала преобразуем данную функцию. Любой квадратный трехчлен можно разложить на множители с помощью формулы $ax^2 + bx + c = a(x - x_1)(x - x_2)$, где x_1 и x_2 корни квадратного трехчлена. Корнями квадратного трехчлена $3x^2 - 11x + 6$ являются числа $\frac{2}{3}$ и 3; значит

$$3x^2 - 11x + 6 = 3\left(x - \frac{2}{3}\right)(x - 3)$$

А корни квадратного трехчлена $2x^2 - 5x - 3$ равны $\frac{1}{2}$ и 3, следовательно

$$2x^2 - 5x - 3 = 2\left(x + \frac{1}{2}\right)(x - 3)$$

Возвращаясь к пределу, имеем: $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{3x^2 - 11x + 6}{2x^2 - 5x - 3}$

$$\lim_{x \rightarrow 3} \frac{3x^2 - 11x + 6}{2x^2 - 5x - 3} = \lim_{x \rightarrow 3} \frac{3\left(x - \frac{2}{3}\right)(x - 3)}{2\left(x + \frac{1}{2}\right)(x - 3)} = \lim_{x \rightarrow 3} \frac{3x - 2}{2x + 1} = \frac{9 - 2}{6 + 1} = \frac{7}{7} = 1.$$

3. $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{11x^3 - 5x^2 - 6x + 10}{6x^4 - 8x^2 + 2}$

Так как многочлены в числителе и знаменателе стремятся к ∞ , то получаем неопределенность вида $\left[\frac{\infty}{\infty}\right]$. Для ее раскрытия разделим каждое слагаемое числителя и знаменателя на x^4 . Тогда получим:

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{11x^3 - 5x^2 - 6x + 10}{6x^4 - 8x^2 + 2} &= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\frac{11x^3}{x^4} - \frac{5x^2}{x^4} - \frac{6x}{x^4} + \frac{10}{x^4}}{\frac{6x^4}{x^4} - \frac{8x^2}{x^4} + \frac{2}{x^4}} \\ &= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\frac{11}{x} - \frac{5}{x^2} - \frac{6}{x^3} + \frac{10}{x^4}}{6 - \frac{8}{x^2} + \frac{2}{x^4}} = \frac{0}{6} = 0 \end{aligned}$$

4. $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin \frac{x}{2}}{x}$

Чтобы вычислить предел функции, нужно воспользоваться формулой первого замечательного предела: $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$. Умножим числитель и знаменатель дроби на $\frac{1}{2}$.

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin \frac{x}{2}}{\frac{x}{2}} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\frac{1}{2} \sin \frac{x}{2}}{\frac{1}{2} x} = \frac{1}{2} \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin \frac{x}{2}}{\frac{x}{2}} = \frac{1}{2}$$

4. $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{3}{x}\right)^{5x}$

Преобразуем функцию так, чтобы можно было применить второй замечательный предел, формулу $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e$

Введем новую переменную: $x = -3y, x \rightarrow \infty; y \rightarrow \infty$.

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{3}{x}\right)^{5x} = \lim_{y \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{3}{-3y}\right)^{-15y} = \lim_{y \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{y}\right)^{-15y} = e^{-15}$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.1 Теория пределов

Практическая работа № 10

Исследование функций на непрерывность и точки разрыва

Цель: Научиться находить точки разрыва функций, определять их род, находить асимптоты графиков функций.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение: индивидуальные задания, конспекты лекций, таблица производных.

Задание:

Исследовать функцию, описывающую напряжение в цепи на непрерывность и наличие точек разрыва. Найдите асимптоты:

$$1) \quad U(x) = \frac{x^2 - 4}{x - 2}.$$

$$2) \quad I(x) = \frac{1}{x^2 - 4}$$

Краткие теоретические сведения:

Асимптотой графика функции $y = f(x)$ называется прямая, обладающая тем свойством, что расстояние от точки $(x; f(x))$ до этой прямой стремится к нулю при неограниченном удалении точки графика от начала координат.

Прямая $x = a$ называется вертикальной асимптотой графика функции $y = f(x)$, если хотя бы одно из предельных значений $\lim_{x \rightarrow a-0} f(x)$ или $\lim_{x \rightarrow a+0} f(x)$ равно $-\infty$ или $+\infty$.

Замечание. Прямая $x = a$ не может быть вертикальной асимптотой, если функция непрерывна в точке $x = a$. Поэтому вертикальные асимптоты следует искать в точках разрыва функции.

Прямая $y = b$ называется горизонтальной асимптотой графика функции $y = f(x)$, если хотя бы одно из предельных значений $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$ или $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x)$ равно b .

Замечание. График функции может иметь только правую горизонтальную асимптоту или только левую.

Прямая $y = kx + b$ называется наклонной асимптотой графика функции $y = f(x)$, если $\lim_{x \rightarrow \infty} |f(x) - kx - b| = 0$

Если для функции $y = f(x)$ существуют пределы $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{x} = k$ и $\lim_{x \rightarrow \infty} (f(x) - kx) = b$, то функция имеет наклонную асимптоту $y = kx + b$ при $x \rightarrow \infty$.

Исследовать функцию на непрерывность. Найти асимптоты функции.

$$y = \frac{x^2}{2x-2}$$

Область определения функции $D(f) = (-\infty; 1) \cup (1; +\infty)$

Точка $x = 1$ является точкой разрыва 2 рода, т.к.

$$\lim_{x \rightarrow 1-0} \frac{x^2}{2x-2} = \left[\frac{1}{0} \right] = -\infty \quad \lim_{x \rightarrow 1+0} \frac{x^2}{2x-2} = \left[\frac{1}{0} \right] = +\infty$$

Прямая $x = 1$ – вертикальная асимптота функции. Уравнение наклонной асимптоты имеет вид $y = kx + b$.

$$k = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{(2x-2)x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{2x^2 - 2x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{2 - \frac{2}{x}} = \frac{1}{2}$$

$$\begin{aligned} b &= \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{x^2}{2x-2} - \frac{1}{2}x \right) \\ &= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2 - x(x-1)}{2(x-1)} \\ &= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2 - x^2 + x}{2(x-1)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x}{2(x-1)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{2 - \frac{2}{x}} = \frac{1}{2} \end{aligned}$$

Конечный вид прямой следующий

$$y = \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.2 Производная функции и ее применение

Практическое занятие № 11 Дифференцирование сложных функций

Цель: Научиться находить производные сложных функций.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания, таблица производных, конспекты лекций.

Задание:

Найти производные функций:

- 1) $y = (5x^3 - 2x)^6$
- 2) $f(x) = 3 \sin(2x - \frac{\pi}{4})$
- 3) $f(x) = \arcsin 4x + \arccos^2 x$
- 4) $f(x) = \log_5(7x^4 - 5x^3 + 1)$

Порядок выполнения работы:

1. Определить вид функции. Ввести промежуточный аргумент.
 2. Определить, какими правилами дифференцирования нужно воспользоваться.
- Применить соответствующее правило.
3. Используя таблицу производных, найти производные функций.
 4. Раскрыть скобки и привести подобные, если это упростит запись функции.

Найти производные функций:

$$1. g(x) = (1 - 4x^2)^{10}$$

Функция является сложной степенной. Введем промежуточный аргумент $u = 1 - 4x^2$.
 Для дифференцирования нужно воспользоваться формулой $(u^n)' = nu^{n-1} \cdot u'$

$$y' = 10(1 - 4x^2)^9 \cdot (1 - 4x^2)' = 10(1 - 4x^2)^9(-8x)$$

$$= -80x(1 - 4x^2)^9$$

$$2. f(x) = \sin \frac{1}{2}x \cdot \cos 2x$$

Функция представляет собой произведение двух сложных тригонометрических функций.
 Поэтому сначала воспользуемся правилом дифференцирования $(U \cdot V)' = U'V + UV'$

$$f'(x) = (\sin \frac{1}{2}x \cdot \cos 2x)' = (\sin \frac{1}{2}x)' \cos 2x + \sin \frac{1}{2}x (\cos 2x)'$$

Введем промежуточный аргумент : для первой функции $u = \frac{1}{2}x$, для второй функции $u = 2x$.

При дифференцировании используем следующие формулы:
 $(\sin u)' = \cos u \cdot u'$, $(\cos u)' = -\sin u \cdot u'$.

$$f'(x) = (\sin \frac{1}{2}x \cdot \cos 2x)' = (\sin \frac{1}{2}x)' \cos 2x + \sin \frac{1}{2}x (\cos 2x)'$$

$$= \cos \frac{1}{2}x \cdot (\frac{1}{2})' \cdot \cos 2x + \sin \frac{1}{2}x \cdot (-\sin 2x) \cdot (2x)'$$

$$= \frac{1}{2} \cos \frac{1}{2}x \cdot \cos 2x - 2 \sin \frac{1}{2}x \cdot \sin 2x.$$

$$3. y = \frac{2^{3x+5x^2}}{\log_2(3+10x)}$$

Функция представляет собой частное двух сложных функций. Поэтому сначала воспользуемся правилом дифференцирования $(\frac{u}{v})' = \frac{u'v - uv'}{v^2}$

$$y' = \frac{(2^{3x+5x^2})' \cdot \log_2(3+10x) - 2^{3x+5x^2} \cdot (\log_2(3+10x))'}{(\log_2(3+10x))^2}$$

Введем промежуточный аргумент : для первой функции $u = 3x + 5x^2$, для второй функции $u = 3 + 10x$.

При дифференцировании используем следующие формулы:

$$(a^u)' = a^u \ln a \cdot u', (\log_a u)' = \frac{1}{u \ln a} \cdot u'.$$

$$y' = \frac{(2^{3x+5x^2})' \cdot \log_2(3+10x) - 2^{3x+5x^2} \cdot (\log_2(3+10x))'}{(\log_2(3+10x))^2} =$$

$$\frac{2^{3x+5x^2} \ln 2 (3x+5x^2)' \log_2(3+10x) - 2^{3x+5x^2} \cdot \frac{1}{(3+10x) \ln 2} (3+10x)'}{(\log_2(3+10x))^2} =$$

$$\frac{2^{3x+5x^2} \ln 2 (3+10x) \log_2(3+10x) - 2^{3x+5x^2} \cdot \frac{10}{(3+10x) \ln 2}}{(\log_2(3+10x))^2} /$$

$$4. f(x) = \arcsin \frac{3}{5}x + \arccos 5x$$

Функция представляет собой сумму двух сложных обратных тригонометрических функций. Поэтому сначала воспользуемся правилом дифференцирования $(U + V)' = U' + V'$.

$$f'(x) = \left(\arcsin \frac{3}{5}x \right)' + (\arccos 5x)'$$

Введем промежуточный аргумент : для первой функции $u = \frac{3}{5}x$, для второй функции $u = 5x$.

При дифференцировании используем следующие формулы:

$$(\arcsin u)' = \frac{u'}{\sqrt{1-u^2}}; (\arccos u)' = -\frac{u'}{\sqrt{1-u^2}}$$

$$f'(x) = \left(\arcsin \frac{3}{5}x \right)' + (\arccos 5x)' = \frac{1}{\sqrt{1-(\frac{3}{5}x)^2}} \left(\frac{3}{5}x \right)' - \frac{1}{\sqrt{1-(5x)^2}} (5x)' = \frac{3}{5 \sqrt{1-\frac{9}{25}x^2}} - \frac{5}{\sqrt{1-25x^2}}$$

$$5. f(x) = \arccos \sqrt{1 - e^{2x}}$$

Функция является сложной обратной тригонометрической. Введем промежуточный аргумент $u = \sqrt{1 - e^{2x}}$. Для дифференцирования нужно воспользоваться формулой

$$(\arccos u)' = -\frac{u'}{\sqrt{1-u^2}}.$$

$$f'(x) = \left(\arccos \sqrt{1 - e^{2x}} \right)' = -\frac{1}{\sqrt{1-(1-e^{2x})}} \cdot (\sqrt{1 - e^{2x}})'$$

Промежуточный аргумент является также сложной функцией. Введем и для него новый промежуточный аргумент

$$u = 1 - e^{2x}$$

Для дифференцирования нужно воспользоваться формулой

$$(\sqrt{u})' = \frac{u'}{2\sqrt{u}}$$

$$f'(x) = \left(\arccos \sqrt{1 - e^{2x}} \right)' = -\frac{1}{\sqrt{1-(1-e^{2x})}} \cdot (\sqrt{1 - e^{2x}})'$$

$$= -\frac{1}{\sqrt{1-1+e^{2x}}} \cdot \frac{1}{2\sqrt{1-e^{2x}}} \cdot (1 - e^{2x})'$$

$$= -\frac{1}{e^x} \frac{1}{2\sqrt{1-e^{2x}}} (-2e^x)$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объём выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.2 Производная функции и ее применение

Практическая работа № 12

Исследование функций на монотонность, экстремумы, выпуклость - вогнутость, перегиб

Цель: Научиться исследовать функции с помощью производной на монотонность, экстремумы, выпуклость - вогнутость, перегиб

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания, таблица производных, конспекты лекций.

Задание:

1) Исследовать функцию, описывающую ток в цепи на точки экстремума и промежутки монотонности:

$$I(x) = 4x^3 - 3x^2 - 6x + 12.$$

2) Исследовать функцию, описывающую ток в цепи на выпуклость и вогнутость, найти точки перегиба: $I(x) = \frac{x^3}{6} - x^2 + 3x + 1.$

Краткие теоретические сведения:

Алгоритм исследования функции на монотонность и экстремумы:

- 1) Найти производную функции.
- 2) Найти критические точки.
- 3) Отметить критические точки на числовой прямой и определить знак производной на каждом интервале.
- 4) Записать интервалы, на которых функция возрастает $f'(x) > 0$ и убывает $f'(x) < 0$.
- 5) Выписать точки экстремума и вычислить значения функции в них.

Алгоритм исследования функции на выпуклость и точки перегиба:

- 1) Найти вторую производную.
- 2) Найти точки, в которых вторая производная равна нулю или не существует.
- 3) Отметить эти точки на числовой прямой и определить знак второй производной на каждом интервале.
- 4) Если $f''(x) > 0$, то график выпуклый вниз. Если $f''(x) < 0$, то график выпуклый вверх.
- 5) Вычислить значения функции в точках перегиба.

Порядок выполнения работы:

1. Запишите функцию.
2. Используя алгоритмы, исследовать функции.

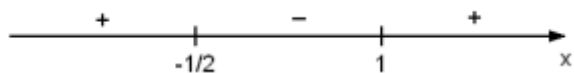
1) Для функции $y = 4x^3 - 3x^2 - 6x + 12$ $D(y) = R$.

Значит, для отыскания точек экстремума нужно найти точки, в которых производная равна нулю или не существует.

$$y' = 12x^2 - 6x - 6 = 6(2x^2 - x - 1).$$

Если $y' = 0$, то $2x^2 - x - 1 = 0$. Тогда $x = -\frac{1}{2}$ и $x = 1$. Эти точки разбивают числовую прямую на три промежутка.

Найдем знак производной $y' = 6(2x^2 - x - 1)$ на каждом из получившихся промежутков.



Точки $x = -\frac{1}{2}$ и $x = 1$ являются экстремальными, так как при переходе через эти точки производная меняет знак.

$x = -\frac{1}{2}$ – точка максимума, так как производная меняет знак с «+» на «-», а точка $x = 1$ – точка минимума.

Функция возрастает на интервалах $\left(-\infty; -\frac{1}{2}\right] \cup [1; +\infty)$ и убывает на $\left[-\frac{1}{2}; 1\right]$.

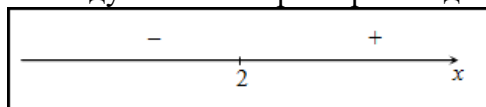
2) Найдем вторую производную заданной функции:

$$y'' = \left(\frac{x^3}{6} - x^2 + 3x + 1\right)'' = \left(\frac{x^2}{2} - 2x + 3\right)' = x - 2$$

Находим точки, в которых вторая производная равна нулю, для этого решаем уравнение $y''(x) = 0$:

$$y''(x) = x - 2 = 0 \Rightarrow x = 2$$

Исследуем знак второй производной слева и справа от полученной точки:



Так как на промежутке $(-\infty; 2)$ вторая производная $y''(x) < 0$, то на этом промежутке функция $y(x)$ выпукла; в силу того, что на промежутке $(2; +\infty)$ вторая производная $y''(x) > 0$ – функция вогнута. Так как при переходе через точку $x = 2$ вторая производная сменила знак, то эта точка является точкой перегиба графика функции.

Ответ. Точка $x = 2$ – точка перегиба графика функции.

На промежутке $(-\infty; 2)$ функция выпукла, на промежутке $(2; +\infty)$ функция вогнута.

Форма представления результата: выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.2 Производная функции и ее применение

Практическая работа № 13

Исследование функций и построение графиков

Цель: Научиться исследовать функции и строить графики функций.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение:

Индивидуальные задания, таблица производных, конспекты лекций, учебники.

Задание:

Исследовать функцию, описывающую ток в цепи по общей схеме и построить ее график:

1. $f(x) = 5x^3 - 3x^5$.

2. $f(x) = \frac{x}{x^2 - 4}$.

Краткие теоретические сведения:

Общая схема исследования функций.

1. Найти область определения функции $D(y)$.
2. Найти (если это не вызывает затруднений) точки пересечения графика с осями координат (при $x = 0$ и при $y = 0$).
3. Исследовать функцию на периодичность, четность и нечетность.
4. Найти интервалы монотонности, точки экстремумов и значения функции в этих точках.
5. Найти интервалы выпуклости (вогнутости) и точки перегиба графика функции.
6. Найти асимптоты графика функции.
7. Найти дополнительные точки и построить график по результатам исследования.

Асимптоты

Асимптотой графика функции $y = f(x)$ называется прямая, обладающая тем свойством, что расстояние от точки $(x; f(x))$ до этой прямой стремится к нулю при неограниченном удалении точки графика от начала координат.

Прямая $x = a$ называется вертикальной асимптотой графика функции $y = f(x)$, если хотя бы одно из предельных значений $\lim_{x \rightarrow a-0} f(x)$ или $\lim_{x \rightarrow a+0} f(x)$ равно $-\infty$ или $+\infty$.

Замечание. Прямая $x = a$ не может быть вертикальной асимптотой, если функция непрерывна в точке $x = a$. Поэтому вертикальные асимптоты следует искать в точках разрыва функции.

Прямая $y = b$ называется горизонтальной асимптотой графика функции $y = f(x)$, если хотя бы одно из предельных значений $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$ или $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x)$ равно b .

Замечание. График функции может иметь только правую горизонтальную асимптоту или только левую.

Прямая $y = kx + b$ называется наклонной асимптотой графика функции $y = f(x)$, если $\lim_{x \rightarrow \infty} |f(x) - kx - b| = 0$

Если для функции $y = f(x)$ существуют пределы $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{x} = k$ и $\lim_{x \rightarrow \infty} (f(x) - kx) = b$, то функция имеет наклонную асимптоту $y = kx + b$ при $x \rightarrow \infty$.

Порядок выполнения работы:

1. Провести анализ заданной функции по общей схеме.
2. Построить график функции.

Исследовать функцию и построить ее график.

$y = \frac{x^2}{2x - 2}$.

1. Область определения функции $D(f) = (-\infty; 1) \cup (1; +\infty)$
2. При подстановке значения $x = 0$ получим $y(0) = 0$.

Такую же точку получим, если приравняем функцию к нулю. Точка $x = 0$ - единственная точка пересечения с осями координат.

3. Проверяем функцию на четность

$$y(-x) = \frac{(-x)^2}{-2x-2} = -\frac{x^2}{2x+2}.$$

$$y(-x) \neq y(x); y(-x) \neq -y(x).$$

Итак, функция ни четная, ни нечетная, непериодическая.

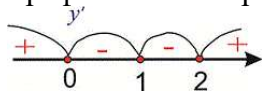
4. Для отыскания интервалов монотонности вычисляем первую производную функции

$$y' = \frac{2x(2x-2) - x^2 \cdot 2}{(2x-2)^2} = \frac{4x^2 - 4x - 2x^2}{(2x-2)^2} = \frac{2x^2 - 4x}{(2x-2)^2}$$

Приравняв ее к нулю, получим критические точки $x = 0; x = 2$. Они разбивают область определения на следующие интервалы монотонности $(-\infty; 0) \cup (0; 1) \cup (1; 2) \cup (2; +\infty)$

Исследуем поведение производной слева и справа от найденных точек разбиения.

Графически интервалы монотонности будут иметь вид



Исследуемая функция возрастает на интервалах $(-\infty; 0) \cup (2; +\infty)$ и убывает $(0; 1) \cup (1; 2)$.

5. Точка $x = 0$ - точка локального максимума, $x = 2$ - локального минимума. Найдем значение функции $y_{\max} = 0; y_{\min} = 2$.

6.. Для отыскания интервалов выпуклости найдем вторую производную

$$y'' = \frac{(4x-4)(2x-2)^2 - (2x^2-4x) \cdot 2(2x-2) \cdot 2}{(2x-2)^4} = \frac{8}{(2x-2)^3} \\ = \frac{8}{8(x-1)^3} = \frac{1}{(x-1)^3}$$

Таких интервалов нет, поскольку вторая производная не принимает нулевых значений в области определения.

7. Прямая $x = 1$ - вертикальная асимптота функции. Уравнение наклонной асимптоты имеет вид $y = kx + b$.

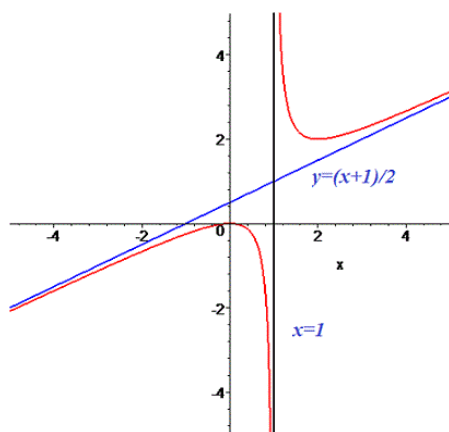
$$k = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{(2x-2)x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{2x^2 - 2x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{2 - \frac{2}{x}} = \frac{1}{2}$$

$$b = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{x^2}{2x-2} - \frac{1}{2}x \right) \\ = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2 - x(x-1)}{2(x-1)} \\ = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2 - x^2 + x}{2(x-1)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x}{2(x-1)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{2 - \frac{2}{x}} = \frac{1}{2}$$

Конечный вид прямой следующий

$$y = \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}.$$

8. На основе проведенного анализа выполняем построение графика функции. Для этого сначала строим вертикальные и наклонные асимптоты, затем находим значение функции в нескольких точках и по ним проводим построение.



Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.3 Интеграл и его приложения Практическая работа 14 Вычисление неопределенных интегралов

Цель: Научиться находить неопределённые интегралы различными методами

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания, таблица интегралов и конспекты лекций.

Задание

На зажимах цепи действует одиночный импульс напряжения. Требуется с помощью интеграла Дюамеля определить переходный ток в одной из ветвей заданной цепи, возникающий при действии импульса напряжения и рассчитанного переходного тока.

Вычислите неопределенные интегралы:

1. $\int (2x^2 - \sqrt{x}) dx;$
2. $\int \frac{\cos^3 x - 1}{\cos^2 x} dx;$
3. $\int e^{5x-1} dx;$
4. $\int \cos \frac{x}{3} dx;$
5. $\int \frac{3x}{\sqrt{x^2+3}} dx;$
6. $\int x \cdot \cos x dx.$

Краткие теоретические сведения: Функция $F(x)$ называется *первообразной функцией* для заданной функции $y = f(x)$ на отрезке $a \leq x \leq b$, если в каждой точке этого отрезка ее производная равна $f(x)$, т.е. $F'(x) = f(x)$.

Каждая непрерывная функция имеет бесконечное множество первообразных функций, отличающихся друг от друга на постоянную величину.

Общее выражение $F(x) + C$ для всех первообразных функций от данной функции $f(x)$ называется неопределенным интегралом от этой функции и обозначается:

$$\int f(x) dx,$$

где $f(x)$ называется подынтегральной функцией, $f(x)dx$ – подынтегральным выражением.

При вычислении неопределенных интегралов необходимо использовать как стандартную таблицу, так и различные приемы упрощения подынтегральных выражений, позволяющих свести задачу к табличным интегралам привести к такому виду, который позволит воспользоваться справочными таблицами.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно изучите подынтегральную функцию
2. Используя конспекты лекций, определите способ интегрирования.

1. Вычислить $\int (5\sqrt{x} - 4x) dx$.

В данном случае – приводим к табличному виду

$$\left(\int x^n dx = \frac{1}{n+1} x^{n+1} + C \right):$$

$$\begin{aligned} \int (5\sqrt{x} - 4x) dx &= 5 \int x^{1/2} dx - 4 \int x dx = \\ &= 5 \frac{x^{0,5+1}}{0,5+1} - 4 \frac{x^2}{2} + C = \frac{10}{3} x^{1,5} - 2x^2 + C. \end{aligned}$$

2. Вычислить $\int \frac{\sin^3 x + 1}{\sin^2 x} dx$.

Здесь для приведения к табличному виду

$$\left(\int \sin x dx = -\cos x + C; \int \frac{1}{\sin^2 x} dx = -\operatorname{ctg} x + C \right)$$

преобразуем подынтегральное выражение к сумме двух слагаемых:

$$\int \frac{\sin^3 x + 1}{\sin^2 x} dx = \int \left(\sin x + \frac{1}{\sin^2 x} \right) dx = -\cos x - \operatorname{ctg} x + C.$$

Во многих случаях для приведения к табличному виду можно использовать замену переменной (подстановку).

3. Вычислить интеграл $\int 4^{2x-1} dx$.

Здесь для применения табличной формулы $\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + C$ необходимо преобразовать

показатель степени $2x - 1$. Введем подстановку: $u = 2x - 1$, откуда $du = 2dx$ и $dx = \frac{1}{2} du$. Тогда:

$$\begin{aligned} \int 4^{2x-1} dx &= \left\langle \begin{array}{l} u = 2x - 1 \\ du = 2dx \\ dx = 0,5du \end{array} \right\rangle = \int 4^u \cdot 0,5 du = 0,5 \int 4^u du = 0,5 \frac{4^u}{\ln 4} = \\ &= 0,5 \frac{4^{2x-1}}{\ln 4} + C. \end{aligned}$$

4. Вычислить интеграл $\int \sin 5x dx$.

$$\int \sin 5x dx = \left\langle \begin{array}{l} u = 5x \\ du = 5dx \\ dx = \frac{1}{5} du \end{array} \right\rangle = \frac{1}{5} \int \sin u du = -\frac{1}{5} \cos u = -\frac{1}{5} \cos 5x + C$$

5. Вычислить интеграл $\int \frac{x dx}{x^2 - 8}$.

$$\int \frac{x dx}{x^2 - 8} = \left\langle \begin{array}{l} u = x^2 - 8 \\ du = 2x dx \\ x dx = \frac{1}{2} du \end{array} \right\rangle = \int \frac{\frac{1}{2} du}{u} = \frac{1}{2} \int \frac{du}{u} = \frac{1}{2} \ln u = \frac{1}{2} \ln(x^2 - 8) + C$$

(Интеграл $\int \frac{du}{u} = \ln u + C$ – табличный.)

6. Вычислить интеграл $\int \frac{x dx}{\sqrt{5 - x^2}}$.

$$\int \frac{x dx}{\sqrt{5 - x^2}} = \left\langle \begin{array}{l} u = 5 - x^2 \\ du = -2x dx \\ x dx = -\frac{1}{2} du \end{array} \right\rangle = -\frac{1}{2} \int \frac{du}{\sqrt{u}} = -\frac{1}{3} \int u^{-1/2} du =$$

$$= -u^{1/2} = \sqrt{5 - x^2} + C.$$

7. Вычислить интеграл $\int \frac{dx}{(8 - 3x)^2}$.

$$\int \frac{dx}{(8 - 3x)^2} = \left\langle \begin{array}{l} u = 8 - 3x \\ du = -3dx \\ dx = -\frac{1}{3} du \end{array} \right\rangle = -\frac{1}{3} \int \frac{du}{u^2} = -\frac{1}{3} \int u^{-2} du =$$

$$= \frac{1}{3u} = \frac{1}{3(8 - 3x)} + C.$$

8. Вычислить интеграл $\int \frac{\ln^2 x}{x} dx$.

Так как $(\ln x)' = \frac{1}{x}$, то

$$\int \frac{\ln^2 x}{x} dx = \left\langle \begin{array}{l} u = \ln x \\ du = \frac{1}{x} dx \end{array} \right\rangle = \int u^2 du = \frac{u^3}{3} = \frac{\ln^3 x}{3} + C.$$

9. Вычислить интеграл $\int \frac{dx}{8x^2 + 3}$.

Приведем интеграл к табличной формуле

$$\int \frac{du}{u^2 + a^2} = \frac{1}{a} \operatorname{arctg} \frac{u}{a} + C.$$

$$\int \frac{dx}{8x^2 + 3} = \frac{1}{8} \int \frac{dx}{x^2 + \frac{3}{8}} = \frac{1}{8} \int \frac{dx}{x^2 + \left(\sqrt{\frac{3}{8}}\right)^2} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\frac{3}{8}}} \operatorname{arctg} \frac{x}{\sqrt{\frac{3}{8}}} + C = 1,63 \operatorname{arctg} 1,63x + C.$$

10. Вычислить интеграл $\int x \cos x dx$.

Интегралы такого типа вычисляются с помощью формулы интегрирования по частям $\int u dv = uv - \int v du$.

$$\int x \cos x dx = \left\langle \begin{array}{l} u = x \\ dv = \cos x dx \end{array} \right\rangle \rightarrow \left\langle \begin{array}{l} du = dx \\ v = \sin x \end{array} \right\rangle = x \sin x - \int \sin x dx = x \sin x + \cos x + C.$$

11. Вычислить интеграл $\int x^2 \ln x dx$.

$$\int x^2 \ln x dx = \left\langle \begin{array}{l} u = \ln x \\ dv = x^2 dx \end{array} \right\rangle \rightarrow \left\langle \begin{array}{l} du = \frac{1}{x} dx \\ v = \frac{x^3}{3} \end{array} \right\rangle = \frac{x^3}{3} \ln x - \int \frac{x^3}{3} \cdot \frac{1}{x} dx = \frac{x^3 \ln x}{3} - \frac{x^3}{9} + C.$$

Форма представления результата: выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объём выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.3 Интеграл и его приложения

Практическое занятие № 15 Вычисление определённых интегралов

Цель: Повторить определение определённого интеграла, его свойства, методы нахождения определённого интеграла.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания, конспекты лекций.

Задание:

1. Вычислить интегралы:

$$1) \int_2^4 (x^3 - 3x) dx$$

$$2) \int_0^1 (2x + e^x) dx$$

$$3) \int_{-1}^7 \frac{dx}{\sqrt{2x+1}}$$

Порядок выполнения работы:

1. Найти первообразную подынтегральной функции.
2. Воспользоваться формулой Ньютона-Лейбница.
3. В случае непосредственного интегрирования найти приращение первообразной.
4. В случае введения новой переменной величины найти значения верхнего и нижнего пределов интегрирования и после этого найти интеграл.

$$1. \text{ Вычислить интеграл } \int_2^4 (x^2 + 3x) dx.$$

$$\text{Первообразная: } \int (x^2 + 3x) dx = \frac{x^3}{3} + \frac{3}{2} x^2.$$

Отметим, что произвольную константу C можно здесь не записывать, так как она в следующей операции уничтожается.

По формуле Ньютона-Лейбница:

$$\left(\frac{x^3}{3} + \frac{3x^2}{2} \right) \Big|_2^4 = \left(\frac{4^3}{3} + \frac{3}{2} 4^2 \right) - \left(\frac{2^3}{3} + \frac{3}{2} 2^2 \right) = \frac{110}{3} \approx 36,67.$$

Вычисление значения интеграла обычно принято записывать цепочкой, без выделения первообразной и формулы Ньютона-Лейбница.

$$2. \text{ Вычислить интеграл } \int_0^1 (x + e^x) dx.$$

$$\begin{aligned} \int_0^1 (x + e^x) dx &= \left(\frac{x^2}{2} + e^x \right) \Big|_0^1 = \left(\frac{1^2}{2} + e^1 \right) - (0 + e^0) = \\ &= 0,5 + e - 1 = 0,5 + e \approx -0,5 + 2,718 = 2,218. \end{aligned}$$

$$3. \text{ Вычислить интеграл } \int_{-1}^7 \frac{dx}{\sqrt{3x+4}}.$$

$$\begin{aligned} \int_{-1}^7 \frac{dx}{\sqrt{3x+4}} &= \left\langle \begin{array}{l} u = 3x+4 \\ du = 3dx \\ dx = \frac{1}{3} du \end{array} \right\rangle = \left(\frac{1}{3} \int \frac{du}{\sqrt{u}} \right) \Big|_{-1}^7 = \left(\frac{2}{3} u^{1/2} \right) \Big|_{-1}^7 = \\ &= \left(\frac{2}{3} \sqrt{3x+4} \right) \Big|_{-1}^7 = \frac{2}{3} \sqrt{3 \cdot 7 + 4} - \frac{2}{3} \sqrt{3 \cdot (-1) + 4} = \frac{8}{3}. \end{aligned}$$

Для сокращения преобразований при замене переменной удобно вновь вычислять верхний и нижний пределы. Это позволяет избежать обратной замены на исходную переменную в полученной первообразной и упрощает вычисления. Так, для данного примера можно записать:

$$\int_{-1}^7 \frac{dx}{\sqrt{3x+4}} = \left\langle \begin{array}{l} u = 3x + 4 \\ du = 3dx \\ dx = \frac{1}{3} du \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} \alpha = 3 \cdot (-1) + 4 = 1 \\ \text{(нижний предел)} \\ \beta = 3 \cdot 7 + 4 = 25 \\ \text{(верхний предел)} \end{array} \right\rangle =$$

$$= \frac{1}{3} \int_{\alpha}^{\beta} \frac{du}{\sqrt{u}} = \frac{1}{3} \int_1^{25} \frac{du}{\sqrt{u}} = \frac{2}{3} u^{1/2} \Big|_1^{25} = \frac{2}{3} (\sqrt{25} - \sqrt{1}) = \frac{2}{3} (5 - 1) = \frac{8}{3}.$$

Мы получили тот же результат, без обратного перехода к радикалу $\sqrt{3x+4}$.

4. Вычислить интеграл $\int_0^3 x\sqrt{1+x} dx$.

$$\int_0^3 x\sqrt{1+x} dx = \left\langle \begin{array}{l} u = \sqrt{1+x} \\ u^2 = 1+x \\ x = u^2 - 1 \\ dx = 2udu \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} \alpha = \sqrt{1+0} = 1 \\ \beta = \sqrt{1+3} = 2 \end{array} \right\rangle = \int_1^2 (u^2 - 1)u \cdot 2udu =$$

$$= 2 \int_1^2 (u^4 - u^2) du = 2 \left(\frac{u^5}{5} - \frac{u^3}{3} \right) \Big|_1^2 = 2 \left(\frac{2^5}{5} - \frac{2^3}{3} \right) - 2 \left(\frac{1^5}{5} - \frac{1^3}{3} \right) = 7 \frac{11}{15}.$$

5. Вычислить интеграл $\int_0^{\pi/2} x \sin x dx$.

При интегрировании по частям рекомендуется сначала полностью определить первообразную, а затем применить формулу Ньютона–Лейбница.

$$\int_0^{\pi/2} x \sin x dx = \left\langle \begin{array}{l} u = x \\ dv = \sin x dx \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} du = dx \\ v = -\cos x \end{array} \right\rangle =$$

$$= (-x \cos x + \int \cos x dx) \Big|_0^{\pi/2} = (-x \cos x + \sin x) \Big|_0^{\pi/2} =$$

$$= \left(-\frac{\pi}{2} \cos \frac{\pi}{2} + \sin \frac{\pi}{2} \right) - (0 + \sin 0) = 1.$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.3 Интеграл и его приложения

Практическое занятие № 16 Интегрирование различными методами

Цель: Рассмотреть различные способы интегрирования функций.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение:

Индивидуальные задания, таблица интегралов, конспекты лекций, учебники.

Задание:

Найдите интегралы:

1) $\int 3^{4x^2} x dx$

2) $\int_2^4 \frac{3x dx}{(x^2-1)^3}$

3) $\int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{4}} \sin^3 x \cdot \cos x dx$

4) $\int (x^2 + 5x + 7) \ln x \cdot dx$

5) $\int (x^2 + 4x + 3) e^{2x} dx$

Порядок выполнения работы:

1. Записать задание и определить, каким из методов интегрирования необходимо воспользоваться.

2. Если интеграл можно найти методом непосредственного интегрирования, то, используя свойства интегралов, привести интеграл к табличным формулам. Проинтегрировать.

3. Если интеграл можно найти методом подстановки, то ввести новую переменную, найти ее дифференциал. После введения новой переменной заданный интеграл приводится к новому интегралу, который является табличным. Если интеграл определенный, то вычислить новые пределы интегрирования. Найти полученный интеграл. В случае неопределенного интеграла вернуться к старой переменной.

4. Если интеграл нельзя найти вышеуказанными способами, то применить формулу интегрирования по частям $\int U dV = UV - \int V dU$. Этот метод заключается в том, что подынтегральное выражение представляется каким-либо образом в виде произведения двух сомножителей U и dV . Затем, после нахождения dU и V , использовать формулу интегрирования по частям.

– Интегралы вида $\int P(x) e^{kx} dx$, $\int P(x) \sin kx dx$, $\int P(x) \cos kx dx$, где $P(x)$ – многочлен, k – число. Удобно положить $U = P(x)$, а все остальные множители принять за dV .

– Интегралы вида $\int P(x) \arcsin x dx$, $\int P(x) \arccos x dx$, $\int P(x) \ln x dx$, $\int P(x) \arctg x dx$

$\int P(x) \operatorname{arccctg} x dx$. Удобно положить $P(x) dx = dV$, а остальные множители принять за U .

– Интегралы вида $\int e^{ax} \sin bx dx$, $\int e^{ax} \cos bx dx$, где a и b – числа. За U можно принять функцию $U = e^{ax}$.

Найти интегралы:

1) $\int \frac{15x^2 dx}{(1-x^3)^4}$

Этот интеграл можно найти с помощью метода подстановки. Введем новую переменную.

$$\begin{aligned}
\int \frac{15x^2 dx}{(1-x^3)^4} &= \left[\begin{array}{l} 1-x^3 = t \\ d(1-x^3) = dt \\ -3x^2 dx = dt \\ x^2 dx = -\frac{dt}{3} \end{array} \right] \\
&= \int \frac{15dt}{-3t^4} \\
&= -5 \int t^{-4} dt = -5 \frac{t^{-3}}{-3} + C = \frac{5}{3t^3} + C \\
&= \frac{5}{3(1-x^3)^3} + C
\end{aligned}$$

$$2) \int_0^{0,4} \frac{5dx}{4+25x^2}$$

Этот интеграл можно найти с помощью метода подстановки. Введем новую переменную.

$$\begin{aligned}
\int_0^{0,4} \frac{5dx}{4+25x^2} &= \frac{5}{4} \int_0^{0,4} \frac{dx}{1+\frac{25}{4}x^2} = \frac{5}{4} \int_0^{0,4} \frac{dx}{1+(\frac{5}{2}x)^2} = \left[\begin{array}{l} \frac{5}{2}x = t \\ \frac{5}{2}dx = dt \\ dx = \frac{2}{5}dt \\ x_H = 0 \quad t_H = 0 \\ x_R = 0,4 \quad t_R = 1 \end{array} \right] = \\
&= \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{5} \int_0^1 \frac{dt}{1+t^2} = \frac{1}{2} \arctg t \Big|_0^1 = \frac{1}{2} (\arctg 1 - \arctg 0) = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} = \frac{\pi}{8}.
\end{aligned}$$

$$3) \int_0^{\frac{\pi}{3}} \frac{\sin x dx}{\cos^3 x}$$

Этот интеграл можно найти с помощью метода подстановки. Введем новую переменную.

$$\begin{aligned}
\int_0^{\frac{\pi}{3}} \frac{\sin x dx}{\cos^3 x} &= \left[\begin{array}{l} \cos x = t \\ d\cos x = dt \\ -\sin x dx = dt \\ \sin x dx = -dt \\ x_H = 0 \quad t_H = \cos 0 = 1 \\ x_B = \frac{\pi}{3} \quad t_B = \cos \frac{\pi}{3} = \frac{1}{2} \end{array} \right] = \int_1^{0,5} \frac{-dt}{t^3} = -\frac{t^{-2}}{-2} \Big|_1^{0,5} \\
&= \frac{1}{2t^2} \Big|_1^{0,5} = \frac{1}{2 \cdot 0,25} - \frac{1}{2} = 2 - 0,5 = 1,5
\end{aligned}$$

$$4) \int (x^3 - 4x) \ln x \cdot dx$$

Этот интеграл можно найти с помощью метода интегрирования по частям, он относится ко второму виду, поэтому $U = \ln x$, $dV = (x^3 - 4x)dx$.

$$dU = \frac{1}{x} dx, \quad V = \int (x^3 - 4x) dx = \frac{x^4}{4} - 2x^2$$

Используя формулу интегрирования по частям, получаем

$$\int (x^3 - 4x) \ln x \cdot dx = \ln x \left(\frac{x^4}{4} - 2x^2 \right) - \int \left(\frac{x^4}{4} - 2x^2 \right) \frac{1}{x} dx =$$

$$\begin{aligned}
&\ln x \left(\frac{x^4}{4} - 2x^2 \right) - \int \left(\frac{x^3}{4} - 2x \right) dx = \ln x \left(\frac{x^4}{4} - 2x^2 \right) - \frac{x^4}{16} + x^2 \\
&\quad + C
\end{aligned}$$

$$5) \int (x^2 - 2x) \cos 4x dx$$

Этот интеграл можно найти с помощью метода интегрирования по частям, он относится к первому виду, поэтому $U = x^2 - 2x$, $dV = \cos 4x dx$.

$$dU = (2x - 2)dx, \quad V = \int \cos 4x dx = \frac{1}{4} \sin 4x$$

$$\int (x^2 - 2x) \cos 4x dx$$

$$= (x^2 - 2x) \frac{1}{4} \sin 4x - \int \frac{1}{4} \sin 4x (2x - 2) dx =$$

$$(x^2 - 2x) \frac{1}{4} \sin 4x - \frac{1}{4} \int \sin 4x (2x - 2) dx = \frac{1}{4} (x^2 - 2x) \sin 4x$$

$$- \frac{1}{2} \int \sin 4x (x - 1) dx =$$

Чтобы найти оставшийся интеграл, снова применяем формулу интегрирования по частям.
 $U = x - 1$, $dV = \sin 4x dx$.

$$dU = dx, \quad V = \int \sin 4x dx = -\frac{1}{4} \cos 4x$$

$$= \frac{1}{4} (x^2 - 2x) \sin 4x - \frac{1}{2} ((x - 1) \left(-\frac{1}{4} \cos 4x\right))$$

$$- \int -\frac{1}{4} \cos 4x dx =$$

$$\frac{1}{4} (x^2 - 2x) \sin 4x - \frac{1}{2} ((x - 1) \left(-\frac{1}{4} \cos 4x\right)) + \frac{1}{4} \int \cos 4x dx =$$

$$= \frac{1}{4} (x^2 - 2x) \sin 4x + \frac{1}{8} ((x - 1) (\cos 4x)) - \frac{1}{8} \int \cos 4x dx =$$

$$\frac{1}{4} (x^2 - 2x) \sin 4x + \frac{1}{8} ((x - 1) (\cos 4x)) - \frac{1}{32} \sin 4x + C$$

Форма предоставления результата: выполненная работа

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объём выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.3 Интеграл и его приложения

Практическое занятие № 17

Применение определённых интегралов к решению прикладных задач

Цель: Повторить геометрический смысл определённого интеграла.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд1, Уо 01.01, Уо 02.01, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания, конспекты лекций.

Задание:

Вычислите количество электричества, протекшего по проводу за промежуток времени [3;4], если сила тока задается формулой $I(t)=3t^2-2t$

Вычислите площади фигур, ограниченных линиями:

1. $y=9-x^2, y=0$.
2. $y=\cos x, x=\pi, x=0, y=0$.
3. $y=1/x, x=2, x=4, y=0$

Задача. Предположим, что в точку О помещен единичный электрический заряд. Он создает электрическое поле. Найти работу электрического поля по перемещению единичного заряда из точки x в точку x.

Решение: Мы знаем, что на другой единичный заряд, помещенный в точку x, действует сила, обратно пропорциональная квадрату расстояния, т.е. $F(x)=k/x^2$. Применяем формулу для работы, получим:

$$A = \int_{x_1}^{x_2} k \, dx/x^2 = k \int_{x_1}^{x_2} dx/x^2, \text{ для функции } F(x)=k'/x^2 \text{ первообразную } U(x) \text{ можно найти по}$$

таблице: $U(x)=-k/x$. Получим: $A=U(x) \Big|_{x_1}^{x_2} = -k/x \Big|_{x_1}^{x_2} = k/x_1 - k/x_2$

Функция $U(x) = -k/x$ называется потенциалом электрического поля.

Задача. Найти количество электричества, проходящее через поперечное сечение проводника за 10 с, если сила тока изменяется по закону $I(t) = (4t + 1)$

$$\text{Решение. } Q = \int_0^{10} (4t+1) \, dt = (2t^2 + t) \Big|_0^{10} = 210 \text{ Кл.}$$

Найти количество электричества, проходящее через поперечное сечение проводника за 20 с., если сила тока изменяется по закону $I(t) = 2t + 1$

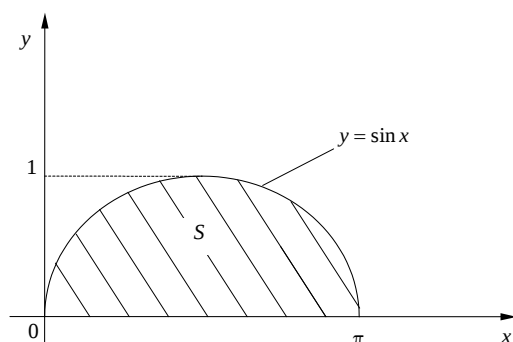
Порядок выполнения работы:

1. Изобразить криволинейную трапецию координатной плоскости;
2. Вычислить площадь полученной криволинейной трапеции.

Вычислите площади фигур, ограниченных линиями:

1. $y=\sin x, x=\pi, x=0, y=0$.

Решение. Изобразим в координатной плоскости криволинейную трапецию.



Отсюда:

$$S = \left| \int_0^{\pi} \sin x \, dx \right|.$$

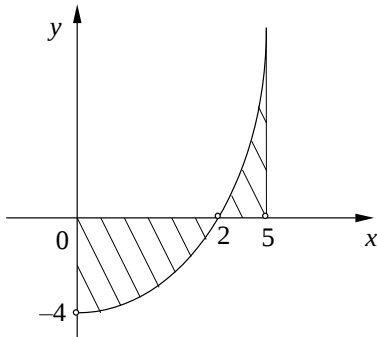
$$\int_0^{\pi} \sin x \, dx = -\cos x \Big|_0^{\pi} =$$

$$= -(\cos \pi - \cos 0) = 2.$$

Следовательно, $S = |2| = 2$ кв. ед.

$$2 \quad y = x^2 - 4; \quad x = 0; \quad x = 5; \quad y = 0.$$

Решение. Изобразим в координатной плоскости криволинейную трапецию.



Эскиз показывает, что линия $y = x^2 - 4$ пересекает ось Ox . При вычислении площади разобьем интеграл на два слагаемых, для того чтобы не допустить алгебраического сложения величин различных знаков. Найдем сначала точку пересечения функции с осью Ox :

$$x^2 - 4 = 0. \quad x_1 = 2; \quad x_2 = -2.$$

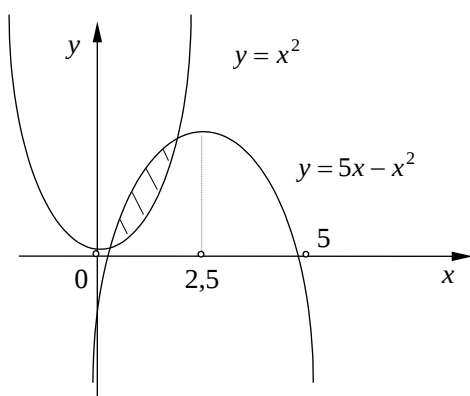
Значение $x_2 = -2$. $\square\square$ отбрасываем, так как оно не входит в интервал $0 \leq x \leq 5$).

Таким образом,

$$S = \left| \int_0^2 (x^2 - 4) dx \right| + \left| \int_2^5 (x^2 - 4) dx \right| = \dots = \left| -\frac{16}{3} \right| + \left| \frac{81}{3} \right| = \frac{97}{3} \text{ кв. ед.}$$

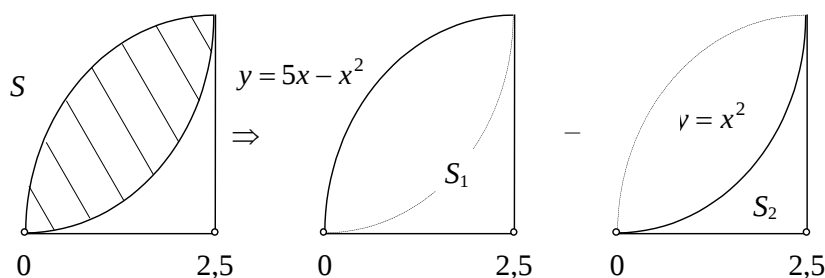
3 Найти площадь фигуры, заключенной между линиями $y = 5x - x^2$ и $y = x^2$

.



Точки пересечения линий определяются из уравнения $x^2 = 5x - x^2$, т.е. $x_1 = 0$; $x_2 = 2,5$.

Для решения задач со сложным очертанием области удобно использовать графическое разложение на сумму простейших фигур. Так, в нашем случае:



Следовательно, чтобы получить искомую площадь S , достаточно определить площадь S_1 для функции $y = 5x - x^2$ и вычесть из нее площадь S_2 для функции $y = x^2$, т.е.

$$S = S_1 - S_2 = \left| \int_0^{2,5} (5x - x^2) dx \right| - \left| \int_0^{2,5} x^2 dx \right| = \dots = |10,42| - |5,21| = 5,21 \text{ кв. ед.}$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.4 Дифференциальные уравнения

Практическое занятие № 18

Решение дифференциальных уравнений первого порядка с разделяющимися переменными

Цель: Научиться решать дифференциальные уравнения I порядка с разделяющимися переменными. Научиться находить общие и частные решения.

Выполнение работы способствует формированию:

Уо 01.01, Уо 02.01, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение:

Индивидуальные задания, таблицы, справочники, учебники, конспекты лекций.

Задание:

1. Найти общее решение дифференциального уравнения

а) $\frac{dy}{\sqrt{x}} = \frac{3dx}{\sqrt{y}}$

б) $(y - 1)^2 dx + (1 - x^3) dy = 0$

2. Найти частное решение дифференциального уравнения

$dy = (3x^2 - 2x) dx$, если $y=4$ при $x=$

Порядок выполнения работы:

- 1) Привести данное уравнение к уравнению с разделяющимися переменными, т. е. произвести разделение переменных, для этого:
 - а) Производные функции заменить её дифференциалами;
 - б) Сгруппировать члены с одинаковыми дифференциалами и записать их в разных частях равенства, вынеся дифференциалы за скобки;
 - в) Поделить или умножить обе части равенства на такие выражения, чтобы все функции стояли при „своих” дифференциалах, т. е. привести к виду: $\varphi(y)dy = \varphi(x)dx$
- 2) Проинтегрировать обе части равенства и найти общее решение.
- 3) Для выделения частного решения из общего задается точка $(x_0; y_0)$, через которую должна проходить интегральная кривая. Находим значение постоянной C , а затем C подставляем в общее решение и записываем частное решение.

Если функция $f(x)$ в точке x имеет производную, то произведение $f'(x) \cdot dx$ называется *дифференциалом функции f в точке x* и обозначается $df(x)$.

Дифференциальные уравнения - это уравнения, связывающие неизвестную функцию и ее производные.

Электрическая цепь.

Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных сопротивления и конденсатора. Будем считать, что в цепи сделано короткое замыкание и конденсатор, имевший начальный заряд, начинает разряжаться. Напряжение на конденсаторе в момент времени t обозначим через $U(t)$. Заряд $q(t)$ связан с напряжением U формулой $q = CU$, где C - емкость конденсатора. Через сопротивление пойдет ток, который связан с напряжением U формулой $U = -RI$, где R - величина сопротивления (закон Ома), а знак «-» связан с направлением тока. Появление тока связано с изменением заряда q , и, значит, величина I является скоростью изменения заряда во времени: $I = dq/dt$. Подставляя в эту формулу вместо I выражение $-U/R$, а вместо q выражение CU , получим уравнение для напряжения: $CdU/dt = -U/R$, $dU/dt = -IU/RC$

Решение дифференциального уравнения - это функция, при подстановке которой уравнение превращается в тождество.

Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных конденсатора (с емкостью C) и катушки (с индуктивностью L). Будем считать, что на конденсаторе есть начальное напряжение, в цепи сделано короткое замыкание и пошел ток через катушку. Обозначим через $U = U(t)$ напряжение на конденсаторе в момент времени t . Напряжение на катушке пропорционально скорости изменения тока I , проходящего через катушку, т.е. $U = -LdI/dt$. Выражая обычным образом, ток I через заряд $I = dq/dt$ и заменяя заряд q через CU , получим: $U = -LdI/dt = -LC dU/dt = -U/LC$

Задача. Изолированному проводнику сообщен заряд Q единиц. Вследствие несовершенства изоляции проводник постепенно теряет свой заряд. Скорость потери заряда в данный момент пропорциональна наличному заряду проводника. Какой заряд останется на проводнике по истечении t мин?

Решение: Пусть к моменту t заряд проводника равен Q . Скорость потери заряда в этот момент равна $-dQ/dt$. Так как эта скорость пропорциональна заряду Q , то получим следующее дифференциальное уравнение:

$-(dQ/dt) = kQ$, k - коэффициент пропорциональности. Интегрируя это уравнение, получим общее решение:

$Q = C e^{-kt}$. Используем начальное условие: при $t=0$, $Q=Q_0$; тогда $Q = C e^{-k \cdot 0}$ и $C=Q_0$. Следовательно, закон протекающего процесса записывается так: $Q = Q_0 e^{-kt}$

Задачи для самопроверки

1. Электрическая цепь состоит из последовательно включенного источника постоянного тока, дающего напряжение V , сопротивления R , самоиндукции L и выключателя, который включается при $t=0$. Найдите зависимость силы тока от времени.

2. Электрическая цепь состоит из последовательно включенного источника тока, напряжение которого меняется по закону $E = V \sin \omega t$, сопротивления R и самоиндукции L . Найдите силу тока в цепи при установившемся режиме.

1) Найти общее решение дифференциального уравнения:

$$(6x dx + 3xy^2 dx) - (6y dy + 2x^2 y dy) = 0$$

Сгруппируем члены с dx и dy

$$3x(2 + y^2) dx - 2y(3 + x^2) dy = 0$$

-Разделим переменные

$$\frac{3x dx}{3 + x^2} = \frac{2y dy}{2 + y^2}$$

-Интегрируем

$$3 \int \frac{x dx}{3 + x^2} = 2 \int \frac{y dy}{2 + y^2}$$

-Решаем по отдельности каждый интеграл методом подстановки

$$\frac{3}{2} \ln(3 + x^2) = \ln(2 + y^2) + \ln c$$

$$\ln(3 + x^2)^{\frac{3}{2}} = \ln(2 + y^2) \cdot c$$

-Потенцируем это уравнение

$$\sqrt{(3 + x^2)^3} = (2 + y^2) \cdot c$$

-Записываем общее решение:

$$\frac{(3 + x^2)\sqrt{3 + x^2}}{2 + y^2} = c$$

2) Найти частные решение дифференциальных уравнений

$$2(y - 3) dx - dy = 0 \text{ при } x=0, y=4$$

-Разделим переменные

$$dy = 2(y - 3) dx$$

$$\frac{dy}{y - 3} = 2 dx$$

-Проинтегрируем обе части уравнения

$$\int \frac{dy}{y - 3} = \int 2 dx$$

$$\ln(y - 3) = 2x + \ln c$$

-По определению логарифма $2x = \ln e^{2x}$

$$\ln(y - 3) = \ln(e^{2x} \cdot c)$$

-Запишем общее решение

$$y = e^{2x} \cdot c + 3$$

-Подставим в это уравнение начальные условия $x=0, y=4$

$$4 = e^0 \cdot c + 3 \Rightarrow c = 1$$

-Запишем частное решение

$$y = e^{2x} + 3$$

Форма представления результата: выполненная работа

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но

объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.4 Дифференциальные уравнения

Практическое занятие № 19

Решение линейных дифференциальных уравнений первого порядка

Цель: Научиться определять вид дифференциальных уравнений, находить общее и частное решение линейных дифференциальных уравнений I порядка.

Выполнение работы способствует формированию:

Уо 01.01, Уо 02.01, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение:

Индивидуальные задания, таблицы, справочники, учебники, конспекты лекций.

Задание:

1. Найти частное решение дифференциального уравнения

a) $y^2 + x^2 y' = xy \cdot y'$ при $y(1) = 1$

b) $y' \sin x - y \cos x = 1$ при $x = \frac{\pi}{2}, y = 1$

Порядок выполнения работы:

Линейное дифференциальное уравнение I порядка решается путем подстановки

$$y = u \cdot \vartheta; \quad \frac{dy}{dx} = u \frac{d\vartheta}{dx} + \vartheta \frac{du}{dx}$$

Дифференциальное уравнение сводится к решению двух дифференциальных уравнений, с разделяющимися переменными, сначала относительно u , потом ϑ , где u и ϑ неизвестные функции от x .

1) Найти частное решение линейного дифференциального уравнения I порядка

$xy' + y = 3$, если $y=0$, при $x=1$

Приведем уравнение к виду по определению

$$y' + \frac{y}{x} = \frac{3}{x}$$

Сделаем замену

$$y = u\vartheta; \quad \frac{dy}{dx} = u \frac{d\vartheta}{dx} + \vartheta \frac{du}{dx}$$

Сгруппируем члены с ϑ , получим

$$\vartheta \left(\frac{du}{dx} + \frac{u}{x} \right) = 0, \text{ т.к. } \vartheta \neq 0 \Rightarrow \frac{du}{dx} = -\frac{u}{x}$$

Разделим переменные

$$\frac{du}{u} = -\frac{dx}{x}$$

Проинтегрируем

$$\int \frac{du}{u} = - \int \frac{dx}{x}$$
$$\ln|u| = -\ln|x|$$

Пропотенцируем

$$u = \frac{1}{x}$$

Подставим u в оставшееся уравнение

$$\frac{1}{x} \frac{d\vartheta}{dx} = \frac{3}{x}$$

$$d\vartheta = 3dx$$

Проинтегрируем

$$\vartheta = 3x + c$$

Подставим $y = u\vartheta$

$y = \frac{1}{x}(3x + c)$ - общее решение

Подставим начальные условия

$$0 = 3 + c \Rightarrow c = -3$$

$y = \frac{3}{x}(x - 1)$ - частное решение

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.4 Дифференциальные уравнения

Практическое занятие № 20

Решение однородных дифференциальных уравнений первого порядка

Цель: научиться решать однородные дифференциальные уравнения первого порядка.

Выполнение работы способствует формированию:

Уо 01.01, Уо 02.01, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания, конспекты лекций.

Задание:

Решите дифференциальные уравнения:

1. $xy^2 dy = (x^3 + y^3) dx$
2. $(y^2 - 2x^2) dy + 2xy dx = 0$.

Порядок выполнения работы:

1. Определите вид дифференциального уравнения.
2. Если уравнение является однородным дифференциальным уравнением первого порядка, то путем введения новой переменной нужно привести заданное уравнение к уравнению с разделяющимися переменными. Заменим $y = z \cdot x$, $\frac{dy}{dx} = x \frac{dz}{dx} + z$, где Z -новая неизвестная функция от x .

Получилось уравнение с разделяющимися переменными относительно Z.

3. Решить получившееся уравнение относительно Z. После этого надо Z заменить на $\frac{y}{x}$ и выразить y.

Найти частное решение однородного дифференциального уравнение I порядка

$$y' = \frac{2x+y}{2x}, \text{ если } y=0 \text{ при } x=1$$

$$\text{Заменим } y' \text{ на } \frac{dy}{dx} \cdot \frac{dy}{dz} = \frac{2x+y}{2x}$$

Произведем подстановку $y = zx$;

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dx} &= x \frac{dz}{dx} + z \\ x \frac{dz}{dx} + z &= \frac{2x + zx}{2x}; \\ x \frac{dz}{dx} + z &= \frac{x(2+z)}{2x} \\ x \frac{dz}{dx} &= \frac{2+z}{2} - z \\ x \frac{dz}{dx} &= \frac{2-z}{2} \end{aligned}$$

$$\text{Разделим переменные } \frac{2}{2-z} dz = \frac{dx}{x}$$

$$\text{Проинтегрируем выражение: } 2 \int \frac{dz}{2-z} = \int \frac{dx}{x}$$

Решаем данное уравнение

$$\begin{aligned} -2 \ln|2-z| &= \ln|x| + \ln c \\ \ln \frac{1}{(2-z)^2} &= \ln(xc) \end{aligned}$$

$$\text{Пропотенцируем выражение } \frac{1}{(2-z)^2} = xc$$

Выразим z:

$$\begin{aligned} (2-z)^2 &= \frac{1}{xc} \\ 2-z &= \frac{1}{\sqrt{xc}} \\ z &= 2 - \frac{1}{\sqrt{xc}} \end{aligned}$$

Заменим $z = \frac{y}{x}$ и выразим y

$$y = \frac{2x\sqrt{xc} - x}{\sqrt{xc}} \text{ -общее решение}$$

Подставим начальные условия $y=0$, $x=1$

$$0 = \frac{2\sqrt{c}-1}{\sqrt{c}}; 2\sqrt{c}-1=0, 2\sqrt{c}=1, \sqrt{c}=\frac{1}{2}, c=\frac{1}{4}$$

Подставим св общее решение

$$y = 2(x - \sqrt{x}) \text{ - частное решение.}$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Тема 3.4 Дифференциальные уравнения

Практическое занятие № 21

Решение дифференциальных уравнений второго порядка

Цель: Научиться решать дифференциальные уравнения II порядка и линейные однородные дифференциальные уравнения II порядка с постоянными коэффициентами.

Выполнение работы способствует формированию:

Уо 01.01, Уо 02.01, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение:

Индивидуальные задания, таблицы, справочники, учебники, конспекты лекций.

Задание:

1. Решить дифференциальные уравнения II порядка:

a) $\frac{d^2 y}{dx^2} = 5$

b) $y'' = x, A(1; 0); B(1; 1)$

2. Найти частное решение однородного дифференциального уравнения II порядка.

$$\frac{d^2 y}{dx^2} - 2 \frac{dy}{dx} - 3y = 0 \text{ при } x = 0; y = 0; \frac{dy}{dx} = 0$$

Порядок выполнения работы:

1) Дифференциальные уравнения II порядка решаются двукратным интегрированием, путём введения новой переменной $p = \frac{dy}{dx}$

Приводим к уравнению с разделяющимися переменными и решаем относительно p .

Подставляем p и решаем уравнение разделением переменных относительно y .

Если даны начальные условия, то подставляем в общее решение, составляем систему линейных уравнений и решаем относительно C_1 и C_2 . Подставляя C_1 и C_2 в общее решение, находим частные решения.

2) Однородное дифференциальное уравнение II порядка.

Путем замены $y = e^{kx}$

$$y' = k e^{kx}$$

$$y'' = k^2 e^{kx}$$

Составляем характеристическое уравнение $k^2 + pk + q = 0$ из которого находим k_1 и k_2 .

Общее решение при $D > 0$ будет:

$$y = c_1 e^{k_1 x} + c_2 e^{k_2 x}$$

При $D = 0$ будет: $y = e^{kx}(c_1 + c_2 x)$

При $D < 0$ будет: $y = e^{ax}(c_1 \cos bx + c_2 \sin bx)$

При заданных начальных условиях составляем систему линейных уравнений и решаем её относительно C_1 и C_2 .

II. Решить дифференциальное уравнение порядка

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = 1 - 2x$$

-Заменим $p = \frac{dy}{dx}$, получим:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{d\left(\frac{dy}{dx}\right)}{dx}; \frac{dp}{dx} = 1 - 2x$$

-Разделим переменные

$$dp = (1 - 2x) dx$$

-Проинтегрируем

$$\int dp = \int (1 - 2x) dx$$

$$p = x - x^2 + c_1$$

-Заменим p на $\frac{dy}{dx}$

$$\frac{dy}{dx} = x - x^2 + c_1$$

-Разделим переменные

$$dy = (x - x^2 + c_1) dx$$

-Проинтегрируем и получим общее решение

$$\int dy = \int (x - x^2 + c_1) dx$$

$$y = \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} + c_1 x + c_2$$

III. Решить однородное дифференциальное уравнение II порядка

a) $y'' - 5y' + 6 = 0$

-Составим характеристическое уравнение

$$k^2 - 5k + 6 = 0, \text{ решаем квадратное уравнение, получим } k_1 = 2, k_2 = 3$$

-Общее решение будет:

$$y = c_1 e^{2x} + c_2 e^{3x}$$

b) $y'' + 4y' + 4y = 0$

-Составим характеристическое уравнение

$$k^2 + 4k + 4 = 0, (k + 2)^2 = 0 \quad k = -2$$

-Запишем общее решение для $D=0$

$$y = e^{-2x}(c_1 + c_2 x)$$

c) $y'' - 6y' + 13y = 0$

-Составим характеристическое уравнение

$$k^2 - 6k + 12 = 0; D = 36 - 4 \cdot 13 = -16$$

$$D < 0 \Rightarrow x_{1,2} = \frac{6 \pm \sqrt{16i^2}}{2} = \frac{6 \pm 4i}{2} = 3 \pm 2ia = 3; b = 2$$

-Запишем общее решение

$$y = e^{3x}(c_1 \cos 2x + c_2 \sin 2x)$$

Форма предоставления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объём выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Раздел 4 Элементы теории вероятностей и математической статистики

Практическое занятие № 22

Решение задач на основные понятия комбинаторики

Цель: Осмыслить основные понятия комбинаторики, научиться отличать одну выборку от другой, применять формулы для их нахождения.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд2, Уо 01.02, Уо 02.05

Материальное обеспечение:

Индивидуальные задания, конспекты лекций.

Задание:

1. В соревнованиях участвует команда электриков из 10 человек, трое из них займут 1-е, 2-е и 3-е место. Сколько существует различных вариантов?
2. Из бригады электриков, которая состоит из 12 человек, необходимо выбрать 3 человека на устранение аварии. Сколько существует различных способов такого выбора.
3. На полке шкафа выставлены 8 журналов различных направлений учета. Сколько способов имеется для расстановки этих журналов в разном порядке?

Краткие теоретические сведения:

В основе решения задач на комбинаторику лежат два правила:

1.Правило сложения. Если некоторый элемент A можно выбрать m способами, а другой элемент B – n способами, исключаящими друг друга, то выбор какого-нибудь одного из этих элементов (либо A , либо B) можно осуществить $m + n$ способами.

2.Правило умножения. Если некоторый элемент A можно выбрать m способами и если после каждого такого выбора элемент B можно выбрать n способами, то выбор пары элементов (A, B) в указанном порядке можно осуществить $m \cdot n$ способами.

Задача1. При формировании экипажа космического корабля имеется: 10 претендентов на пост командира, 20 претендентов на пост бортинженера, 25 претендентов на пост космонавта-исследователя. Сколькими способами можно выбрать одну из кандидатур на пост командира, или бортинженера, или космонавта-исследователя?

Решение. По правилу суммы существует $10+20+25=55$ способов выбора одной из кандидатур.

Задача2. В столовой предлагают два различных первых : a_1 и a_2 ; три различных вторых блюда: b_1, b_2, b_3 и два различных десерта: c_1 и c_2 . Сколько различных обедов из трех блюд может выбрать покупатель?

Решение. Первое блюдо можно выбрать двумя способами, второе блюдо можно выбрать тремя способами, третье блюдо можно двумя способами. По правилу умножения существует $2 \times 3 \times 2 = 12$ способов выбрать обед из трех блюд.

3. Подмножества n - множеств(соединения).

Для нахождения k – подмножеств некоторого n – множества нужно выбрать k из n его элементов (поэтому часто говорят о *выборке k элементов из n – элементов*). Про выбранные k из n различных элементов принято говорить, что они образуют соединение из n элементов по k . *Соединение*-собирательный термин комбинаторики. В зависимости от того, имеет ли значение порядок элементов в соединении или нет, а также от того, входят в соединение все n элементов или только часть их, различают три вида соединений: **перестановки, размещения, сочетания.**

Перестановки.

Перестановками из n – элементов называются такие соединения из n – элементов, которые отличаются друг от друга только порядком расположения элементов.

Обозначение: $P_n = n!$

Размещения.

Размещениями из n – элементов называются такие соединения, каждое из которых содержит m элементов, выбранных из числа данных n – элементов, отличающихся либо составом, либо порядком их расположения, либо и тем, и другим.

$$\text{Обозначение } A_n^m = \frac{n!}{(n-m)!}$$

Замечание. Рассмотренные ранее перестановки – частный случай размещений из n – элементов по n – элементов.

$$P_n = A_n^n = \frac{n!}{0!} = n!$$

55440.

Сочетания.

Сочетаниями из n – элементов называются такие соединения, которые отличаются друг от друга хотя бы одним элементом.

$$\text{Обозначение: } C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$$

Порядок выполнения работы:

1. Определите вид выборки без повторения.
2. Выберите соответствующую формулу для вычисления возможных комбинаций.
3. Произведите вычисления, используя понятие факториала.

Ход работы:

1. Кодовый замок открывается последовательным набором четырёх разных цифр. Требуется определить число возможных кодов, которые можно подобрать для этого замка.

Решение.

Возможных цифр всего десять (1,2,3,4,5,6,7,8,9,0). Каждая набранная комбинация кода отличается от другой комбинации хотя бы одной цифрой (1,4,5,7 $\neq$ 2,4,5,7), либо порядком набора одинаковых цифр (1,4,5,7 $\neq$ 4,5,7,1), поэтому для подсчёта числа возможных комбинаций кодов используем формулу числа размещений.

Формула размещений имеет вид: $A_n^m = \frac{n!}{(n-m)!}$. В нашем случае $n = 4, m = 10$.

$$\text{Производим расчёт: } A_{10}^4 = \frac{10!}{(10-4)!} = \frac{10!}{6!} = \frac{10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1}{6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1} = 10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 = 5040$$

2. Сколько существует способов выбора трёх человек из десяти?

Решение.

В данном случае при выборе для нас важен только состав по три человека, порядок выбора роли не играет, поэтому в отличие от первого примера число способов подсчитаем по формуле сочетаний.

Формула сочетаний имеет вид: $C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}$. В нашем случае $n=10, m=3$.

$$\text{Производим расчёт: } C_{10}^3 = \frac{10!}{3!(10-3)!} = \frac{10!}{3!7!} = \frac{10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7!}{3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 7!} = 120.$$

3. Сколько различных четырёхзначных чисел можно составить из цифр 1,2,3,4 9 цифры не повторяются)?

Решение.

По условию дано множество из четырёх элементов, которые требуется расположить в определённом порядке. Значит, требуется найти количество перестановок их четырёх элементов.

Формула перестановок из n – элементов имеет вид: $P_n = n!$ В нашем случае $n = 4$.

$$\text{Произведём расчёт: } P_4 = 4! = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 24.$$

Задачи с профессиональной направленностью.

Задача 1. Телефонная линия, соединяющая два пункта А и В, расположенных один от другого на расстоянии 2 км, оборвалась в неизвестном месте. Какова вероятность того, что обрыв находится не дальше 450 м. от пункта А?

Решение: $P(A) = m/n = 450/2000 = 0,225$

Задача 2. На 8 карточках напечатана одна из следующих букв е, г, т, ф, е, р, л, а. Вынимая последовательно из ящика наугад и выкладывая их в одну линию, можно получить слово телеграф. Какова вероятность этого события.

Решение: $m=1$, $n=P$ равно числу перестановок из 8 букв.

$$P_8=8!=1\cdot2\cdot3\cdot4\cdot5\cdot6\cdot7\cdot8=40320 \quad P=m/n=1/40320$$

Задача 3. В коробке находятся электролампы 5 шт. по 75 Вт и 6 шт. по 100 Вт. Из коробки вынимают одновременно две электролампы. Какова вероятность того, что обе лампочки 100 Вт.

Решение. Здесь число равновозможных независимых исходов составляет

$$n = C_{11}^2 = 11!/2!9! = (9!10\cdot11)/2\cdot9! = 55$$

Событию А благоприятствуют $C_6^2 = 6!/2!4! = (4!5\cdot6)/2\cdot4! = 15$ исходов. Следовательно, $P(A) = 15/55 = 3/11$.

Задача 4. Набирая номер телефона, абонент забыл две последние цифры и, помня лишь, что эти цифры различны, набрал их наудачу. Какова вероятность того, что номер набран правильно?

Решение: Две последние цифры можно набрать A_{10}^2 способами, а благоприятствовать событию А (цифры набраны правильно) будет только один способ. Поэтому $P(A) = 1/A_{10}^2 = 1/10!/8! = 1/90$

Задача 5. Среди 100 электроламп 5 бракованных. Какова вероятность того, что выбранные наудачу 3 электролампы окажутся не бракованными?

Решение: Из 100 электроламп 3 лампы можно выбрать C_{100}^3 способами. Три не бракованных электроламп из общего числа 95 рабочих электроламп можно выбрать. C_{95}^3 способами, следовательно искомая вероятность равна

$$P = C_{95}^3 / C_{100}^3 = (95\cdot94\cdot93)/(100\cdot99\cdot98) = 0.86$$

Задача 6. В цеху работают 6 мужчин и 4 женщины. В смену отобрали подряд 7 человек из 10. Какова вероятность того, сколько женщин и мужчин попадут в смену?

Задача 7. На каждой из восьми карточек напечатаны буквы с, ь, в, з, а, в, у, я. Карточки перевернуты и перемешаны. Какова вероятность, что, взяв 5 из них, можно получить слово « связь»?

Задача 8. В партии из 20 изделий четыре бракованных. Найти вероятность того, что среди пяти взятых наугад изделий окажется два бракованных.(событие В).

Задача 9. Набирая номер телефона, абонент забыл последнюю цифру и набрал ее наугад. Найти вероятность того, что номер набран правильно. Решить задачу для случаев, если последняя цифра номера а) четная; б) не более 6.

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объём выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объём выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Раздел 4 Элементы теории вероятностей и математической статистики

Практическое занятие № 23

Решение задач на вычисление вероятности с использованием элементов комбинаторики

Цель: Научиться находить вероятность событий, используя формулы комбинаторики.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд2, Уо 01.02, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания, конспекты лекций.

Задание:

1. Готовясь к докладу, студент выписал из книги цитату, но, забыв номер страницы, на которой она находилась, написал номер наудачу. Какова вероятность того, что студент записал нужный номер, если он помнит, что номер выражается двузначным числом?

2. В ящике 15 деталей, среди которых 10 окрашены. Сборщик наудачу выбрал 3 детали. Какова вероятность того, что выбранные детали оказались окрашенными?

3. Имеется 8 карточек. Одна сторона каждой из них чистая, а на другой написаны буквы :К,И,Р,Д, А,Н,З,П. Карточки кладут на стол чистой стороной вверх, перемешивают, а затем последовательно одну за другой переворачивают. Какова вероятность того, при последовательном появлении букв будет составлено слово ПРАЗДНИК?

Краткие теоретические сведения:

Вероятностью события A называется отношение числа m случаев, благоприятствующих его появлению, к общему числу всех несовместных равновозможных и образующих полную группу событий. Такое определение вероятности называют классическим. Вероятность события обозначается $P(A)$ и вычисляется по формуле: $P(A) = \frac{m}{n}$.

Вероятность появления события заключена в пределах от 0 до 1: $0 \leq P(A) \leq 1$

Порядок выполнения работы:

1. Определите событие A , вероятность которого нужно вычислить.
2. Просчитайте общее число(n) возможных исходов.
3. Просчитайте число исходов(m), благоприятствующих наступлению события A .
4. Используйте формулу для вычисления вероятности определённого события.

$$P(A) = \frac{m}{n}.$$

1. Набирая номер телефона, абонент забыл последние 3 цифры и набрал их наудачу, помня, что они различны. Найдите вероятность того, что набраны нужные цифры.

Решение.

1. Событие A – «номер набран верно».
2. Число n – общее число исходов испытания получим, воспользовавшись формулами комбинаторики. Всего имеется 10 цифр, т.е.. число элементов равно 10; в каждое соединение входит по 3 цифры; порядок цифр(элементов) существенен при наборе номера, значит, нужно

найти число размещений из 10 элементов по 3 по формуле $A_{10}^3 = \frac{10!}{(10-3)!} = \frac{7! \cdot 8 \cdot 9 \cdot 10}{7!} = 720$. Итак, $n=720$

3. Число $m=1$, т.к. только один набор из трёх цифр является нужным.

$$4. P(A) = \frac{m}{n} = \frac{1}{720}$$

2. Из урны, в которой находятся 12 белых и 8 чёрных шаров, вынимают наудачу два шара. Какова вероятность того, что оба шара окажутся чёрными?

Решение.

1. Событие А-«оба шара окажутся чёрными».

2. Число n -общее число исходов испытания получим, воспользовавшись формулами комбинаторики. Общее число возможных случаев n равно числу сочетаний из 20 элементов (12+8) по два: $n = C_{20}^2 = \frac{20!}{2!(20-2)!} = \frac{20!}{2! \cdot 18!} = \frac{20 \cdot 19 \cdot 18!}{1 \cdot 2 \cdot 18!} = 190$.

3. Число случаев m , благоприятствующих событию А, равно числу сочетаний из 8 элементов (8 черных шаров) по два: $n = C_8^2 = \frac{8!}{2!(8-2)!} = \frac{8!}{2! \cdot 6!} = \frac{8 \cdot 7 \cdot 6!}{1 \cdot 2 \cdot 6!} = 28$

$$4. P(A) = \frac{m}{n} = \frac{28}{190} \approx 0,147$$

2. На пяти карточках разрезной азбуки написаны буквы А,З,К,О,М. Карточки перемешиваются и наугад раскладываются в ряд. Какова вероятность того. Что получится слово ЗАМОК ?

Решение.

1. Событие А-«получится слово ЗАМОК».

2. Число n -общее число исходов испытания получим, воспользовавшись формулами комбинаторики. Общее число возможных случаев n равно числу перестановок из 5 элементов(букв): $n = P_5 = 5! = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 120$.

3. Число случаев m , благоприятствующих событию А, равно 1, т.к. требуется составить слово с буквами, расставленными в определённом порядке. А эти буквы различны.

$$4. P(A) = \frac{m}{n} = \frac{1}{120}$$

Задачи с профессиональной направленностью.

Задача 1. На склад поступили электроутюги, 80 % с первого завода и 20 % со второго. Среди продукции первого завода 90 % выдерживают гарантийный срок, со второго завода- 95 %. Какова вероятность, что взятый наугад со склада утюг выдерживает гарантийный срок? Какова вероятность, что утюг с первого завода?

Решение:

$P(A_1) = 0,8$ - вероятность, что утюг поступил на склад с первого завода.

$P(A_2) = 0,2$ - со второго.

Условные вероятности $P_{A_1}(B) = 0,9$ и $P_{A_2}(B) = 0,95$ - что утюг выдержит гарантийный срок с первого завода и со второго.

1) Полная вероятность, что он прослужит определенное время, независимо с какого он завода равна $P(B) = P(A_1) \cdot P_{A_1}(B) + P(A_2) \cdot P_{A_2}(B) = 0,8 \cdot 0,9 + 0,2 \cdot 0,95 = 0,91$ 2) Вероятность, что утюг с первого завода равна

$$P_{B(A_1)} = P(A_1) \cdot P_{A_1}(B) / P(B) = 0,8 \cdot 0,9 / 0,91 = 0,79$$

Задача 2. Автомат штампуем детали. Вероятность того, что за одну смену не будет изготовлено ни одной нестандартной детали, равна 0,9. Какова вероятность того, что будут стандартными все детали, изготавливаемые за три смены?

Решение: $P(A) = 0,9$ По теореме о вероятности независимых событий,

$$P(B) = P(A) \cdot P(A) \cdot P(A) = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,729$$

Задача 3. Радиостанция 1, 2, 3 независимо одна от другой посылают по одной передаче радиостанции 4. Вероятности приема передачи радиостанцией 4 от станции 1, 2, 3 соответственно равны $P_1 = 0,4$, $P_2 = 0,5$, $P_3 = 0,7$. Найти вероятность того, что станцией 4 будет принята: а) только одна передача; б) хотя бы одна передача.

Решение: а) Вероятность того, что станцией и будет принята только одна передача:
 $P(A) = P(A_1 A_2 \bar{A}_3) + P(A_1 \bar{A}_2 A_3) + P(\bar{A}_1 A_2 A_3) = 0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,3 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,3 + 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,7 = 0,06 + 0,09 + 0,21 = 0,36$

б) Прием передачи радиостанцией 4 от станции 1, 2, 3- взаимно независимые события. По теореме о вероятности осуществления хотя бы одного независимого события, вероятность того, что станцией 4 будет принята хотя бы одна передача:

$$P(A) = (1 - P(A_1)) \cdot (1 - P(A_2)) \cdot (1 - P(A_3)) = 1 - (1 - 0,4) \cdot (1 - 0,5) \cdot (1 - 0,7) = 1 - 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,3 = 1 - 0,09 = 0,91$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.

Раздел 4 Элементы теории вероятностей и математической статистики

Практическое занятие № 24 Числовые характеристики выборки

Цель: Рассмотреть отдельные примеры, характерные для выборочного метода.

Выполнение работы способствует формированию:

Уд2, Уо 01.02, Зд2, Зо 01.01, Зо 02.01

Материальное обеспечение: Индивидуальные задания, конспекты лекций.

Задание:

1. На электростанции проведен замер напряжения в разное время суток:

U	2	4	7	8	9	12
n_i	p_1^2	$2p_2$	p_2	p_2^2	p_3	$3p_3$

Постройте полигон частот и полигон относительных частот по этому распределению.

2. На промышленной подстанции проводилось наблюдение за напряжением. Получены следующие интервалы напряжения и частоты их появления:

№ интервала	Интервал, $X_i - X_{i+1}$	Сумма частот вариант интервала, n_i
1	3 – 5	p_1
2	5 – 7	$2p_2$
3	7 – 9	$3p_3$

4	9 – 11	p_1^2
5	11 – 13	$2p_2^2$
6	13 – 15	$3p_3^2$
7	15 – 17	p_1+p_2

Постройте гистограммы частот и относительных частот по распределению выборки:

3. Имеется генератор напряжения, который выдает значения напряжения с известной частотой:

U	5	10	15	20	25	30	35
частота	p_1	$3p_1$	p_2	$2p_2$	p_2^2	$2p_3$	$2p_3^2$

Найдите генеральную среднюю, генеральную дисперсию, генеральное стандартное отклонение, моду, медиану и размах.

4. Произведены замеры силы тока в цепи. Получены следующие значения:

I	2	4	6	8	10	12	14
n_i	p_2	$2p_2$	p_1	p_1^2	p_3	$2p_3$	p_2+p_3

Найти выборочную среднюю, выборочные дисперсию и стандартное отклонение.

Обратите внимание: p_1 = числу букв в Вашем имени; p_2 = числу букв в Вашей фамилии; p_3 = числу букв в имени Вашего отца.

Порядок выполнения работы:

1 Прочитав условие предложенной задачи, по конспекту лекции найдите соответствующие формулы.

2.Примените лекционный теоретический материал для решения каждой задачи.

3 В случае необходимости представить геометрическую интерпретацию числовых характеристик. выборки.

1. Задано распределение частот выборки:

x_i	2	6	12	15
n_i	3	10	7	5

Составить распределение относительных частот.

Определим сначала объем выборки:

$$n = 3 + 10 + 7 + 5 = 25.$$

Найдем относительные частоты по формуле $w_i = \frac{n_i}{n}$:

$$w_1 = \frac{3}{25} = 0,12; w_2 = \frac{10}{25} = 0,40; w_3 = \frac{7}{25} = 0,28; w_4 = \frac{5}{25} = 0,20.$$

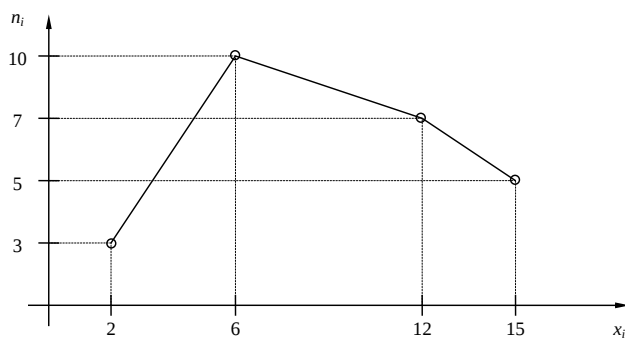
Следовательно,

x_i	2	6	12	15
w_i	0,12	0,40	0,28	0,20

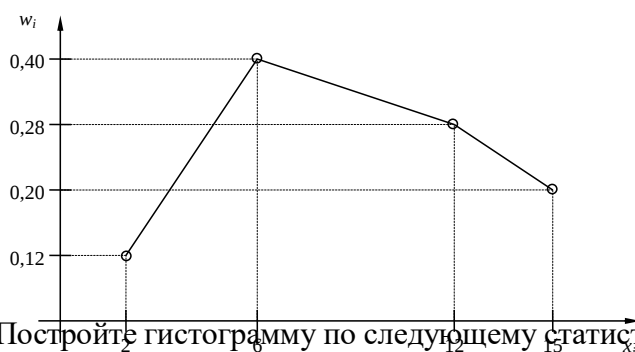
Контроль: $0,12 + 0,40 + 0,28 + 0,20 = 1$.

2. По результатам примера 1 построить полигоны частот и относительных частот.

Решение. Отобразив на плоскости точки с координатами (x_i, n_i) и соединив их отрезками, получим полигон частот:



Аналогично построим полигон по точкам (x_i, w_i) :



3. Постройте гистограмму по следующему статистическому распределению:

№ интервала	Интервал длиной $h=5$	Сумма частот вариант n_i
1	5 – 10	4
2	10 – 15	6
3	15 – 20	16
4	20 – 25	36
5	25 – 30	24
6	30 – 35	10
7	35 – 40	4

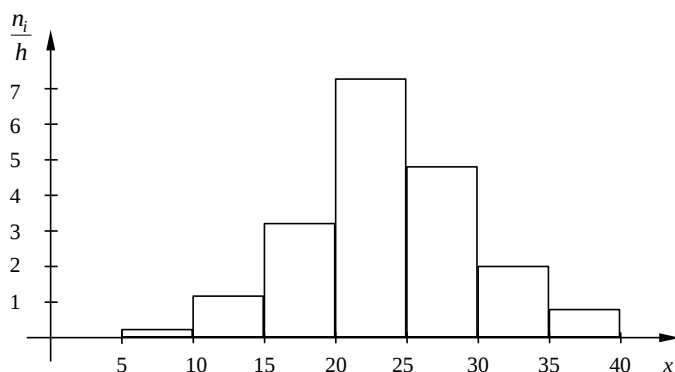
Решение. Прежде всего, определим объем выборки:

$$n = 4 + 6 + 16 + 36 + 24 + 10 + 4 = 100.$$

По известным суммам частот вариант рассчитаем плотность частоты по интервалам:

№ интервала	Плотность частоты $\frac{n_i}{h}$	№ интервала	Плотность частоты $\frac{n_i}{h}$
1	0,2	5	4,8
2	1,2	6	2,0
3	3,2	7	0,8
4	7,2		

Изобразим полученный результат:



4. Найдите статистические оценки генеральной совокупности, заданной следующим вариационным рядом:

варианта x_i	2	4	5	6
частота N_i	8	9	10	3

Решение. Определим объем совокупности:

$$N_{\Gamma} = 8 + 9 + 10 + 3 = 30.$$

Найдем генеральную среднюю:

$$\bar{X}_{\Gamma} = \frac{8 \cdot 2 + 9 \cdot 4 + 10 \cdot 5 + 3 \cdot 6}{30} = 4.$$

Для вычисления генеральной дисперсии используем формулу $D_{\Gamma} = \overline{X_{\Gamma}^2} - (\bar{X}_{\Gamma})^2$. Определим среднюю квадратов:

$$\overline{X_{\Gamma}^2} = \frac{8 \cdot 2^2 + 9 \cdot 4^2 + 10 \cdot 5^2 + 3 \cdot 6^2}{30} = 17,8.$$

Таким образом, $D_{\Gamma} = 17,8 - 4^2 = 1,8$.

Генеральное стандартное отклонение: $\sigma_{\Gamma} = \sqrt{D_{\Gamma}} = \sqrt{1,8} \approx 1,34$.

Обычно полученных результатов достаточно для практических задач. Однако можно получить дополнительные характеристики для более тонкой оценки генеральной совокупности. Приведем их:

Мода Mo : наибольшая частота

$$Mo = 10.$$

Медиана Me : вариационный ряд делится пополам в точке

$$Me = 4,5.$$

Размах вариации R : в примере

$$x_{\max} = 6; x_{\min} = 2,$$

поэтому

$$R = 6 - 2 = 4.$$

5. Из генеральной совокупности извлечена выборка

x_i	1	2	3	4	5
n_i	92	94	103	105	106

Найдите статистические характеристики выборки.

Решение. Определим объем выборки:

$$n = 92 + 94 + 103 + 105 + 106 = 500 .$$

Выборочная средняя:

$$\bar{X}_B = \frac{92 \cdot 1 + 94 \cdot 2 + 103 \cdot 3 + 105 \cdot 4 + 106 \cdot 5}{500} = 1,82 .$$

Определим среднюю квадратов:

$$\overline{X_B^2} = \frac{92 \cdot 1^2 + 94 \cdot 2^2 + 103 \cdot 3^2 + 105 \cdot 4^2 + 106 \cdot 5^2}{500} = 11,45 .$$

Выборочная дисперсия:

$$D_B = \overline{X_B^2} - (\bar{X}_B)^2 = 11,45 - 1,82^2 \cong 8,14 .$$

Выборочное стандартное отклонение:

$$\sigma_B = \sqrt{8,14} \cong 2,85 .$$

Форма представления результата: выполненная работа.

Критерии оценки:

Оценка "отлично" выставляется, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполнены все записи и вычисления.

Оценка "хорошо" выставляется, если выполнены требования к оценке "отлично", но допущены 2-3 недочета.

Оценка "удовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если работа выполнена не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов.