

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Матвеев Александр Сергеевич  
Должность: И.о. начальника учебно-методического управления  
Дата подписания: 13.12.2023 15:58:15  
Уникальный программный ключ:  
49d49750726343fa07e1876262707145e

Приложение к ППСЗ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева»  
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

по междисциплинарному курсу  
МДК 03.02 «Оптимизация работы мехатронных систем»

**специальность: 15.02.10 Мехатроника и  
мобильная робототехника (по отраслям)**

форма обучения: очная

Москва, 2022

## Пояснительная записка

Методические указания по выполнению лабораторных работ подготовлены на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ. 03 Разработка, моделирование и оптимизация работы мехатронных систем на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.10 «Мехатроника и мобильная робототехника (по отраслям)» и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

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

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 3.3 Оптимизировать работу компонентов и модулей мехатронных систем в соответствии с технической документацией.

Целью освоения междисциплинарного курса МДК 03.02 Оптимизация работы мехатронных систем овладение указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями.

При выполнении лабораторных работ студент должен **знать**:

- концепцию бережливого производства;
- методы расчета параметров типовых электрических, пневматических и гидравлических схем;
- физические особенности сред использования мехатронных систем;
- типовые модели мехатронных систем;
- качественные показатели реализации мехатронных систем;
- типовые модели мехатронных систем;
- правила техники безопасности при проведении работ по оптимизации мехатронных систем;
- методы оптимизации работы компонентов и модулей мехатронных систем;

- актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить;
- основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте;
- алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях;
- методы работы в профессиональной и смежных сферах;
- структура плана для решения задач;
- порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности;
- номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности;
- приемы структурирования информации;
- формат оформления результатов поиска информации;
- содержание актуальной нормативно-правовой документации;
- современная научная и профессиональная терминология;
- возможные траектории профессионального развития и самообразования
- психология коллектива;
- психология личности;
- основы проектной деятельности;
- особенности социального и культурного контекста;
- правила оформления документов;
- современные средства и устройства информатизации;
- порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности;
- правила построения простых и сложных предложений на профессиональные темы;
- основные общеупотребительные глаголы (бытовая и профессиональная лексика);
- лексический минимум, относящийся к описанию предметов, средств и процессов профессиональной деятельности;
- особенности произношения;
- правила чтения текстов профессиональной направленности.

При выполнении лабораторных работ студент должен **уметь:**

- проводить расчеты параметров типовых электрических, пневматических и гидравлических схем узлов и устройств, разрабатывать несложные мехатронные системы;
- рассчитывать основные технико-экономические показатели;
- оформлять техническую и технологическую документацию;

- составлять структурные, функциональные и принципиальные схемы мехатронных систем;
- применять специализированное программное обеспечение при моделировании мехатронных систем;
- применять технологии бережливого производства при выполнении работ по оптимизации мехатронных систем;
- обеспечивать безопасность работ при оптимизации работы компонентов и модулей мехатронных систем;
- применять технологии бережливого производства при выполнении работ по оптимизации мехатронных систем;
- выбирать наиболее оптимальные модели управления мехатронными системами;
- оптимизировать работу мехатронных систем по различным параметрам;
- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;
- правильно выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- составлять план действия,
- определять необходимые ресурсы;
- владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах;
- реализовать составленный план;
- оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника) ;
- определять задачи поиска информации;
- определять необходимые источники информации;
- планировать процесс поиска;
- структурировать получаемую информацию;
- выделять наиболее значимое в перечне информации;
- оценивать практическую значимость результатов поиска;
- оформлять результаты поиска;
- определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности;
- выстраивать траектории профессионального и личностного развития;
- организовывать работу коллектива и команды;
- взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;
- излагать свои мысли на государственном языке;
- оформлять документы;

- применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач;
- использовать современное программное обеспечение;
- понимать общий смысл четко произнесенных высказываний на известные темы (профессиональные и бытовые);
- понимать тексты на базовые профессиональные темы;
- участвовать в диалогах на знакомые общие и профессиональные темы;
- строить простые высказывания о себе и о своей профессиональной деятельности;
- кратко обосновывать и объяснить свои действия (текущие и планируемые);
- писать простые связные сообщения на знакомые или интересующие профессиональные темы.

Содержание лабораторных занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов междисциплинарного курса.

Объём лабораторных занятий определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность лабораторного занятия - 2 академических часа. Перед проведением лабораторного занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению лабораторных работ междисциплинарного курса содержит 11 лабораторных занятий.

## **Перечень лабораторных работ по МДК 03.02 Оптимизация работы мехатронных систем**

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.**

Тема: Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Многошаговые методы: методы Адамса - Башфорта, Адамса – Моултона.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.**

Тема: Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Многошаговые методы: методы Адамса - Башфорта, Адамса – Моултона.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.**

Тема: Методы одномерной минимизации. Задача одномерной минимизации. Метод дихотомии, метод золотого сечения.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.**

Тема: Методы одномерной минимизации. Задача одномерной минимизации. Метод дихотомии, метод золотого сечения.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.**

Тема: Методы многомерной оптимизации. Безусловная минимизация функции нескольких переменных. Методы спуска: метод покоординатного спуска. Градиентные методы.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6.**

Тема: Методы многомерной оптимизации. Безусловная минимизация функции нескольких переменных. Методы спуска: метод покоординатного спуска. Градиентные методы.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7.**

Тема: Методы многомерной оптимизации. Безусловная минимизация функции нескольких переменных. Методы спуска: метод покоординатного спуска. Градиентные методы.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8.**

Тема: Монтаж регулирующих устройств.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9.**

Тема: Монтаж регулирующих устройств.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10.**

Тема: Монтаж регулирующих устройств.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11.**

Тема: Монтаж регулирующих устройств.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

**Тема:** Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Многошаговые методы: методы Адамса - Башфорта, Адамса – Моултона.

**Цель.** Получение навыков решения задачи Коши для систем обыкновенного дифференциальных уравнений.

**Задание:**

1. Методом Адамса-Башфорта на отрезке  $[0,6]$  с точностью  $\text{eps} = 0,0001$  решить задачу Коши для дифференциального уравнения третьего порядка

$$y'''(x) + x^2 \cdot y'(x) + x \cdot y(x) = e^x \cdot \cos(x),$$

$$y(0) = -8, \quad y'(0) = 3, \quad y''(0) = 3.$$

Построить график решения.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.

**Тема:** Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Многошаговые методы: методы Адамса - Башфорта, Адамса – Моултона.

**Цель.** Получение навыков решения задачи Коши для систем обыкновенного дифференциальных уравнений.

1. Методом Адамса-Башфорта для  $x \in [x_0, x_k]$  с точностью  $\text{eps} = 0,000001$  решить задачу Коши для дифференциального уравнения третьего порядка. Построить график решения. Варианты заданий представлены ниже.

**Вариант 1.**

$$y'''(x) + \cos(x) \cdot y''(x) + x \cdot \cos^2(x) \cdot y'(x) + 2 \cdot y(x) = x^2 \cdot \sin(x),$$

$$y(x_0) = -8, \quad y'(x_0) = 3, \quad y''(x_0) = 3, \quad x_0 = 0, \quad x_k = 9.$$

**Вариант 2.**

$$y'''(x) + 2 \cdot x \cdot y''(x) + \operatorname{tg}(x) \cdot y'(x) + (x+1) \cdot \ln(|x+1|) \cdot y(x) = e^{\sin(x)},$$

$$y(x_0) = 1, \quad y'(x_0) = 2, \quad y''(x_0) = -3, \quad x_0 = -1,5, \quad x_k = 1,5.$$

**Вариант 3.**

$$y'''(x) - x^2 \cdot \sin(x^2) \cdot y''(x) + \frac{1}{x} \cdot y'(x) + \sqrt{x^4 + 3 \cdot x + 4} \cdot y(x) = \\ = \cos(x^2 + 3),$$

$$y(x_0) = -3, \quad y'(x_0) = -2, \quad y''(x_0) = 2, \quad x_0 = 1, \quad x_k = 4.$$

**Вариант 4.**

$$y'''(x) + \sqrt{x^2 + 1} \cdot y''(x) + [\cos(x) + x \cdot \sin(x)] \cdot y'(x) + x e^{-x} \cdot y(x) = 4,$$

$$y(x_0) = 2, \quad y'(x_0) = 0, \quad y''(x_0) = 5, \quad x_0 = 0, \quad x_k = 12.$$

**Вариант 5.**

$$y'''(x) + \ln(x^2 + 4) \cdot y''(x) + \cos(x^2 + 6) \cdot y'(x) + \frac{x^2 - 3}{x + 2} \cdot y(x) = 0,$$

$$y(x_0) = 5, \quad y'(x_0) = -1, \quad y''(x_0) = -5, \quad x_0 = -1,2, \quad x_k = 1,2.$$



### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.

**Тема:** Методы одномерной минимизации. Задача одномерной минимизации. Метод дихотомии, метод золотого сечения.

**Цель:** Приобретение практических навыков для решения задач одномерной минимизации численными методами.

**Задание:**

Требуется найти безусловный минимум функции одной переменной  $Y = F(x)$ ,

$$F(x^*) = \min_{x \in R} F(x)$$

то есть, такую точку  $x^* \in R$ , что

Поставленная задача может быть решена с помощью необходимых и достаточных условий безусловного экстремума. Однако, во многих практических случаях найти производные от заданной функции не представляется возможным. Поэтому решение задач одномерной оптимизации численными методами является актуальным при изучении методов оптимизации.

Алгоритм поиска минимума функции сводится к выполнению следующих этапов.

1 этап. Задается начальный интервал неопределенности  $L_0 = [a_0, b_0]$  и  $\alpha > 0$  - требуемая точность,  $\epsilon > 0$  - малое положительное число.

2 этап. Задать  $k = 0$ .

3 этап. Вычислить  $y_k = \frac{a_k + b_k - \epsilon}{2}$ ,  $F(y_k)$ ,  $z_k = \frac{a_k + b_k + \epsilon}{2}$ ,  $F(z_k)$ .

4 этап. Если  $F(y_k) \leq F(z_k)$ , принять  $a_{k+1} = a_k$ ,  $b_{k+1} = z_k$  и перейти к этапу 5.

Если  $F(y_k) > F(z_k)$ , принять  $a_{k+1} = y_k$ ,  $b_{k+1} = b_k$ .

5 этап. Вычислить  $|L_{2(k+1)}| = |b_{k+1} - a_{k+1}|$  и проверить условие окончания:

Если  $|L_{2(k+1)}| \leq \alpha$ , то процесс поиска завершается и  $x^* \in L_{2(k+1)} = [a_{k+1}, b_{k+1}]$ . В качестве приближенного решения принимают середину последнего

интервала  $x^* \cong \frac{a_{k+1} + b_{k+1}}{2}$ .

Если  $|L_{2(k+1)}| > \alpha$ , то принять  $k = k + 1$  и перейти к этапу 3.

Для оценки сходимости метода используется характеристика относительного

уменьшения начального интервала неопределенности  $R(N) = \frac{1}{2^{N/2}}$ , где  $N$  количество вычислений функции.

Таблица. Варианты заданий

№	$F(x) =$	Тип экстремума	Исходный интервал	Погрешность
1	$\text{ctg}105x - x^2 = 0$	max	[4; 9]	0.02
2	$x^2 + \sin(x)$	min	[-1; 0]	0.005
3	$0.1 - x + \cos(x)$	max	[4; 9]	0.02
4	$\exp(x) + x^2$	min	[-1; 0]	0.005
5	$\exp(x) + \frac{1}{x}$	min	[0.5; 1]	0.001
6	$-x + (x+2)/x^2$	min	[-2; 0]	0.01
7	$x + \frac{1}{\ln(x)}$	min	[-1.5; 3]	0.01
8	$x - \ln(\ln(x))$	min	[1.3; 3.0]	0.01

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.

**Тема:** Методы одномерной минимизации. Задача одномерной минимизации. Метод дихотомии, метод золотого сечения.

**Цель:** Приобретение практических навыков для решения задач одномерной минимизации численными методами.

**Задание:**

Требуется найти безусловный минимум функции одной переменной  $Y = F(x)$ ,

$$F(x^*) = \min_{x \in R} F(x)$$

то есть, такую точку  $x^* \in R$ , что

Поставленная задача может быть решена с помощью необходимых и достаточных условий безусловного экстремума. Однако, во многих практических случаях найти производные от заданной функции не представляется возможным. Поэтому решение задач одномерной

оптимизации численными методами является актуальным при изучении методов оптимизации.

**В методе золотого сечения в качестве двух внутренних точек выбираются точки золотого сечения.**

Точка производит золотое сечение, если отношение длины всего отрезка к большей части равно отношению большей части к меньшей части. На отрезке  $[a_0, b_0]$  имеются две симметричные относительно его концов точки  $y_0$  и  $z_0$ :

$$\frac{b_0 - a_0}{b_0 - y_0} = \frac{b_0 - y_0}{y_0 - a_0} = \frac{b_0 - a_0}{z_0 - a_0} = \frac{z_0 - a_0}{b_0 - z_0} = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \approx 1.618.$$

Точка  $y_0$  производит золотое сечение отрезка  $[a_0, z_0]$ , а точка  $z_0$  - отрезка  $[y_0, b_0]$ .

Метод относится к последовательным стратегиям. Задается начальный интервал неопределенности и требуемая точность. Алгоритм опирается на анализ значений функции в двух точках. В качестве точек вычисления функции выбираются точки золотого сечения. На каждой итерации, кроме первой, требуется только одно новое вычисление функции. Поиск заканчивается, если длина текущего интервала неопределенности меньше заданной величины.

Таблица. Варианты заданий

№	$F(x) =$	Тип экстремума	Исходный интервал	Погрешность
1	$\text{ctg}105x - x^2 = 0$	max	[4; 9]	0.02
2	$x^2 + \sin(x)$	min	[-1; 0]	0.005
3	$0.1 \cdot x + \cos(x)$	max	[4; 9]	0.02
4	$\exp(x) + x^2$	min	[-1; 0]	0.005
5	$\exp(x) + \frac{1}{x}$	min	[0.5; 1]	0.001
6	$-x + (x+2)/x^2$	min	[-2; 0]	0.01
7	$x + \frac{1}{\ln(x)}$	min	[-1.5; 3]	0.01
8	$x - \ln(\ln(x))$	min	[1.3; 3.0]	0.01

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.

**Тема:** Методы многомерной оптимизации. Безусловная минимизация функции нескольких переменных. Методы спуска: метод покоординатного спуска. Градиентные методы.

**Цель:** закрепление навыков исследования функций на выпуклость, решение задач на нахождение безусловного экстремума выпуклой функции аналитически и численными методами, изучение способов визуализации функций двух переменных в EXCEL и MATLAB.

**Задание:**

Аналитически найти стационарные точки заданной функции, области выпуклости/вогнутости функции. Найти точку глобального минимума. Оценить овражность исследуемой функции в окрестности точки минимума. Построить график функции, используя средства EXCEL или MATLAB. Решить задачу минимизации численным методом из нескольких начальных точек. Сделать вывод об эффективности выбранного метода. При выполнении задания на языке СИ написать классы для работы с векторами и матрицами.

$f(\bar{x}) = 100(x_2 - x_1^2)^2 + (1 - x_1)^2$ , метод наискорейшего спуска.

$f(\bar{x}) = (x_2 - x_1^2)^2 + (1 - x_1)^2$ , метод сопряженных градиентов.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6.

**Тема:** Методы многомерной оптимизации. Безусловная минимизация функции нескольких переменных. Методы спуска: метод покоординатного спуска. Градиентные методы.

**Цель:** закрепление навыков исследования функций на выпуклость, решение задач на нахождение безусловного экстремума выпуклой функции аналитически и численными методами, изучение способов визуализации функций двух переменных в EXCEL и MATLAB.

**Задание:**

Аналитически найти стационарные точки заданной функции, области выпуклости/вогнутости функции. Найти точку глобального минимума. Оценить овражность исследуемой функции в окрестности точки минимума. Построить график функции, используя средства EXCEL или MATLAB. Решить задачу минимизации численным методом из нескольких начальных точек. Сделать вывод об эффективности выбранного метода. При выполнении задания на языке СИ написать классы для работы с векторами и матрицами.

$f(\bar{x}) = -x_1^2 \exp[1 - x_1^2 - (x_1 - x_2)^2]$ , метод наискорейшего спуска.

$f(\bar{x}) = -x_1 x_2 \exp[1 - x_1^2 - (x_1 - x_2)^2]$ , метод сопряженных градиентов.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7.

**Тема:** Методы многомерной оптимизации. Безусловная минимизация функции нескольких переменных. Методы спуска: метод покоординатного спуска. Градиентные методы.

**Цель:** закрепление навыков исследования функций на выпуклость, решение задач на нахождение безусловного экстремума выпуклой функции аналитически и численными методами, изучение способов визуализации функций двух переменных в EXCEL и MATLAB.

**Задание:**

Аналитически найти стационарные точки заданной функции, области выпуклости/вогнутости функции. Найти точку глобального минимума. Оценить овражность исследуемой функции в окрестности точки минимума.

Построить график функции, используя средства EXCEL или MATLAB.

Решить задачу минимизации численным методом из нескольких начальных точек. Сделать вывод об эффективности выбранного метода.

При выполнении задания на языке СИ написать классы для работы с векторами и матрицами.

$f_4(\bar{x}) = 100(x_2 - x_1^3)^2 + (1 - x_1)^2$ , метод сопряженных градиентов.

$f_5(\bar{x}) = (1.5 - x_1(1 - x_2))^2 + (2.25 - x_1(1 - x_2^2))^2 + (2.625 - x_1(1 - x_2^3))^2$ , метод наискорейшего спуска.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8.

**Тема:** Монтаж регулирующих устройств.

**Цель:** Приобрести практические навыки по монтажу электрических схем по монтажу контроля и сигнализации.

**Оборудование:** Учебный стенд «Монтажный модуль», монтажный инструмент, соединительные провода.

**Вопросы для повторения:**

1. Перечислите основные логические элементы?
2. Таблица истинности элемента «ИЛИ»?
3. Способы реализации элемента «ИЛИ»?

### Логические элементы автоматики

Устройства, реализующие некоторые простые логические функции и функциональные преобразования в машинах, самостоятельно работающих по заданной программе. Наиболее распространенным логическим элементом, применяемым в схемах управления автоматических устройств, является электромеханическое реле, реагирующее на определенные значения и

изменения величин к.-л. параметра. Напряжение на его катушке является входным сигналом, состояние контактов реле (замкнутость или разомкнутость) - выходным сигналом.

Логические элементы являются одной из важнейших частей электронно-вычислительных машин. Они подразделяются на элементы, реализующие логическое отрицание, - схема "НЕ"; элементы, реализующие логическую конъюнкцию, - схема "И"; элементы, реализующие логическую дизъюнкцию, - схема "ИЛИ", и элементы, реализующие комбинированные логические операции. В сущности смысл работы логических элементов заключается в том, чтобы пропускать или не пропускать сигнал по той или иной цели, усиливать поступивший сигнал или не усиливать и т. п. Набор логических элементов позволяет электронно-вычислительной машине осуществлять преобразования информации в соответствии с преобразованиями формул в алгебре логики.

Логический элемент НЕ – операция отрицания. Если сигнал на входе А элемента отсутствует, то на выходе Х сигнал есть, и наоборот. На рис.1 сверху условное обозначение элемента, снизу поясняющая схема.

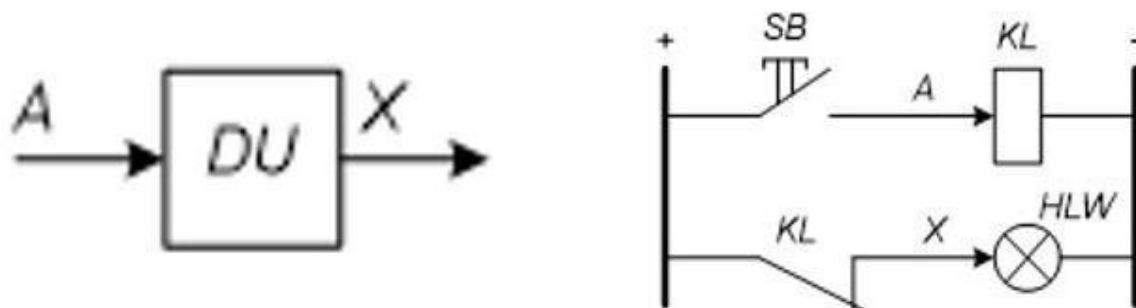


Рисунок 1 - условное обозначение элемента “НЕ” и поясняющая схема.

Примером элемента НЕ является промежуточное реле KL. Его вход - это подача напряжения на катушку, а выход – замыкание контакта. Когда кнопка разомкнута, то на катушку реле KL не подается напряжение и тогда его контакт замкнут, и лампа HLW светится. В случае, когда кнопка замкнута срабатывает реле и размыкается контакт разрывая цепь лампы HLW (она не светится).

Логический элемент И – операция логического умножения. Примером реализации элемента является последовательное соединение контактов реле. Если на входе есть все предусмотренные сигналы, то и на выходе есть

сигнал. Если отсутствует хотя бы один из входящих сигналов – на выходе не будет сигнала. В двоичной форме. Пример на рис.2.

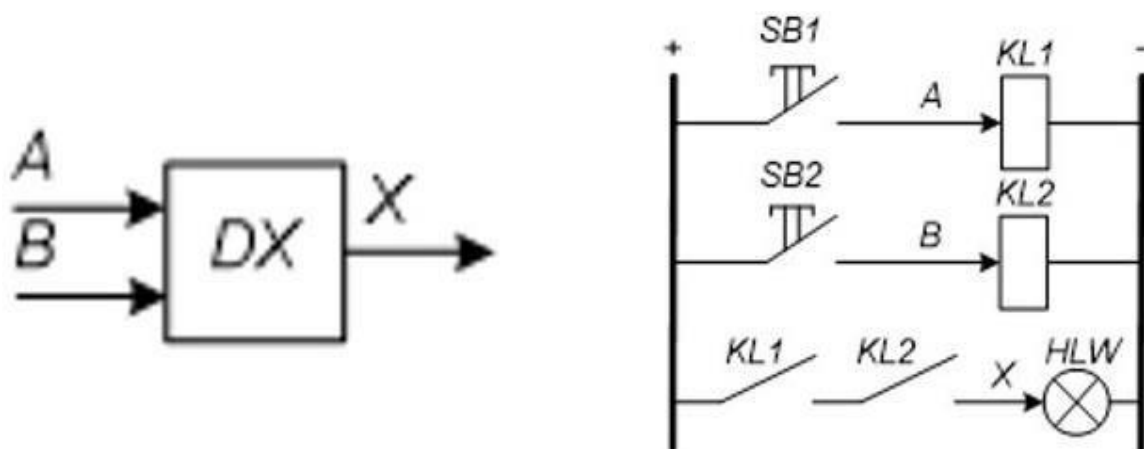


Рисунок 2 - условное обозначение элемента “И” и поясняющая схема.

Только в случае, когда подастся напряжение на обе катушки KL1 и KL2, лампа HLW загорится.

Логический элемент ИЛИ – операция логического суммирования. Дает на выходе сигнал X при наличии на входе любого одного сигнала A и B или обоих одновременно. Примером реализации элемента является параллельное соединение контактов реле. Рис.3.

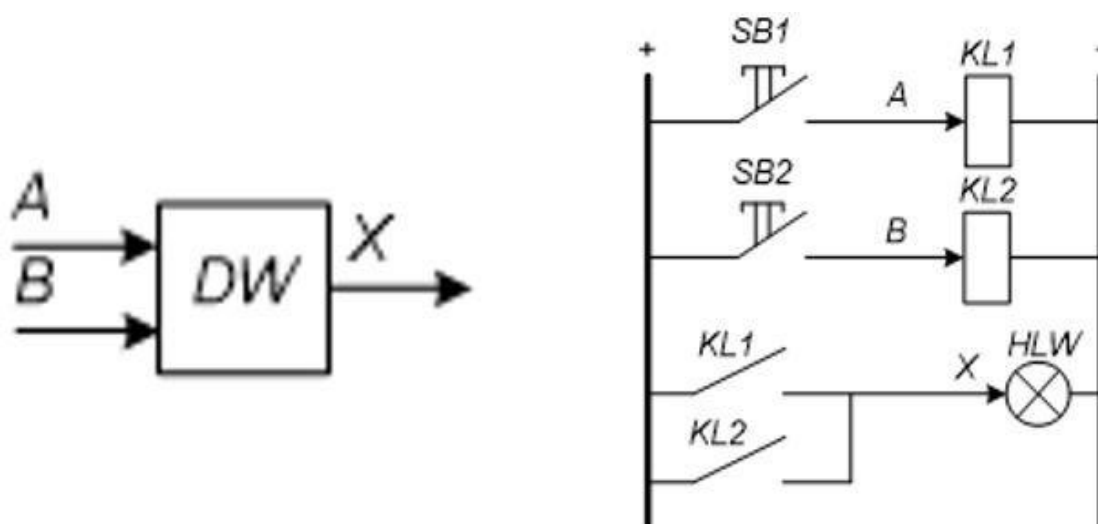


Рисунок 3 - условное обозначение элемента “ИЛИ” и поясняющая схема.

Лампа HLW загорится при подаче напряжение на любое реле.

С помощью рассмотренных логических элементов могут быть выполнены практически все необходимые логические операции. Рассмотрим пример операции запрета действия из сочетания элементов НЕ и И. Рис.4.

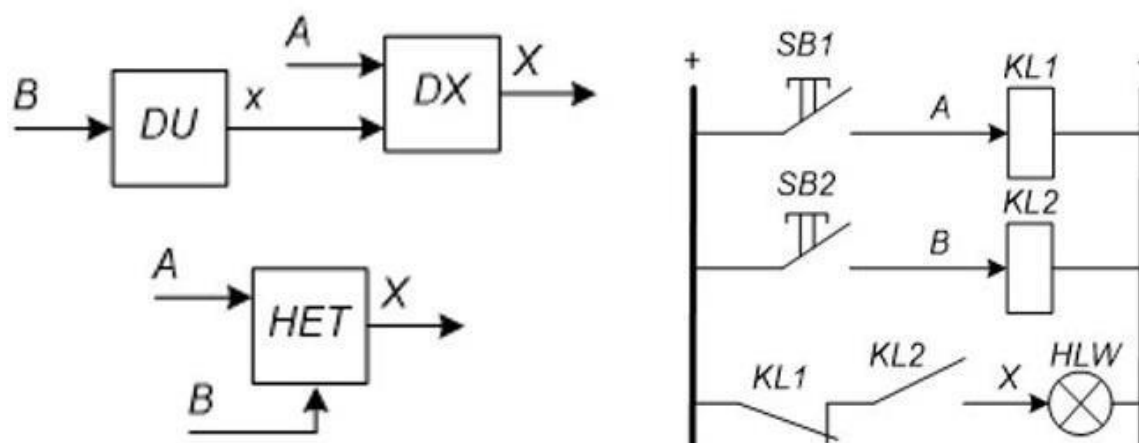


Рисунок 4 - условное обозначение элемента “НЕ и И” и поясняющая схема.

Из схемы видно, что сигнал на выходе X появится только в том случае, если имеется сигнал B, и отсутствует сигнал A. Если появится запрещающий сигнал A, то на выходе не будет сигнала.

Кроме рассмотренных логических элементов логическая часть большинства устройств релейной защиты включает в себя элементы времени. На рис.5. его изображение на структурных схемах.

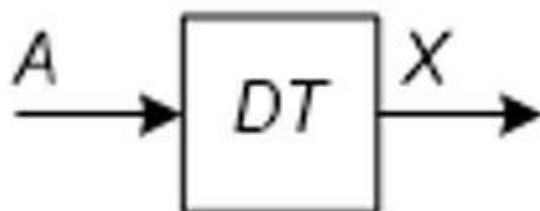


Рисунок 5 - условное обозначение элемента времени



Сигнал на выходе этого элемента X появляется по истечении заданного отрезка времени после появления сигнала A на входе элемента.

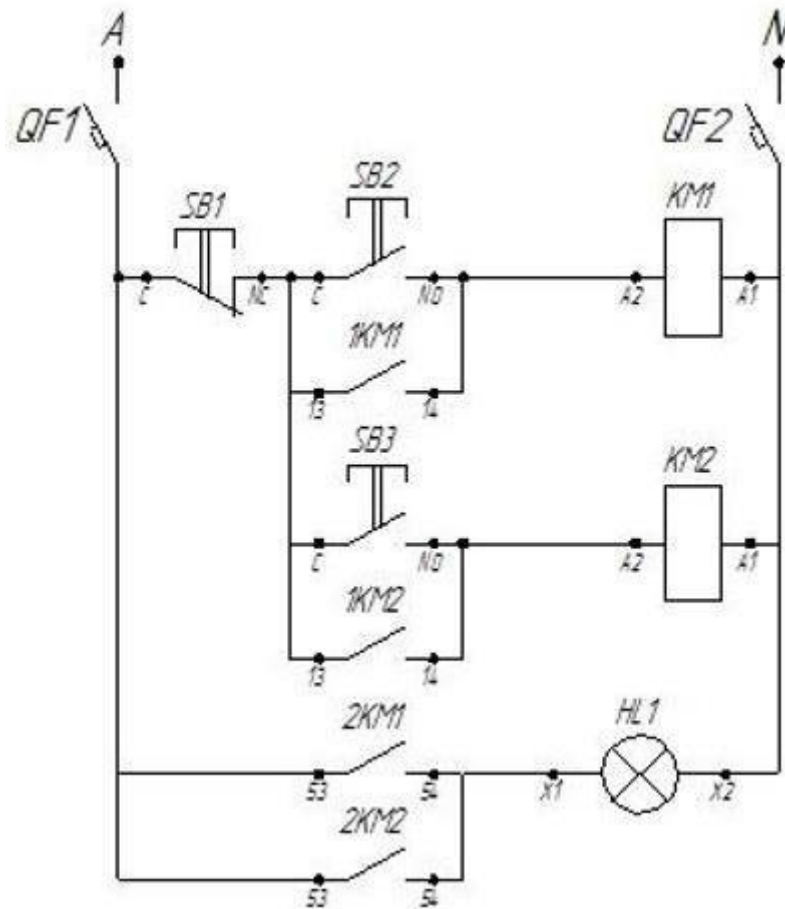


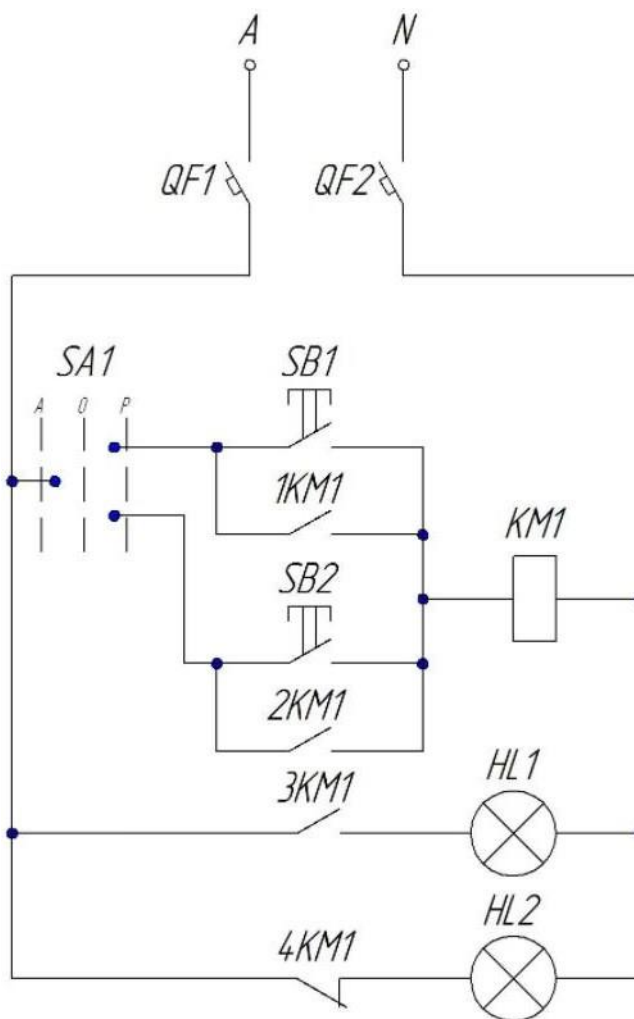
Рисунок 6 – электрическая схема элемента “ИЛИ”

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9.

**Тема:** Монтаж регулирующих устройств.

**Цель:** Приобрести практические навыки по монтажу электрической схемы управления исполнительным механизмом с приоритетного места управления.

**Оборудование:** Учебный стенд, чертёжные принадлежности, монтажный инструмент.



### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10.

**Тема:** Монтаж регулирующих устройств.

**Цель:** сформировать практические навыки по монтажу электрических схем управления

**Оборудование:** Монтажные модули, соединительные провода, электромонтажный инструмент.

**Вопросы для повторения:**

1 Из каких элементов состоит микропроцессорный измеритель- регулятор (приведите функциональную схему микропроцессорного измерителя-регулятора)?

2 Функции, выполняемые логическим устройством.

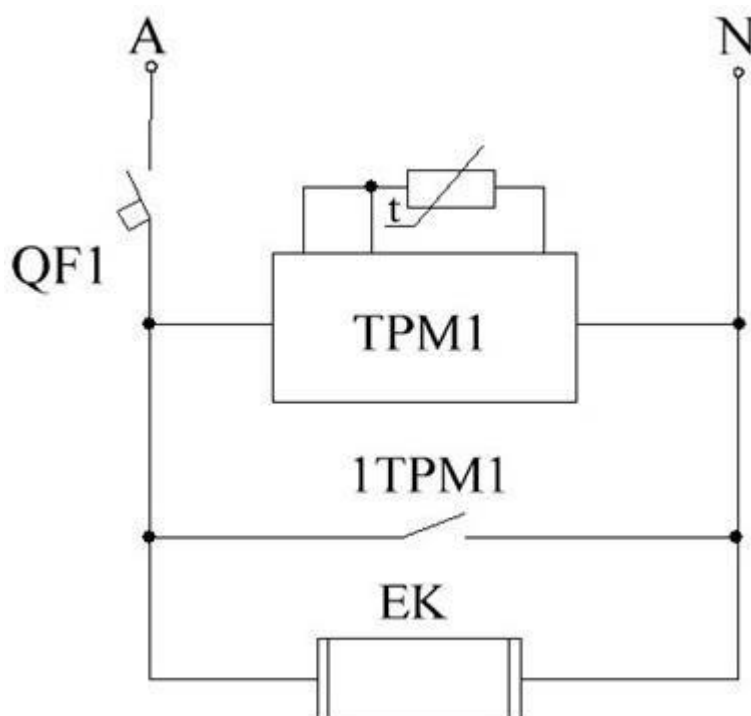
3 Перечислите типы выходных устройств измерителя-регулятора.

**Ход работы:**

1 Для выполнения работы необходимо изучить: типовые электрические схемы управления, устройство релейно-контактных аппаратов, применяемых при составлении схем, основные требования, которыми руководствуются при разработке схем управления.

2 Произвести монтаж принципиальной электрической схемы управления

- 3 Предоставить собранную схему преподавателю для проверки.
- 4 По результатам работы сделать вывод.



### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11.

**Тема:** Монтаж регулирующих устройств.

**Цель:** сформировать практические навыки по монтажу электрических схем звуковой сигнализации

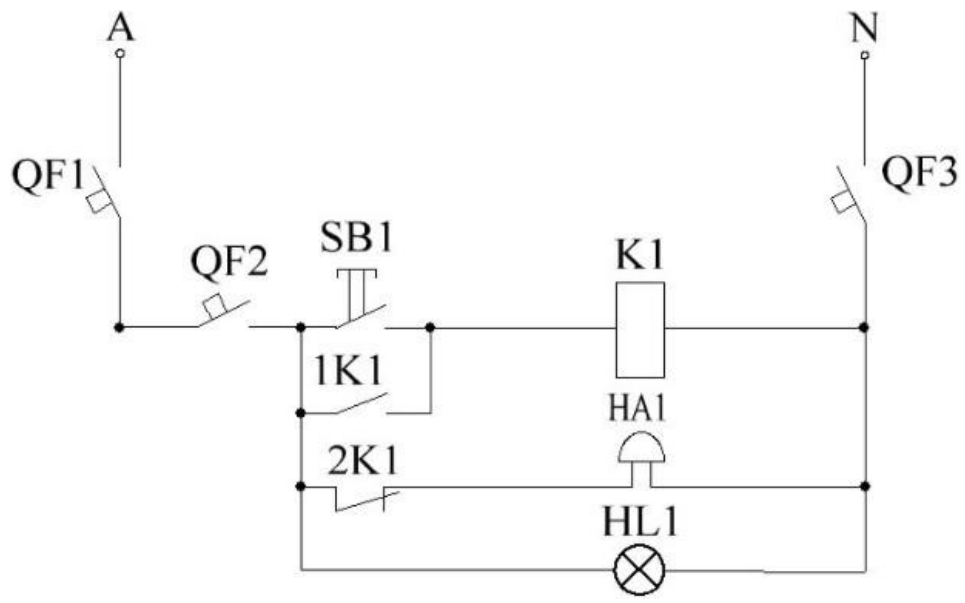
**Оборудование:** Монтажные модули, соединительные провода, электромонтажный инструмент.

**Вопросы для повторения:**

- 1 назначение технологической сигнализации?
- 2 назначение сигнализации положения?
- 3 Особенности выбора и применения различных схем сигнализации.

**Ход работы:**

- 1 Для выполнения работы необходимо изучить: типовые электрические схемы звуковой сигнализации, устройство релейно-контактных аппаратов, применяемых при составлении схем, основные требования, которыми руководствуются при разработке схем световой сигнализации.
- 2 Произвести монтаж принципиальной электрической схемы звуковой сигнализации
- 3 Предоставить собранную схему преподавателю для проверки.
- 4 По результатам работы сделать вывод.



## Информационное обеспечение обучения

### Основная литература:

1. Воробьев, В. А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных организаций : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 275 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07913-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>

2. Рогов, В. А. Технология машиностроения : учебник для среднего профессионального образования / В. А. Рогов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 351 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10932-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>

3. Лаврищева, Е. М. Программная инженерия и технологии программирования сложных систем : учебник для вузов / Е. М. Лаврищева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 432 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07604-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>

### Дополнительные учебные издания:

4. Технологическая оснастка : учебное пособие для вузов / Х. М. Рахимьянов, Б. А. Красильников, Э. З. Мартынов, В. В. Янпольский. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04474-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>

5. Шишмарёв, В. Ю. Организация и планирование автоматизированных производств : учебник для среднего профессионального образования / В. Ю. Шишмарёв. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 318 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-14143-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>

6. Колошкина, И. Е. Автоматизация проектирования технологической документации : учебник и практикум для среднего профессионального образования / И. Е. Колошкина. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 371 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-13635-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>

7. Колошкина, И. Е. Основы программирования для станков с ЧПУ : учебное пособие для среднего профессионального образования / И. Е. Колошкина, В. А. Селезнев. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 260 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12512-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru>

#### **Интернет – ресурсы**

8. Электронно-библиотечная система РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (далее ЭБС) сайт [www.library.timacad.ru](http://www.library.timacad.ru)
9. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» - <https://cyberleninka.ru/>
10. Сетевая электронная библиотека аграрных вузов - <https://e.lanbook.com/books>