

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические рекомендации для  
самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**Б1.Б.14 Автоматика**

**Направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия**

**Профиль образовательной программы «Электрооборудование и  
электротехнологии»**

**Форма обучения заочная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1.</b>	<b>Организация самостоятельной работы.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Методические рекомендации по выполнению индивидуальных домашних заданий.....</b>	<b>4</b>
2.1	Темы индивидуальных домашних заданий.....	4
2.2	Содержание индивидуальных домашних заданий.....	4
2.3	Порядок выполнения заданий.....	4
2.4	Пример выполнения задания .....	4
<b>3.</b>	<b>Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов.....</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>Методические рекомендации по подготовке к занятиям.....</b>	<b>13</b>
4.1	Предмет и значение дисциплины. Классификация автоматических систем управления. ....	13
4.2	Понятие о типовых входных воздействиях. Статические и динамические характеристики. ....	13
4.3	Классификация технических средств автоматики. ....	13
4.4	Классификация датчиков. Логические и цифровые элементы и микроконтроллеры автоматики.....	13
4.6	Преобразование структурных схем САУ. Необходимые и достаточные условия устойчивости линейных САУ. ....	13
4.7	Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Точность работы САУ.....	13
4.8	Производственный процесс и его автоматизация.....	13
4.9	Построение структуры и передаточной функции по заданной электрической схеме цепи.....	13

# 1. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

## 1.1. Организационно-методические данные дисциплины

№ п.п.	Наименование темы	Общий объем часов по видам самостоятельной работы				
		подготовка курсового проекта (работы)	подготовка реферата/эссе	индивидуальные домашние задания (ИДЗ)	самостоятельное изучение вопросов (СИБ)	подготовка к занятиям (ПкЗ)
1	2	3	4	5	6	7
1	Предмет и значение дисциплины. Классификация автоматических систем управления.			4	8	8
2	Понятие о типовых входных воздействиях. Статические и динамические характеристики.			4	6	2
3	Классификация технических средств автоматики.			2	2	
4	Классификация датчиков. Логические и цифровые элементы и микроконтроллеры автоматики.			6	10	
5	Регуляторы. П-, И-, ПИ- и ПИД-законы регулирования.			4	8	
6	Преобразование структурных схем САУ. Необходимые и достаточные условия устойчивости линейных САУ				8	4
7	Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Точность работы САУ				6	2
8	Производственный процесс и его автоматизация				8	
9	Построение структуры и передаточной функции по заданной электрической схеме цепи				8	

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

Индивидуальные домашние задания выполняются в форме контрольной работы.

### 2.1 Темы индивидуальных домашних заданий

1. Расчет корректирующего фильтра входных сигналов

### 2.2 Содержание индивидуальных домашних заданий

Таблица 1. Распределение заданий

Последняя цифра зачетной книжки	Номера вариантов								
0	1	11	21	31	41	51	61	71	81
1	2	12	22	32	42	52	62	72	82
2	3	13	23	33	43	53	63	73	83
3	4	14	24	34	44	54	64	74	84
4	5	15	25	35	45	55	65	75	85
5	6	16	26	36	46	56	66	76	86
6	7	17	27	37	47	57	67	77	87
7	8	18	28	38	48	58	68	78	88
8	9	19	29	39	49	59	69	79	89
9	10	20	30	40	50	60	70	80	90

### 2.3 Порядок выполнения заданий

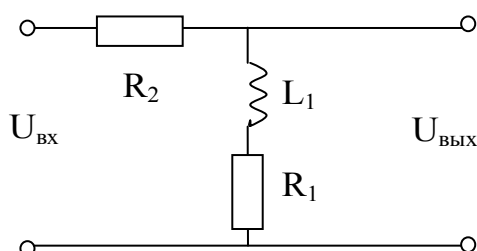
1. Проводим расчет корректирующего фильтра входных сигналов
2. Определение амплитудно-частотной характеристики системы
3. Определение устойчивости
4. Построение переходного процесса системы управления
5. Заключение

### 2.4 Пример выполнения задания

#### 1 Расчет корректирующего фильтра входных сигналов.

- 1.1 Вывод передаточной функции фильтра.

Схема №1



Исходные данные:  $R_1=0,5 \text{ МОМ}$ ;

$R_2=0,48 \text{ МОМ}$ ;

$L_1=90 \text{ Гн}$ .

Составим уравнения контурных токов, используя второй закон Кирхгофа:

$$U_{\text{вх}}(t) = R_2 I_1(t) + L_1 P \cdot I_1(t) + R_1 I_1(t);$$

$$U_{\text{вых}}(t) = I_1(t) \cdot L_1 P + I_1(t) \cdot R_1;$$

Запишем уравнения в операторной форме:

$$U_{\text{вх}}(t) = (R_2 + L_1 P + R_1) I_1(t);$$

$$U_{\text{вых}}(t) = (L_1 P + R_1) I_1(t);$$

Передаточную функцию запишем в виде:

$$W(P) = \frac{U_{\text{вых}}(P)}{U_{\text{вх}}(P)} = \frac{(L_1 P + R_1) I_1(t)}{(R_2 + L_1 P + R_1) I_1(t)} = \frac{L_1 P + R_1}{R_2 + L_1 P + R_1} = \frac{90P + 0.5}{0,48 + 90P + 0.5} = \frac{90P + 0.5}{90P + 0.98};$$

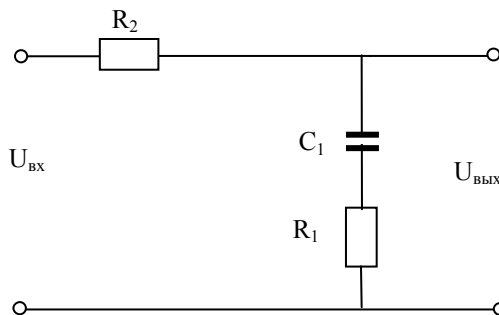
## 1.2 Амплитудно-частотная функция фильтра.

Схема № 2.

Исходные данные:  $R_1=1 \text{ МОМ}$ ;  $R_2=0,8 \text{ МОМ}$ ;

$R_3=0,2 \text{ МОМ}$ ;  $R_4=0,2 \text{ МОМ}$ ;

$C_2=0,85 \text{ мкФ}$ ;  $C_1=2,01 \text{ мкФ}$ .



Определим эквивалентное сопротивление:  $R_{\text{э2}} = R_2$ ;  $R_{\text{э1}} = \frac{R_1 C_1 P + 1}{C_1 P}$ ;

Составим уравнения контурных токов, используя второй закон Кирхгофа:

$$U_{\text{вх}}(t) = R_{\text{э1}} I_1(t) + R_{\text{э2}} I_1(t);$$

$$U_{\text{вых}}(t) = R_{\text{э2}} I_1(t);$$

Запишем уравнения в операторной форме:

$$U_{\text{вх}}(P) = R_{\text{э1}} I_1(P) + R_{\text{э2}} I_1(P);$$

$$U_{\text{вых}}(P) = R_{\text{э2}} I_1(P);$$

Выразим ток  $I_1$  из первого уравнения:

$$I_1(P) = \frac{U_{\text{вх}}(P)}{R_{\text{э1}} + R_{\text{э2}}};$$

Уравнение передаточной функции составим из условия:

$$U_{\text{вых}}(P) = R_{32} \cdot \frac{U_{\text{вх}}(P)}{R_{31} + R_{32}};$$

Передаточную функцию запишем в виде:

$$W(P) = \frac{U_{\text{вых}}(P)}{U_{\text{вх}}(P)} = \frac{R_{32}}{R_{31} + R_{32}} = \frac{\frac{R_1 C_1 P + 1}{C_1 P}}{\frac{R_2 P + 1}{P} + \frac{R_1 C_1 P + 1}{C_1 P}} = \frac{R_1 C_1 P + C_1}{(R_1 + R_2) C_1 P + C_1}$$

Подставим значения параметров схемы в уравнение передаточной функции.

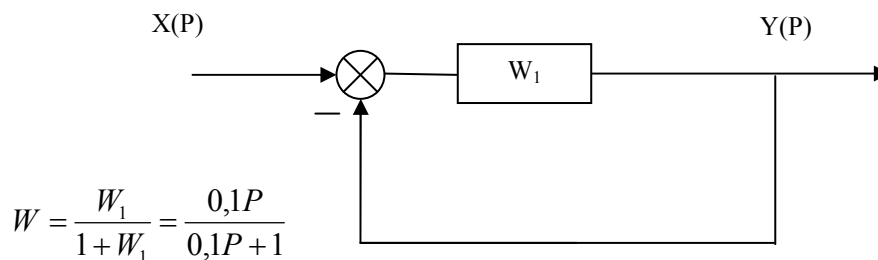
$$W(P) = \frac{1,708 P + 2,01}{3,075 P + 2,86}$$

### 1.3 Определение передаточной функции блока управления

Схема № 3.

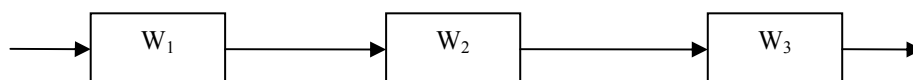
Исходные данные:

$$W_1 = 0,1P$$



### 1.4 Определение передаточной функции системы.

Найдем передаточную функцию всей цепи:



Передаточная функция последовательно соединенных звеньев равна произведению передаточных функций каждого звена:

$$\begin{aligned} W(P) &= W_1(P) \cdot W_2(P) \cdot W_3(P) \\ W &= \frac{90P + 0,5}{90P + 0,98} \cdot \frac{1,708P + 2,01}{3,075P + 2,86} \cdot \frac{0,1P}{0,1P + 1} = \\ &= \frac{0,397P^3 + 0,638P^2 + 0,201P}{1,201P^3 + 13,435P^2 + 14,532P + 2,86} \end{aligned}$$

## 2. Определение амплитудно-частотной характеристики системы

В передаточной функции системы заменим  $P$  на  $j\omega$  и подставим в следующую формулу:

$$A(\omega) = W(j\omega) \cdot W(-j\omega) =$$

$$= \frac{0,397(j\omega)^3 + 0,638(j\omega)^2 + 0,201(j\omega)}{1,201(j\omega)^3 + 13,435(j\omega)^2 + 14,532(j\omega) + 2,86} \cdot \frac{0,397(-j\omega)^3 + 0,638(-j\omega)^2 + 0,201(-j\omega)}{1,201(-j\omega)^3 + 13,435(-j\omega)^2 + 14,532(-j\omega) + 2,86}$$

$$= \frac{0,157\omega^6 + 0,247\omega^4 + 4,04 \cdot 10^{-2}\omega^2 +}{1,44\omega^6 + 145,593\omega^4 + 134,33\omega^2 + 8,179}$$

Амплитудно-частотную характеристику строим в осях  $[A(\omega); \omega]$ :

Таблица 1

$\omega$	0	0,5	1	2	10
$A(\omega)$	0	$5,5 \cdot 10^{-4}$	$1,53 \cdot 10^{-3}$	$4,78 \cdot 10^{-3}$	$5,49 \cdot 10^{-2}$

Продолжение таблицы 1

$\omega$	40	100	500
$A(\omega)$	0,1	0,108	0,109

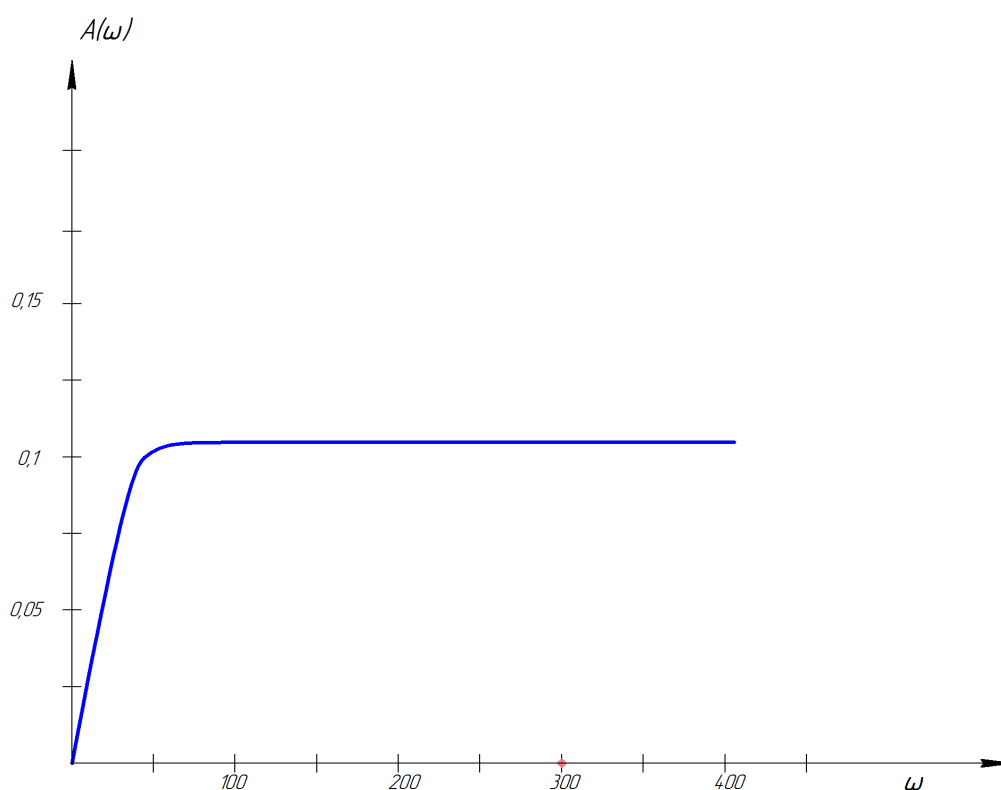


Рисунок 1. Амплитудно-частотная характеристика системы управления

### 3. Определение устойчивости.

#### 3.1. Алгебраический критерий.

##### Критерий Гурвица.

Критерий Гурвица формирует условие устойчивости автоматических систем управления в виде определителей.

Для устойчивости системы третьего порядка с уравнением

$$1,201P^3 + 13,435P^2 + 14,532P + 2,86 = 0$$

кроме того, чтобы были положительны все коэффициенты, требуется выполнение еще условия – положительность всех определителей Гурвица, получаемых из квадратной матрицы коэффициентов.

$$\Delta_2 = 191,802 > 0$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 13,435 & 2,86 \\ 1,201 & 14,532 \end{vmatrix} = 191,802$$

Вывод: т.к. выполняются все условия для определения устойчивости седьмого порядка: все коэффициенты в уравнение больше нуля,  $\Delta_2$  также больше нуля, следовательно, система будет устойчивой

### 3.2 Частотный критерий Найквиста.

Критерий устойчивости Найквиста.

Передающую функцию всей системы запишем в виде:

$$W_{\text{общ}} = \frac{0.397P^3 + 0.638P^2 + 0.201P}{1.201P^3 + 13.435P^2 + 14.532P + 2.86}$$

В передаточной функции всей системы заменим  $P$  на  $j\omega$ :

$$\begin{aligned} W_{\text{общ}} &= \frac{0.397(j\omega)^3 + 0.638(j\omega)^2 + 0.201j\omega}{1.201(j\omega)^3 + 13.435(j\omega)^2 + 14.532j\omega + 2.86} = \\ &= \frac{-0.397j\omega^3 - 0.638\omega^2 + 0.201j\omega}{-1.201j\omega^3 - 13.435\omega^2 + 14.532j\omega + 2.86} = \\ &= \frac{(-0.638\omega^2) + j \cdot (-0.397\omega^3 + 0.201\omega)}{(-13.435\omega^2 + 2.86) + j \cdot (-1.201\omega^3 + 14.532\omega)} \end{aligned}$$

Найдем  $\text{Re}(\omega)$  и  $\text{Im}(\omega)$ :

$$\begin{aligned} \text{Re}(\omega) &= \frac{(-0.638\omega^2) \cdot (-13.435\omega^2 + 2.86) + (-0.397\omega^3 + 0.201\omega) \cdot (-1.201\omega^3 + 14.532\omega)}{(-13.435\omega^2 + 2.86)^2 + (-1.201\omega^3 + 14.532\omega)^2} = \\ &= \frac{0.4768\omega^6 + 2.561\omega^4 + 1.096\omega^2}{1.442\omega^6 + 145.6\omega^4 + 134.3\omega^2 + 8.18} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Im}(\omega) &= \frac{(-0.397\omega^3 + 0.201\omega) \cdot (-13.435\omega^2 + 2.86) - (-0.638\omega^2) \cdot (-1.201\omega^3 + 14.532\omega)}{(-13.435\omega^2 + 2.86)^2 + (-1.201\omega^3 + 14.532\omega)^2} = \\ &= \frac{4.567\omega^5 + 5.436\omega^3 - 0.5749\omega}{1.442\omega^6 + 145.6\omega^4 + 134.3\omega^2 + 8.18} \end{aligned}$$

Таблица 2.



$\omega$	0	0,5	1	2	3	4	5	10
Re	0	$8,68 \cdot 10^{-3}$	0,014	0,026	0,04	0,058	0,078	0,173
Im	0	0,022	0,037	0,064	0,089	0,111	0,128	0,159

Продолжение таблицы 2

$\omega$	15	20	25	30	40	50	100	200
Re	0,233	0,267	0,287	0,299	0,312	0,318	0,327	0,33
Im	0,146	0,127	0,109	0,095	0,075	0,061	0,031	0,016

Продолжение таблицы 2

$\omega$	300	400	500	1000	104	105
Re	0,33	0,33	0,33	0,331	0,331	0,331
Im	0,011	$7,911 \cdot 10^{-3}$	$6,331 \cdot 10^{-3}$	$3,166 \cdot 10^{-3}$	$3,167 \cdot 10^{-4}$	$3,167 \cdot 10^{-5}$

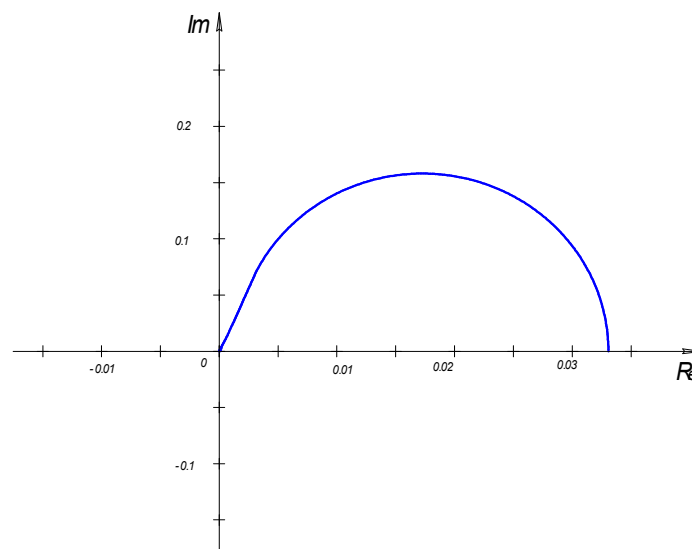


Рисунок 2 Амплитудно-фазочастотная характеристика автоматической системы управления.

Вывод: автоматическая система управления будет устойчивой, т.к. согласно критерию Найквиста автоматическая система управления, устойчивая в разомкнутом состоянии, будет устойчивой и в замкнутом состоянии, если амплитудно-фазочастотная характеристика  $W(j\omega)$  этой системы в разомкнутом состоянии не охватывает точку с координатами  $(-1; j0)$ .

#### 4. Построение переходного процесса системы управления.

Для передаточной функции системы управления

$$W = \frac{0,397P^3 + 0,638P^2 + 0,201P}{1,201P^3 + 13,435P^2 + 14,532P + 2,86}$$

Найдем корни характеристического уравнения системы управления.

$$1,201P^3 + 13,435P^2 + 14,532P + 2,86 = 0$$

Корни характеристического уравнения

$$P_1 = -10$$

$$P_2 = -0,93$$

$$P_3 = -0,256$$

$$Y(t) = \frac{M(0)}{D(0)} + \sum_{i=1}^k \frac{M(P_i)}{P_i \cdot D'(P_i)} \cdot e^{P_i t}$$

$$M(P) = 0,397 P^3 + 0,638 P^2 + 0,201 P$$

$$D'(P) = 3,603 P^2 + 26,87 P + 14,532$$

$$\frac{M(P_1)}{D'(P_1)} = 0,315$$

$$\frac{M(P_2)}{D'(P_2)} = 6,66 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{M(P_3)}{D'(P_3)} = 8,07 \cdot 10^{-3}$$

$$Y(t) = 0,315 e^{-10t} + 6,66 \cdot 10^{-3} e^{-0,93t} + 8,07 \cdot 10^{-3} e^{-0,256t}$$

Переходный процесс строим в осях  $[Y(t); t]$ :

Таблица 3

t	0	1	2	3	4	5	10
Y(t)	0,329	$8,87 \cdot 10^{-3}$	$5,87 \cdot 10^{-3}$	$4,15 \cdot 10^{-3}$	$3,059 \cdot 10^{-3}$	$2,03 \cdot 10^{-3}$	$6,24 \cdot 10^{-4}$

продолжение таблицы 3

t	20	40
Y(t)	$4,82 \cdot 10^{-5}$	$2,88 \cdot 10^{-7}$

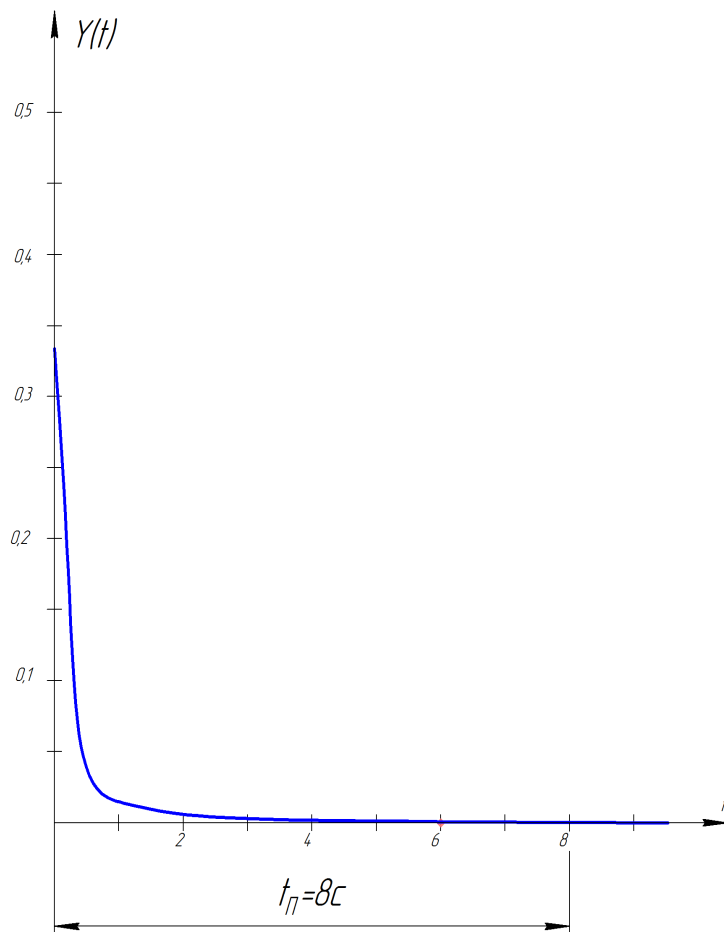


Рисунок 3 График переходного процесса системы управления

## 5. Заключение

При выполнении курсовой работы были найдены передаточные функции 1-го и 2-го звена корректирующего фильтра и блока управления. Далее рассчитали передаточную функцию всей системы и по полученным данным построили амплитудно-частотную характеристику системы управления.

Определили устойчивость системы по двум критериям, алгебраическому (критерий Гурвица) и частотному (критерий Михайлова), оба критерия показали, что система управления является устойчивой. Устойчивость системы доказывает и график переходного процесса в виде затухающих колебаний. Система является устойчивой.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ**

#### **4.1 Основные виды систем автоматизации производства: автоматический контроль, автоматическая защита, дистанционное и автоматическое управление.**

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на основных видах систем автоматизации производства.

#### **4.2 Воздействия и сигналы**

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на воздействиях и сигналах.

#### **4.3 Обратные связи и их назначение**

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на обратных связях и их назначении.

#### **4.4 Устройство и принцип действия, статические и динамические характеристики датчиков температуры, давления, перепада давления и разряжения, уровня, расхода, количества, состава и свойств материалов.**

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на устройстве и принципе действия, статических и динамических характеристиках датчиков температуры и давления.

#### **4.5 Выбор датчиков**

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на выборе датчиков.

#### **4.6 Взаимосвязь разных форм представления динамических характеристик САУ.**

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на взаимосвязи разных форм представления динамических характеристик САУ.

#### **4.7 Передаточные функции систем автоматического управления.**

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на передаточных функциях систем автоматического управления.

#### **4.8 Определение показателей надежности автоматических систем.**

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на определении показателей надежности автоматических систем.

#### **4.9 Определения показателей надежности средств автоматизации**

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на определении показателей надежности средств автоматизации.

## **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ**

### **4.1 Предмет и значение дисциплины. Классификация автоматических систем управления.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на предмете и значении дисциплины. Классификация АСУ. Основные виды САП: автоматический контроль, автоматическая защита, дистанционное и автоматическое управление.

### **4.2 Понятие о типовых входных воздействиях. Статические и динамические характеристики.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на основу аналитического определения динамических характеристик систем, а так же на статическая систему и астатическая систему

### **4.3 Классификация технических средств автоматики.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на классификацию технических средств автоматики.

### **4.4 Классификация датчиков. Логические и цифровые элементы и микроконтроллеры автоматики.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на классификацию датчиков, логические и цифровые элементы, а так же микроконтроллерах автоматики.

### **4.5 Регуляторы. П-, И-, ПИ- и ПИД-законы регулирования.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на регуляторы, на П-, И-, ПИ- и ПИД- законы регулирования.

### **4.6 Преобразование структурных схем САУ. Необходимые и достаточные условия устойчивости линейных САУ.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на преобразованиях структурных схем САУ, на необходимых и достаточных условиях устойчивости линейных САУ.

### **4.7 Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Точность работы САР.**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на алгебраических, частотных критериях устойчивости и на точности работы САР.

### **4.8 Производственный процесс и его автоматизация**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на производственный процесс и его автоматизацию.

### **4.9 Построение структуры и передаточной функции по заданной электрической схеме цепи**

При изучении вопроса необходимо обратить внимание на построение структуры и передаточной функции по заданной электрической схеме цепи  
заданной электрической схеме цепи