

**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 очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Организация самостоятельной работы.....	3
2. Методические рекомендации по самостоятельному изучению вопросов.....	4
3. Методические рекомендации по подготовке к занятиям.....	5
3.1 Предмет и значение дисциплины. Классификация автоматических систем управления.....	5
3.2 Понятие о типовых входных воздействиях. Статические и динамические характеристики.....	5
3.3 Классификация технических средств автоматики.....	5
3.4 Классификация датчиков. Логические и цифровые элементы и микроконтроллеры автоматики.....	5
3.5 Регуляторы. П-, И-, ПИ- и ПИД-законы регулирования.....	5
3.6 Преобразование структурных схем САУ. Необходимые и достаточные условия устойчивости линейных САУ.....	5
3.7 Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Точность работы САУ.....	5
3.8 Производственный процесс и его автоматизация.....	5
3.9 Построение структуры и передаточной функции по заданной электрической схеме цепи.....	5
4. Методические рекомендации по выполнению индивидуальных домашних заданий.....	6
4.1 Темы индивидуальных домашних заданий.....	6
4.2 Содержание индивидуальных домашних заданий.....	6
4.3 Порядок выполнения заданий.....	6
4.4 Пример выполнения задания.....	6

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	2
2	Понятие о типовых входных воздействиях. Статические и динамические характеристики.				4	4
3	Классификация технических средств автоматики.				4	2
4	Классификация датчиков. Логические и цифровые элементы и микроконтроллеры автоматики..				4	4
5	Регуляторы. П-, И-, ПИ- и ПИД-законы регулирования				4	4
6	Преобразование структурных схем САУ. Необходимые и достаточные условия устойчивости линейных САУ			2	4	4
7	Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Точность работы САУ			2	4	4
8	Производственный процесс и его автоматизация			2	4	4
9	Построение структуры и передаточной функции по заданной электрической схеме цепи				4	4

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ВОПРОСОВ

2.1 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.

2.2 Воздействия и сигналы

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на воздействиях и сигналах.

2.3 Обратные связи и их назначение

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

2.4 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.

2.5 Выбор датчиков

При изучении вопроса необходимо акцентировать внимание на выборе датчиков.

2.6 Взаимосвязь разных форм представления динамических характеристик САУ.

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

2.7 Передаточные функции систем автоматического управления.

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

2.8 Определение показателей надежности автоматических систем.

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

2.9 Определения показателей надежности средств автоматизации

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

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЗАНЯТИЯМ

3.1 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.

3.2 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

3.3 Классификация технических средств автоматики.

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

3.4 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.

3.5 Регуляторы. П-, И-, ПИ- и ПИД-законы регулирования.

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

3.6 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.

3.7 Алгебраические и частотные критерии устойчивости. Точность работы САР.

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

3.8 Производственный процесс и его автоматизация

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

3.9 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

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

Индивидуальные домашние задания выполняются в форме расчетно-графической 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

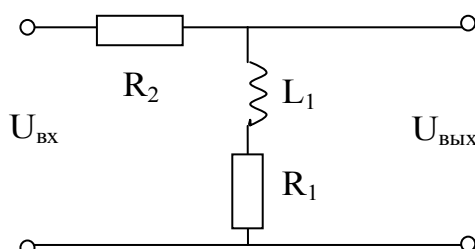
1. Проводим расчет корректирующего фильтра входных сигналов
2. Определение амплитудно-частотной характеристики системы
3. Определение устойчивости
4. Построение переходного процесса системы управления
5. Заключение

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:

$$U_{ax}(t) = (R_2 + L_1 P + R_1) I_1(t);$$

$$U_{ayx}(t) = (L_1 P + R_1) I_1(t);$$

Передаточную функцию запишем в виде:

$$W(P) = \frac{U_{ayx}(P)}{U_{ax}(P)} = \frac{(L_1 P + R_1) I_1(t)}{(R_2 + L_1 P + R_1) I_1(t)} = \frac{L_1 P + R_1}{R_2 + L_1 P + R_1} = \frac{90P + 0.5}{0.48 + 90P + 0.5} = \frac{90P + 0.5}{90P + 0.98};$$

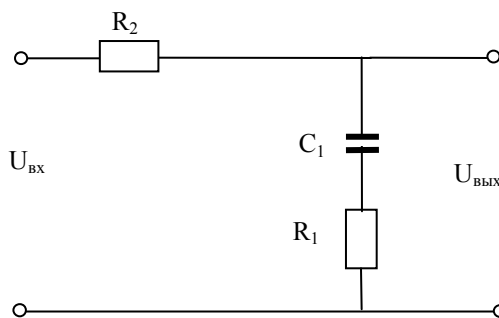
1.2 Амплитудно-частотная функция фильтра.

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: $R_{\text{э}2} = R_2$; $R_{\text{э}1} = \frac{R_1 C_1 P + 1}{C_1 P}$;

Составим уравнения контурных токов, используя второй закон Кирхгофа:

$$U_{ax}(t) = R_{\text{э}1} I_1(t) + R_{\text{э}2} I_1(t);$$

$$U_{ayx}(t) = R_{\text{э}2} I_1(t);$$

Запишем уравнения в операторной форме:

$$U_{ax}(P) = R_{\text{э}1} I_1(P) + R_{\text{э}2} I_1(P);$$

$$U_{ayx}(P) = R_{\text{э}2} I_1(P);$$

Выразим ток I_1 из первого уравнения:

$$I_1(P) = \frac{U_{ax}(P)}{R_{\text{э}1} + R_{\text{э}2}};$$

Уравнение передаточной функции составим из условия:

$$U_{ayx}(P) = R_{\text{э}2} \cdot \frac{U_{ax}(P)}{R_{\text{э}1} + R_{\text{э}2}};$$

Передаточную функцию запишем в виде:

$$W(P) = \frac{U_{ayx}(P)}{U_{ax}(P)} = \frac{R_{\text{э}2}}{R_{\text{э}1} + R_{\text{э}2}} = \frac{\frac{R_1 C_1 P + 1}{C_1 P}}{\frac{R_2 P + 1}{P} + \frac{R_1 C_1 P + 1}{C_1 P}} = \frac{R_1 C_1 P + 1}{(R_1 + R_2) C_1 P + C_1}$$

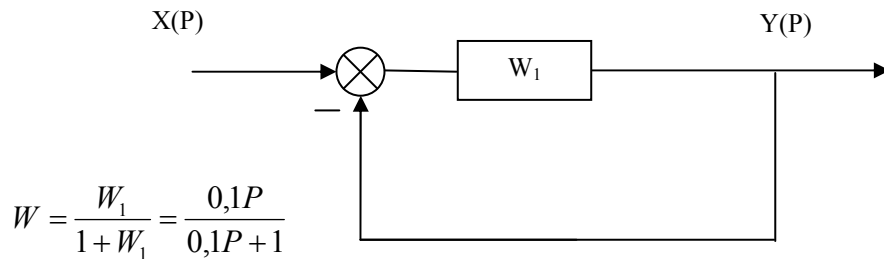
Подставим значения параметров схемы в уравнение передаточной функции.

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

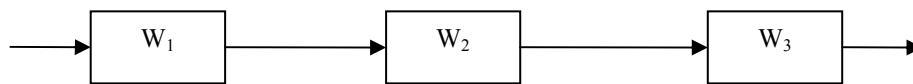
1.3 Определение передаточной функции блока управления Схема № 3.

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:

$$W(P) = W_1(P) \cdot W_2(P) \cdot W_3(P)$$

$$W = \frac{90P + 0,5}{90P + 0,98} \cdot \frac{1,708P + 2,01}{3,075P + 2,86} \cdot \frac{0,1P}{0,1P + 1} =$$

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

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

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

Продолжение таблицы 1

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

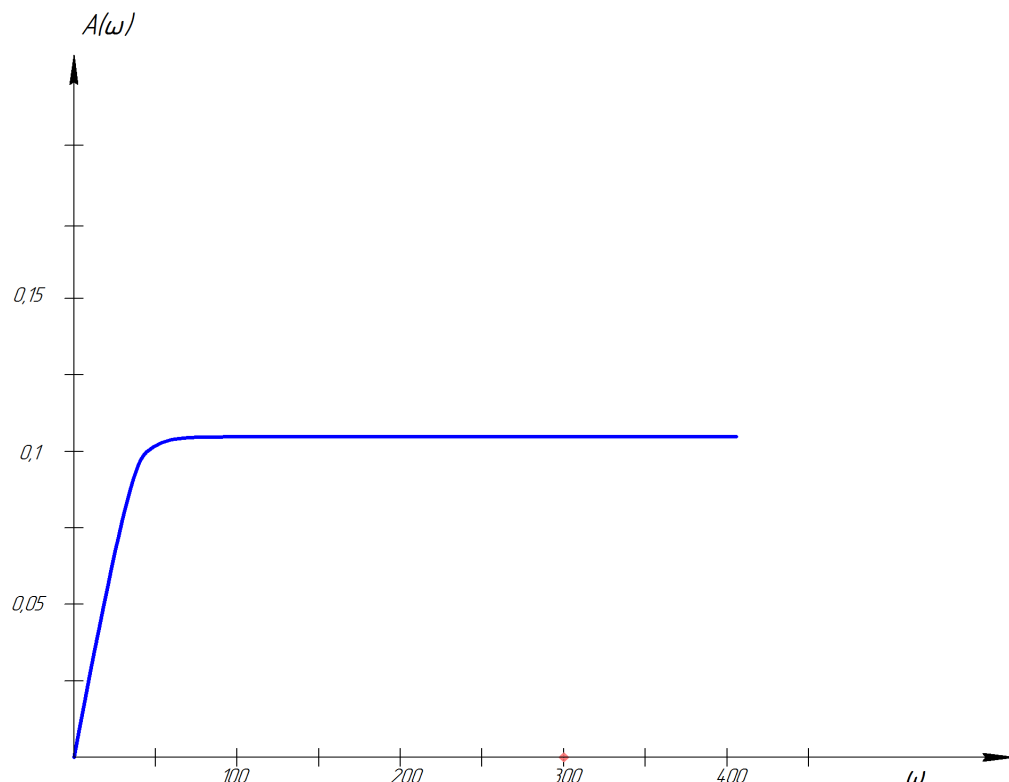


Рисунок 1. Амплитудно-частотная характеристика системы управления

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, Δ_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.

ω	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

ω	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

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

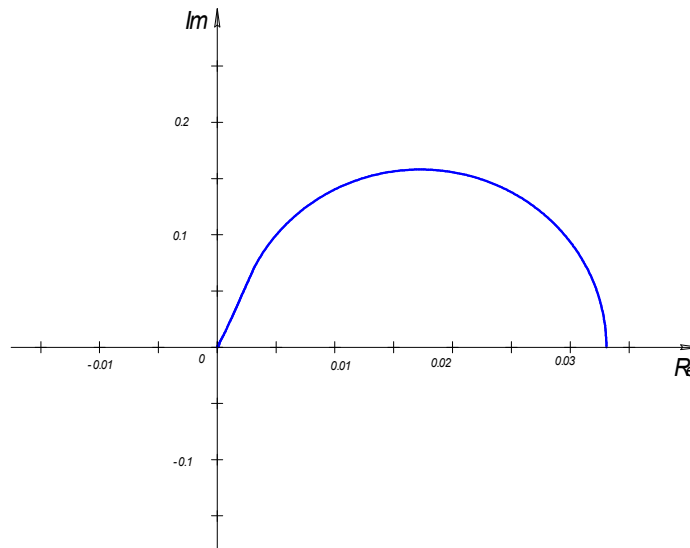


Рисунок 2 Амплитудно-фазочастотная характеристика автоматической системы управления.

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

$$P_1 = -10$$

$$P_2 = -0,93$$

$$P_3 = -0,256$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 3

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

продолжение таблицы 3

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

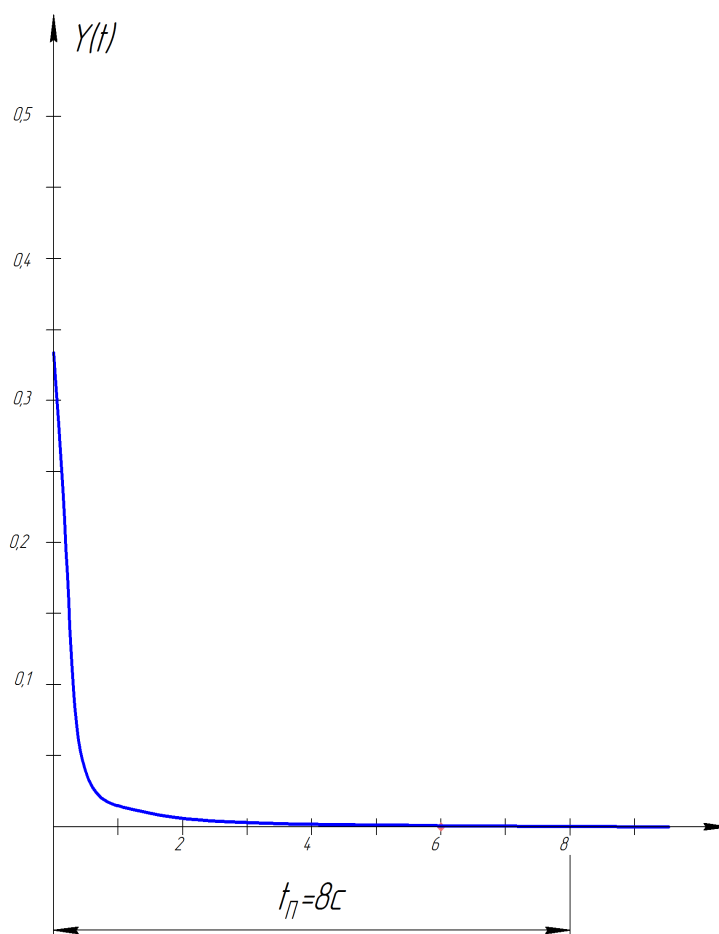


Рисунок 3 График переходного процесса системы управления

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.