

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.01.2022 10:51:41

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d55e51c11eabb175e945d14246511a56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра теоретической механики и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –  
проректор по учебной работе  
Е.А. Кудряшов



2012 г.

### Лабораторная работа № 9

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И КАЧЕСТВА ЛИНЕЙНОЙ САУ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 220401.65 Мехатроника; направлений 220200.62 Автоматизация и управление и 221000.62 Мехатроника и робототехника

Курск 2011

УДК 621.(076.1)

Составители: Лушников Б.В., Яцун С.Ф.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *В.Я.Мищенко*

**Исследование устойчивости и качества линейной САУ с запаздыванием:** методические указания к выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т., сост.: Б.В. Лушников, С.Ф.Яцун; Курск, 2011. 11 с., ил. 10, табл.2. Библиогр.: с.11.

Методические указания содержат краткие теоретические сведения из курса теории автоматического управления, необходимые для выполнения лабораторной работы, а также иллюстрированные примеры выполнения, варианты заданий и контрольные вопросы для самопроверки.

Предназначены для студентов направлений 220200.62 Автоматизация и управление, 221000.62 Мехатроника и робототехника и для студентов специальности 220401.65 Мехатроника всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16 .Усл.печ.л. .

Уч.-изд.л. .Тираж 20 экз. Заказ .Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Лабораторная работа №9

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И КАЧЕСТВА ЛИНЕЙНОЙ САУ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

#### **Цель работы:**

1. Исследование влияния параметров запаздывания на устойчивость и качество САУ;
2. Выбор значений параметров регулятора, обеспечивающих желаемые динамические свойства САУ с запаздыванием;
3. Подтверждение (путем моделирования) того, что в результате введения корректирующего устройства (регулятора) САУ приобрела желаемые свойства.

**Объект исследования:** линейная система автоматического управления.

**Аппаратные средства:** виртуальная лаборатория на ЭВМ IBM PC, программный пакет «MATLAB».

#### **Краткие теоретические сведения**

Передаточная функция запаздывания имеет вид:

$$W(p) = e^{-\tau p},$$

где  $\tau$  – время запаздывания.

В программном пакете MATLAB функцию запаздывания реализует блок Transport Delay.

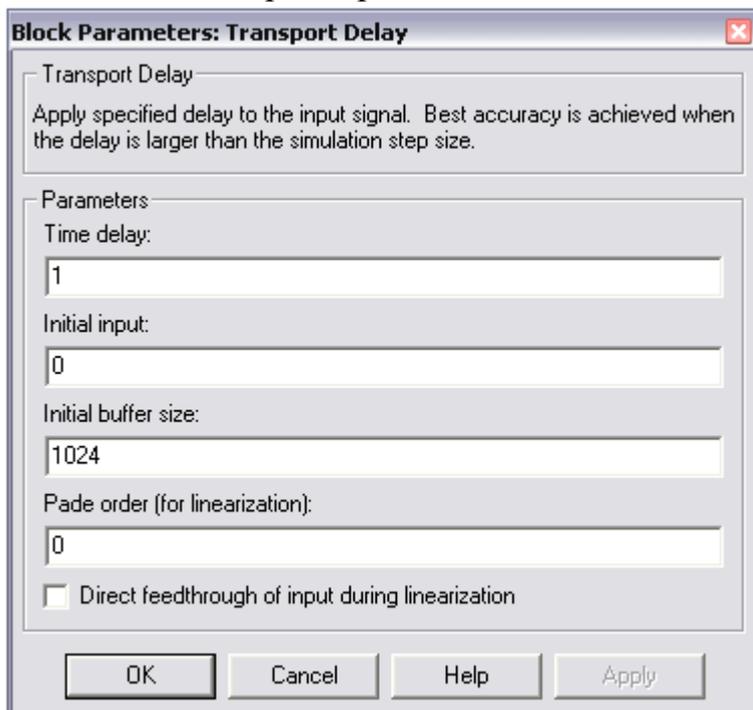
Блок фиксированной задержки сигнала.

Пиктограмма:



Назначение: обеспечивает задержку входного сигнала на заданное время.

Окно задания параметров:



Параметры блока:

*Time Delay* – время задержки сигнала.

*Initial input* – начальное значение выходного сигнала.

*Initial buffer size* – начальный размер буфера (количество памяти, выделяемой для хранения задержанного сигнала).

*Pade order (for linearization)* – порядок ряда Паде. Используется при аппроксимации выходного сигнала. Задаётся целым положительным числом.

*Direct feedthrough of input during linearization* – прямой выход при линеаризации. При выставленном флажке в случае выполнения линеаризации модели полагается, что входной сигнал проходит на выход блока без задержки.

При выполнении моделирования значение сигнала и соответствующее ему модельное время сохраняются во внутреннем буфере блока. По истечении времени задержки значение сигнала извлекается из буфера и передаётся на выход блока. В том случае, если шаги модельного времени не совпадают со значениями моментов времени для записания в буфер сигнала, блок Transport Delay выполняет аппроксимацию выходного сигнала.

Рисунок 1 демонстрирует работу блока с синусоидальным сигналом (время задержки 0,5 с).

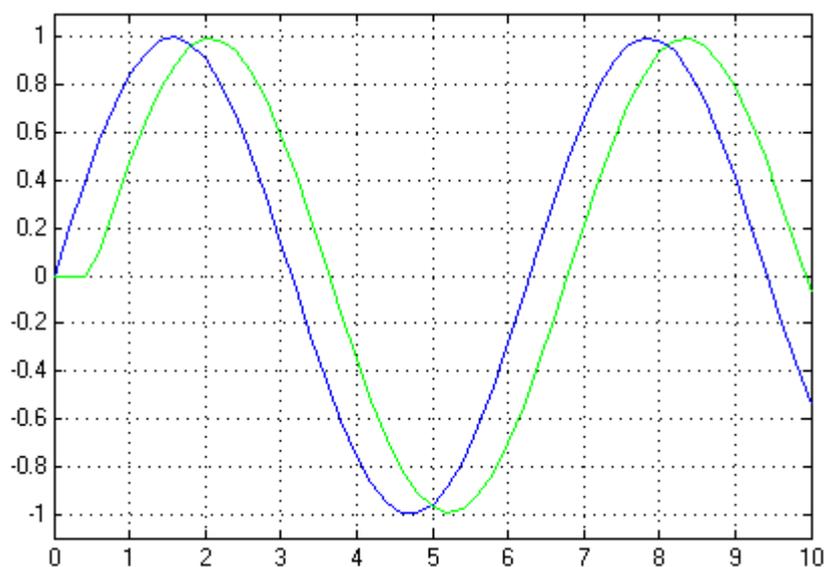


Рис.1 Работа блока Transport Delay

### Порядок выполнения лабораторной работы

Исходные данные:

<i>Параметры</i>	
$k_0$	2
$T$	0,4
$\xi$	0,7
$t_{рез}, c \leq$	1,5
$\sigma, \% \leq$	10

Передаточная функция исследуемой системы имеет вид:

$$W(p) = \frac{k_0}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1}$$

#### 1. Изучение влияния параметров запаздывания на САУ.

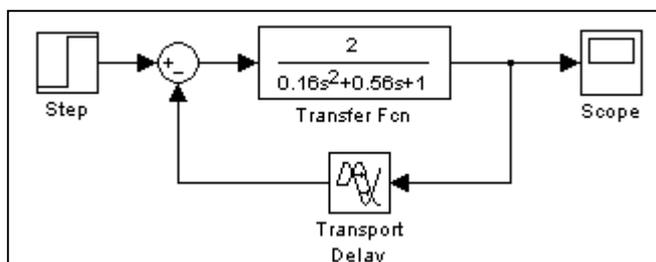


Рис.2 Математическая модель САУ с запаздыванием

Сравним характеристики исходной САУ и системы с блоком задержки сигнала (время задержки установим равным 0,5 с).

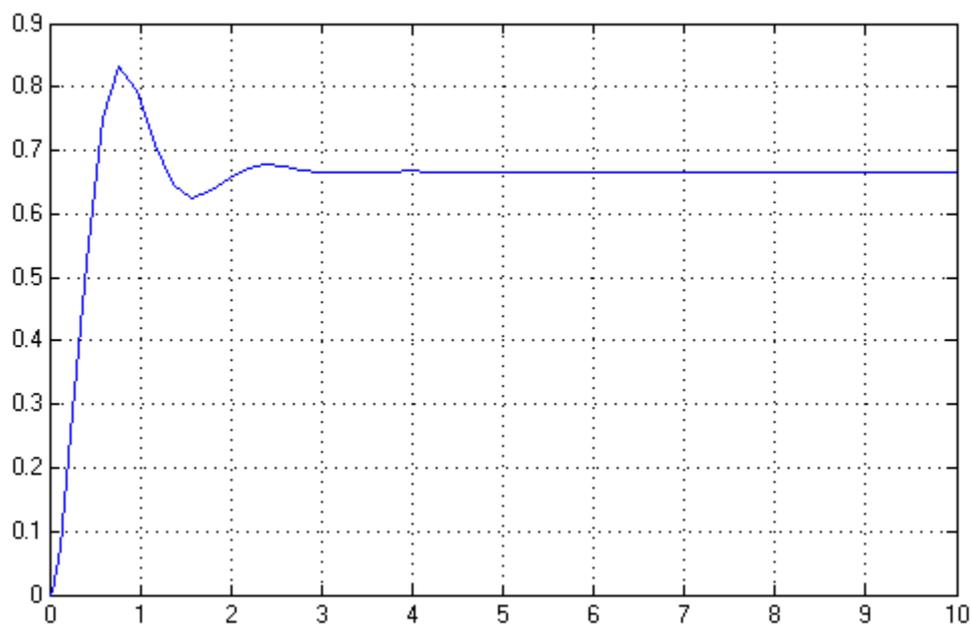


Рис.3 Характеристика переходного процесса исходной САУ

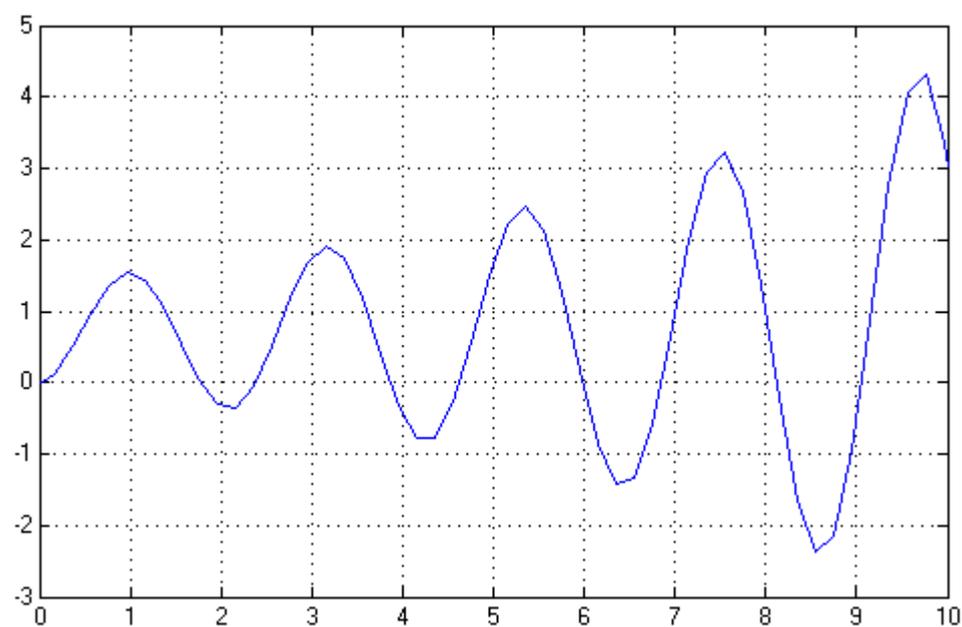


Рис.4 Характеристика переходного процесса САУ с запаздыванием (при  $\tau = 0,5$  с)

Исходя из полученных характеристик, можно сделать вывод о том, что под воздействием блока задержки сигнала система теряет устойчивость. Но следует учесть, что это происходит с определённого значения времени запаздывания  $\tau$ . Например, для рассматриваемой системы потеря устойчивости начинается при  $\tau = 0,4$  с. Если же время задержки менее данного значения, САУ устойчива (рис.5).

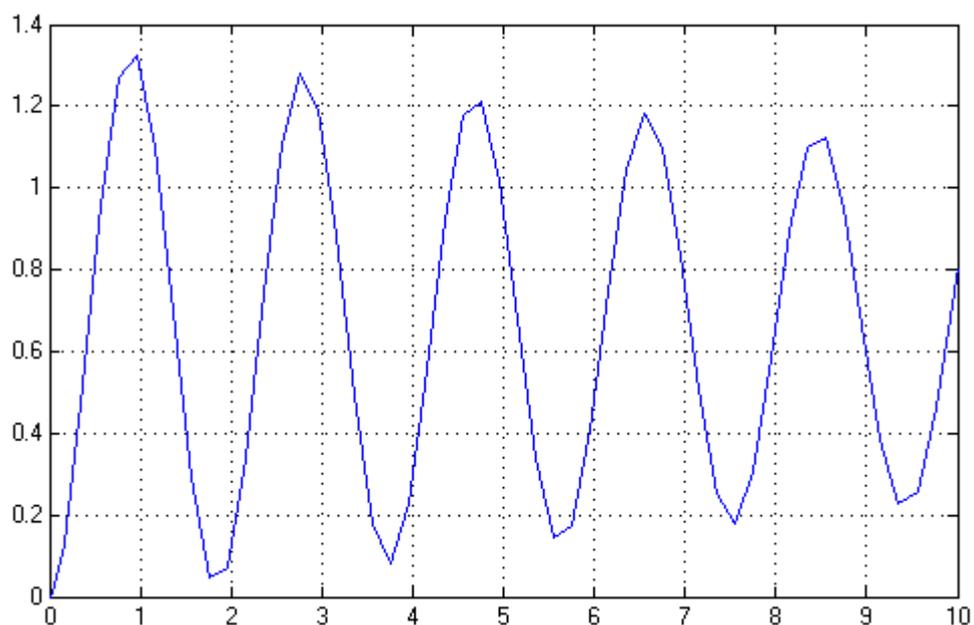


Рис.5 Характеристика переходного процесса САУ с запаздыванием при  $\tau = 0,35$  с

## 2. Подключение ПИД регулятора и подбор оптимальных коэффициентов регулирования.

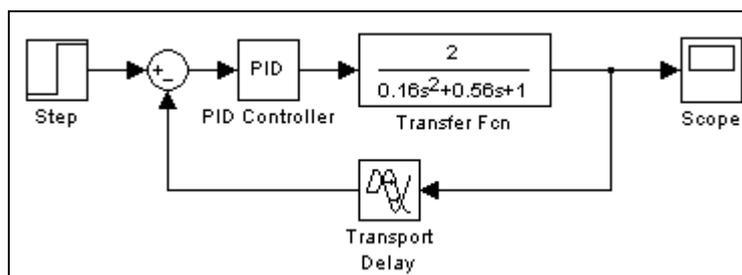


Рис.6 Модель системы с ПИД-регулятором

Подбор оптимальных коэффициентов в данной работе практически невозможно осуществить с помощью NCD-блока, работа которого занимает довольно длительное время, но не приводит к положительным результатам. Рисунок 7 доказывает неэффективность блока для исследуемой системы.

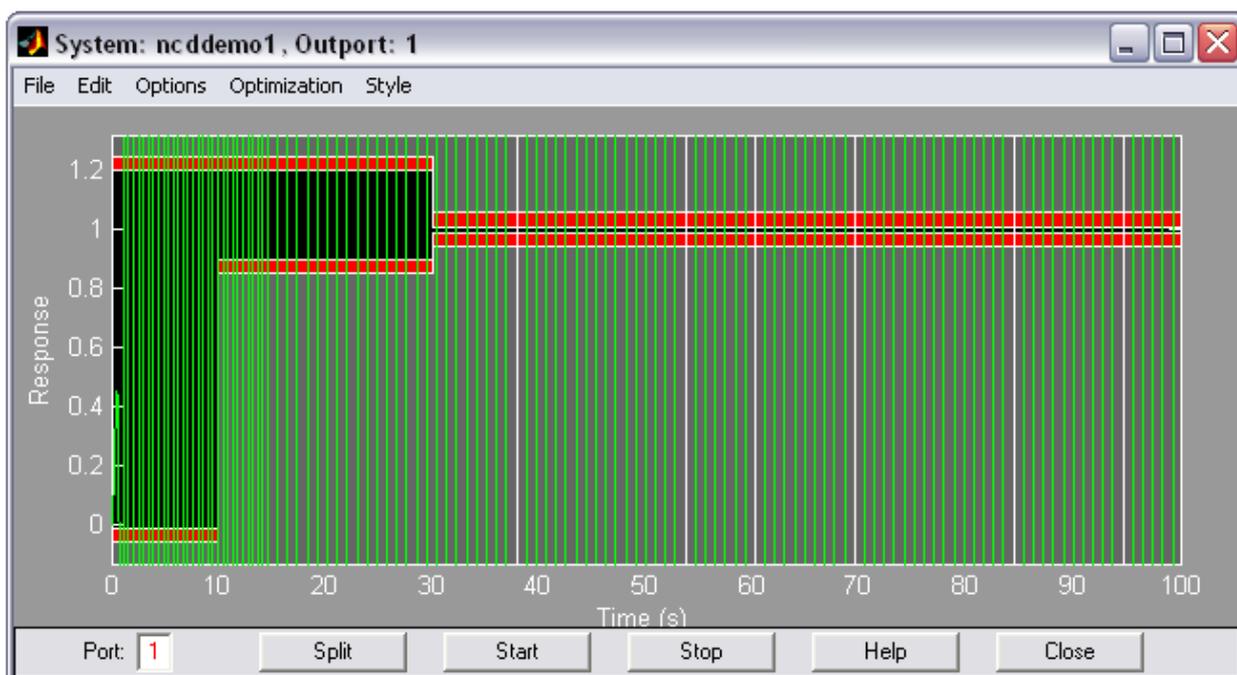


Рис.7 Результат подбора коэффициентов регулирования NCD-блоком

Поэтому коэффициенты ПИД-регулятора приходится подбирать вручную. При этом следует учесть, что подбор не должен происходить «вслепую», так как каждый коэффициент по-своему влияет на характеристику переходного процесса.

Пошаговый подбор коэффициентов регулирования приведён в таблице 1.

Таблица 1

$\text{№}$ $n/n$	$k_P$	$k_I$	$k_D$	$\sigma, \%$	$t_{\text{пр}} \text{ с}$	$n$
Исх. сост.	1	1	0	Неустойчивая САУ		
1	0,5	0,5	0	86	21	8
2	0,1	0,5	0	75	15	3
3	0,1	0,2	0	0	11	0
4	0,01	0,2	0	0	7	0
5	0,005	0,2	0	0	4,5	0
6	0,005	0,2	0,1	0	6	1
7	0,005	0,21	0,05	0	3,7	0

На основе подбора можно сделать вывод о влиянии коэффициентов на характеристику САУ:

- $k_P$  регулирует интервал времени переходного процесса (шаги 1, 2);
- $k_I$  влияет на количество колебаний и величину  $t_{\text{пр}}$  (шаги 2, 3), то есть «поднимает» или «опускает» характеристику относительно оси  $y$ ;
- $k_D$  воздействует на колебательность системы (шаги 6, 7); менять его

значение следует в последнюю очередь.

Рисунки 8-10 наглядно демонстрируют влияние коэффициентов ПИД-регулятора на характеристику исследуемой САУ.

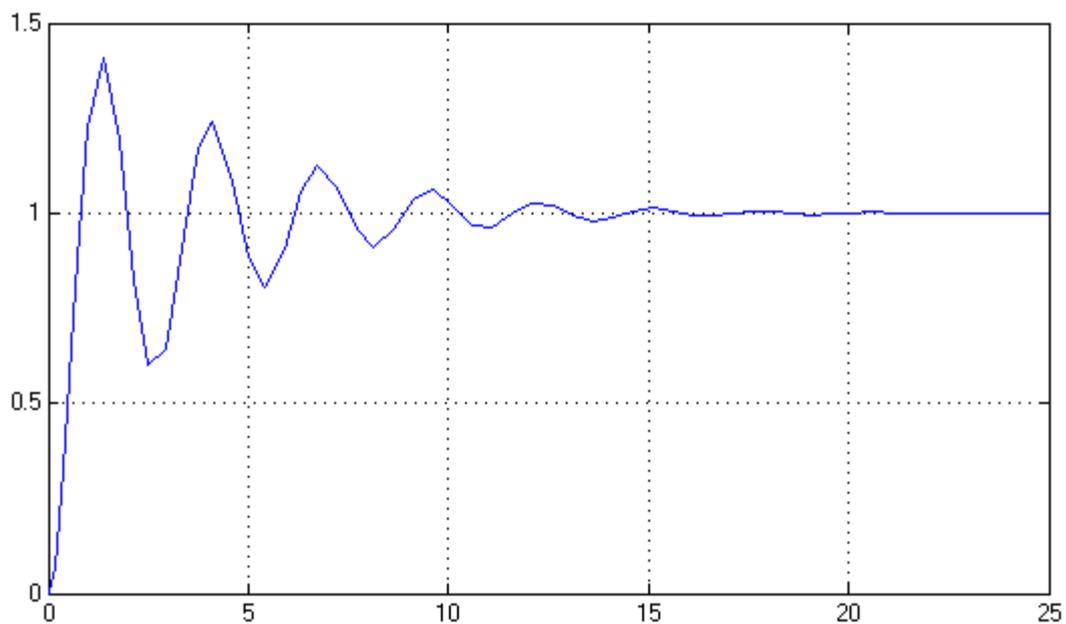


Рис.8 Характеристика САУ при  $k_P=0,5$ ;  $k_I=0,5$ ;  $k_D=0$

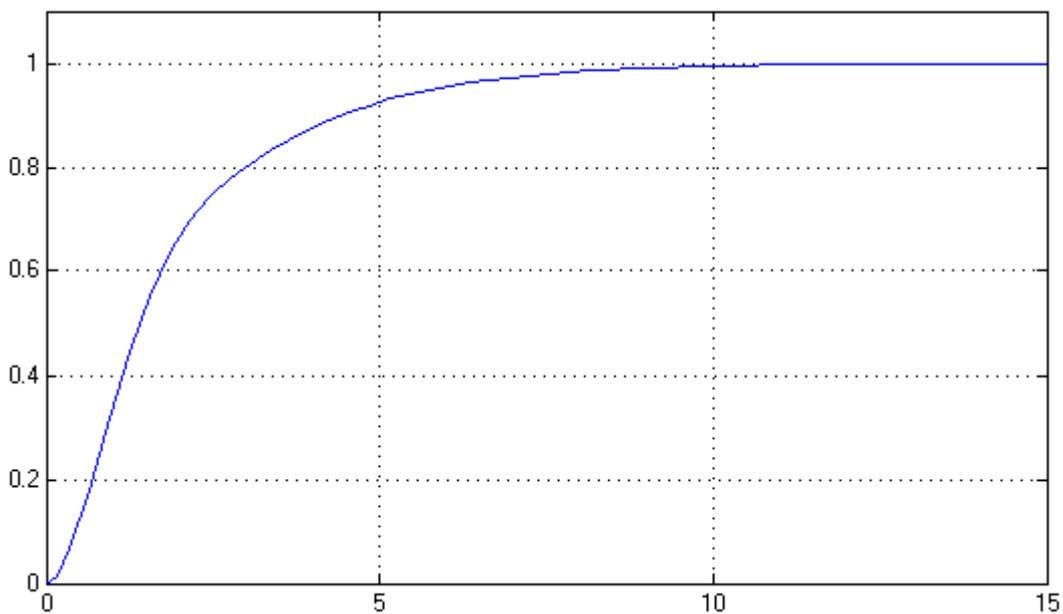


Рис.9 Характеристика САУ при  $k_P=0,1$ ;  $k_I=0,2$ ;  $k_D=0$

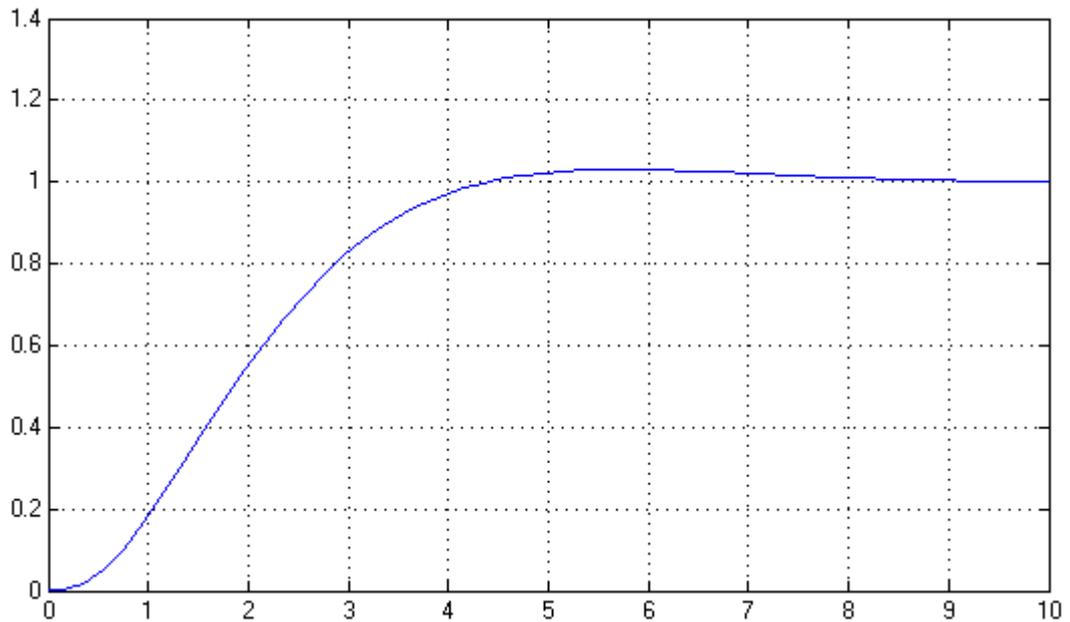


Рис.10 Характеристика САУ при  $k_{\Pi}=0,005$ ;  $k_{И}=0,21$ ;  $k_{Д}=0,05$

Таким образом, в ходе работы было исследовано влияние эффекта запаздывания на САУ, а подобранные вручную коэффициенты регулирования обеспечивают устойчивость системы.

## ПОРЯДОК И МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. При исследовании рассмотренного *способа коррекции динамических свойств САУ* в качестве исходных данных выступают передаточная функция  $W(p)$  неизменяемой части системы вида

$$W(p) = \frac{K_0}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1}$$

Задающее воздействие  $g(t) = 1(t)$ .

2. В процессе выполнения данной части работы студенты должны:

- 1) исследовать влияние эффекта запаздывания на САУ;
- 2) подобрать коэффициенты регулирования самостоятельно, без использования NCD-блока.

3. Сделать вывод о проделанной работе и её результатах.

Таблица 2

<i>№ вар.</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>К<sub>0</sub></i>	1	4	3	4	5	6	7	8	6	5	7
<i>T, с</i>	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,5	0,6	0,3
<i>ξ</i>	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,9	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5
<i>t<sub>уст</sub>, с ≤</i>	1,3	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,0	2,5	3	3
<i>σ, % ≤</i>	0	10	10	5	5	5	0	0	5	10	0

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

Отчет должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы.
2. Структурные схемы исследуемых систем.
3. Полученные графики и характеристики.
4. Расчётная часть.
5. Основные выводы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения / Дьяконов В. П. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 768 с. – (Серия «Полное руководство пользователя»).
2. SIMULINK: среда создания инженерных приложений / Под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потёмкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003.-496 с.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования - М.: Наука, 2008.