ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ИМПЕРАТРИЦЫ ЕКАТЕРИНЫ II»**

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

**Практическая работа №1**

|  |  |
| --- | --- |
| По дисциплине: | Теория автоматического управления |
|  | (наименование учебной дисциплины согласно учебному плану) |

|  |  |
| --- | --- |
| Тема работы: | Синтез П-регулятора корневым методом |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Выполнил: студент гр. | | |  | АПГ-22 |  |  |  | Скрябнев А.В. | |
|  | | |  | (шифр группы) |  | (подпись) | |  | (Ф.И.О.) |
|  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дата ­­­\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |  |  |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Проверил  руководитель работы: |  | доцент |  |  |  | Мансурова О. К. |
|  |  | (должность) |  | (подпись) |  | (Ф.И.О.) |

Санкт-Петербург

2024

Цель работы: определение настроечных параметров типовых регуляторов, обеспечивающих в замкнутой системе заданное время переходного процесса для объекта управления (ОУ) с передаточной функцией

,

где- коэффициент передачи ОУ, Исходные данные приведены в таблице 1, с, , , **.**

Таблица 1 – Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | П, ПИ | | | ПД, ПИД | ПИД |
| Вариант | То | Ко | tп.п.\* | Ϭ\*% | K\* c-1 |
| 13 | 30 | 0,35 | 30 | 30 | 6 |

**Ход работы**

* 1. Анализ системы без звена запаздывания и регулятора, с замкнутой единичной обратной связью при типовых воздействиях

Согласно 13 варианту составлена структурная схема:

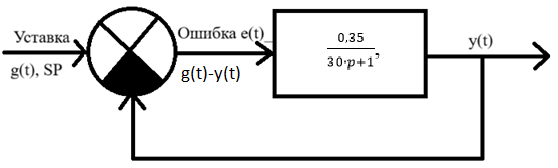


Рисунок 1 – Структурная схема без звена запаздывания и регулятора

Найдена передаточная функция замкнутой системы.

Данная система устойчива, потому что коэффициенты в характеристическом уравнении положительны, что является достаточным условием для системы первого порядка.

Найдена передаточная функция ПО ошибке замкнутой системы относительно задающего воздействия:

Далее, взяв данную функцию при p = 0 вычислена ошибка при подаче задающего ступенчатого воздействия:

Для получения ошибки при подаче линейного воздействия, необходимо взять производную от передаточной функции ошибки при задающем воздействии.

При

Таким образом, были найдены ошибки при ступенчатом и линейном задающем воздействии у замкнутой системы без регулятора и звена запаздывания. Далее было определено время переходного процесса, для этого нужно выделить T из передаточной функции замкнутой системы и умножить его на 3.

Исходя из имеющейся системы, необходимо отметить вид переходного процесса: устойчивый, без колебаний (апериодический), перерегулирование () отсутствует.

* 1. Моделирование замкнутой системы без регулятора и звена запаздывания при типовых воздействиях.



В программе МВТУ была смоделирована система, добавлена возможность включения в цепь звена запаздывания, отключение обратной связи, смена вида регулятора и типового воздействия. Также добавлен вывод уставки, выходного значения, регламентной зоны и ошибки на график.

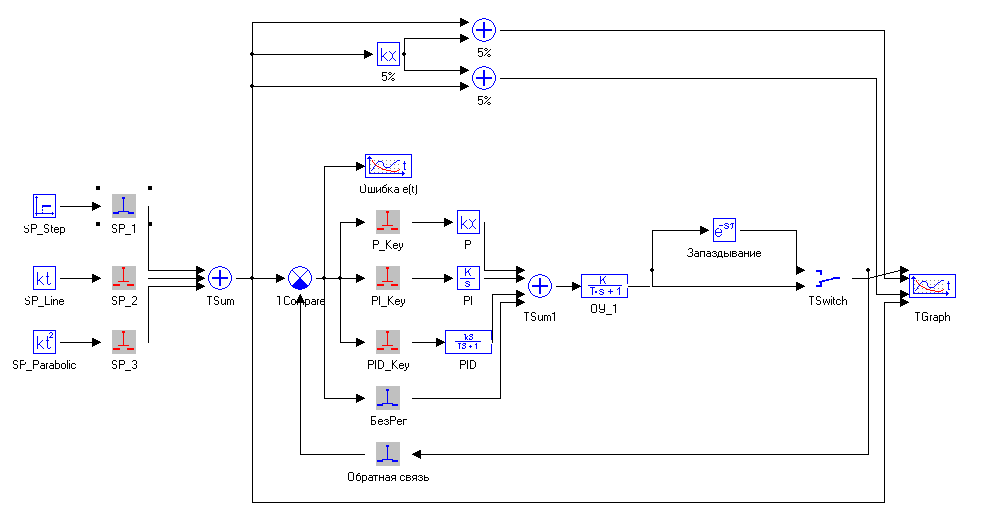


Рисунок 2 – Структурно-графическая схема моделирования

Далее было подано на вход воздействие , сняты графики переходного процесса и ошибки.

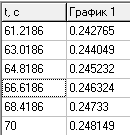
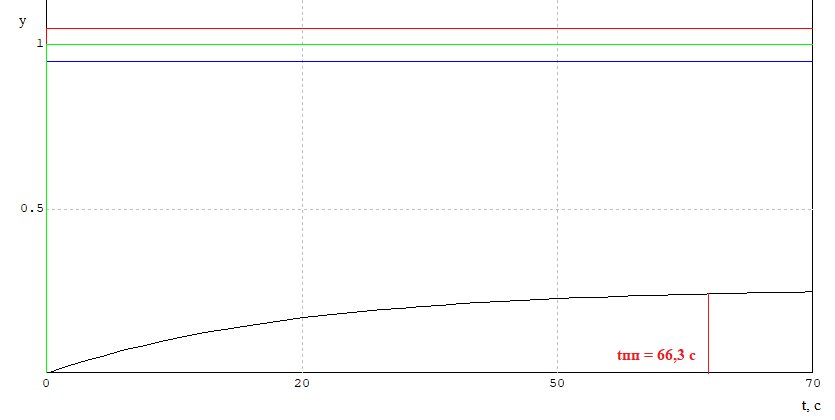


Рисунок 3 – График переходного процесса для первого опыта

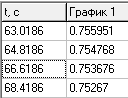
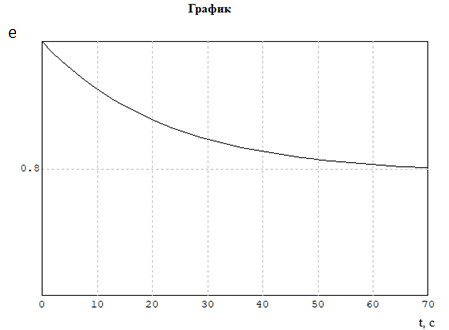


Рисунок 4 – График ошибки для первого опыта

Вывод: результат моделирования и расчетное значение установившейся ошибки совпадают.

Теперь подадим внешнее входное воздействие с постоянной скоростью **g1(t) = 2t.**

Для получения ошибки при подаче линейного воздействия, необходимо взять производную от передаточной функции ошибки при задающем воздействии.

При

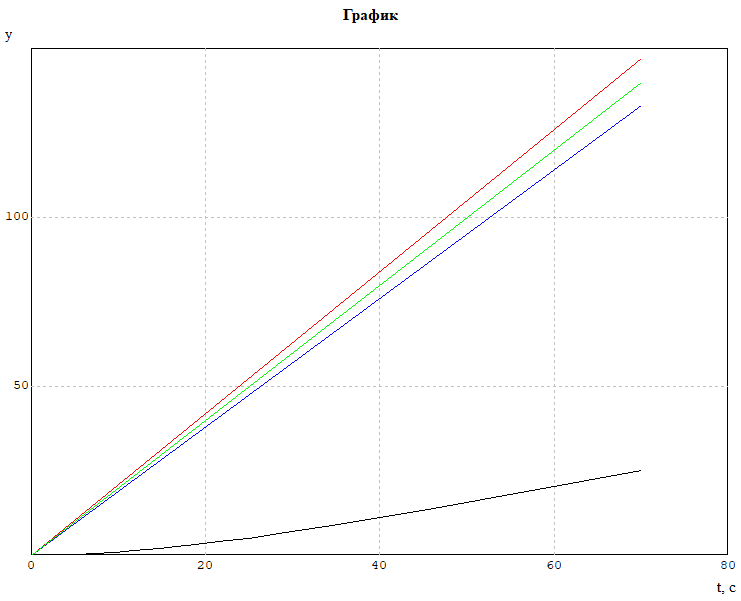


Рисунок 5 – График переходного процесса для первого опыта

Сравним полученные результаты моделирования с расчетными данными. Для этого сравним значения ошибок в определенный момент времени, например, при 70 секундах.

Посмотрим на значение целевого параметра:

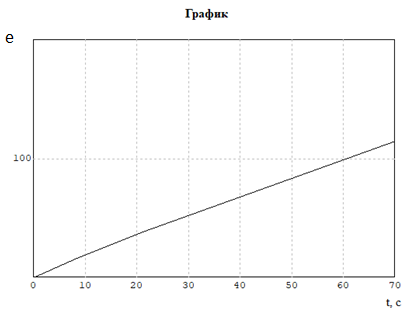
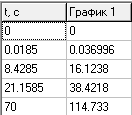
 

Рисунок 6 – График ошибки для первого опыта

Вывод: При подаче линейного задающего воздействия и без возмущений ошибки при моделировании и при расчёте совпадают.

Вывод: в данной системе большое время переходного процесса, и присутствует большое значение установившейся ошибки.

2.1 Анализ системы без звена запаздывания с ПИД-регулятором, с замкнутой единичной обратной связью при типовых воздействиях.



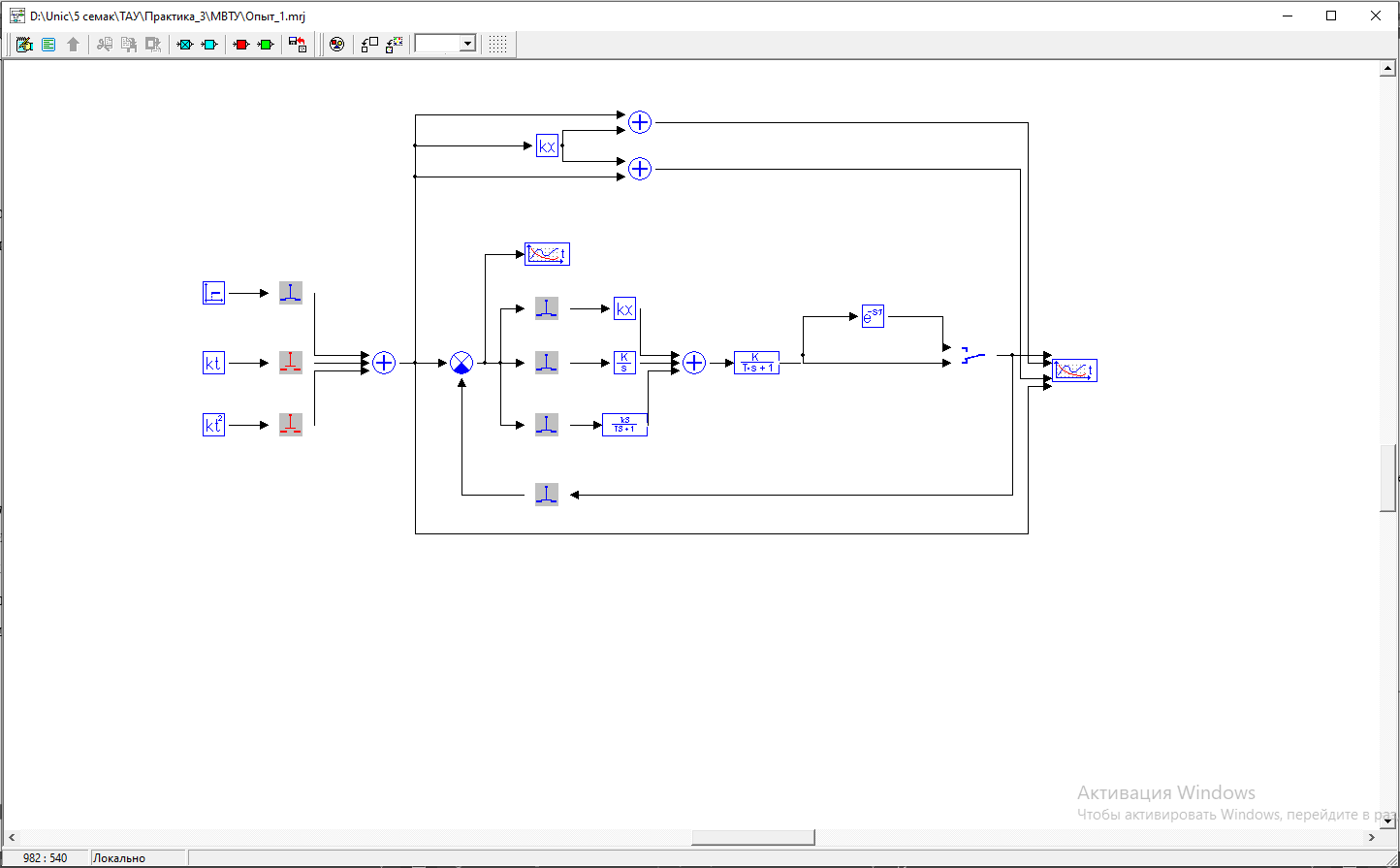


Рисунок 7 – Структурно-графическая схема моделирования

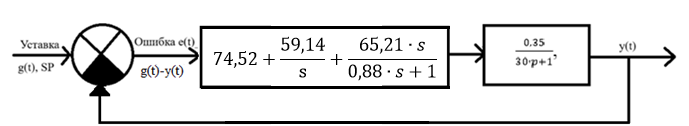


Рисунок 8 – Структурная схема с П-регулятором

Определим величину , , для этого воспользуемся методом Циглера – Никольса:

Для настройки регулятора этим методом необходимо обнулить И- и Д- части регулятора. После чего увеличивать коэффициент П части до того момента, пока система не выйдет на незатухающие автоколебания (Рисунок 9). Этот коэффициент, , а так же период колебаний в дальнейшем и будет использоваться для расчета настроечных коэффициентов регулятора.

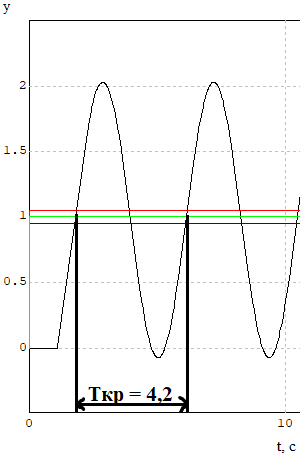


Рисунок 9 – График целевого параметра при его выводе на границу устойчивости

Настройки ПИД-регулятора:

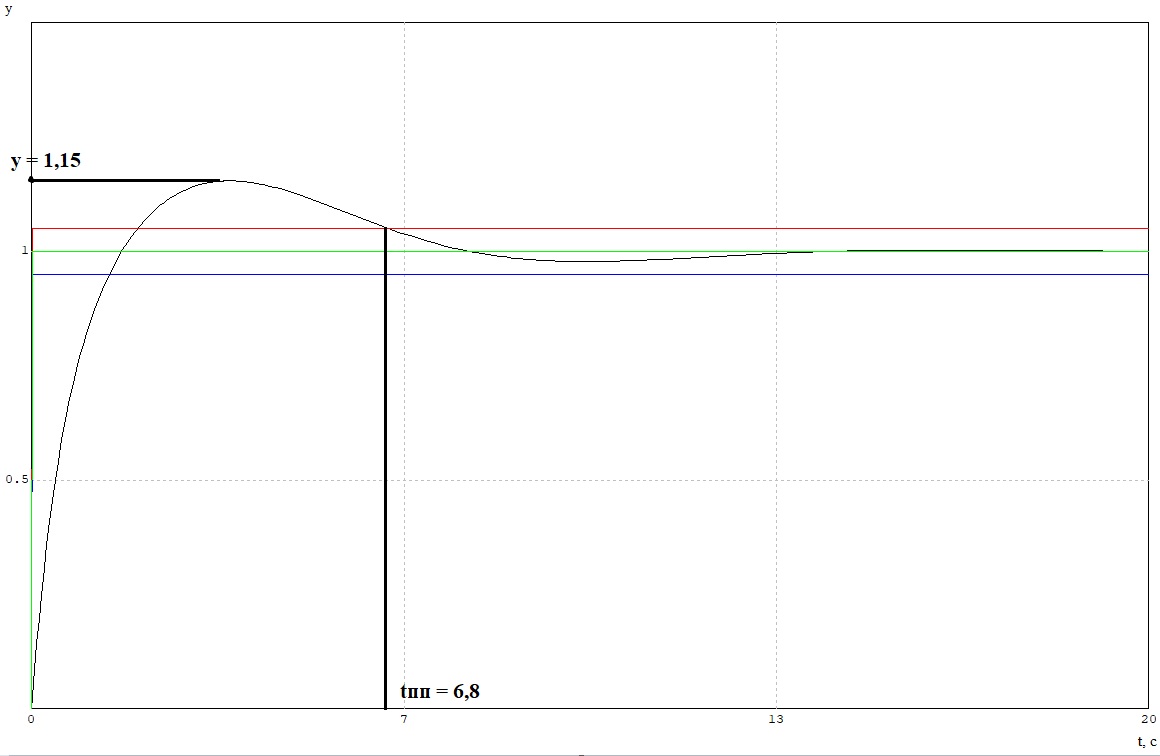


Рисунок 10 – График целевого параметра при настроенном ПИД-регуляторе без звена запаздывания

Рассчитаем значение установившейся ошибки:

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0:

Вывод: результат моделирования и расчетное значение установившейся ошибки совпадают.

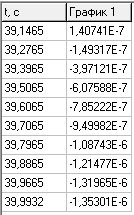
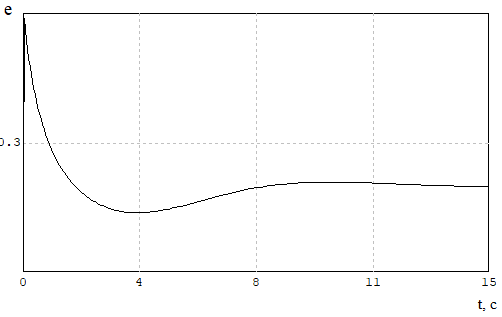


Рисунок 11 – График ошибки при ступенчатом задающем воздействии

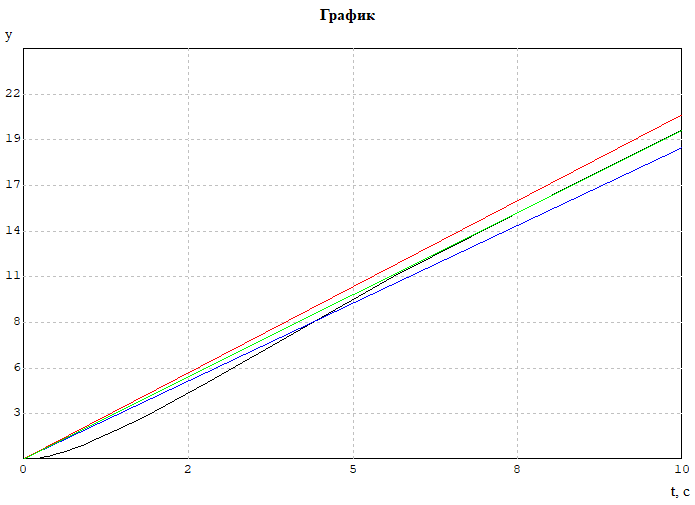


Рисунок 12 – График целевого параметра при настроенном ПИД-регуляторе без звена запаздывания при подаче линейного задающего воздействия

Согласно таблице ошибок, при статической системе (ЛАХ тип III, начальный наклон 0 дБ/дек):

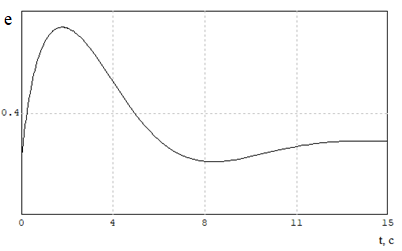
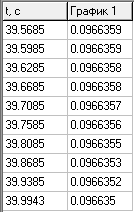
 

Рисунок 13 – График ошибки при линейном задающем воздействии

Вывод: результат моделирования и расчетное значение установившейся ошибки совпадают.

Снимем ЧХ, предварительно разомкнув систему:

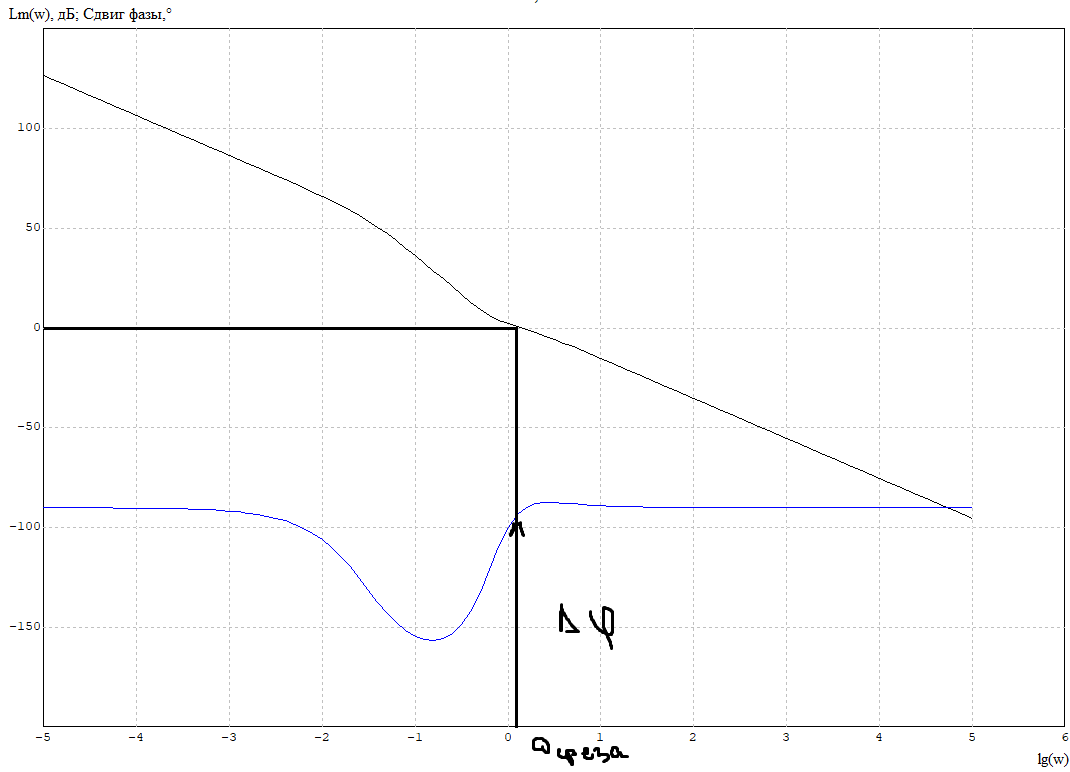


Рисунок 11 - ЧХ с настроенным регулятором без звена запаздывания

Можно воспользоваться формулой: Δϕ=180˚+ϕ(wср)=180-93=87˚

Исходя из рисунка, видно, что система устойчива.

Вывод: Таким образом, установившаяся ошибка по графику совпадают.

3.1 Анализ влияния звена запаздывания на динамические свойства замкнутой системы с введенным регулятором



Снимем ЛАХ и ФЧХ для системы со звеном запаздывания и с настроенным регулятором:

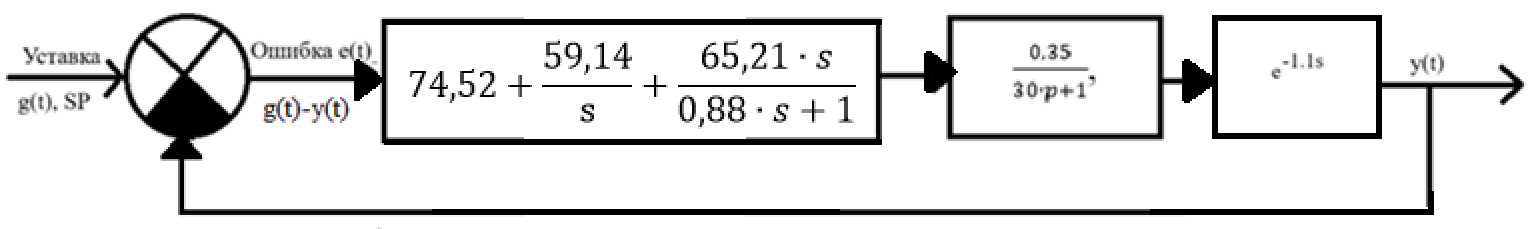


Рисунок 15 – Структурная схема с настроенным П-регулятором и звеном запаздывания

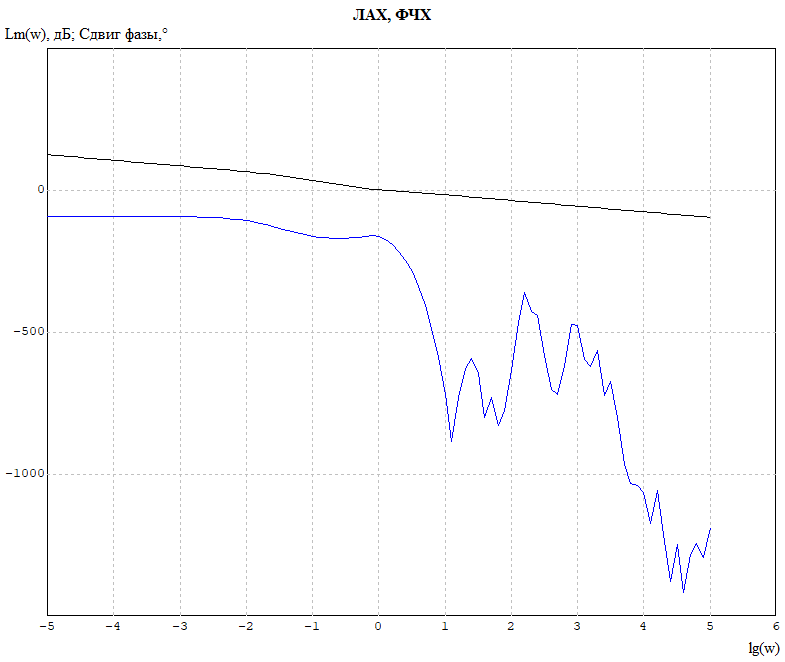


Рисунок 16 - ЧХ с настроенным регулятором со звеном запаздывания

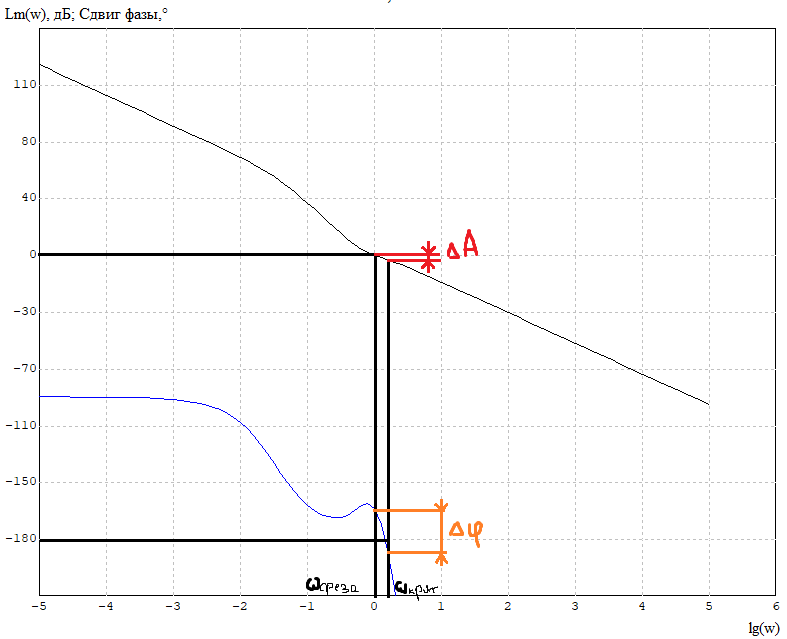


Рисунок 17 – ЧХ со звеном запаздывания

Анализируя графики ЧХ можно сделать вывод о том, что система устойчива, т.к. частота среза находится левее критической частоты. Теперь построим сравним снятую ранее ЧХ с данной:

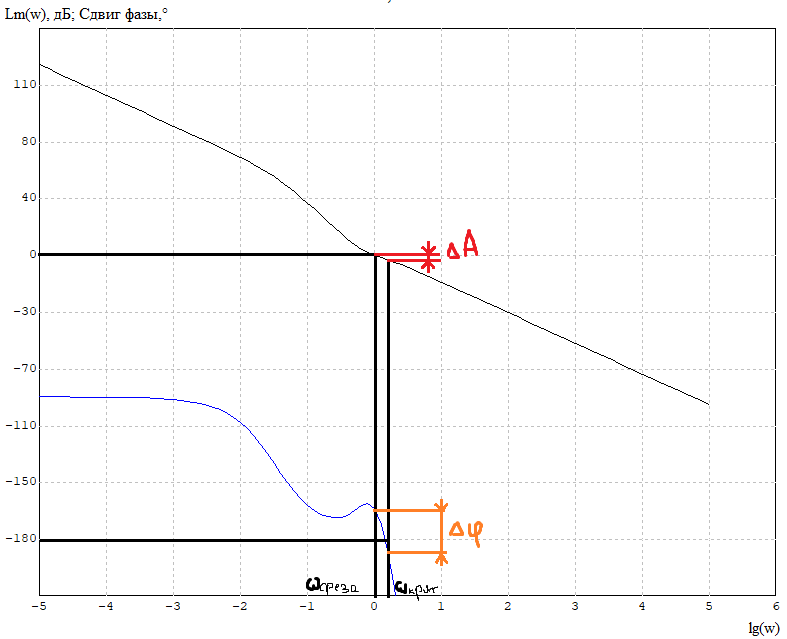
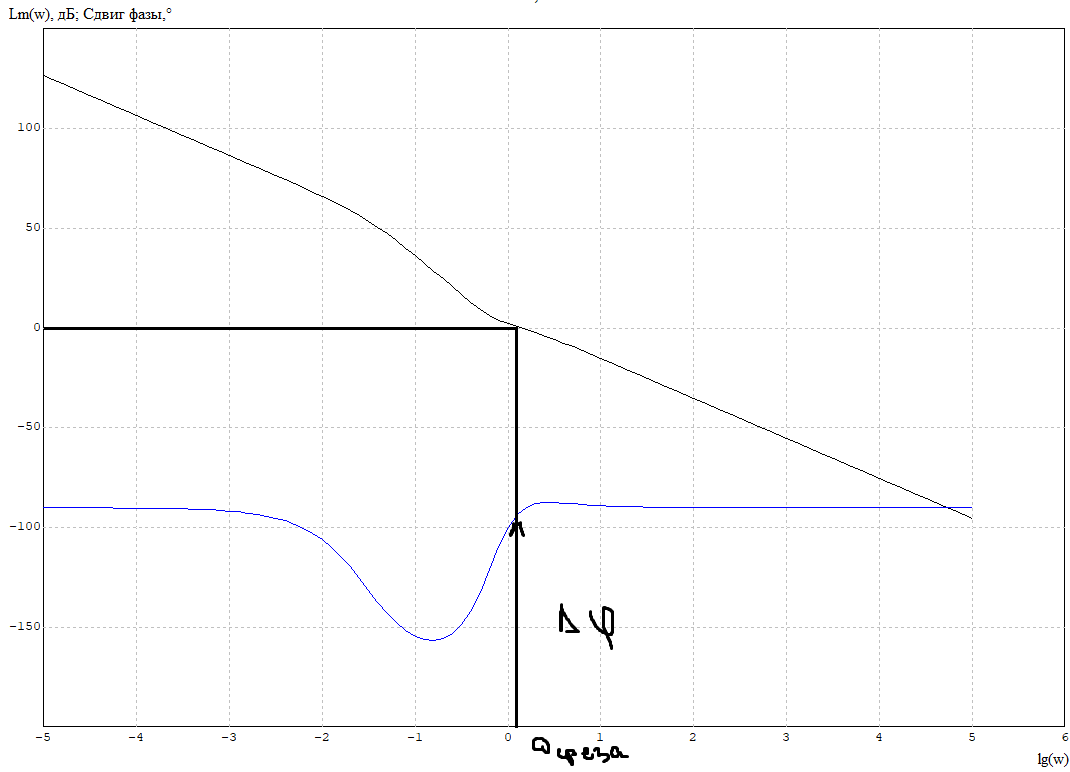


Рисунок 18 – Слева ЧХ без звена запаздывания, Справа ЧХ со звеном запаздывания

Вывод: система без звена запаздывания является устойчивей, т.к. запас по фазе является больше.

**Вывод:** в ходе данной практической работы были рассчитаны коэффициенты ошибок по задающим воздействиям (ступенчатому, с постоянной скоростью, с постоянным ускорением) и определены установившиеся ошибки двумя способами: с помощью моделирования схемы в системе МВТУ и расчета данных, значения ошибок сошлись. Также в систему был введен и настроен ПИД-регулятор. Были сняты частотные характеристики, и сделаны выводы по работе системы со звеном запаздывания. При моделировании системы всегда следует учитывать, что звено запаздывания может уменьшить запас по фазе.