**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**

**Синтез П-регулятора корневым методом**

По дисциплине **Теория автоматического управления**

Выполнил**:** студент группы АПМ-22 Валдаев Д. В.

(подпись) (Ф.И.О.)

Проверил: доцент / /

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Санкт-Петербург

2024

**Цель работы** – определение настроечного параметра типового П-регулятора, обеспечивающего в замкнутой системе для ОУ описываемого звеном запаздывания и апериодическим звеном. , где заданы. Уставка , .

**Ход работы**

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

Согласно 3 варианту, получены значения для системы: Составлена структурная схема.

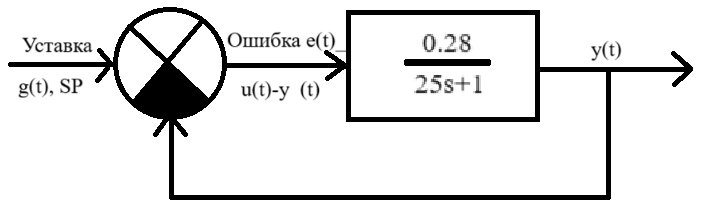


Рисунок 1 – Структурная схема без звена запаздывания и регулятора

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.

**1.2 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.

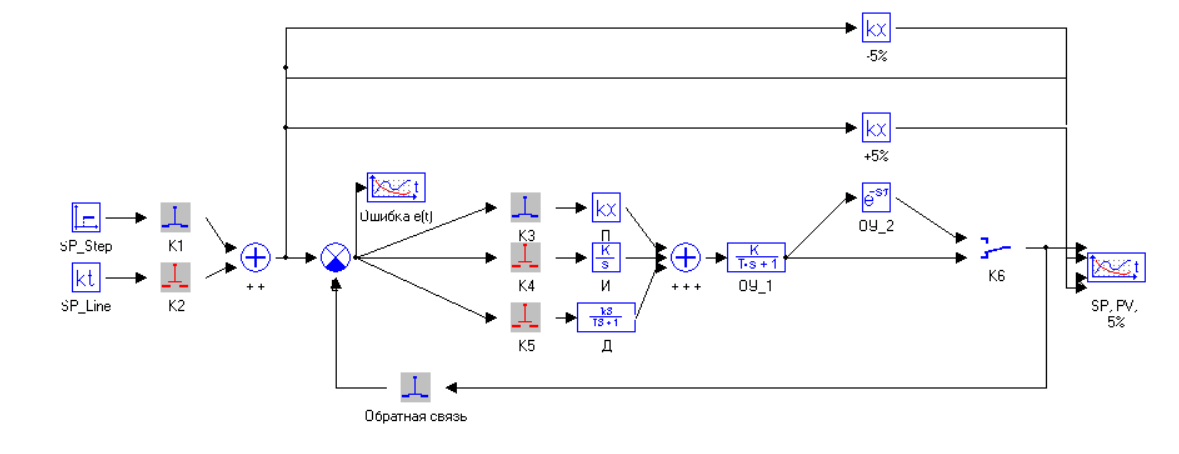


Рисунок 2 – Схема в МВТУ

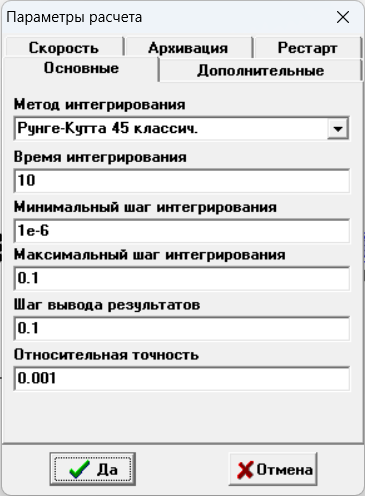


Рисунок 3 – Параметры расчёта в МВТУ

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

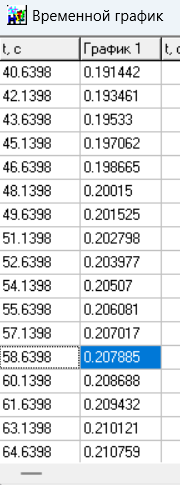
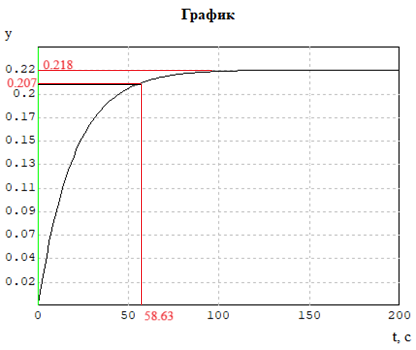


Рисунок 4 – График переходного процесса для первого опыта

Исходя из рисунка 4, , ,

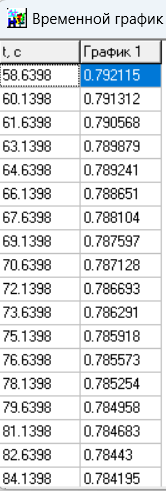
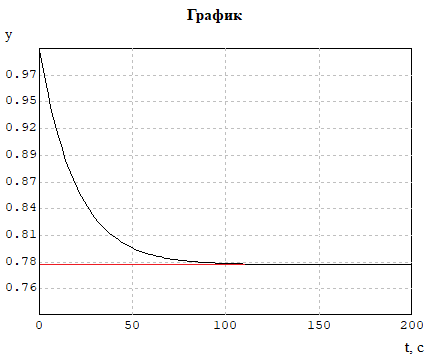


Рисунок 5 – График ошибки для первого опыта

Исходя из рисунка 5, .

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

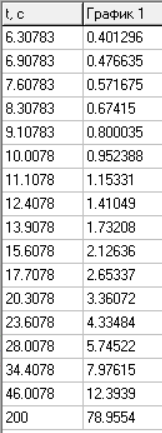
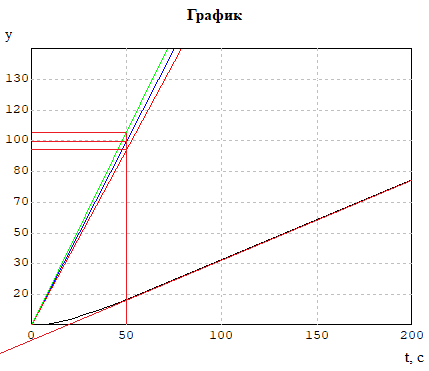


Рисунок 6 – График переходного процесса для первого опыта при подаче линейного воздействия

По графику с рисунка 6 можно примерно определить . Чтобы определить формулу установившегося значения, необходимо решить систему, где =46; =12,4; =200; =78,95;

Таким образом,

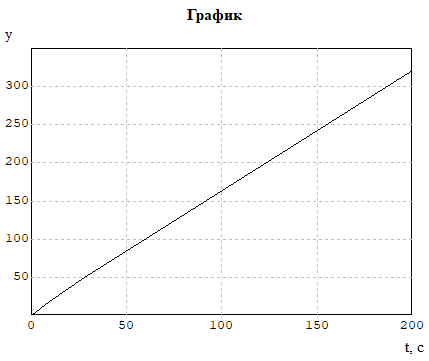
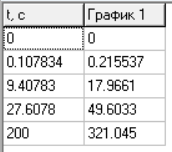
**

Рисунок 7 – График ошибки для первого опыта при подаче линейного воздействия

Чтобы определить формулу ошибки, необходимо решить систему, где =27,6; =49,6; =200; =321,045;

Таким образом, . Данный результат можно сравнить с другим способом – вычитание функции установившегося значения из функции уставки. Значения получаются похожими, на их разницу влияет погрешность интегрирования и определения уравнения.

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

Составлена структурная схема.

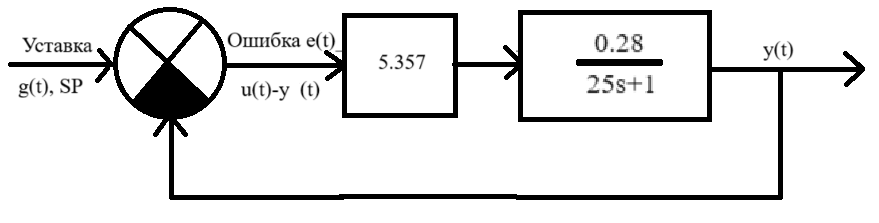


Рисунок 8 – Структурная схема без звена запаздывания

Необходимо рассчитать коэффициент для П-регулятора, для этого используется корневой метод. Находится передаточная функция замкнутой системы, характеристическое уравнение, корень уравнения, который приравнивается к корню, связанному с желаемым временем переходного процесса. Далее простыми вычислениями будет известен нужный коэффициент. П-регулятор вводится для обеспечения заданного быстродействия, определяемого временем переходного процесса, .

Найдена передаточная функция замкнутой системы.

Найдена передаточная функция ошибки замкнутой системы по задающему воздействию:

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 звена запаздывания. Время переходного процесса определено вариантом и под него подстроен коэффициент П-регулятора, поэтому рассчитывать время отдельно не нужно.

Исходя из имеющейся системы, необходимо отметить вид переходного процесса: устойчивый, без колебаний (апериодический), перерегулирование () отсутствует. Введение П-регулятора обеспечило заданное быстродействие и уменьшило статическую ошибку с 0,6 до 0,4.

**2.2 Моделирование замкнутой системы без звена запаздывания при типовых воздействиях.**

В программе МВТУ был подставлен коэффициент для П-регулятора. Далее было подано на вход воздействие , сняты графики переходного процесса и ошибки.

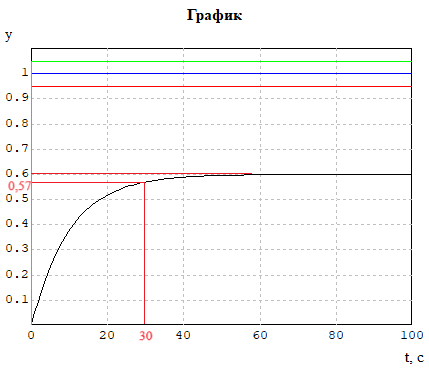


Рисунок 9 – График переходного процесса для второго опыта

Исходя из рисунка 9, , , . Регламентная зона определена 5% от установившегося значения, а это 0,57 по нижней границе.

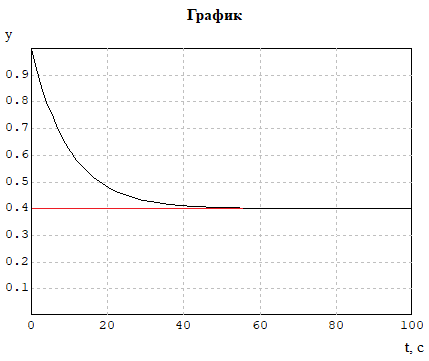
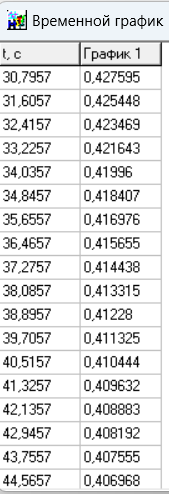
**

Рисунок 10 – График ошибки для второго опыта

Исходя из рисунка 10, .

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

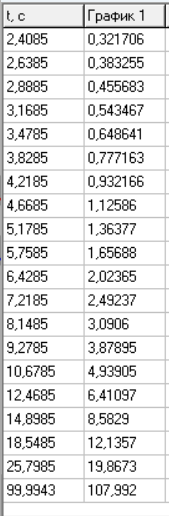
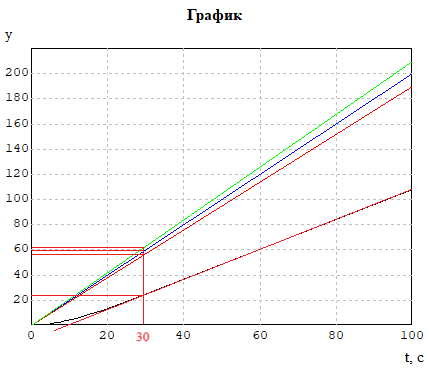


Рисунок 11 – График переходного процесса для второго опыта при подаче линейного воздействия

По графику с рисунка 11 можно примерно определить . Чтобы определить формулу установившегося значения, необходимо решить систему, где =25,79; =19,86; =100; =107,99;

Таким образом,

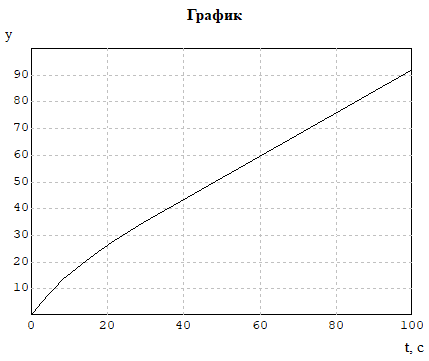
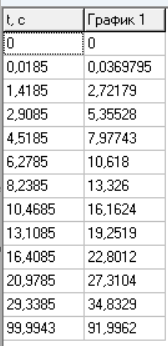
**

Рисунок 12 – График ошибки для второго опыта при подаче линейного воздействия

Чтобы определить формулу ошибки, необходимо решить систему, где =29,34; =34,83; =100; =91,99;

Таким образом, . Данный результат можно сравнить с другим способом – вычитание функции установившегося значения из функции уставки. Значения получаются похожими, на их разницу влияет погрешность интегрирования и определения уравнения.

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

Составлена структурная схема.

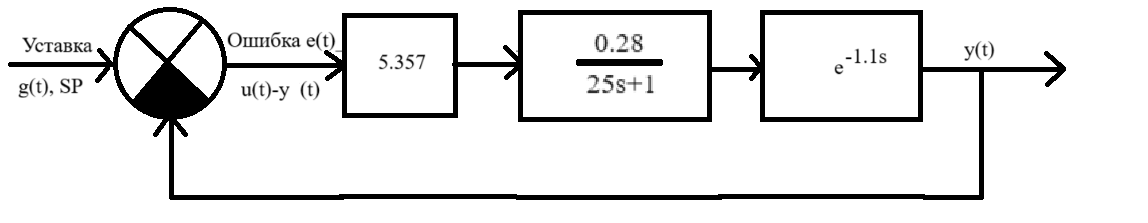


Рисунок 13 – Структурная схема со звеном запаздывания и П-регулятором

Найдена передаточная функция замкнутой системы.

Найдена передаточная функция ошибки замкнутой системы по задающему воздействию:

**3.2 Моделирование замкнутой системы со звеном запаздывания при типовых воздействиях.**

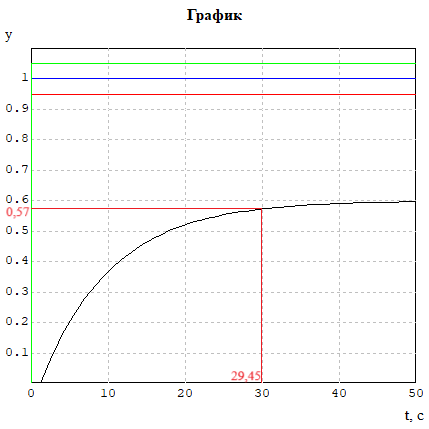


Рисунок 14 – График переходного процесса для третьего опыта

Исходя из рисунка 14, , , . Регламентная зона определена 5% от установившегося значения, а это 0,57 по нижней границе. На графике видно влияние звена запаздывания в начале пути.

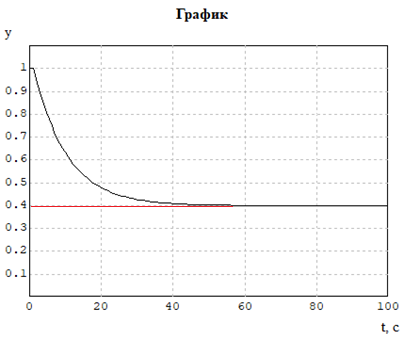
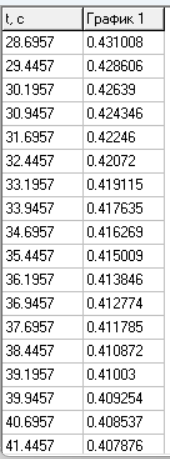
**

Рисунок 15 – График ошибки для третьего опыта

Исходя из рисунка 15, . Далее было подано на вход воздействие , сняты графики переходного процесса и ошибки.

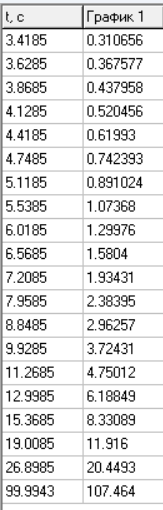
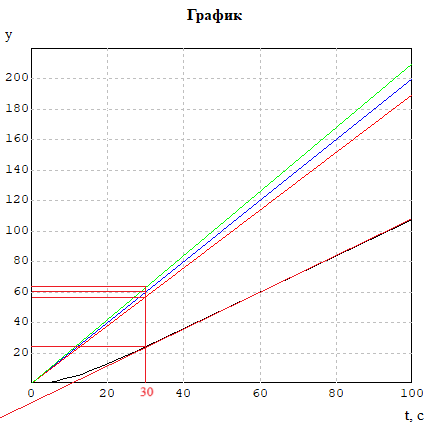


Рисунок 16 – График переходного процесса для второго опыта при подаче линейного воздействия

По графику с рисунка 16 можно примерно определить . Чтобы определить формулу установившегося значения, необходимо решить систему, где =26,89; =20,45; =100; =107,464;

Таким образом, ;

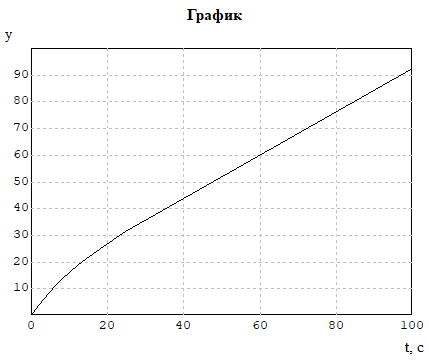
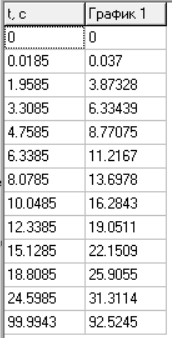
**

Рисунок 17 – График ошибки для второго опыта при подаче линейного воздействия

Чтобы определить формулу ошибки, необходимо решить систему, где =24,6; =31,31; =100; =92,52;

Таким образом, . Данный результат можно сравнить с другим способом – вычитание функции установившегося значения из функции уставки. Значения получаются похожими, на их разницу влияет погрешность интегрирования и определения уравнения.

Необходимо построить ЛАХ и ФЧХ для разомкнутого контура системы со звеном запаздывания и без него, а также определить запасы по фазе и амплитуде.

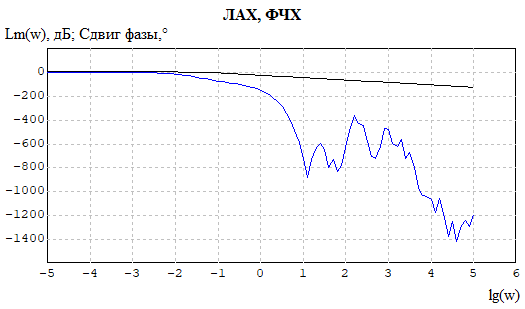


Рисунок 18 – ЛАХ и ФЧХ для системы со звеном запаздывания

По данному скриншоту неудобно определять запас по фазе и амплитуде, поэтому был изменен масштаб графика.

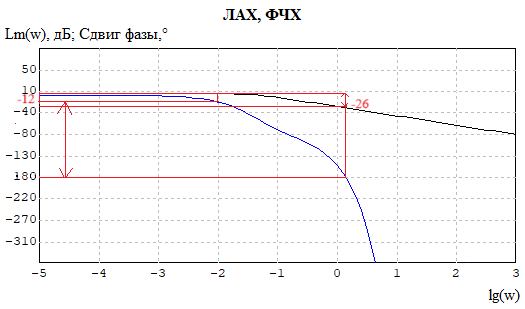


Рисунок 19 – ЛАХ и ФЧХ в улучшенном масштабе

Далее были построены ЛАХ и ФЧХ для той же системы, но без звена запаздывания, а также определены запасы по фазе и амплитуде.

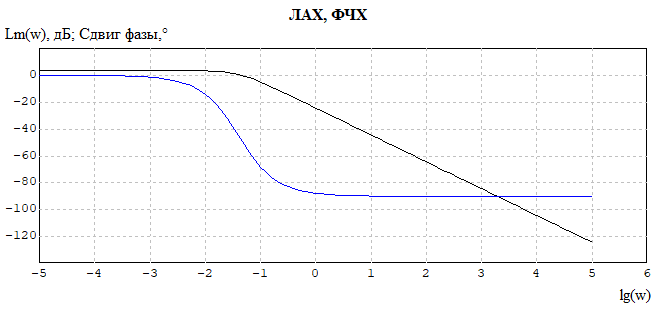


Рисунок 20 – ЛАХ и ФЧХ для системы без запаздывания

Для данной системы запас по фазе и амплитуде не определимы, потому что ФЧХ не пересекает -180 градусов, значит система устойчива при любых положительных параметрах системы.

Сравнивая систему со звеном запаздывания и без него, необходимо отметить, что у первой системы ЛАХ и ФЧХ при моделировании в МВТУ с увеличении частоты фазочастотная характеристика замкнутой системы со звеном запаздывания стремится вниз к бесконечности, а также появляется возможность определить запасы по фазе и амплитуде.

При этом полученные установившиеся ошибки, величина перерегулирования и время переходного процесса оказались равны. При большем времени запаздывания, время переходного процесса, вероятно, отличалось бы больше, соразмерно времени запаздывания.

Таблица 1 – Сравнение полученных значений ошибки

|  |  |
| --- | --- |
| Аналитическое | Экспериментальное |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Вывод:** в ходе данной лабораторной работы были исследованы показатели системы без П-регулятора и звена запаздывания, с П-регулятором и без звена запаздывания и с П-регулятором и звеном запаздывания. Как итог, внедрение П-регулятора значительно уменьшило установившуюся ошибку, а также привело к получению необходимого времени переходного процесса. Так как в регуляторе нет И-части, то величина установившейся ошибки зависит только от необходимого времени переходного процесса, а значит довести его до меньшего значения при том же необходимом времени переходного процесса -невозможно без внедрения И-части регулятора.

Внедрение звена запаздывания добавило запаздывание выходного переменной от уставки, но не поменяло установившуюся ошибку и величину перерегулирования. Исходя из ЛАХ и ФЧХ было установлено, что устойчивость системы – уменьшилось, но достаточно велико.