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

# Лабораторная работа №7

Вариант 18

исследование точности САУ при типовых внешних воздействиях

**ВЫПОЛНИЛИ**  АПН-22 Федотова Н.А.

(шифр группы) (подпись) (ФИО)

**ОЦЕНКА**: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ПРОВЕРИЛ** доцент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Мансурова О.К.

(подпись) (ФИО)

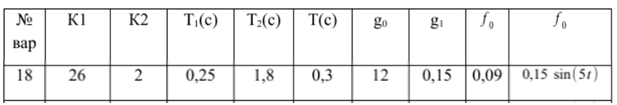
Санкт-Петербург

2024

**Цель работы:** Приобретение практических навыков анализа точностных показателей системы в типовых режимах.

**Ход работы**

*Исходные данные:*



1. Построим схему №1 в МВТУ, согласно выданной схеме (рис.1) и по исходным данным, где , а .

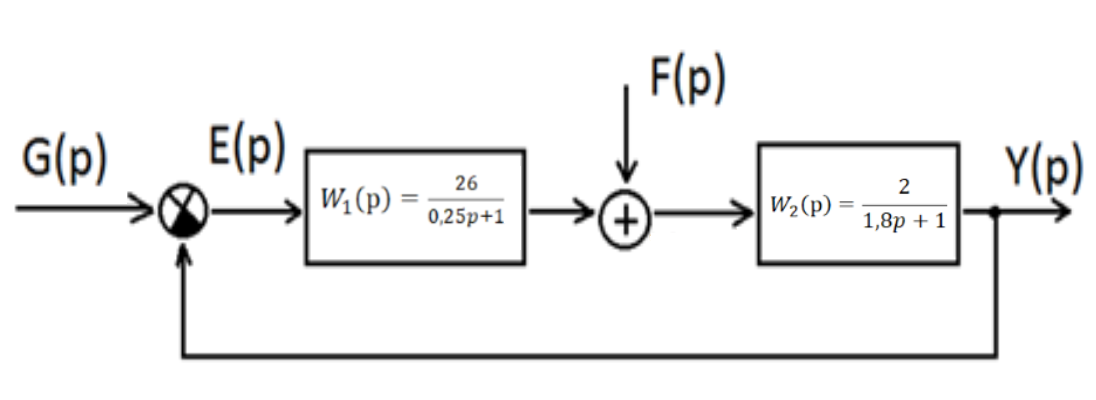


Рисунок 1 – Структурная схема

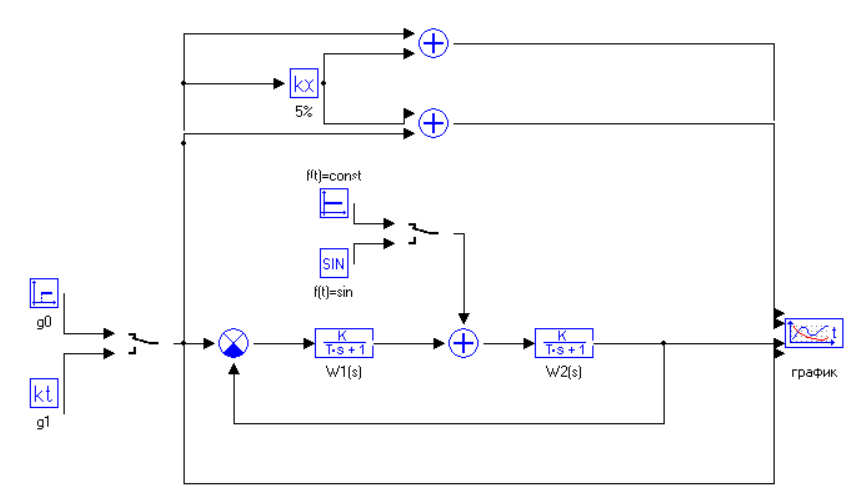


Рисунок 2 – Собранная структурная схема №1

Теперь проведем несколько опытов, меняя внешние воздействия, действующие на систему, и снимая графики переходных процессов. Для каждого из случаев, проведем анализ точностных показателей и динамических свойств системы. Также сравним полученные результаты моделирования с расчетными данными.

**а) g(t) = g0=12 и f(t)=0**

Для начала рассчитаем коэффициенты ошибок и найдем установившуюся ошибку, не прибегая к моделированию процесса. Для этого найдем передаточную функцию замкнутой системы по ошибке относительно задающего воздействия:

Установившиеся ошибки имеют место только для устойчивых замкнутых систем, когда процессы сходятся к установившимся значениям, поэтому сначала проверим устойчивость системы.

Определение характеристического уравнения рассматриваемой замкнутой системы для анализа устойчивости:

Необходимое и достаточное условие устойчивости для системы второго порядка выполняются, все коэффициенты характеристического полинома положительны (следствие из алгебраического критерия Гурвица): 0,45 >0; 2,05 >0; 53>0.

Следовательно, замкнутая система устойчива.

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0, разделив числитель на знаменатель:

Т.к. , значит, что система статическая. Теперь, зная коэффициент ошибки, можно найти значение установившейся ошибки:

Промоделируем это в программе:

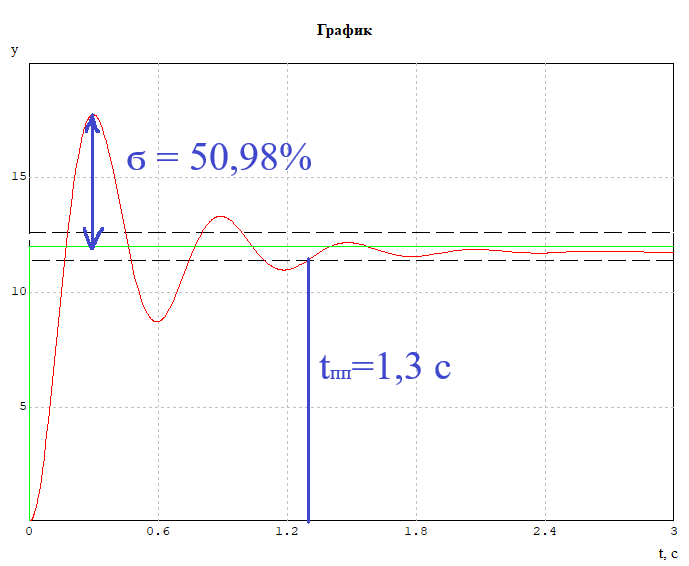


Рисунок 3 – График переходного процесса

Теперь откроем список и по нему посмотрим время переходного процесса и установившееся значение целевого параметра.

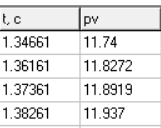


Рисунок 4 – Таблица графика

По рис. 4 видно, что tпп = 1,3 с, а значение установившегося управляемого воздействия равно 12, следовательно, 12-11,7736 = 0,2264, что ***совпадает с рассчитанным выше значением.***

Посчитаем величину перерегулирования, для этого из следующего рисунка найдем :

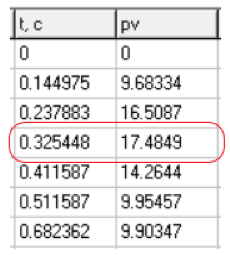


Рисунок 5 – Табличные данные

ϭ =

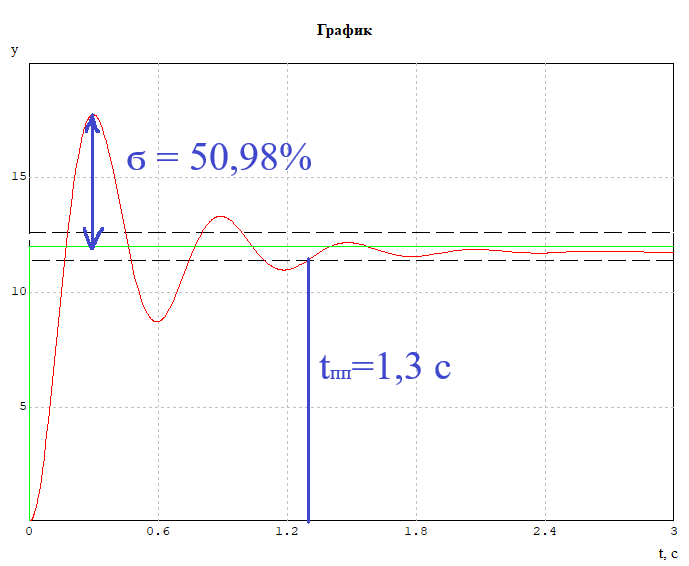


Рисунок 6 – График переходного процесса

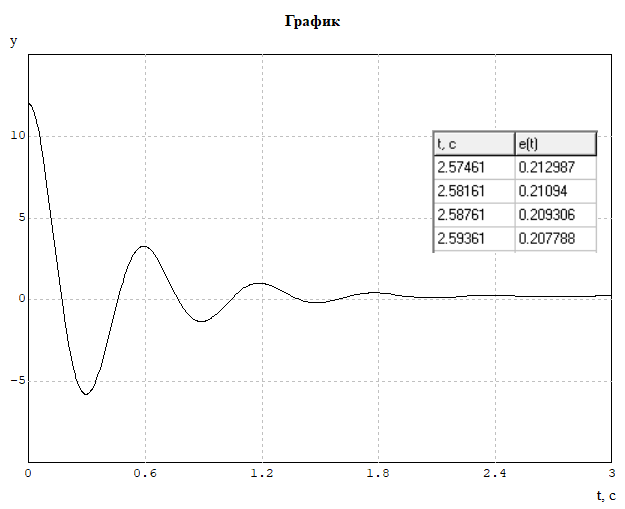


Рисунок 7 – График ошибки

Статическая система отрабатывает постоянное воздействие с установившейся ошибкой:, что совпадает с результатами расчетов, которые выполнялись выше.

**б) g(t)=g1\*t=0,15t и f(t)=0**

Т.к. 0,45 >0; 2,05 >0; 53>0, следовательно, система устойчива.

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0, поделив один полином на другой:

Т.к. , значит, что система статическая.

Найдем :

Промоделируем процесс:

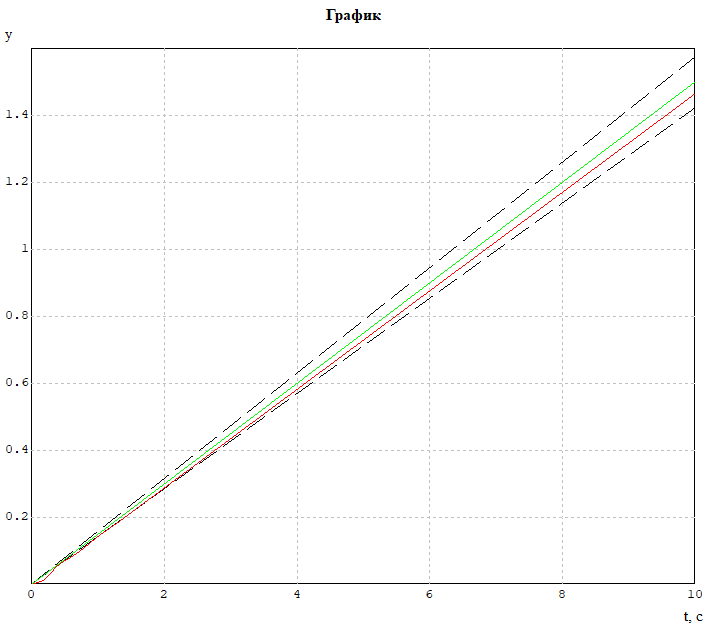


Рисунок 7 – График переходного процесса

Сравним полученные результаты моделирования с расчетными данными. Для этого сравним значения ошибок в определенный момент времени, например, при 10 секунд.

Посмотрим на значение целевого параметра:

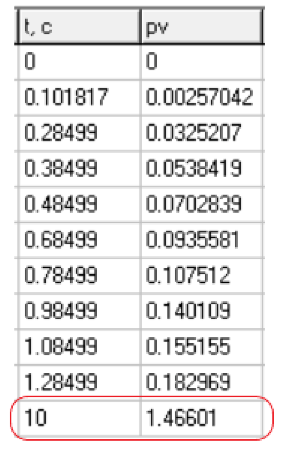
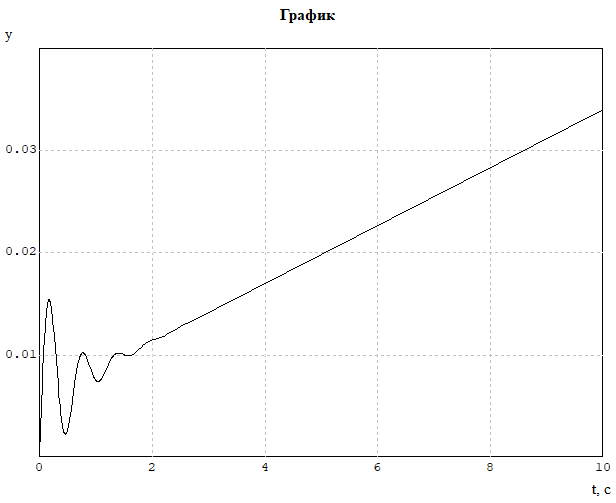


Рисунок 8 – График ошибки и его таблица

0,15·10=1,5 – значение целевого параметра

– установившаяся ошибка по результату моделирования.

– рассчитанное значение установившейся ошибки

Таким образом, установившаяся ошибка по графику ***сходятся с расчетными значениями и линейно возрастает***.

**в) g(t)=0 и f(t)=f0=0,09**

Для анализа точностных показателей найдем передаточную функцию замкнутой системы по ошибке относительно возмущающего воздействия:

Т.к. 0,45 >0; 2,05 >0; 53>0, то система устойчива.

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0, поделив числитель на знаменатель:

Т.к. , значит, что система статическая.

Промоделируем процесс:

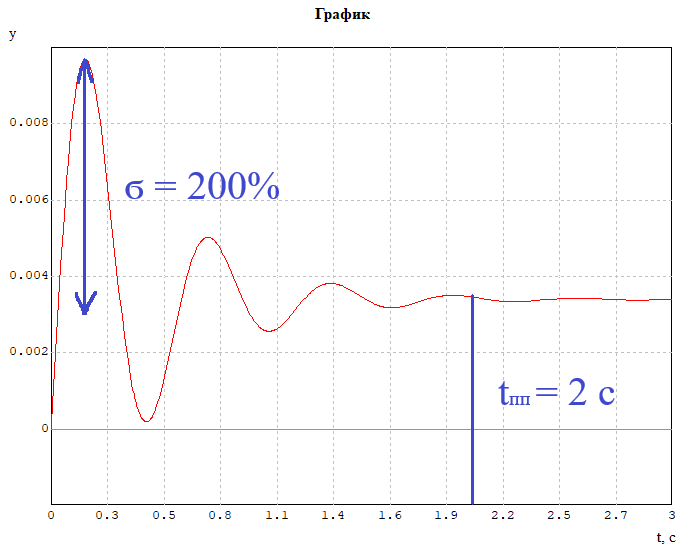
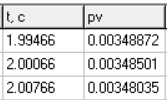


Рисунок 9 – График переходного процесса и его табличные данные

Вычислим величину перерегулирования:

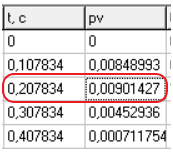


Рисунок 10 – Табличные данные

ϭ = - такая большая величина перерегулирования обусловлена внешними возмущающими воздействиями, действующими на систему.

Также из рис.9: tпп=1,2.

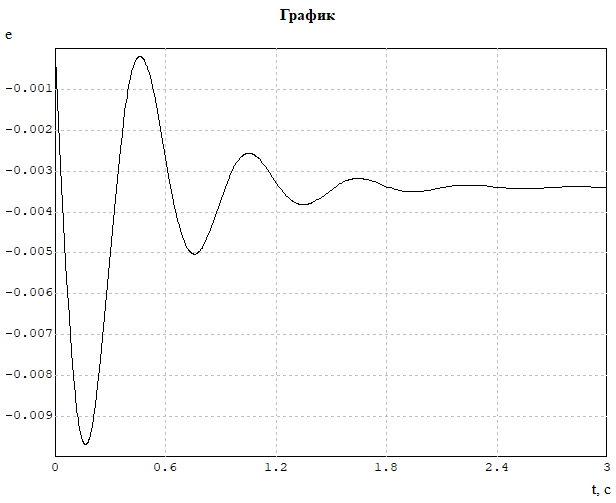
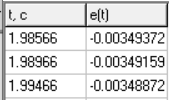


Рисунок 11 – График ошибки и его табличные данные

По рисунку 11 видно, что расчетное значение ошибки равно -0,003, отрицательная ошибка, потому что входное воздействие у нас равно 0, а возмущающее воздействие – это постоянное число, таким образом ошибка будет представлять собой график переходного процесса с приложенным к системе возмущением, но с отрицательным знаком. ***По модулю установившаяся ошибка совпадает со значением ошибки в смоделированном процессе.***

**г) g(t)=g1\*t=0,15t и f(t)=f0=0,09**

В этом случае необходимо посчитать установившуюся ошибку, которая будет вычисляться по формуле:

Посчитаем , для этого найдем передаточную функцию замкнутой системы по ошибке относительно задающего воздействия:

Т.к. 0,45 >0; 2,05 >0; 53>0, то система устойчива.

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0, поделив один полином на другой:

Т.к. , значит, что система статическая.

Найдем :

Далее вычислим , для этого найдем передаточную функцию замкнутой системы по ошибке относительно возмущающего воздействия:

Т.к. 0,45 >0; 2,05 >0; 53>0, то система устойчива.

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0, поделив числитель на знаменатель:

Т.к. , значит, что система статическая.

Теперь можно вычислить установившуюся ошибку:

Промоделируем процесс:

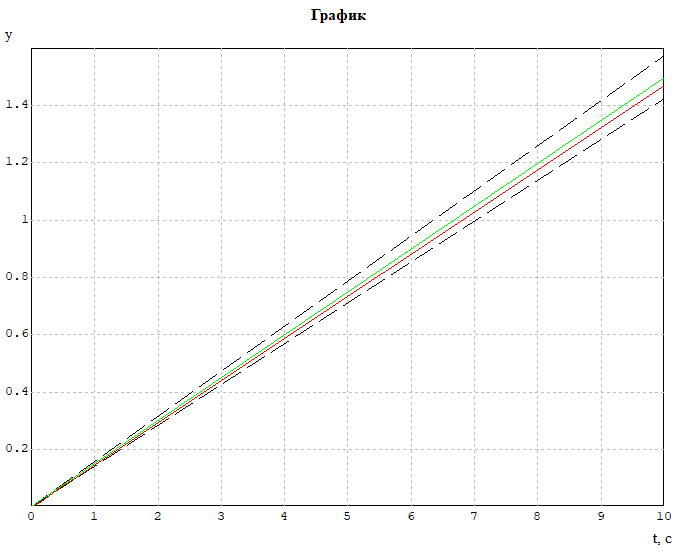


Рисунок 13 – График переходного процесса

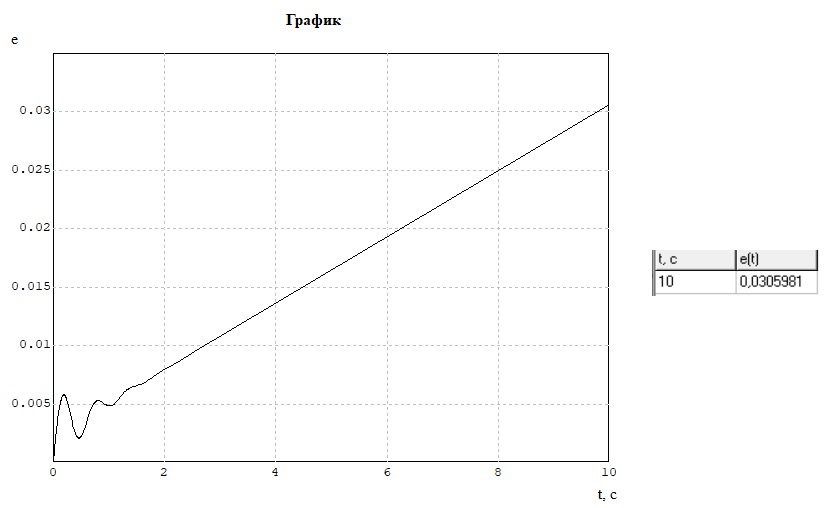


Рисунок 14 – График ошибки и табличные данные

Сравним ошибки при 10 с:

По графику

По расчетным данным:

В итоге ***значения установившихся ошибок практически совпадают.*** Небольшую разницу ошибок можно объяснить наличием погрешностей при решении дифференцированного уравнения.

**д) g(t)=0 и f(t)=Mcmaxsin(ωmaxt) = 0,15 sin(5t)**

Для расчета установившейся ошибки воспользуемся формулами из таблицы ошибок:

Домножим числитель и знаменатель на комплексно-сопряженное:

Рисунок 15 – График переходного процесса

Посчитаем значения ошибки по формуле в 10 с, т.е. при частоте :

Ошибка, соответствующая результату моделирования:

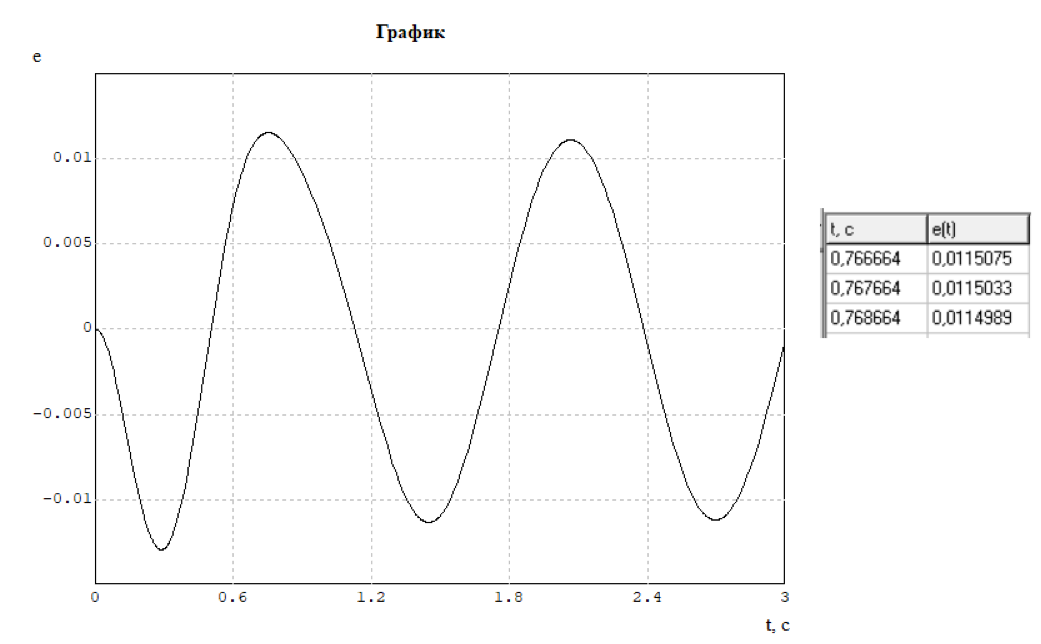


Рисунок 16 – График ошибки и ее табличное значение

Результаты расчетов установившейся ошибки и моделирования совпадают.

1. Построим схему №2 в МВТУ, согласно выданной схеме (рис.1) и по исходным данным, где , а .

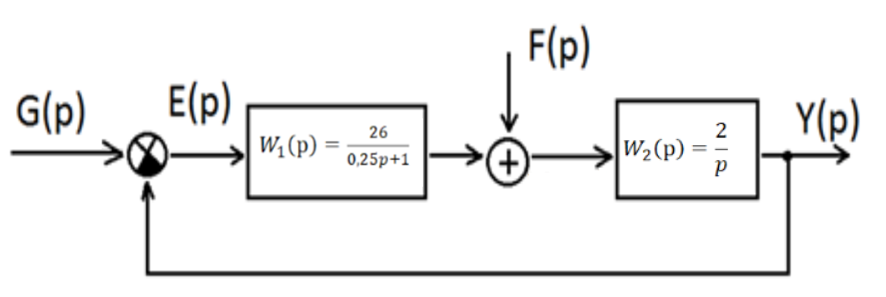


Рисунок 16 – Структурная схема

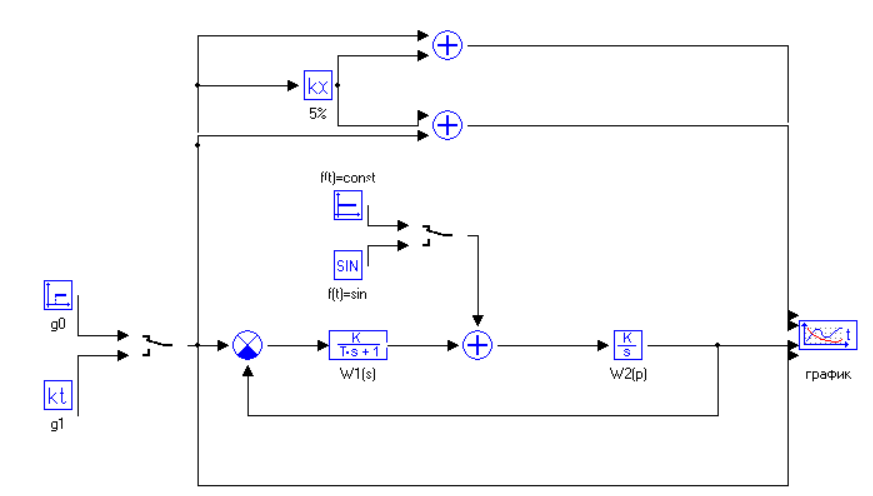


Рисунок 17 – Собранная структурная схема №1

**а) g(t) = g0=12 и f(t)=0**

Для начала рассчитаем коэффициенты ошибок и найдем установившуюся ошибку, не прибегая к моделированию процесса. Для этого найдем передаточную функцию замкнутой системы по ошибке относительно задающего воздействия:

Т.к. 0,3 >0; 1 >0; 52>0, то система устойчива.

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0:

Т.к. , значит, что система астатическая, вероятнее всего 1-го порядка, т.к. в контур был введен интегратор, найдем с1, вычислив производную:

Итак, у нас в разомкнутом контуре СУ , значит (по таблице ошибок), это астатическая система 1-го порядка, которая имеет ЛАХ тип I, предположения подтвердились.

Теперь, зная коэффициенты ошибки найдем ее значение:

Промоделируем это в программе:

Посчитаем величину перерегулирования, для этого из следующего рисунка найдем :

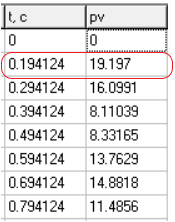


Рисунок 20 – Табличные данные

ϭ =

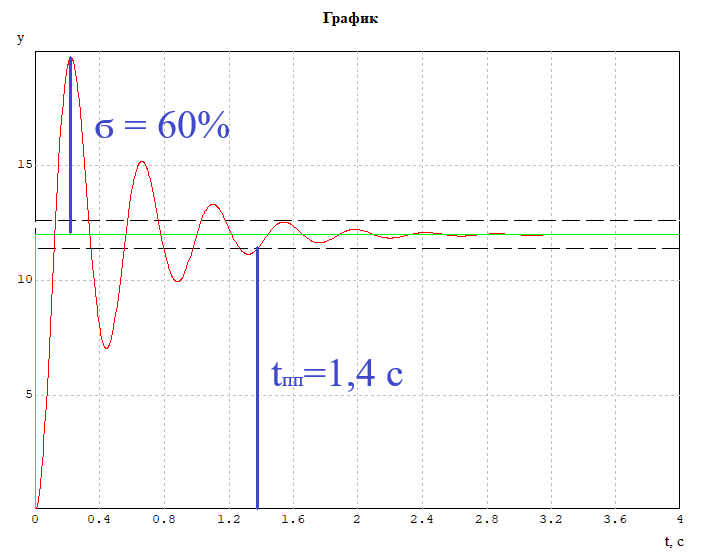


Рисунок 18 – График переходного процесса

Посмотрим на график ошибки:

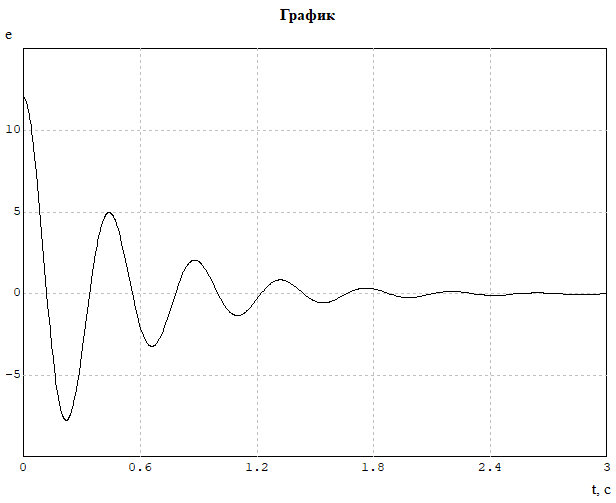


Рисунок 19 - График ошибки

Сравнив результаты моделирования и рассчитанные значения, делаю вывод о том, что они совпадают, ошибка равняется 0.

**б) g(t)=g1\*t=0,15t и f(t)=0**

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0:

Т.к. , значит, что система астатическая, найдем с1, вычислив производную:

Итак, у нас в разомкнутом контуре СУ , значит (по таблице ошибок), это астатическая система 1-го порядка, которая имеет ЛАХ тип I.

Теперь, зная коэффициенты ошибки найдем ее значение:

Промоделируем процесс:

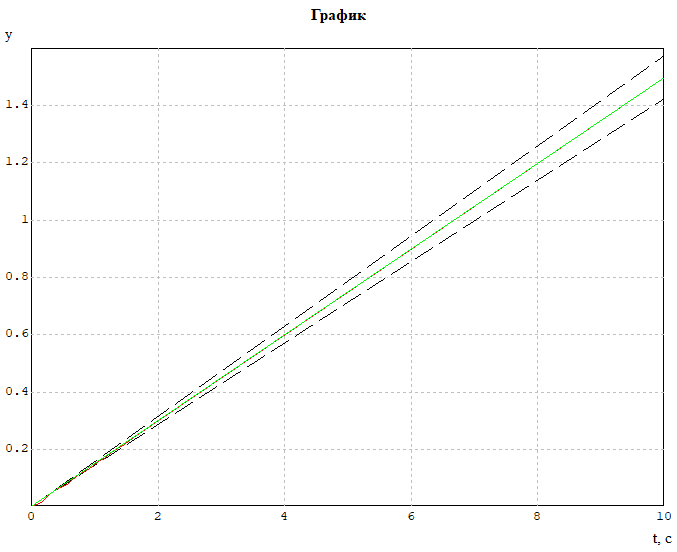


Рисунок 22 – График переходного процесса

Сравним полученные результаты моделирования с расчетными данными. Для этого сравним значения ошибок в определенный момент времени, например, в 10 секунд.

Посмотрим на значение целевого параметра:

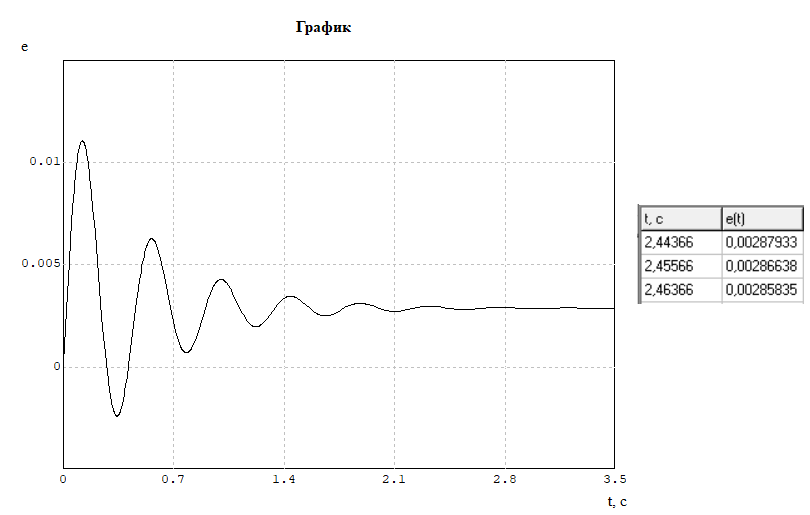


Рисунок 23 – таблица графика

– установившаяся ошибка по результату моделирования.

Таким образом, установившаяся ошибка по графику ***совпадает с рассчитанным значением***.

**в) g(t)=0 и f(t)=f0=0,09**

Для анализа точностных показателей найдем передаточную функцию замкнутой системы по ошибке относительно возмущающего воздействия:

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0, поделив числитель на знаменатель:

Т.к. , значит, что система статическая.

Промоделируем процесс:

Вычислим величину перерегулирования:

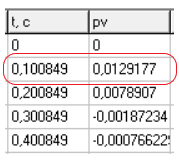


Рисунок 26 – Табличные данные

ϭ =

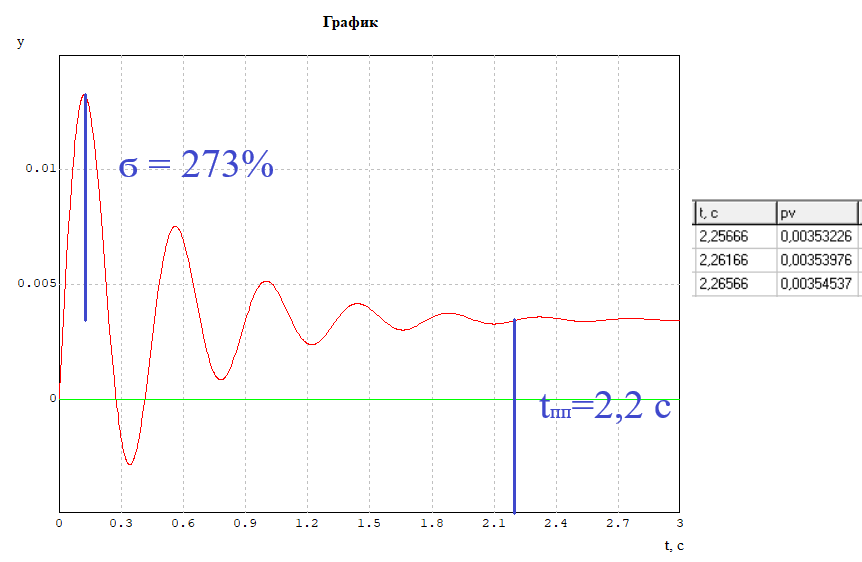


Рисунок 24 – График переходного процесса

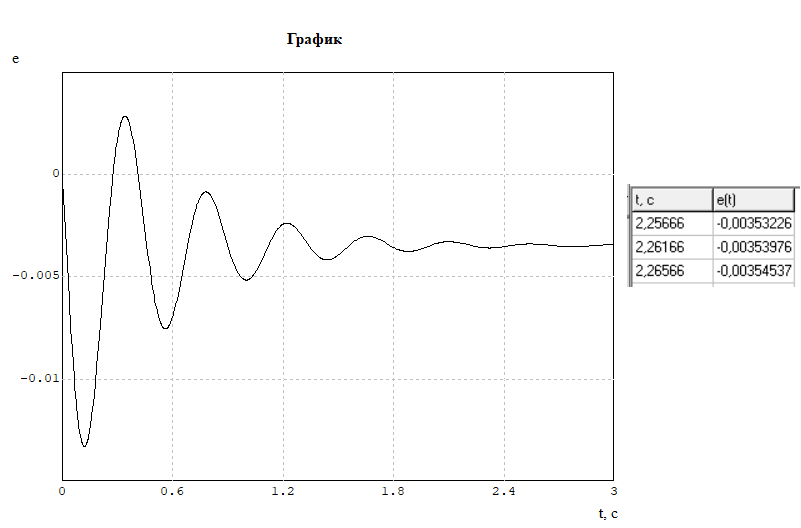


Рисунок 25 – График ошибки и табличные данные

По рисунку 25 видно, что расчетное значение ошибки равно 0,003, что ***совпадает с ранее рассчитанным значением установившейся ошибки.***

**г) g(t)=g1\*t=0,15t и f(t)=f0=0,09**

В этом случае необходимо посчитать установившуюся ошибку, которая будет вычисляться по формуле:

Посчитаем , для этого найдем передаточную функцию замкнутой системы по ошибке относительно задающего воздействия:

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0:

Т.к. , значит, что система астатическая, вероятнее всего 1-го порядка, т.к. в контур был введен интегратор, найдем с1, вычислив производную:

Итак, у нас в разомкнутом контуре СУ , значит (по таблице ошибок), это астатическая система 1-го порядка, которая имеет ЛАХ тип I, предположения подтвердились.

Теперь, зная коэффициенты ошибки найдем ее значение:

Далее вычислим , для этого найдем передаточную функцию замкнутой системы по ошибке относительно возмущающего воздействия:

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0, поделив числитель на знаменатель:

Т.к. , значит, что система статическая.

Теперь можно вычислить установившуюся ошибку:

Промоделируем процесс:

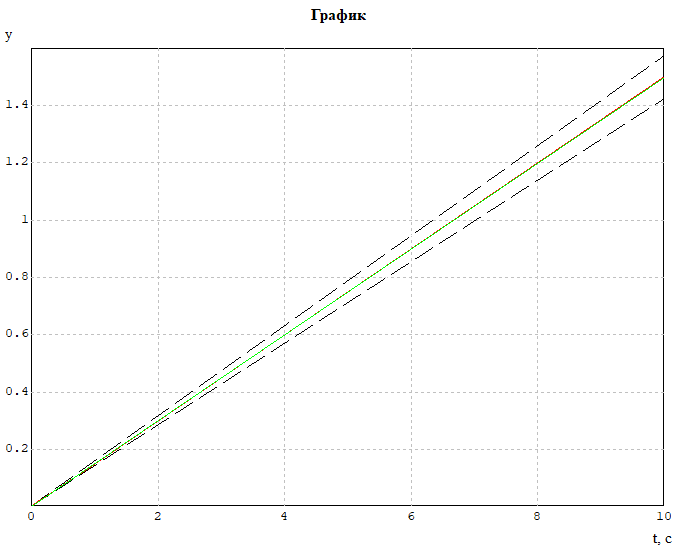


Рисунок 28 – График переходного процесса

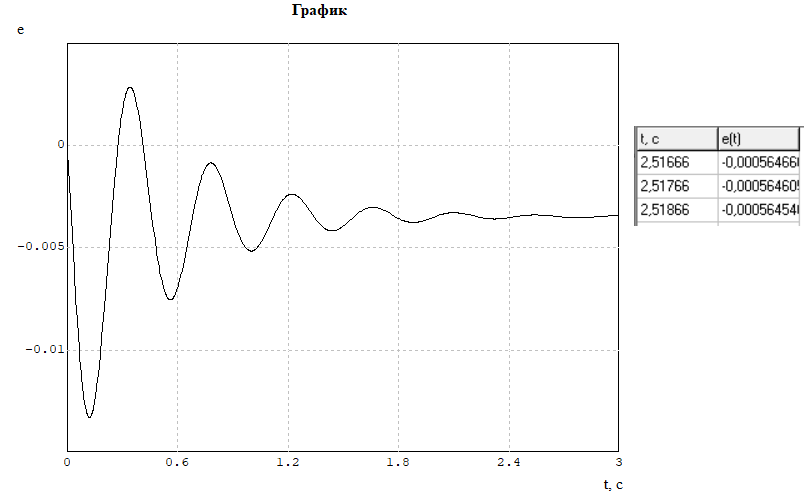


Рисунок 29 – График ошибки и табличные данные

По расчетным данным ошибка ***совпадает с результатами моделирования и равняется нулю.***

**д) g(t)=0 и f(t)=Mcmaxsin(ωmaxt) = 0,15 sin(5t)**

Для расчета установившейся ошибки воспользуемся формулами из таблицы ошибок:

Домножим числитель и знаменатель на комплексно-сопряженное:

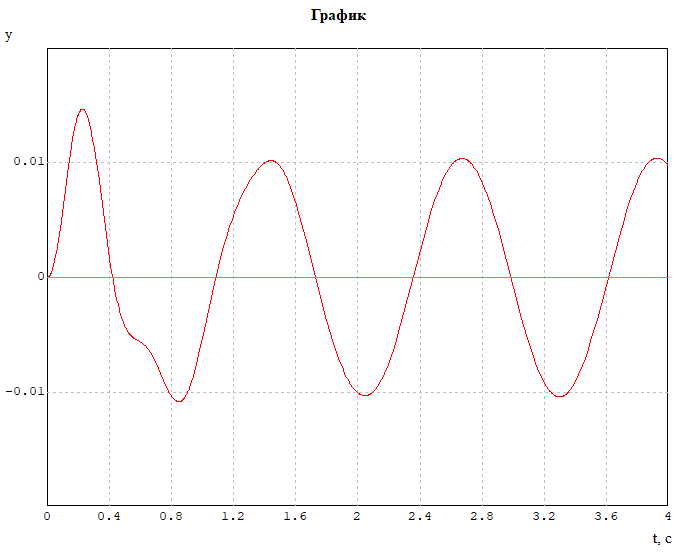
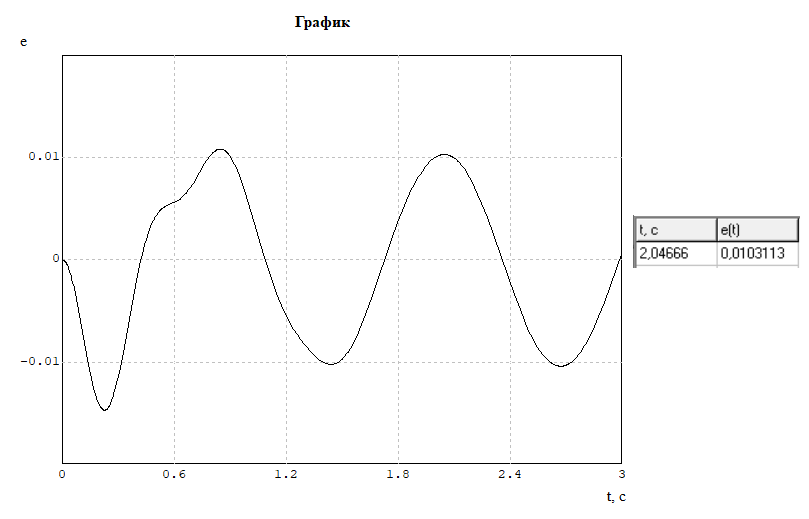


Рисунок 30 – График переходного процесса

Ошибка, соответствующая результату моделирования:



**Вывод:** в данной лабораторной работе были проанализированы точностные показатели систем при подаче типовых внешних воздействий: были собраны две системы, одна статическая, другая астатическая. Для двух систем были вычислены аналитическим методом ошибки при разных комбинациях внешних воздействий, помимо этого данные процессы были промоделированы в МВТУ, графики были обсчитаны (найдены динамические свойства системы) и было найдено значение установившейся ошибки.

Обязательно перед анализом точностных показателей системы необходимо было проверить её устойчивость, т.к. формулы справедливы только для устойчивых систем.

После каждого опыта результаты расчетов и моделирования были сравнены, и, как итог, можно утверждать, что во всех опытах ошибки совпали и даже с высокой точностью.

В первой схеме установившаяся ошибка присутствовала во всех опытах. Во второй системе ошибка отсутствовала, т.к. в контуре управления был введен интегратор, который повысил точностные показатели системы, однако вместе с тем он понизил устойчивость системы (ухудшил ЛАЧХ, т.к. интегрирующее звено приносит -90˚, что понижает запас устойчивости по фазе), следовательно, астатические системы имеют хорошие точностные показатели, по сравнению со статическими.