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 14

исследование точности САУ при типовых внешних воздействиях

**ВЫПОЛНИЛИ**  АПГ-22 Скрябнев А.В.

(шифр группы) (подпись) (ФИО)

**ОЦЕНКА**: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

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

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

(подпись) (ФИО)

Санкт-Петербург 2024

**Оглавление**

[1 Номер варианта и данные 3](#_Toc178519670)

[2 Составить схему моделирования системы №1 и внешних воздействий 3](#_Toc178519671)

[3.1 Анализ исходного объекта управления 4](#_Toc178519672)

[3.2 Анализ статической системы: при постоянном входном воздействии g(t)=g0=16 и отсутствии возмущающего воздействия f(t)=0 5](#_Toc178519673)

[3.3 Анализ статической системы: g(t) = g1\*t = 1,4\*t, где - g1 скорость, f(t)=0 8](#_Toc178519674)

[3.3 Анализ ошибок в статической системе при возмущающем воздействии 10](#_Toc178519675)

[3.4 Анализ статической системы: g(t)=0 и f(t)=f0=0,1 10](#_Toc178519676)

[3.5 Анализ статической системы: g(t)=g1\*t=1,4t и f(t)=f0=0,01 13](#_Toc178519677)

[3.6 Анализ статической системы: g(t)=0 и f(t)=Mcmaxsin(ωmaxt) = 0,2 sin(3t) 14](#_Toc178519678)

[4.1 Схема №2 – Астатическая 17](#_Toc178519679)

[4.2 Анализ исходного объекта управления по задающему воздействию 18](#_Toc178519680)

[4.3 Анализ астатической системы - g(t) = g0=16 и f(t)=0 18](#_Toc178519681)

[4.4 Анализ астатической системы - g(t)=g1\*t=1,4t и f(t)=0 20](#_Toc178519682)

[4.5 Анализ исходного объекта управления по возмущающему воздействию 22](#_Toc178519683)

[4.6 Анализ астатической системы - g(t)=0 и f(t)=f0=0,1 22](#_Toc178519684)

[4.7 Анализ астатической системы - g(t)=g1\*t=1,4t и f(t)=f0=0,1 24](#_Toc178519685)

[4.8 Астатическая - g(t)=0 и f(t)=Mcmaxsin(ωmaxt) = 0,2 sin(3t) 26](#_Toc178519686)

1 Номер варианта и данные

Данные варианта и соответственно сам вариант представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Данные выданного варианта

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | К1 | К2 | Т1(с) | Т2(с) | Т(с) | g0 | g1 |  |  |
| 14 | 14 | 6 | 0,08 | 1,7 | 0,28 | 16 | 1,4 | 0,1 |  |

2 Составить схему моделирования системы №1 и внешних воздействий

Построенная схему №1 (Рисунок 1-2) в МВТУ, согласно исходным данным, где:

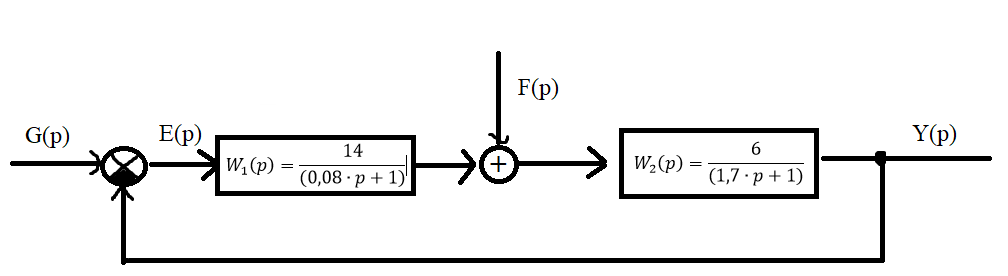


Рисунок 1 - Схема моделирования системы и внешних воздействий

Где:

* g(t) (G(p)) – входное воздействие,
* y(t) (Y(p)) – регулируемая переменная,
* e(t) = g(t) – y(t) ( E(p) = G(p) – Y(p) ) – ошибка,
* f(t) (F(p)) – возмущающее воздействие,

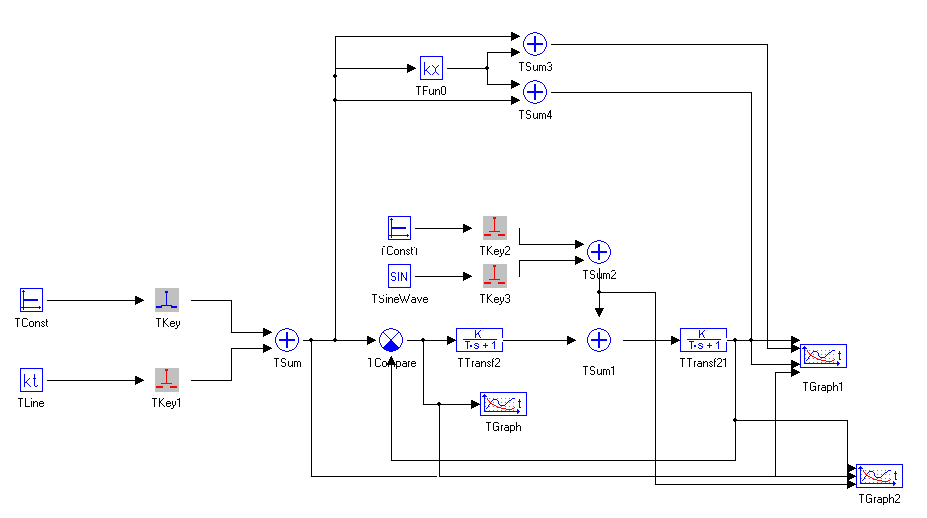


Рисунок 2 - Схема моделирования системы и внешних воздействий в МВТУ

3.1 Анализ исходного объекта управления

Передаточная функция разомкнутого контура будет иметь вид:

где Т1 и Т2 – постоянные времени, Т1>0, Т2>0, К – коэффициент передачи разомкнутого контура.

Вычисление передаточной функции замкнутой системы по ошибке относительно задающего воздействия:

**Формулировка критерия Гурвица:**

Для того, чтобы АСУ была устойчива необходимо и достаточно, чтобы все определители Гурвица были > 0 и при этом , где a0 – весовой коэффициент при максимальной степени. Одним из необходимых (но не достаточных) условий является: .

Определение характеристического уравнения рассматриваемой замкнутой системы для анализа устойчивости:

При приравнивании характеристического полинома к нулю и решении квадратного уравнения следует, что по критерию Гурвица замкнутая система является устойчивой (т.е.: Т1\*Т2>0, Т1 +Т2>0, 1+К>0).

Следовательно, замкнутая система - устойчива.

**Вычисление установившихся ошибок:**

Коэффициент ошибок может быть вычислен по передаточной функции Фе(р) по соотношению:

3.2 Анализ статической системы: при постоянном входном воздействии g(t)=g0=16 и отсутствии возмущающего воздействия f(t)=0



Расчетное значение:

Программное значение:

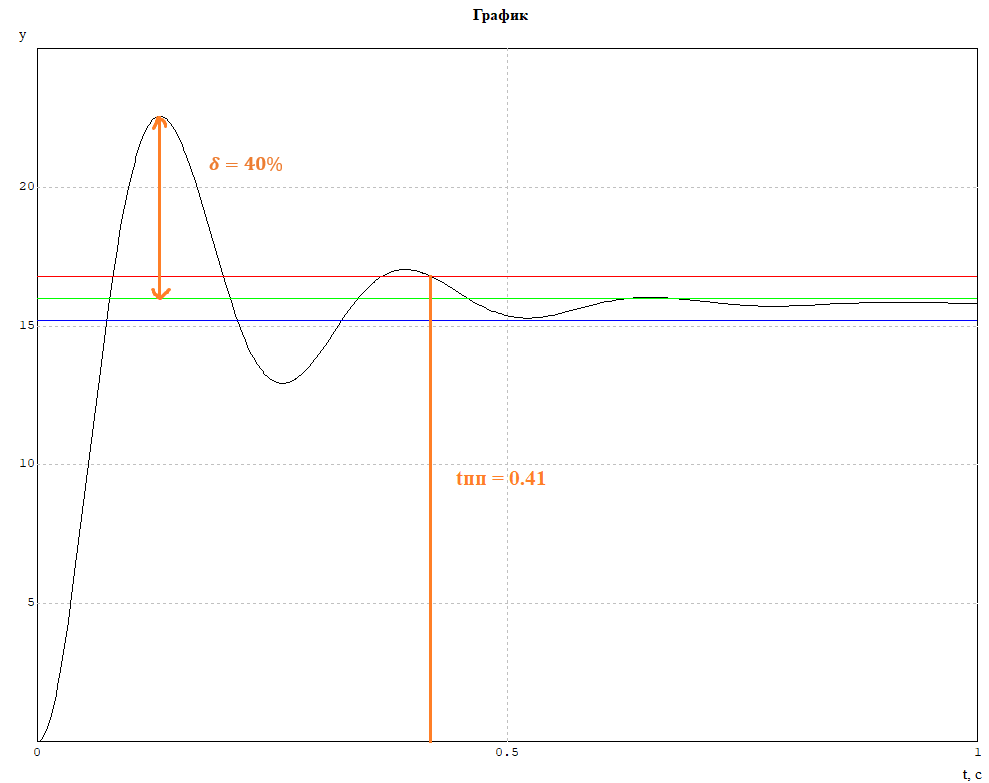
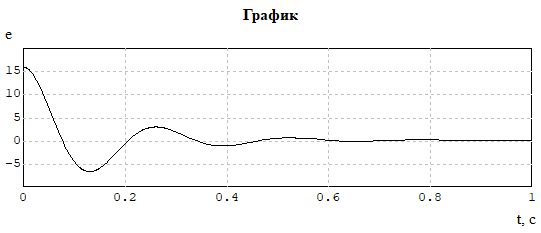


Рисунок 3 – График переходного процесса



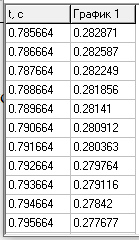


Рисунок 4 – График ошибки управления

Обсчитанные параметры:

,где значение находиться по графику:

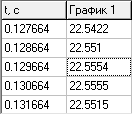


Рисунок 5 – Табличные данные

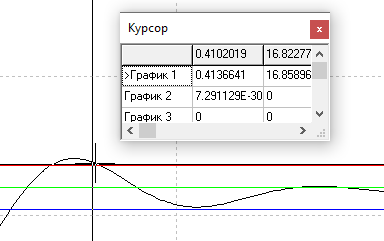


Рисунок 6 – Значение tпп

**Вывод:** при отработке статической системы постоянного воздействия в системе устанавливается не нулевая постоянная ошибка равная 0,2. Ошибка, найденная моделированием, совпала с результатом вычислений ошибки аналитически (рис. 4).

3.3 Анализ статической системы: g(t) = g1\*t = 1,4\*t, где - g1 скорость, f(t)=0



Расчетное значение установившейся ошибки:

Вычислить коэффициент С1 возможно делением числителя на знаменатель передаточной функции Фе(р) (деление полинома):

Так как С0 ,следовательно система статическая относительно задающего воздействия, и если g(t)=g0, то установившаяся ошибка будет равна . Если входное воздействие g(t)= g1\*t, то установившаяся ошибка будет равна:

Из этого следует, что при отработке системой входного линейного воздействия ошибка зависит от времени и линейно возрастает.

.

Промоделируем процесс:

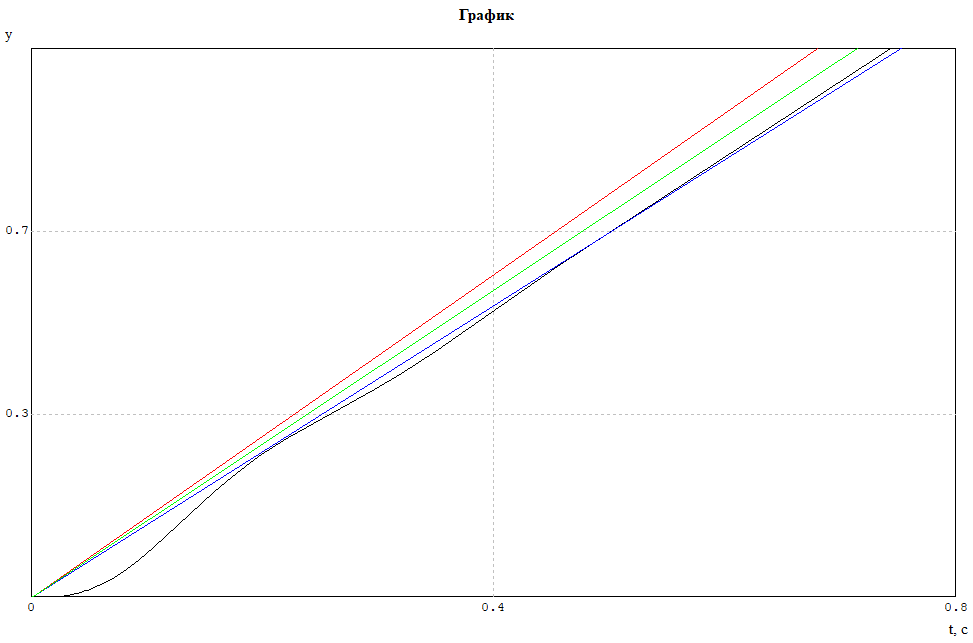


Рисунок 7 – График переходного процесса

Сравним полученные результаты моделирования с расчетными данными. Для этого сравним значения ошибок в определенный момент времени, например, при 0,8 секунд.

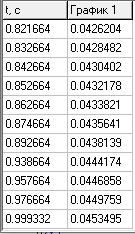
 

Рисунок 8 - График ошибки и его таблица

Реальное ошибка:

Это значение совпадает с рисунком 7.

Рассчитанное значение ошибки при значении t = 0,8:

**Вывод:** при отработке статической системы при отработке системой входного линейного воздействия ошибка зависит от времени и линейно возрастает. Ошибка, найденная моделированием, совпала с результатом вычислений ошибки аналитически.

3.3 Анализ ошибок в статической системе при возмущающем воздействии

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

Т.к. 0,136>0; 1,78>0; 85>0, то система устойчива.

Теперь вычислим коэффициенты ошибки вычисляемые по соотношениям:

Т.к. , значит, что система статическая.

3.4 Анализ статической системы: g(t)=0 и f(t)=f0=0,1



Расчетное значение ошибки:

Реальное значение ошибки:

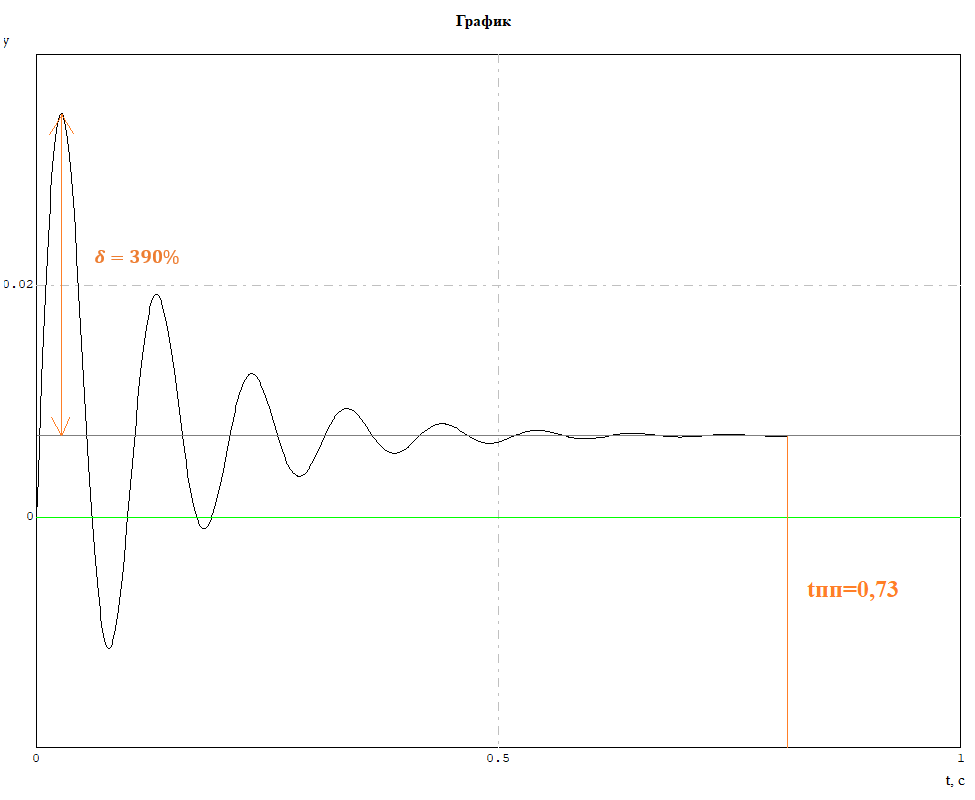


Рисунок 9 – График переходного процесса

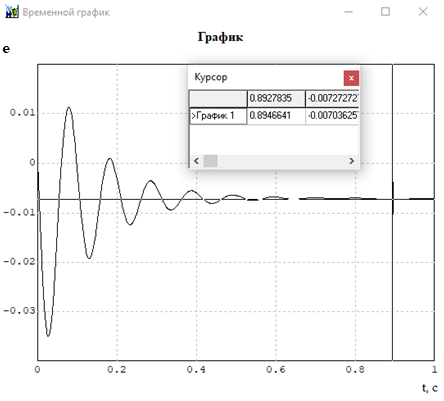


Рисунок 10 – График ошибки управления

Обсчитанные параметры:

,где значение находиться по графику:

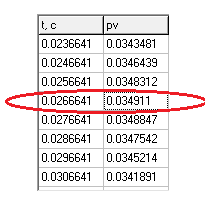


Рисунок 11 – Реальные значение с графика

(Рисунок 12).

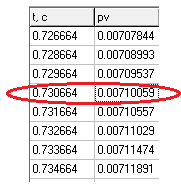


Рисунок 12 – Реальные значение с графика

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

**Вывод:** По рисунку 11 видно, что расчетное значение ошибки равно -0,007, 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.

3.5 Анализ статической системы: g(t)=g1\*t=1,4t и f(t)=f0=0,01



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

Промоделируем процесс:

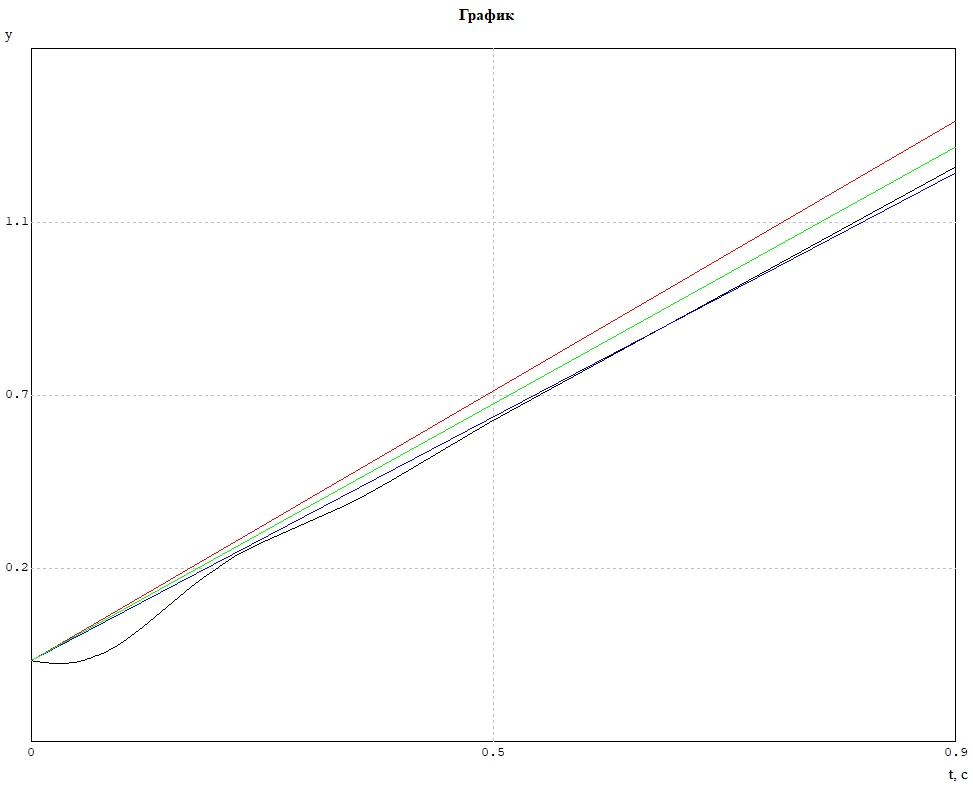
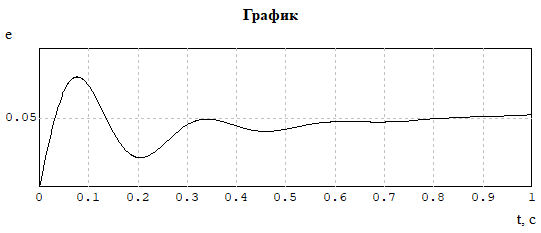


Рисунок 13 – График переходного процесса



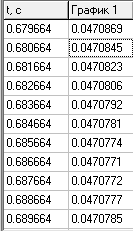


Рисунок 14 – График ошибки и табличные данные

Сравним полученные результаты моделирования с расчетными данными. Для этого сравним значения ошибок в определенный момент времени, например, при 0,8 секунд.

Реальное значение с рисунка 14:

Расчетное значение:

**Вывод:** при отработке статической системы при отработке системой входного линейного воздействия и постоянного возмущения ошибка зависит от времени и линейно возрастает. Ошибка, найденная моделированием, совпала с результатом вычислений ошибки аналитически.

3.6 Анализ статической системы: g(t)=0 и f(t)=Mcmaxsin(ωmaxt) = 0,2 sin(3t)



Для расчета установившейся ошибки воспользуемся формулами из таблицы ошибок:

Домножим числитель и знаменатель на комплексно-сопряженное:

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

Ошибка, соответствующая результату моделирования:

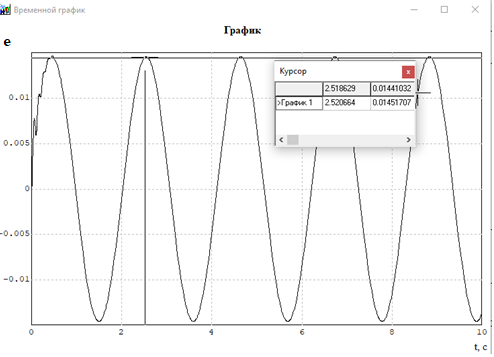


Рисунок 15 – График ошибки

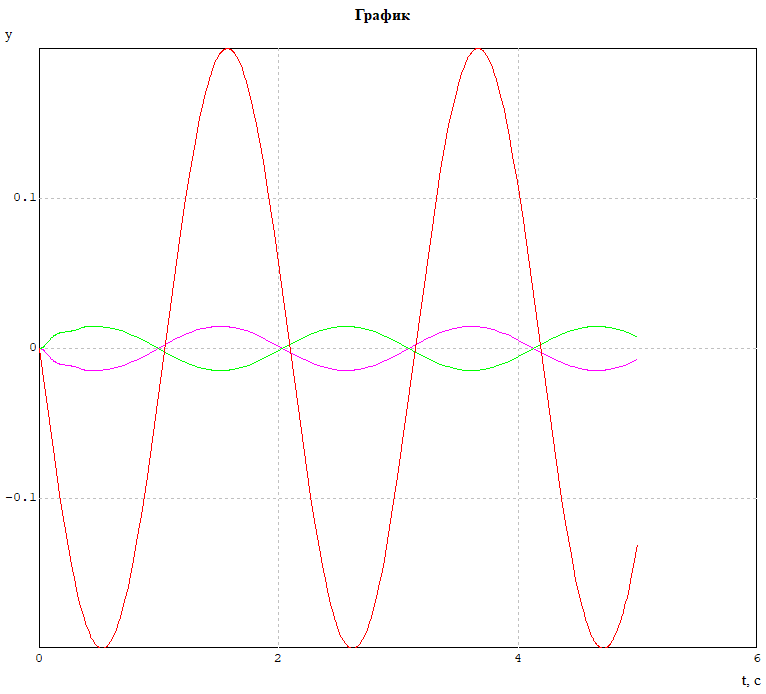


Рисунок 16 – Графики переходного процесса, ошибки и возмущения

**Вывод:** Результаты расчетов установившейся ошибки и моделирования совпадают.

4.1 Схема №2 – Астатическая

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

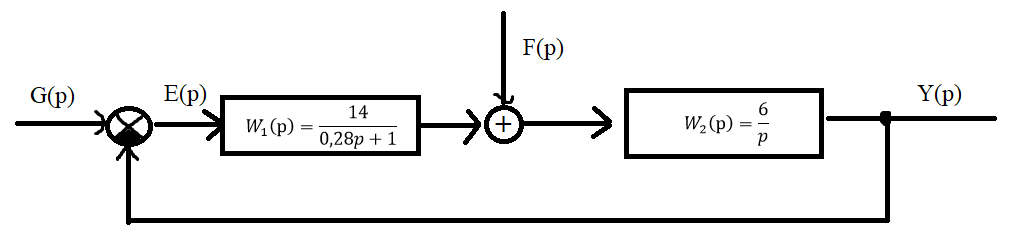


Рисунок 17 - Структурная схема

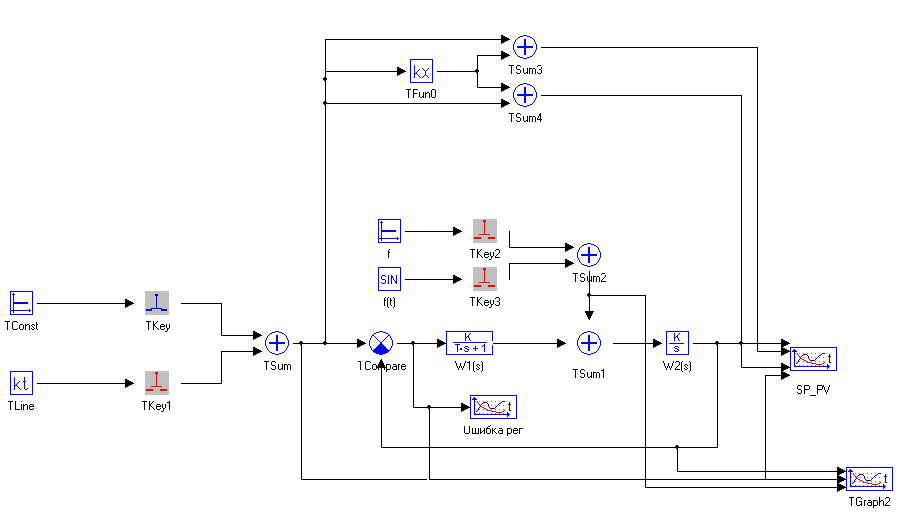


Рисунок 18 - Собранная структурная схема №2

4.2 Анализ исходного объекта управления по задающему воздействию

Найдем передаточную функцию замкнутой системы по ошибке относительно задающего воздействия:

Т.к. 0,28>0; 1>0; 84>0 – система устойчива.

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0:

4.3 Анализ астатической системы - g(t) = g0=16 и f(t)=0



Рассчитанное значение ошибки:

Промоделируем это в программе:

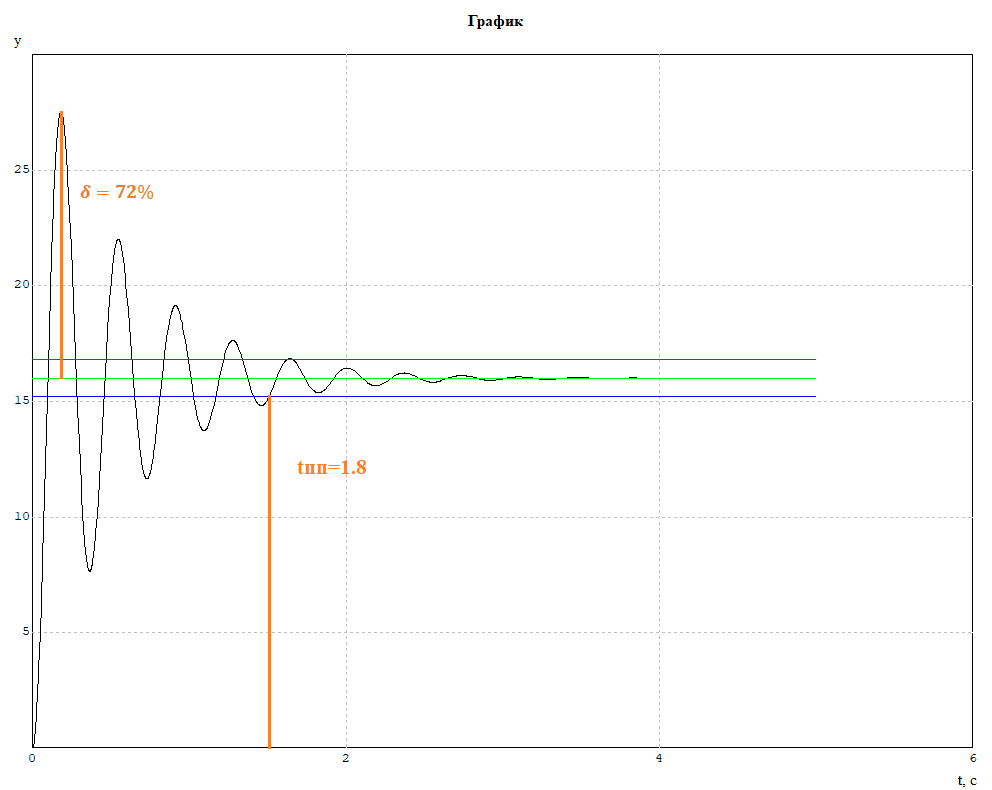


Рисунок 19 - График переходного процесса

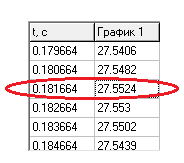


Рисунок 20 - Значение

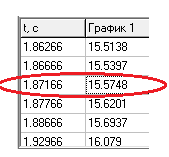


Рисунок 21 – Значение

  
Рисунок 22 – График ошибки

**Вывод:** при отработке статической системы постоянного воздействия в системе устанавливается нулевая постоянная ошибка. Ошибка, найденная моделированием, совпала с результатом вычислений ошибки аналитически.

4.4 Анализ астатической системы - g(t)=g1\*t=1,4t и f(t)=0



Расчетное значение:

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.

Промоделируем процесс:

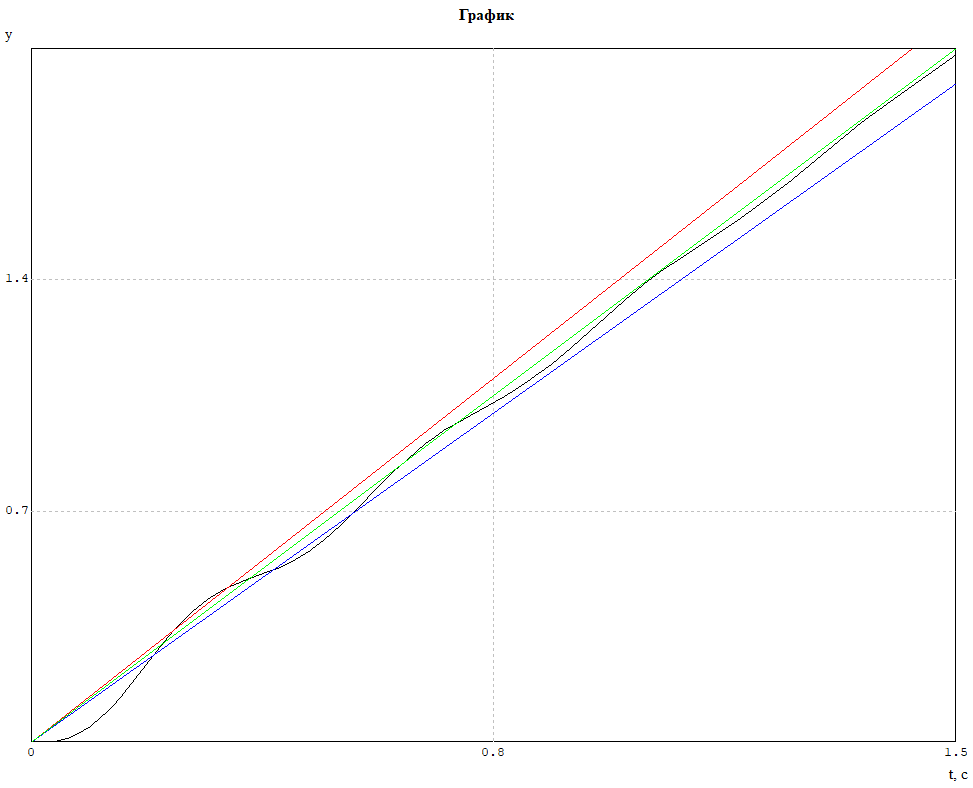


Рисунок 23 - График переходного процесса

Сравним полученные результаты моделирования с расчетными данными. Для этого сравним значения ошибок в определенный момент времени, например, в 4 секунды.

Посмотрим на значение целевого параметра:

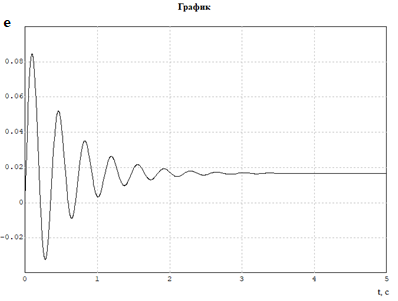
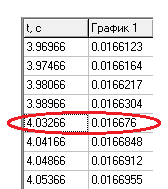
 

Рисунок 24 – таблица графика

– установившаяся ошибка по результату моделирования.

**Вывод:** при отработке астатической системы при отработке системой входного линейного воздействия ошибка зависит от времени и линейно возрастает. Ошибка, найденная моделированием, совпала с результатом вычислений ошибки аналитически.

4.5 Анализ исходного объекта управления по возмущающему воздействию

Теперь вычислим коэффициент ошибки с0, поделив числитель на знаменатель:

4.6 Анализ астатической системы - g(t)=0 и f(t)=f0=0,1



Т.к. , значит, что система статическая.

(1)

Промоделируем процесс:

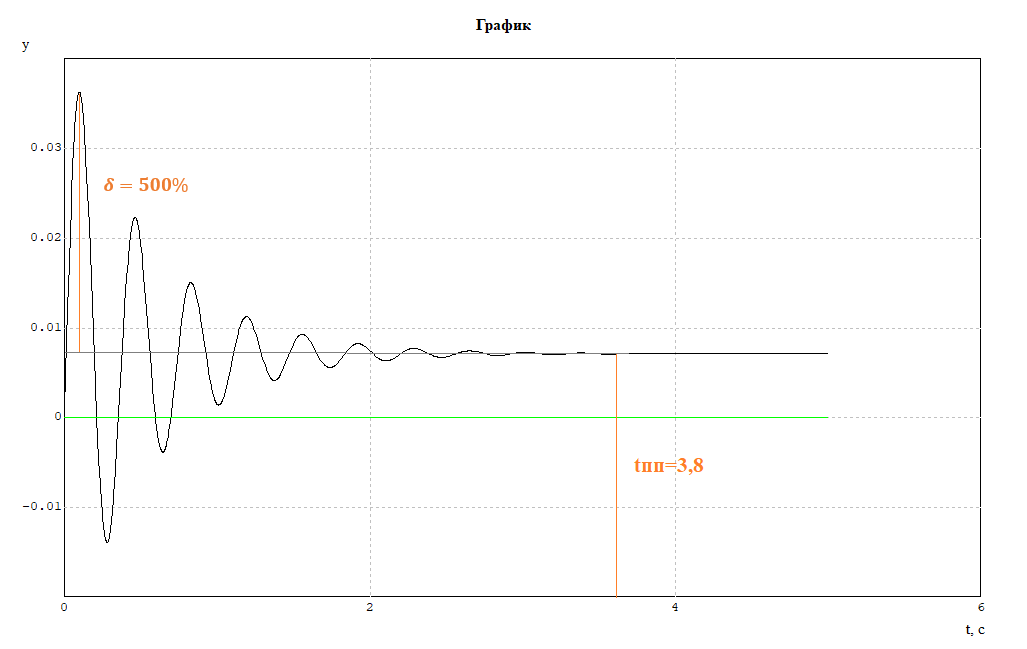


Рисунок 25 – График переходного процесса

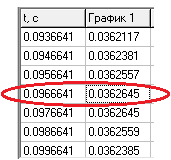
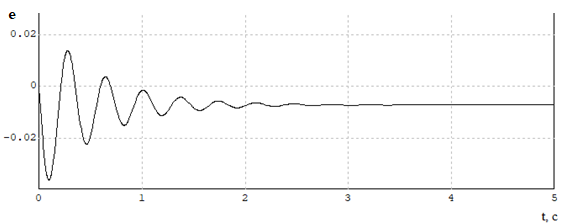


Рисунок 26 - Значение

  
Рисунок 27 – График ошибки

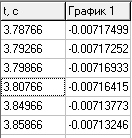


Рисунок 28 – Таблица графика

**Вывод:** По рисунку 11 видно, что расчетное значение ошибки равно -0,007, 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.

4.7 Анализ астатической системы - g(t)=g1\*t=1,4t и f(t)=f0=0,1



Рассчитанная ошибка:

Промоделируем процесс:

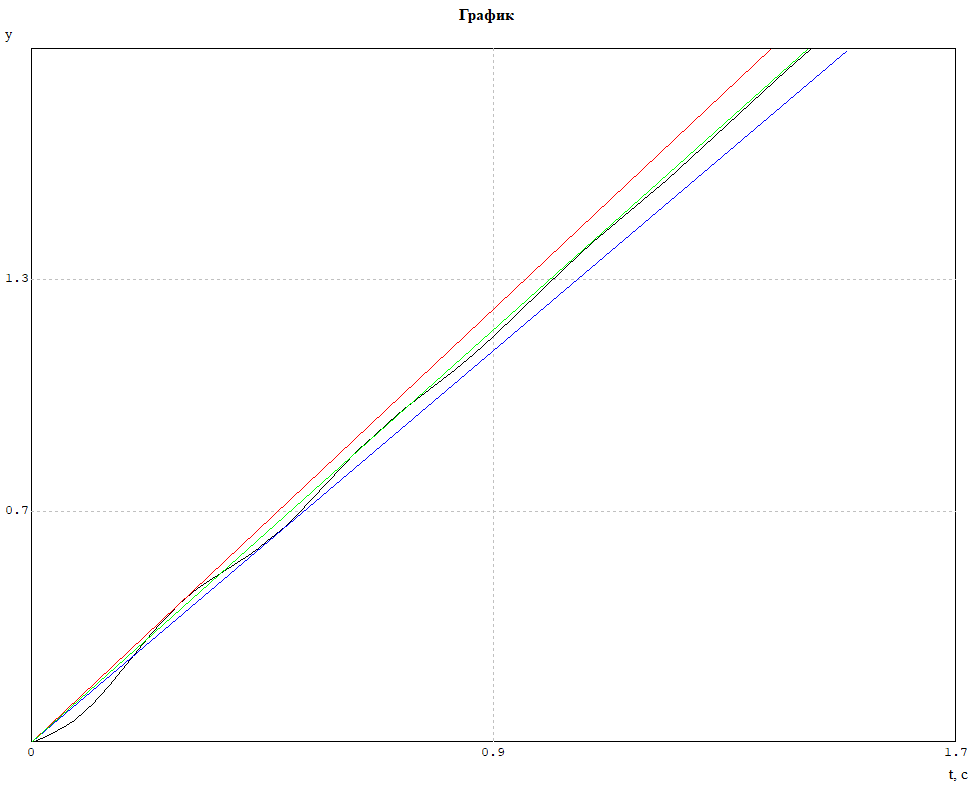


Рисунок 29 – График переходного процесса

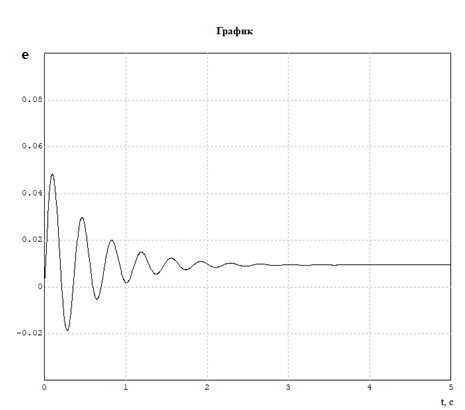
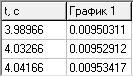
 

Рисунок 30 – График ошибки и табличные данные

**Вывод:** при отработке статической системы при отработке системой входного линейного воздействия и постоянного возмущения ошибка зависит от времени и линейно возрастает. Ошибка, найденная моделированием, совпала с результатом вычислений ошибки аналитически.

4.8 Астатическая - g(t)=0 и f(t)=Mcmaxsin(ωmaxt) = 0,2 sin(3t)



Для расчета установившейся ошибки воспользуемся формулами из таблицы ошибок:

Домножим числитель и знаменатель на комплексно-сопряженное:

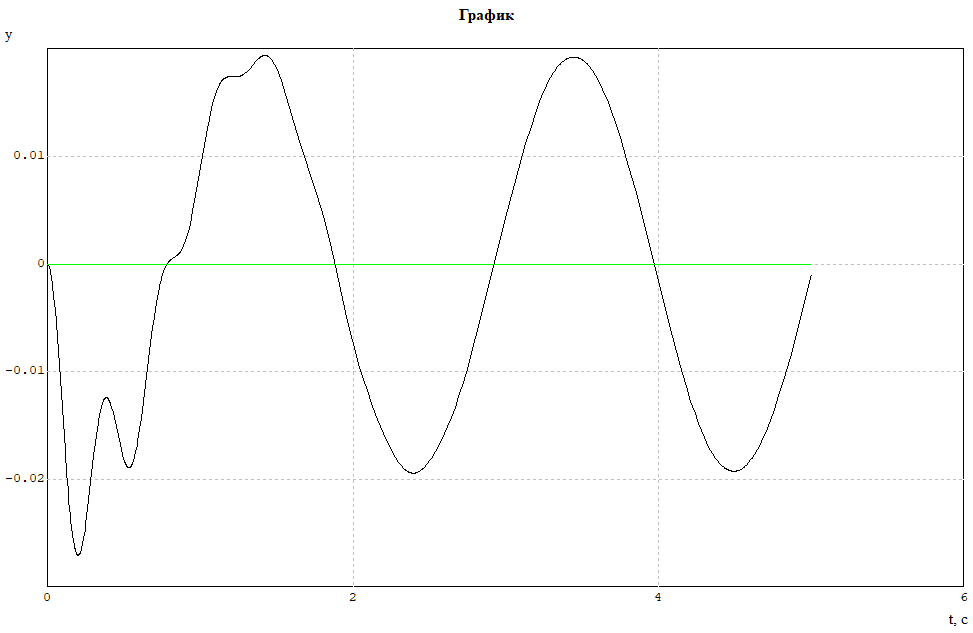


Рисунок 31 – График переходного процесса

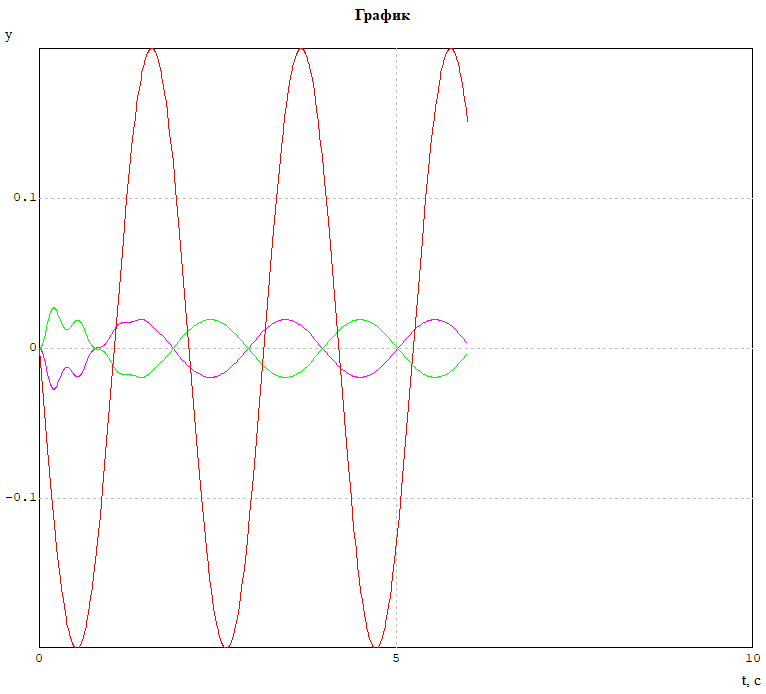


Рисунок 32 – Графики переходного процесса, ошибки и возмущения

Посчитаем значения ошибки по формуле в 2 с, т.е. при частоте :

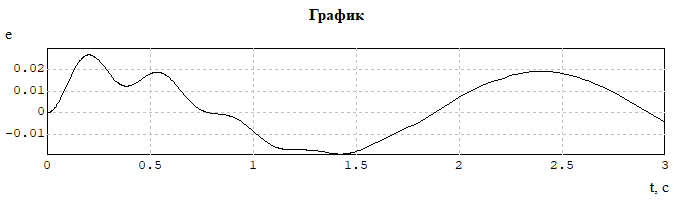
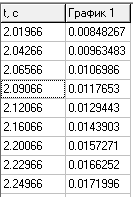
 

Рисунок 33 – График ошибки и табличные данные

**Вывод:** Ошибка совпадает с результатом 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.