

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

**Институт инноватики  
Факультет инновационных технологий**

**Отделение кафедры ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии»**

### **Методические указания**

для проведения практических занятий  
по дисциплине **«Информационные системы в мехатронике и робототехнике»**  
по направлению 221000.68 «Мехатроника и робототехника»  
Магистерская программа «Проектирование и исследование мультикоординатных  
электромехатронных систем движения»

Методические указания по практическим занятиям по направлению 221000.68 «Мехатроника и робототехника», магистерская программа «Проектирование и исследование мультикоординатных электромехатронных систем движения» рассмотрены и утверждены на заседании Отделения кафедры ЮНЕСКО «Новые материалы и технологии» 27.03. 2012 г., протокол № 8.

Разработчики:

Преподаватель

С.В. Комзолов

СОГЛАСОВАНО:

Зав. профилирующей каф. УИ

\_\_\_\_\_ А.Ф. Уваров

Зав. выпускающим

Отделением кафедры ЮНЕСКО

\_\_\_\_\_ Ю.М. Осипов

## **1. Цель проведения занятий**

Практические занятия направлены на закрепление и расширение знаний, полученных на лекциях; объем занятий - 16 часов.

Практические занятия по курсу, направлены на укрепление знаний в области инноватики и педагогики, а также в области управления и автоматизации с использованием компьютера.

Предусмотрен тестовый контроль полученных знаний в объеме, предусмотренном рейтинговой раскладкой для данной дисциплины (см. приложение А). Тестовый контроль проводится в виде контрольных работ по изучаемым темам.

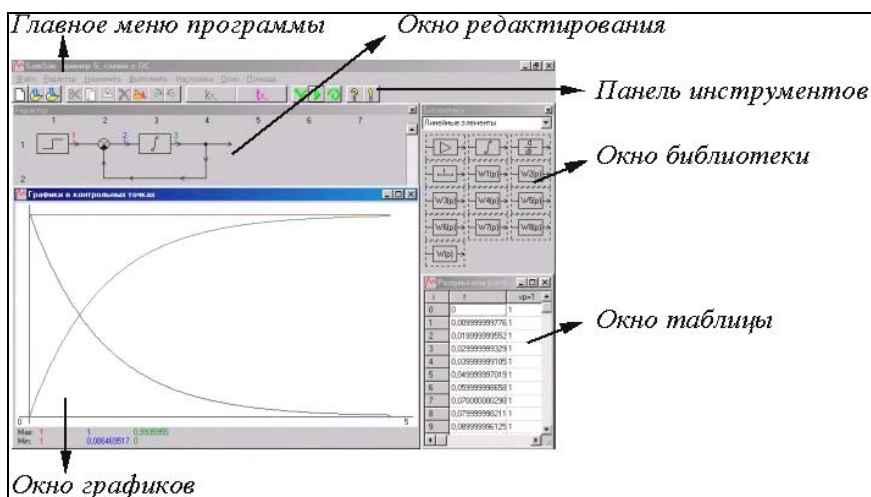
## 2. Содержание занятий

### Занятие 1.

Тема. Система автоматизированного моделирования “SamSim”..

#### 1. Назначение программы SamSim.

Программа предназначена для моделирования линейных и нелинейных цепей в системах автоматического управления. Работает с моделями, которые можно представить в форме блок-схем.



С помощью программы можно:

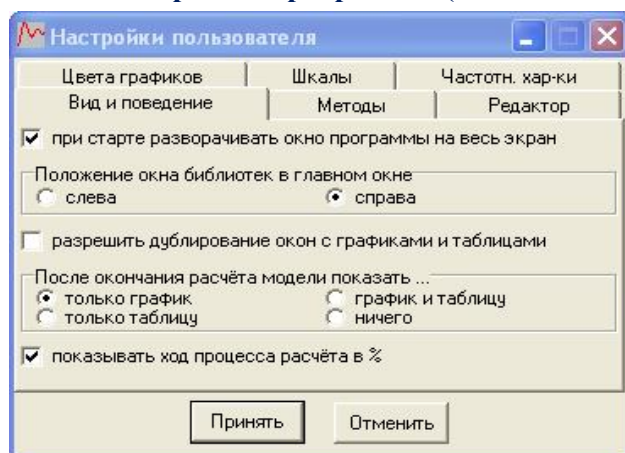
- построение любых схем моделей из библиотек элементов,
- задание параметров интегрирования и параметров элементов,
- сохранение в файле и считывание из файла модели,
- построение зависимостей от времени в любых точках схемы,
- построение фазовых

портретов для любых схем,

- построение частотных характеристик для любых линейных схем,
- вывод результатов расчёта в графической и табличной форме,
- вывод на печать схемы и её параметров, результатов расчёта.

Задание 1. Посмотреть содержание разделов меню «Файл»

#### 2. Настройки программы (меню «Настройки»).



Пункт меню «Настройки» → «Пользователя».

На вкладке «Вид и поведение» можно задать окно программы, положение окна Библиотек относительно окна Редактора (слева или справа в главном окне), вывод результатов расчетов.

Задание 2. Установить, как показано на рисунке.

На вкладке «Методы» можно задать точность выполнения расчетов и решения дифференциальных уравнений.

Задание 3. Установить 2-ой порядок

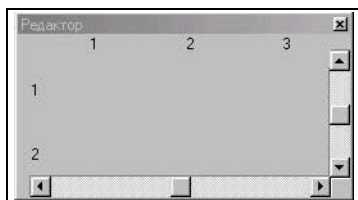
точности.


Задание 4. Установить вывод частотных характеристик в радианах.

Задание 5. Просмотреть содержание и установить остальные настройки - по Вашему предпочтению.


#### 3. Поле редактора (меню «Редактор»).

Поле редактора разбито на ячейки, в которых могут быть расположены элементы схемы. На поле могут размещаться несколько независимых однотипных схем.



Слева и сверху поля расположены индексы ячеек. При нажатии левой кнопки мышки по полю редактора выделяется соответствующая ячейка прямоугольником синего цвета. Если выделена пустая ячейка, то в неё можно поместить элемент схемы двойным щелчком левой кнопки мышки по необходимому элементу в окне библиотеки или вставить из буфера памяти после копирования или вырезания. Если выделена ячейка с элементом, то возможно его вырезание, копирование, удаление, задание параметров элемента, если они есть. Элементы схемы можно перетаскивать по полю редактора и разворачивать в любом направлении кнопками  на панели инструментов программы.


#### 4. Открытие (загрузка с диска) имеющейся модели.

Если у Вас уже имеется готовая схема модели, сохраненная в файле, то открыть ее можно из меню “Файл” > ”Открыть” или кнопкой  на панели инструментов, и в диалоговом окне выбрать данный файл.

Вы можете также открыть и посмотреть уже готовые схемы моделей в качестве примеров, которые находятся в файлах программы Demo\*.sam.

**Задание 6.** Откройте в окне редактора схему Demo0.sam.

#### 5. Расчёт схемы.

Для расчёта схемы выберите в главном меню пункт “Выполнить” > “Расчёт” или нажмите кнопку  панели инструментов. Для проведения расчёта схемы должна быть установлена хотя бы одна контрольная точка. По результатам расчета будут построены графики в заданных контрольных точках схемы. Вид графика (зависимость от времени или частотные характеристики) зависит от типа входного элемента, задающего сигнал. Цвет кривой на графике соответствует цвету номера контрольной точки.

#### 6. Установка/удаление контрольной точки.

Контрольная точка устанавливается (или снимается) на выходе элемента с помощью двойного щелчка левой кнопки мыши по этому элементу схемы, а также через пункты меню «Назначить».

Номер контрольной точки устанавливается автоматически. Каждому номеру соответствует свой цвет. В схеме допускается не более 12-ти контрольных точек.


Если контрольная точка не устанавливается, то:

- вы не выбрали никакого элемента или щёлкаете по пустому месту схемы;
- в схеме уже установлено максимальное число контрольных точек;
- выбрано соединение или разветвлении, а не выход элемента.

**Задание 7.**

1. Поставьте контрольные точки на выходах всех блоков.
2. Установите для входного сигнала: задержку  $T=1$  с, амплитуду  $A=N$ , где  $N$  здесь и в дальнейших заданиях – Ваш номер в списке студентов группы на лабораторные занятия.
3. Вычислите графики контрольных точек.
4. Сохраните графики в файл.
5. Сохраните в файл Вашу схему (программу) с именем Demo-1

#### 7. Создание новой модели

Для создания новой схемы модели необходимо выбрать в главном меню программы пункт “Файл” > ”Новая схема” или нажать кнопку  на панели инструментов. Выбрав библиотеку элементов в окне Библиотеки, перетаскиваем мышкой из неё элементы в поле Редактора или, выбрав щелчком мыши будущее положение элемента в поле Редактора, дважды щёлкнуть левой кнопкой мышки по нужному элементу в окне Библиотеки.

Доступ к операциям редактирования возможен как из пунктов главного меню, так и из

“поп-меню”, всплывающего по щелчку правой кнопки мышки, или с помощью кнопок на панели инструментов.

#### Задание 8.

6. Составьте новую схему типа схемы Demo0.sam, но не с параллельным, а последовательным соединением элементов.
7. Поставьте контрольные точки на выходах всех блоков.
8. Установите параметры входного сигнала, как в задании 7.
9. Вычислите графики контрольных точек и сохраните их в файл.

#### **8. Задание названия модели.**

Для задания названия модели необходимо выбрать пункт меню "Назначить" > "Название модели".

Название модели отображается в верхней полосе главного окна программы после имени файла модели.

Задание 9. Задайте название Вашей модели Demo-2.sam, и запишите файл.

#### **9. Задание параметров элементов схемы.**

Пока не заданы параметры для всех элементов схемы, расчёт схемы невозможен. Задание параметров элементов схемы производится через пункт главного меню “Назначить” > ”Параметры элемента” или через пункт меню, всплывающего по нажатию правой кнопки, или с помощью кнопки «k=...» на панели инструментов.

Задание 10. Задайте в модели Demo-2.sam, более длинный временной интервал, посмотрите и сохраните графики.

Если для элемента схемы не заданы параметры, то этот элемент помечается значком \* (сиреневая звёздочка или чёрный кружок) в левом верхнем углу изображения элемента на схеме.

После нажатия кнопки “Принять” в диалоговом окне задания параметров происходит автоматическая проверка корректности введённых значений. В случае некорректности задания выводится соответствующее сообщение.

После сохранения модели в файле все заданные параметры элементов также сохраняются в файле.


#### **10. Задание параметров интегрирования.**

Задание параметров интегрирования (начало, конец и временной шаг расчетов для графиков) производится через пункт главного меню “Задать” > “Параметры интегрирования” или с помощью соответствующей кнопки «t=...» на панели инструментов.

Задание параметров интегрирования необязательно, если подходят значения установленные программой по умолчанию, равные от 0 до 5 с. с шагом 0.01.

Задание 11. Измените параметры интегрирования в модели Demo-2.sam, посмотрите и сохраните графики.

#### **11. Проверка схемы.**

После составления схемы и задания всех параметров элементов можно проверить ее на корректность составления - пункт меню “Выполнить” > ”Проверка схемы” или нажатие кнопки  на панели инструментов. Результат проверки будет сообщён.

Проверка производится автоматически (если она не была сделана) перед началом выполнения расчёта схемы. Необходимые условия корректности схемы: в ней есть хотя бы один источник сигнала и параметры всех элементов заданы.

Задание 12. Загрузить модель Demo2.sam, разорвать цепь обратной связи и проверить схему.

#### **12. Частотные характеристики.**

Для построения частотных характеристик на входе схемы должен стоять генератор качающейся частоты (ГКЧ). Частотный диапазон и типы характеристик (АЧХ, ФЧХ, ЛЧХ, АФЧХ), выводимых на экран в графическом виде, задаются как параметры

входного элемента – ГКЧ.

В таблицу с результатами расчёта выводятся значения и для амплитуды (АЧХ или ЛЧХ), и для фазы, независимо от того, какой график выбран для отображения.

*Задание 13. В модели Demo-1 замените блок входного сигнала на генератор ГКЧ и вычислите последовательно все типы частотных характеристик. Графики характеристик запишите в файлы.*

### **13. Годограф (АФЧХ).**

Для построения годографа (АФЧХ) на входе схемы должен стоять генератор качающейся частоты ГКЧ. Частотный диапазон и вид характеристики – годограф задаются как параметры входного элемента – ГКЧ. Выбор масштаба характеристики (линейный, логарифмический), как параметра ГКЧ, не влияет на вид годографа.

*Задание 14. Пример построения годографа посмотреть на модели Demo-1.sam, в которой блоки W8r заменить на блоки W1r с параметрами по  $T=N, N/2, N/4$ .*

### **14. Просмотр результатов расчёта в таблице.**

Для просмотра результатов расчёта в таблице необходимо выполнить сначала сам расчёт, а затем выбрать пункт меню “Окно” > “Таблица”. Таблица появится в отдельном окне.

Таблицу с результатами, всю или только часть, можно сохранить в текстовом файле и/или распечатать.

### **15. Печать результатов расчёта и графиков.**

Печать результатов расчёта и графиков (как и их сохранение в отдельном файле) возможна только при открытых соответствующих окнах (с таблицей или графиками).

При проведении нескольких последовательных расчётов и при открытии нескольких окон с таблицей или графиками на печать выводятся результаты только последнего расчёта (независимо от того, какое из окон было активно последним).

Данную программу, с разрешения авторов, можно взять из:

<http://www.spb-lta-kafapp.narod.ru/SamSim.exe>, <http://www.samsim2002.narod.ru>,  
<http://www.samsim2002.chat.ru>

*Тематический план.*

Решение организационных вопросов – 15 минут.

Практическая работа – 165 минут.

Собеседование по результатам практической работы – 30 минут.

Отчет о результатах практической работы – 30 минут.

## Занятие 2.

### Тема. Аperiodическое инерционное звено первого порядка.

#### Цель работы:

Моделирование и изучение временных и частотных характеристик аperiodического инерционного звена первого порядка и приобретение практических навыков определения параметров передаточных функций звена по экспериментальным переходным характеристикам.

#### Общие указания.

Работа выполняется по шаблону в среде "Mathcad" (Atulab2.mcd).

Динамические свойства систем автоматического управления и их звеньев могут быть однозначно определены переходной и импульсной (весовой) временными характеристиками. Для получения указанных характеристик на вход системы (звена) подается определенное воздействие  $u(t)$  и исследуют реакцию системы (звена)  $y(t)$  на это воздействие.

В данной и последующих лабораторных работах свойства звена системы анализируются при помощи входного скачкообразного сигнала (ступенчатое воздействие):

$$X(t) = 1(t) = 0, \quad t \leq 0; \quad X(t) = 1(t) = 1, \quad t > 0.$$

Реакцию анализируемого звена системы на единичное ступенчатое воздействие  $1(t)$  в математической форме описывает переходная функция  $H(t)$ .

До приложения единичного воздействия звено или система находится в состоянии покоя. Предполагается, что выходная единица имеет ту же размерность, что и физическая переменная на входе системы. В реальных условиях подобное воздействие соответствует быстрому включению задающего сигнала.

Аperiodическое инерционное звено первого порядка описывается дифференциальным уравнением:  $T \, dy/dt + y(t) = k \, u(t)$ . Передаточная функция звена:  $W(p) = k/(Tp+1)$ .

Динамические свойства определяются значениями двух величин  $k$  и  $T$ .  $T$  – постоянная времени,  $k$  – коэффициент передачи (усиления) звена.

$$\text{Переходная функция: } H(p) = W(p) \, 1(p) = k/[p(Tp+1)]. \quad H(t) = k (1-\exp(-t/T))$$

$$\text{Весовая функция: } h(t) = (k/T) \exp(-t/T) \, 1(t).$$

$$\text{АФЧХ инерционного звена: } W(j\omega) = k/(Tj\omega+1) = k(Tj\omega-1)/[(Tj\omega+1)(Tj\omega-1)] =$$

$$k [1/(T^2\omega^2 + 1) - jT\omega/(T^2\omega^2 + 1)] = k \exp(-j \arctg T\omega) / \sqrt{T^2 \omega^2 + 1}.$$

$$\text{ЛАЧХ и ЛФЧХ инерционного звена: } L(\omega) = 20 \lg |W(j\omega)| = 20 \lg k - 10 \lg(T^2\omega^2+1).$$

Чем меньше инерционность звена (меньше  $T$ ), тем шире полоса пропускания.

#### Порядок выполнения работы

Запустить и выполнить работу Atulab2.mcd в среде Mathcad.

*Тематический план.*

Практическая работа – 120 минут.

Собеседование по результатам практической работы – 30 минут.

Анализ результатов контрольной работы – 30 минут.



### Занятие 3.

#### Тема. Интегрирующие звенья.

##### Цель работы:

Моделирование и изучение временных и частотных характеристик интегрирующих звеньев и приобретение практических навыков определения параметров передаточных функций звена по экспериментальным переходным характеристикам.

##### Общие указания.

Работа выполняется по шаблону в среде "Mathcad" (Atulab3.mcd).

##### Интегрирующее (астатическое) звено.

Идеальное интегрирующее звено описывается дифференциальным уравнением:  $dy/dt = k u(t)$ .

Общее решение:  $y(t) = y(0) + \int_0^t k u(t) dt$ . Передаточная функция звена:  $W(p) = k/p$ .

Переходная характеристика при  $u(t) = 1(t)$  и нулевых начальных условиях:

$$H(t) = k t(t) = k \int_0^t 1(t) dt. \quad H(p) = k/p^2.$$

Весовая функция при  $u(t) = d(t)$  и нулевых начальных условиях:  $h(t) = k 1(t)$ .  $h(p) = k/p$ .

АФЧХ интегратора:  $W(j\omega) = k/j\omega = -jk/\omega = k \exp(-j\pi/2)/\omega$ .

ЛАЧХ интегратора:  $L(\omega) = 20 \lg |W(j\omega)| = 20 \lg k - 20 \lg \omega$ .

##### Интегрирующее звено с замедлением.

Дифференциальное уравнение звена:  $T d^2y(t)/dt^2 + dy(t)/dt = k u(t)$ .

Передаточная функция звена:  $W(p) = k/[p(Tp+1)]$ .

Переходная характеристика:  $H(t) = k[t-T(1-\exp(-t/T))] 1(t)$ .

Весовая функция:  $h(t) = k[1-\exp(-t/T)] 1(t)$ .

Частотные характеристики звена:  $L(\omega) = 20 \lg [k/(\sqrt{1+(\omega T)^2})]$ .

##### Порядок выполнения работы

Запустить и выполнить работу Atulab3.mcd в среде Mathcad.

##### *Тематический план.*

Практическая работа – 120 минут.

Собеседование по результатам практической работы – 30 минут.

Анализ результатов контрольной работы – 30 минут.

## Занятие 4.

### Тема. Аperiodическое звено второго порядка.

#### Цель работы:

Моделирование и изучение временных и частотных характеристик аperiodического звена второго порядка и приобретение практических навыков определения параметров передаточных функций звена по экспериментальным переходным характеристикам.

#### Общие указания.

Работа выполняется по шаблону в среде "Mathcad" (Atulab4.mcd).

Дифференциальное уравнение звена:  $T^2 \frac{d^2y(t)}{dt^2} + 2rT \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k u(t)$ ,  $r$  – декремент затухания.

Передаточная функция:  $W(p) = k/(T^2p^2 + 2rTp + 1)$ .

Корни характеристического уравнения:  $p_{1,2} = (-r \pm \sqrt{r^2 - 1})/T$ .

Звено будет аperiodическим, если корни вещественные, или колебательным, если корни комплексные.

Если  $r \geq 1$ , то знаменатель  $W(p)$  имеет два вещественных корня и может быть разложен на два сомножителя:  $T^2p^2 + 2rTp + 1 = (T_1p + 1)(T_2p + 1)$ ,  $T_{1,2} = T(r \pm \sqrt{r^2 - 1})$ .

Переходная характеристика:  $H(t) = k(1 - (T_1/(T_1 - T_2)) \exp(-t/T_1) + (T_2/(T_1 - T_2)) \exp(-t/T_2)) 1(t)$ .

Весовая функция:  $h(t) = (k/(T_1 - T_2)) (\exp(-t/T_1) - \exp(-t/T_2)) 1(t)$ .

Амплитудная частотная характеристика:  $A(\omega) = k / [\sqrt{1 + (\omega T_1)^2} \sqrt{1 + (\omega T_2)^2}]$ .

Фазовая характеристика:  $j(\omega) = -\operatorname{arctg} \omega T_1 - \operatorname{arctg} \omega T_2$ .

#### Порядок выполнения работы

Запустить и выполнить работу Atulab4.mcd в среде Mathcad.

*Тематический план.*

Практическая работа – 120 минут.

Собеседование по результатам практической работы – 30 минут.

Анализ результатов контрольной работы – 30 минут.

## Занятие 5.

### Тема. Колебательное звено второго порядка.

#### Цель работы:

Моделирование и изучение временных и частотных характеристик колебательного звена второго порядка и приобретение практических навыков определения параметров передаточных функций звена по экспериментальным переходным характеристикам.

#### Общие указания.

Работа выполняется по шаблону в среде "Mathcad" (Atulab5.mcd).

Дифференциальное уравнение звена:  $T^2 \frac{d^2y(t)}{dt^2} + 2rT \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = k u(t)$ ,  $r$  - декремент затухания.

Передаточная функция:  $W(p) = k/(T^2 p^2 + 2rTp + 1)$ .

Корни характеристического уравнения:  $p_{1,2} = (-r \pm \sqrt{r^2 - 1})/T$ .

Звено будет колебательным, если корни комплексные.

Аналитическая формула переходной характеристики звена:

$H(t) = k[1 - \exp(-gt) (\cos lt + (g/l) \sin lt)] 1(t)$ ,  $g = (l/p) \ln(A_1/A_2)$ ,  $l = w_0 \sqrt{1 - \rho^2}$ .

Импульсная функция:  $h(t) = (kw_0^2/l) \exp(-gt) \sin(lt) 1(t)$ .

По характеристикам реального устройства можно оценить его параметры. Постоянная времени  $T$  и коэффициент затухания:  $T = T_k / \sqrt{4\pi^2 - \ln^2(A_1/A_3)}$ ,  $r = \ln(A_1/A_3) / \sqrt{4\pi^2 - \ln^2(A_1/A_3)}$ , где  $T_k$  - период колебаний,  $A_1$  и  $A_3$  - амплитуды двух соседних полуколебаний одного знака относительно установившегося значения.

ЛАЧХ колебательного звена:  $L(w) = 20 \lg k - 10 \lg((1 - T^2 w^2)^2 + 4r^2 T^2 w^2)$ .

#### Порядок выполнения работы

Запустить и выполнить работу Atulab5.mcd в среде Mathcad.

*Тематический план.*

Практическая работа – 120 минут.

Собеседование по результатам практической работы – 30 минут.

Анализ результатов контрольной работы – 30 минут.

## Занятие 6.

### Тема. Дифференцирующие звенья.

#### Цель работы:

Моделирование и изучение временных и частотных характеристик дифференцирующих звеньев и приобретение практических навыков определения параметров передаточных функций звена по экспериментальным переходным характеристикам.

#### Общие указания.

Работа выполняется по шаблону в среде "Mathcad" (Atulab6.mcd).

Выходная величина идеального дифференцирующего звена пропорциональна производной от входной величины, а уравнение динамики имеет вид:  $y(t) = k \, du(t)/dt$ .

Передаточная функция:  $W(p) = kp$ . При  $k = 1$  звено осуществляет чистое дифференцирование  $W(p) = p$ .

Идеальное дифференцирующее звено не реализуется. Близок к идеальному звену операционный усилитель в режиме дифференцирования.

Характеристики звена:  $H(t) = k \, l'(t) = k \, d(t)$ .  $h(t) = k \, dd(t)/dt$ .  $W(j\omega) = kj\omega$ .

На практике используют реальные дифференцирующие звенья, осуществляющие приближенное дифференцирование входного сигнала. Реальное звено является последовательным соединением двух звеньев - идеального дифференцирующего  $kp$  и инерционного  $1/(T_p+1)$ . При малых  $T$  звено можно рассматривать как идеальное дифференцирующее.

Звено описывается уравнением:  $T \, dy(t)/dt + y(t) = k \, du(t)/dt$ .

Передаточная функция:  $W(p) = kp / (Tp+1)$ .

Переходная характеристика:  $H(t) = (k/T) \exp(-t/T) \, 1(t)$ .

Импульсная характеристика:  $h(t) = [kd(t)/T - (k/T^2) \exp(-t/T)] \, 1(t)$ .

Частотная передаточная функция:  $W(j\omega) = kj\omega / (j\omega T + 1)$ .

#### Порядок выполнения работы

Запустить и выполнить работу Atulab6.mcd в среде Mathcad.

*Тематический план.*

Практическая работа – 120 минут.

Собеседование по результатам практической работы – 30 минут.

Анализ результатов контрольной работы – 30 минут.

## Занятие 7.

### Тема. Исследование характеристик типовых соединений звеньев.

#### Цель работы:

Изучение способов соединения типовых динамических звеньев, определение передаточных функций, приобретение практических навыков определения передаточных функций по экспериментальным переходным характеристикам.

#### Общие указания.

Возможны три способа соединения звеньев: последовательное, параллельное и встречно-параллельное или с ОС (обратной связью).

**Последовательным** называют соединение звеньев, при котором выходная величина предыдущего звена является входной для последующего (рис. 1). При известных передаточных функциях звеньев:

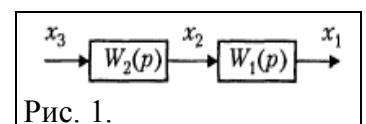


Рис. 1.

$$W(p) = W_1(p) W_2(p).$$

Таким образом, систему из неограниченного количества звеньев, включенных последовательно, можно заменить одним эквивалентным звеном с передаточной функцией  $W(p)$  равной произведению передаточных функций звеньев.

**Параллельным** называют соединение, когда на входы звеньев подается одна и та же величина, а выходная величина равна сумме выходных величин отдельных звеньев (рис. 2).

$$W(p) = W_1(p) + W_2(p).$$

Параллельное соединение звеньев эквивалентно одному звену с переходной характеристикой, равной сумме переходных функций

входящих в соединение звеньев:  $H(t) = \sum_{i=0}^n H_i(t)$ .

Построение переходной характеристики параллельного соединения заключается в построении переходных характеристик отдельных звеньев на одном графике и суммировании их ординат для одних и тех же значений времени.

**Система с отрицательной обратной связью.** На вход звена кроме входной подается выходная величина через звено обратной связи. На рис. 3. звено  $W_1(p)$  составляет прямую цепь, которая охвачена ОС - звеном  $W_2(p)$ . При отрицательной обратной связи сигнал  $x_3$  вычитается из входного сигнала  $x_4$ . Передаточная функция

$$W(p) = W_1(p) / (1 + W_1(p)W_2(p)).$$

Полученная передаточная функция может интерпретироваться как передаточная функция последовательно соединенных звеньев с передаточной функцией  $W_1(p)$  и системы с передаточной функцией:  $\Phi(p) = 1/(1+W_{pc})$ , где  $W_{pc} = W_1(p)W_2(p)$  - передаточная функция разомкнутой системы, например, в точке "а".

При охвате любого звена единичной ОС (т.е. при  $W_2(p) = 1$ ) разомкнутая система преобразуется в замкнутую с передаточной функцией:  $W(p) = W_1(p) / (1 + W_1(p))$ .

С другой стороны, если обеспечить высокий коэффициент усиления в цепи прямой связи ( $W_1(p) \rightarrow \infty$ ), то 1 в знаменателе передаточной функции можно пренебречь и свойства звена определяются только свойствами цепи ОС:

$$W(p) = 1/W_2(p).$$

### **Задание:**

Исследовать последовательное соединение колебательного звена со всеми другими видами звеньев, изученных Вами в работах 2-4. Устанавливать параметры звеньев, аналогичными заданиям в Ваших выполненных работах.

### **Порядок выполнения работы**

1. Составить исследуемые модели в виде функциональной структуры.
2. Задать численные значения параметров исследуемых звеньев.
3. Получить переходную характеристику системы при заданных параметрах.
4. Зарегистрировать выходные сигналы звена на входные сигналы типа меандра и белого шума.
5. Оценить частотные характеристики системы.

### **Содержание отчета (форма 2).**

1. Краткая теория.
2. Графики передаточных и частотных характеристик с указанием параметров звеньев.
3. Реакция звеньев на меандр и шум.
4. Выводы по динамическим и частотным параметрам.

*Тематический план.*

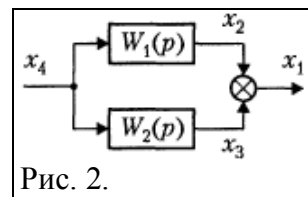


Рис. 2.

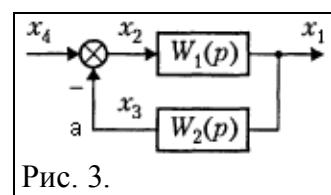


Рис. 3.

Практическая работа – 120 минут.

Собеседование по результатам практической работы – 30 минут.

Анализ результатов контрольной работы – 30 минут.

### **3. Примечания**

1. Некоторые темы занятий по усмотрению преподавателя могут быть заменены на семинарские занятия, на которых заслушиваются и обсуждаются доклады по темам индивидуальных заданий и рефератов, выдаваемым согласно рейтинговой раскладке по лекционному курсу.

2. При самоподготовке следует пользоваться конспектами лекций, и рекомендованной преподавателем литературой.

## Приложение А

### Рейтинговая раскладка по практическим занятиям по дисциплине «Информационные системы в мехатронике и робототехнике»

#### Семестр А

№ п/п	Тема	Количество баллов
1	Практической работе №1, отчет по практической работе №1	6
2	Практической работе №2, отчет по практической работе №2	6
3	Практической работе №3, отчет по практической работе №3	6
4	Практической работе №4, отчет по практической работе №4	6
5	Практической работе №5, отчет по практической работе №5	6
6	Практической работе №6, отчет по практической работе №6	6
7	Практической работе №7, отчет по практической работе №7	6
	Всего баллов	42