

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 27.03.04 Управление в технических системах**

**Наименование образовательной программы: Управление и информатика в технических системах**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Теория автоматического управления**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                               |
|--|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец                                           | Державин О.М.                 |
|  | Идентификатор                                      | R1cd1d31b-DerzhavinOM-2d3724c |

О.М.  
Державин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |                                                    |                               |
|--|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|  | Владелец                                           | Сидорова Е.Ю.                 |
|  | Идентификатор                                      | R0dee6ce9-SidorovaYY-923dc6a8 |

Е.Ю.  
Сидорова

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|  |                                                    |                                |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец                                           | Бобряков А.В.                  |
|  | Идентификатор                                      | R2c90f415-BobriakovAV-70dec1fa |

А.В.  
Бобряков

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-2 Способен формулировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний, профильных разделов математических и естественно-научных дисциплин (модулей)

ИД-1 Формулирует задачи в области профессиональной деятельности

2. ОПК-3 Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности

ИД-1 Демонстрирует способность решать профессиональные задачи с использованием фундаментальных знаний

ИД-2 Определяет и оценивает возможные методы решения типовых задач управления

3. ОПК-9 Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств

ИД-2 Осуществляет постановку задач исследования, проведение экспериментов и обработку их результатов с использованием современных информационных технологий и технических средств

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Выполнение лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчетного задания «Расчет и исследование динамики нелинейной САУ» (Расчетно-графическая работа)

2. Защита расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Выполнение лабораторной работы № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» (6 семестр) (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Динамические звенья» (Контрольная работа)

2. Контрольная работа «Исследование САУ методом фазовой плоскости» (Контрольная работа)

3. Контрольная работа «Построение и преобразование структурной схемы САУ» (Контрольная работа)

4. Контрольная работа «Построение частотных характеристик минимально-фазовых САУ» (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 3 «Исследование устойчивости процессов в нелинейных САУ» (6 семестр) (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы № 4 «Синтез САУ» (5 семестр) (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторных работ № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» и № 2 «Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости» (6 семестр) (Лабораторная работа)
5. Защита лабораторных работ № 2 «Исследование временных и частотных характеристик типовых звеньев систем автоматического управления» и № 3 «Построение частотных характеристик линейных непрерывных систем автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)

**БРС дисциплины**

5 семестр

| Раздел дисциплины                           | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                             | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 |
|                                             | Срок КМ:                        | 4    | 6    | 7    | 8    | 12   | 13   | 14   | 15   |
| Основные понятия и принципы управления      |                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Основные понятия и принципы управления      |                                 | +    | +    | +    | +    |      | +    |      |      |
| Характеристики линейных динамических систем |                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Характеристики линейных динамических систем |                                 | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |      |
| Модели описания систем и их преобразование  |                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Модели описания систем и их преобразование  |                                 | +    | +    | +    | +    |      | +    | +    |      |
| Свойства моделей динамических систем        |                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Свойства моделей динамических систем        |                                 |      | +    | +    | +    |      | +    |      |      |
| Устойчивость линейных систем                |                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Устойчивость линейных систем                |                                 |      |      |      |      |      |      | +    | +    |
| Анализ качества регулирования               |                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Анализ качества регулирования               |                                 |      |      |      |      |      |      | +    | +    |
| Синтез линейных систем                      |                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Синтез линейных систем                      |                                 |      |      |      |      |      |      |      | +    |

|         |   |    |   |    |    |    |    |   |
|---------|---|----|---|----|----|----|----|---|
| Вес КМ: | 1 | 15 | 9 | 15 | 20 | 15 | 20 | 5 |
|---------|---|----|---|----|----|----|----|---|

6 семестр

| Раздел дисциплины                                      | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                                        | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|                                                        | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 11   | 12   | 13   |
| Модели нелинейных систем                               |                                 |      |      |      |      |      |
| Модели нелинейных систем                               |                                 | +    | +    | +    | +    |      |
| Метод фазовой плоскости исследования динамики          |                                 |      |      |      |      |      |
| Метод фазовой плоскости исследования динамики          |                                 | +    | +    | +    | +    |      |
| Исследование периодических режимов                     |                                 |      |      |      |      |      |
| Исследование периодических режимов                     |                                 |      |      |      | +    | +    |
| Исследование устойчивости по Ляпунову                  |                                 |      |      |      |      |      |
| Исследование устойчивости по Ляпунову                  |                                 | +    | +    | +    | +    | +    |
| Исследование абсолютной устойчивости нелинейных систем |                                 |      |      |      |      |      |
| Исследование абсолютной устойчивости нелинейных систем |                                 |      |      |      |      | +    |
| Синтез нелинейных систем                               |                                 |      |      |      |      |      |
| Синтез нелинейных систем                               |                                 |      |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                |                                 | 1    | 25   | 24   | 25   | 25   |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

| Индекс компетенции | Индикатор                                                                                                              | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                               | Контрольная точка                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-2              | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Формулирует задачи в области профессиональной деятельности                                       | Знать:<br>основные положения теории управления техническими объектами, методологию анализа и синтеза систем управления<br>Уметь:<br>применять основные принципы управления, выявлять существенные свойства процессов при построении и преобразованиях моделей объектов и систем | Контрольная работа «Построение и преобразование структурной схемы САУ» (Контрольная работа)<br>Защита лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)<br>Контрольная работа «Динамические звенья» (Контрольная работа)<br>Защита расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ» (Расчетно-графическая работа)<br>Защита лабораторных работ № 2 «Исследование временных и частотных характеристик типовых звеньев систем автоматического управления» и № 3 «Построение частотных характеристик линейных непрерывных систем автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа) |
| ОПК-3              | ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Демонстрирует способность решать профессиональные задачи с использованием фундаментальных знаний | Знать:<br>методику проведения и обработки результатов экспериментальных исследований на реальных объектах, современную информационно-техническую базу исследования систем управления<br>Уметь:                                                                                  | Выполнение лабораторной работы № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» (6 семестр) (Лабораторная работа)<br>Контрольная работа «Исследование САУ методом фазовой плоскости» (Контрольная работа)<br>Защита лабораторной работы № 3 «Исследование устойчивости процессов в нелинейных САУ» (6 семестр) (Лабораторная работа)<br>Защита лабораторных работ № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» и № 2 «Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости» (6 семестр) (Лабораторная работа)                                                                                                                                     |

|       |                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                                                                                    | проводить построение математических моделей объектов и систем управления на базе цифрового моделирования с использованием стандартных программных средств                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                |
| ОПК-3 | ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> Определяет и оценивает возможные методы решения типовых задач управления                                                                                                     | Знать:<br>методы синтеза систем управления<br>Уметь:<br>определять необходимую исходную информацию и методы ее получения для энергетического и динамического расчетов систем управления                                                                       | Контрольная работа «Построение частотных характеристик минимально-фазовых САУ» (Контрольная работа)<br>Защита лабораторной работы № 4 «Синтез САУ» (5 семестр) (Лабораторная работа)                                           |
| ОПК-9 | ИД-2 <sub>ОПК-9</sub> Осуществляет постановку задач исследования, проведение экспериментов и обработку их результатов с использованием современных информационных технологий и технических средств | Знать:<br>стандартные программные средства цифрового моделирования объектов и систем управления<br>Уметь:<br>проводить экспериментальные исследования на действующих объектах по заданной методике с использованием современных программно-аппаратных средств | Выполнение лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр) (Лабораторная работа)<br>Защита расчетного задания «Расчет и исследование динамики нелинейной САУ» (Расчетно-графическая работа) |

## **II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания**

### **5 семестр**

#### **КМ-1. Выполнение лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр)**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 1**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Демонстрация выполнения лабораторной работы

#### **Краткое содержание задания:**

Изучить принципы построения систем разомкнутого управления, управления по отклонению и комбинированного управления.

Исследовать статические характеристики двигателя постоянного тока как объекта управления.

Исследовать статические характеристики разомкнутых систем, статических и комбинированных систем управления.

Исследовать зависимости ошибок от параметров и структуры систем управления.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: проводить экспериментальные исследования на действующих объектах по заданной методике с использованием современных программно-аппаратных средств | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Объясните суть, преимущества и недостатки основных принципов автоматического управления.</li><li>2.Объясните по регулировочной характеристике двигателя, как осуществляется управление в САУ скоростью вращения двигателя с принципом регулирования по отклонению при пропорциональном законе управления.</li><li>3.Покажите, при каких условиях скорость вращения двигателя в комбинированной системе не будет зависеть от нагрузки (в установившемся режиме).</li><li>4.Запишите уравнение статики и постройте регулировочные и нагрузочные характеристики двигателя.</li></ol> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме и протокол выполнения лабораторной работы не содержит ошибочных результатов.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если задание выполнено в объеме не менее 90 % и протокол выполнения лабораторной работы содержит не более 5% ошибочных результатов.



Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание выполнено в объеме не менее 70 % и протокол выполнения лабораторной работы содержит не более 15% ошибочных результатов.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

## КМ-2. Контрольная работа «Построение и преобразование структурной схемы САУ»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа проводится по вариантам, во время практического занятия. Время на проведение - 45 минут.

### Краткое содержание задания:

Контрольная работа состоит из одной задачи на составление и преобразование структурной схемы линейной САУ.

### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: применять основные принципы управления, выявлять существенные свойства процессов при построении и преобразованиях моделей объектов и систем | <p>1. Составить структурную схему САУ по заданной системе дифференциальных уравнений и, используя правила структурных преобразований, определить передаточную функцию.</p> <p>Вариант 1:</p> $\begin{cases} x_1 = x_{\text{вх}} - x_6, \\ T_1 \frac{dx_2}{dt} + x_2 = K_1 x_1, \\ T_2 \frac{dx_4}{dt} + x_4 = K_2 x_2, \\ \frac{dx_3}{dt} = K_3 x_2, \\ x_5 = x_3 + x_4, \\ x_{\text{вых}} = K_4 x_5, \\ T_4 \frac{dx_6}{dt} + x_6 = K_5 \left( T_3 \frac{dx_{\text{вых}}}{dt} + x_{\text{вых}} \right). \end{cases}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «отлично», если задание выполнено правильно и решение обосновано. Допустим максимум один недочет.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 75

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «хорошо», если задание выполнено с небольшими расчетными ошибками, но алгоритм его решения выбран правильно и решение обосновано.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «удовлетворительно», если задание выполнено с расчетными ошибками, но алгоритм его решения выбран правильно и решение доведено до ответа.

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «неудовлетворительно», если студент не смог наметить правильный путь решения задания или оно выполнено с грубыми ошибками, которые существенно повлияли на вид полученного ответа.

### **КМ-3. Защита лабораторной работы № 1 «Принципы и законы автоматического управления» (5 семестр)**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 9

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа принимается к защите при наличии оформленного в письменном виде отчета, содержащего протокол выполнения и обработки результатов проведения работы, а также принципиальные, функциональные и структурные схемы изучаемых систем. Каждому члену бригады выдаются вопросы на защиту. Защита проводится в устной форме в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – не более 45 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольное мероприятие ориентировано на проверку следующих знаний:

- основные понятия и принципы управления,
- характеристики линейных динамических систем,
- модели описания систем и их преобразование,
- свойства моделей динамических систем.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: применять основные принципы управления, выявлять существенные свойства процессов при построении и преобразованиях моделей объектов и систем | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Выведите структурную схему двигателя постоянного тока (объекта управления в лабораторной работе).</li><li>2. Поясните, как Вы снимали статические характеристики разомкнутой, статической и комбинированной систем управления?</li><li>3. Объясните основные принципы автоматического управления (по возмущению, по отклонению, комбинированный). Изобразите функциональные схемы САУ и дайте краткие пояснения к ним.</li></ol> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Защита лабораторной работы принимается с оценкой «отлично», если выполнены следующие условия: - протокол выполнения лабораторной работы не содержит ошибочных результатов; - по полученным результатам правильно рассчитаны требуемые коэффициенты усиления, приведенные схемы исследуемых систем не содержат ошибок; - даны правильные и полные ответы не менее чем на 90% вопросов на защите работы.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Защита лабораторной работы принимается с оценкой «хорошо», если выполнены следующие условия: - протокол выполнения лабораторной работы содержит не более 5% ошибочных результатов, получаемых в результате обработки экспериментальных данных; - требуемые коэффициенты усиления рассчитаны в основном правильно, приведенные схемы исследуемых систем не содержат грубых ошибок; - даны правильные ответы не менее чем на 80% вопросов на защите работы.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Защита лабораторной работы принимается с оценкой «удовлетворительно», если выполнены следующие условия: - протокол выполнения лабораторной работы содержит не более 10% ошибочных результатов, получаемых в результате обработки экспериментальных данных; - требуемые коэффициенты усиления рассчитаны в основном правильно, приведенные схемы исследуемых систем не содержат грубых ошибок; - даны правильные ответы не менее чем на 60% вопросов на защите работы.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Защита лабораторной работы не принимается и ставится оценка «неудовлетворительно», если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

## КМ-4. Контрольная работа «Динамические звенья»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа проводится по вариантам, во время практического занятия. Время на проведение - 45 минут.

### Краткое содержание задания:

Для заданной передаточной функции типового динамического звена требуется определить и построить частотные характеристики.

### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: применять основные принципы управления, выявлять существенные свойства процессов при построении и преобразованиях моделей объектов и систем | 1.1. Записать выражение для комплексного коэффициента усиления (ККУ) звена.<br>2. Найти модуль и аргумент ККУ.<br>3. Построить асимптотическую ЛАЧХ, ЛФЧХ и АФХ звена.<br>Вариант 1: |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                             |
|--|-------------------------------------------------------------|
|  | $W(p) = \frac{K}{T^2 p^2 + 2\xi Tp + 1}, \quad 0 < \xi < 1$ |
|--|-------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «отлично», если задание выполнено преимущественно правильно. Допустим максимум один недочет не принципиального характера.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «хорошо», если задание выполнено с небольшими расчетными ошибками, но при этом не менее 80 % характеристик заданного звена определены и построены правильно.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «удовлетворительно», если задание выполнено с расчетными ошибками, но при этом не менее 60 % характеристик заданного звена определены и построены правильно.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Контрольная работа считается выполненной на оценку «неудовлетворительно», если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

#### **КМ-5. Контрольная работа «Построение частотных характеристик минимально-фазовых САУ»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа проводится по вариантам, во время практического занятия. Время на проведение - 45 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольная работа состоит из двух задач:

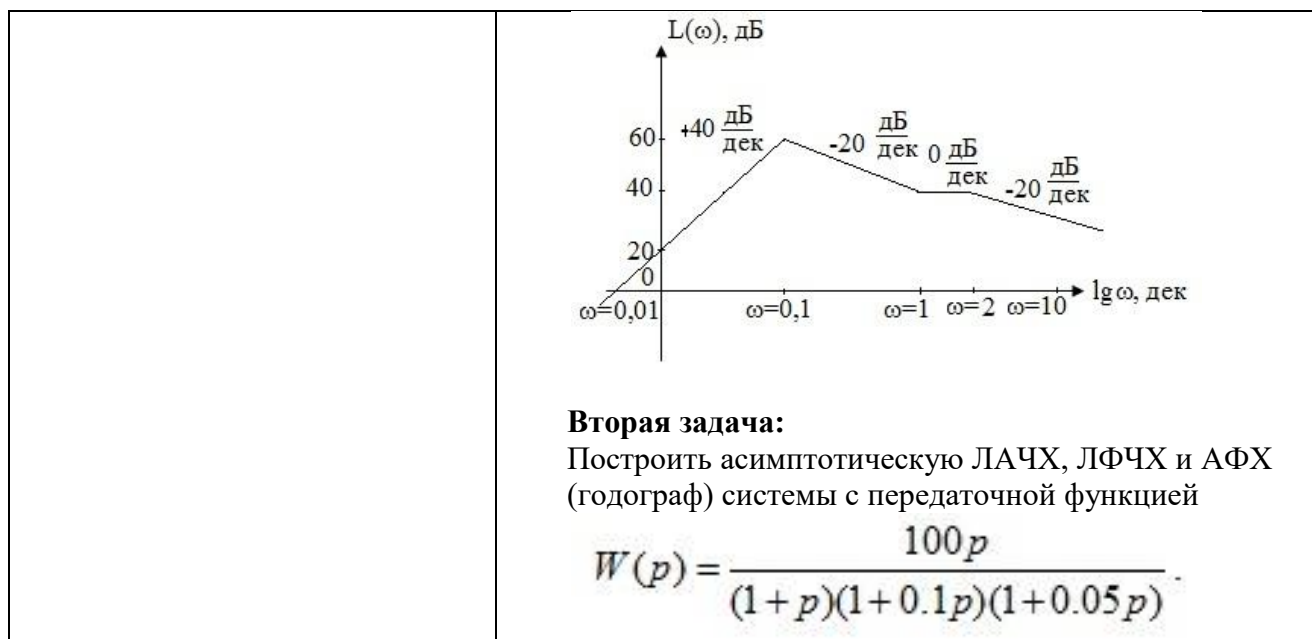
- на нахождение передаточной функции минимально-фазовой системы по заданной асимптотической ЛАЧХ

и

- на построение частотных характеристик линейной системы автоматического управления.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: определять необходимую исходную информацию и методы ее получения для энергетического и динамического расчетов систем управления | <b>1.Первая задача:</b><br>Написать выражение для передаточной функции (и определить ее параметры: K и T <sub>i</sub> ) минимально-фазовой системы, асимптотическая ЛАЧХ которой имеет следующий вид: |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «отлично», если обе задачи решены правильно. Допустим максимум один недочет.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «хорошо», если выполнены следующие условия: а) правильно решена первая задача и две из трех характеристик во второй задаче построены без ошибок или б) только вторая задача решена правильно.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 40

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «удовлетворительно», если выполнены следующие условия: а) только первая задача решена правильно или б) построены правильно только две из трех характеристик во второй задаче.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «неудовлетворительно», если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

**КМ-6. Защита лабораторных работ № 2 «Исследование временных и частотных характеристик типовых звеньев систем автоматического управления» и № 3 «Построение частотных характеристик линейных непрерывных систем автоматического управления» (5 семестр)**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторные работы принимаются к защите при наличии оформленного в письменном виде отчета по лабораторной работе № 2,

содержащего протокол выполнения и обработки результатов проведения работы, и протокола выполнения лабораторной работы № 3 (с последующей сдачей отчета, оформленного в соответствии с заданными требованиями). Каждому члену бригады выдаются вопросы на защиту. Защита проводится в устной форме в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – не более 45 минут.

### Краткое содержание задания:

Контрольное мероприятие ориентировано на проверку знаний по разделам “Типовые динамические звенья” и “Характеристики линейных непрерывных систем автоматического управления и их элементов” курса “Теория автоматического управления”.

### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Уметь: применять основные принципы управления, выявлять существенные свойства процессов при построении и преобразованиях моделей объектов и систем</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Запишите передаточную функцию заданного преподавателем типового динамического звена. Постройте его весовую и переходную характеристики, АЧХ, ФЧХ, асимптотическую ЛАЧХ, ЛФЧХ и АФХ.</li> <li>2. Расскажите, какими программными средствами, предназначенными для моделирования и исследования систем автоматического управления, Вы пользовались при выполнении лабораторной работы.</li> <li>3. Поясните, какие сигналы надо подавать на вход звена для снятия временных и частотных характеристик.</li> <li>4. Для системы с известной передаточной функцией (задается преподавателем) постройте асимптотическую ЛАЧХ, ЛФЧХ и АФХ.</li> <li>5. Напишите выражение для передаточной функции минимально-фазовой системы и найдите ее параметры <math>K</math> и <math>T_i</math> на основе заданной преподавателем асимптотической ЛАЧХ.</li> </ol> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторных работ принимается с оценкой «отлично», если выполнены следующие условия: - протоколы выполнения лабораторных работ не содержат ошибочных результатов; - по снятым в лаб. работе № 2 характеристикам правильно определены параметры звеньев; - ЛФЧХ и АФХ в отчете о выполнении лаб. работы № 3 построены в основном верно; - даны правильные и полные ответы не менее чем на 90% вопросов на защите работы.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторных работ принимается с оценкой «хорошо», если выполнены следующие условия: - протоколы выполнения лабораторных работ содержат не более 5% ошибочных результатов, получаемых в результате обработки экспериментальных данных; - по снятым в лаб. работе № 2 характеристикам правильно определены параметры звеньев (допустимы недочеты не принципиального характера); - ЛФЧХ и АФХ в отчете о выполнении лаб. работы № 3

построены в основном верно; - даны правильные ответы не менее чем на 80% вопросов на защите работы.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторных работ принимается с оценкой «удовлетворительно», если выполнены следующие условия: - протоколы выполнения лабораторных работ содержат не более 10% ошибочных результатов, получаемых в результате обработки экспериментальных данных; - по снятым в лаб. работе № 2 характеристикам параметры звеньев определены в основном правильно; - ЛФЧХ и АФХ в отчете о выполнении лаб. работы № 3 построены в основном верно; - даны правильные ответы не менее чем на 60% вопросов на защите работы.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторных работ не принимается и ставится оценка «неудовлетворительно», если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

### **КМ-7. Защита расчетного задания «Расчет и исследование устойчивости и точности регулирования линейной непрерывной САУ»**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчетное задание выполняется по вариантам в форме домашнего задания с оформлением отчета. Защита отчета проводится в устной форме в виде ответов на вопросы по выполненному расчетному заданию.

#### **Краткое содержание задания:**

Дана математическая модель описания физической системы автоматического регулирования (САР) по ошибке в форме системы линейных дифференциальных и алгебраических уравнений, связывающих входное (управляющее) воздействие  $x(t)$ , возмущающее воздействие  $f(t)$  и выходную (регулируемую) величину  $y(t)$ . Внешние воздействия  $x(t)$  и  $f(t)$  отсутствовали при  $t < 0$ .

Требуется провести следующие исследования:

1. По заданной системе уравнений построить математическую модель описания САР в форме структурной схемы.
2. Преобразовать полученную структурную схему к одноконтурному виду.
3. Определить передаточную функцию (ПФ) и выражения для частотных характеристик разомкнутой системы: амплитудно-фазовой (АФХ), амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ).
4. Построить ожидаемые асимптотическую логарифмическую амплитудно-частотную и логарифмическую фазо-частотную характеристики (ас. ЛАЧХ и ЛФЧХ), а также АФХ разомкнутой системы.
5. С помощью одного из стандартных ППП построить точные характеристики разомкнутой системы: ЛАЧХ, ЛФЧХ, АФХ. Сравнить их с ожидаемыми характеристиками, полученными в п.4.
6. По частотным характеристикам разомкнутой системы, полученным в п.5, определить для замкнутой системы запас по фазе, запас по модулю и предельный коэффициент усиления и дать заключение об её устойчивости.
7. Определить  $K$ -пр с помощью одного из алгебраических критериев устойчивости и сравнить его значение с полученным в п.6.

8. Найти передаточные функции ошибки в замкнутой системе по управляющему воздействию  $x(t)$  и возмущению  $f(t)$ . Ошибка САУ  $\delta(t) = x(t) - y(t)$ . Определить статическую, кинетическую, динамическую ошибки по управляющему воздействию и статическую ошибку по возмущению.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                     |                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные положения теории управления техническими объектами, методологию анализа и синтеза систем управления | 1. Как определяются запас по фазе и запас по модулю?<br>2. Какие критерии устойчивости линейных систем Вам известны?<br>3. Расскажите, как оценивается точность работы САУ. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «отлично», если для выполнения всех разделов задания выбраны правильные методы и получены решения без расчетных ошибок, при этом студент ответил правильно на вопросы, заданные ему на защите отчета по расчетному заданию.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «хорошо», если для выполнения всех разделов задания выбраны правильные методы и получены решения, возможно, с расчетными ошибками или небрежно оформлен отчет, и при этом студент в основном правильно ответил на вопросы, заданные ему на защите отчета.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «удовлетворительно», если при выполнении разделов задания допущено не более одной ошибки в выборе метода решения или допущены ошибки в расчетах, или если в ответах на вопросы на защите отчета студент допустил существенные ошибки.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «удовлетворительно», если при выполнении разделов задания не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

**КМ-8. Защита лабораторной работы № 4 «Синтез САУ» (5 семестр)**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа № 4 принимается к защите при наличии протокола ее выполнения. Каждому члену бригады выдаются вопросы на защиту. Защита проводится в устной форме в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – не более 45 минут.

**Краткое содержание задания:**

Контрольное мероприятие ориентировано на практическое освоение методики синтеза линейных систем регулирования, удовлетворяющих требуемым показателям качества,



путем включения корректирующего звена в контур регулирования последовательно или по схеме стабилизирующей отрицательной обратной связи.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы синтеза систем управления | 1.Перечислите основные показатели качества САУ. Каким образом они определяются?<br>2.Сформулируйте основные правила, используемые при построении ЛАЧХ скорректированной системы.<br>3.Как влияют ЖОС и ГОС на параметры звена, охватываемого стабилизирующей обратной связью? |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторной работы принимается с оценкой «отлично», если выполнены следующие условия: - протокол выполнения лабораторной работы не содержит ошибочных результатов; - даны правильные и полные ответы не менее чем на 90% вопросов на защите работ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторной работы принимается с оценкой «хорошо», если выполнены следующие условия: - протокол выполнения лабораторной работы не содержит ошибочных результатов; - даны правильные ответы не менее чем на 80% вопросов на защите работы.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторной работы принимается с оценкой «удовлетворительно», если выполнены следующие условия: - протокол выполнения лабораторной работы не содержит ошибочных результатов; - даны правильные ответы не менее чем на 60% вопросов на защите работы.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторной работы не принимается и ставится оценка «неудовлетворительно», если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

**6 семестр**

**КМ-1. Выполнение лабораторной работы № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» (6 семестр)**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 1**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Демонстрация выполнения лабораторной работы.

**Краткое содержание задания:**

Цель лабораторной работы: исследование динамики линейных САУ методом фазовой плоскости.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: проводить построение математических моделей объектов и систем управления на базе цифрового моделирования с использованием стандартных программных средств | 1.Поясните методику получения уравнений движения САУ (на при-мере системы второго порядка) в форме переменных состояния.<br>2.Поясните, как Вы построили фазовый портрет САУ.<br>3.Нарисуйте фазовые портреты, соответствующие различным типам особых точек линейных систем второго порядка. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме и протокол выполнения лабораторной работы не содержит ошибочных результатов.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если задание выполнено в полном объеме и протокол выполнения лабораторной работы содержит не более 5% ошибочных результатов.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание выполнено в объеме не менее 70 % и протокол выполнения лабораторной работы содержит не более 15% ошибочных результатов. При этом студент обязуется доделать оставшуюся часть задания дома.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

#### **КМ-2. Контрольная работа «Исследование САУ методом фазовой плоскости»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа проводится по вариантам, во время практического занятия. Время на проведение - 90 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Для заданной структурной схемы нелинейной САУ требуется найти уравнения фазовых траекторий и линий переключения, а также построить качественно одну фазовую траекторию.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: проводить построение математических моделей объектов и систем управления на базе цифрового моделирования с использованием стандартных программных средств | 1.На основе структурной схемы нелинейной САУ (рис. 1) найти уравнения фазовых траекторий и линий переключения; построить качественно одну фазовую траекторию. Статическая характеристика нелинейного элемента определяется вариантом задания. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

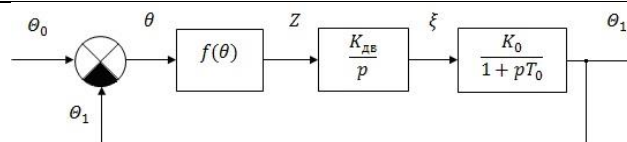
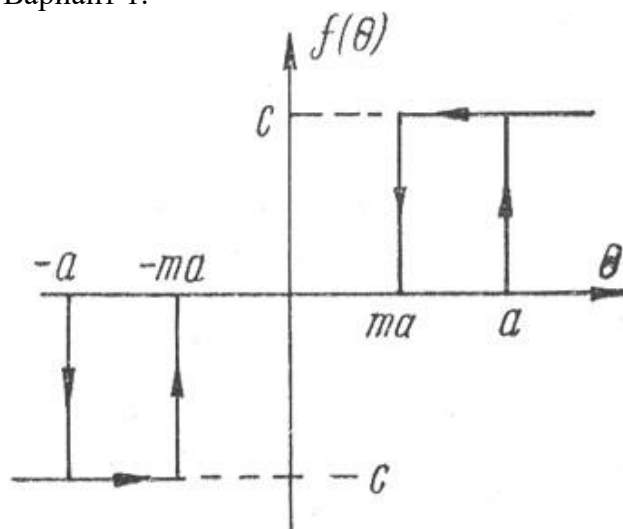


Figure 1 Рис. 1

Вариант 1.



#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «отлично», если задание выполнено правильно.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «хорошо», если задание выполнено с небольшими расчетными ошибками, но алгоритм его решения выбран правильно.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «удовлетворительно», если задание выполнено с грубыми ошибками, но алгоритм его решения выбран правильно.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «неудовлетворительно», если студент не смог наметить правильный путь решения задания или оно выполнено с грубыми ошибками, которые существенно повлияли на вид полученного ответа.

**КМ-3. Защита лабораторных работ № 1 «Исследование динамики линеаризованной САУ методом фазовой плоскости» и № 2 «Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости» (6 семестр)**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 24

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторные работы принимаются к защите при наличии оформленного в письменном виде отчета по лабораторной работе № 1 и протокола выполнения лабораторной работы № 2 (с последующей сдачей отчета, оформленного в соответствии с заданными требованиями). Каждому члену бригады выдаются вопросы на защиту. Защита проводится в устной форме в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – не более 45 минут.

**Краткое содержание задания:**

Контрольное мероприятие ориентировано на закрепление теоретического материала по исследованию динамических систем второго порядка методом фазовой плоскости.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Уметь: проводить построение математических моделей объектов и систем управления на базе цифрового моделирования с использованием стандартных программных средств</p> | <p>1. Определите тип особой точки и нарисуйте фазовый портрет системы</p> $\begin{cases} \dot{x}_1 = ax_1 + bx_2, \\ \dot{x}_2 = cx_1 + dx_2, \end{cases}$ <p>где <math>a, b, c, d</math> – const (задаются преподавателем).</p> <p>2. Поясните, как с использованием стандартных программных средств можно построить фазовый портрет линейной САУ.</p> <p>3. Поясните, как осуществляется коррекция динамики нелинейной системы путем изменения характера интегральных кривых.</p> <p>4. Поясните, как осуществляется коррекция динамики нелинейной системы путем изменения прямых переключения.</p> <p>5. Поясните, как влияет ширина петли гистерезиса нелинейного элемента на возникновение автоколебаний в системе.</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторных работ принимается с оценкой «отлично», если выполнены следующие условия: - протоколы выполнения лабораторных работ не содержат ошибочных результатов; - по полученным результатам сделаны правильные выводы; - даны правильные и полные ответы не менее чем на 90% вопросов на защите работы.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторных работ принимается с оценкой «хорошо», если выполнены следующие условия: - протоколы выполнения лабораторных работ содержат не более 5% ошибочных результатов, получаемых в

результате обработки экспериментальных данных; - по полученным результатам сделаны правильные, но не достаточно полные выводы; - даны правильные ответы не менее чем на 80% вопросов на защите работы.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторных работ принимается с оценкой «удовлетворительно», если выполнены следующие условия: - протоколы выполнения лабораторных работ содержит не более 10% ошибочных результатов, получаемых в результате обработки экспериментальных данных; - по полученным результатам сделаны правильные, но не достаточно полные выводы; - даны правильные ответы не менее чем на 60% вопросов на защите работы.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторной работы не принимается и ставится оценка «неудовлетворительно», если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

#### **КМ-4. Защита расчетного задания «Расчет и исследование динамики нелинейной САУ»**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчетное задание выполняется по вариантам в форме домашнего задания с оформлением отчета. Защита отчета проводится в устной форме в виде ответов на вопросы по выполненному расчетному заданию.

#### **Краткое содержание задания:**

Исходными данными для исследования нелинейной системы релейного типа являются заданная структурная схема системы и вид нелинейного элемента с известными параметрами. Конкретные значения параметров звеньев и тип релейного элемента задается вариантом расчетного задания.

Необходимо:

1. Исследовать структуру фазового портрета нелинейной системы. Для этого определить типы фазовых траекторий в различных областях фазовой плоскости. Найти описание границ данных областей, определить координаты равновесных состояний (особых точек) системы. Построить качественно ожидаемый фазовый портрет системы.
2. С помощью стандартного ППП построить фазовый портрет системы и сравнить его с ожидаемым, полученным в п. 1. Определить устойчивость особых точек, наличие автоколебаний. Дать заключение о характере возможных процессов в системе и их устойчивости. Для трех фазовых траекторий с заданными начальными условиями привести графики изменения процесса  $x(t)$  во времени.
3. Исследовать влияние ширины петли гистерезиса нелинейного элемента на возникновение автоколебаний в системе. Найти минимальное значение относительной величины ширины петли гистерезиса, при которой возникают автоколебания, определить амплитуду и период автоколебаний при  $\lambda = \lambda_{\min}$ .
4. Определить амплитуду и период автоколебаний при увеличении коэффициента  $k_1$  в 5 раз и значение  $\lambda$  в 2 раза относительно  $\lambda_{\min}$ .
5. Произвести исследование автоколебаний в системе приближенным амплитудно-частотным методом (методом Гольдфарба).
6. С помощью метода Гольдфарба произвести расчет наличия автоколебаний, их параметров и устойчивости.

8. Сравнить количественно результаты исследования автоколебаний методом фазовой плоскости в п. 2, 3, 4 и методом Гольдфарба в п. 6.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: стандартные программные средства цифрового моделирования объектов и систем управления</p> | <p>1.Какие ограничения накладываются на порядок системы при исследовании ее методом фазовой плоскости?<br/>2.Как с помощью метода гармонического баланса определить наличие в системе автоколебаний? Как определить их параметры и устойчивость?<br/>3.Как проверить выполнение гипотезы фильтра в методе гармонического баланса?<br/>4.Первый метод Ляпунова исследования устойчивости.<br/>5.Второй (прямой) метод Ляпунова исследования устойчивости.</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «отлично», если для выполнения всех разделов задания выбраны правильные методы и получены решения без расчетных ошибок, при этом студент ответил правильно на вопросы, заданные ему на защите отчета по расчетному заданию.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «хорошо», если для выполнения всех разделов задания выбраны правильные методы и получены решения, возможно, с расчетными ошибками или небрежно оформлен отчет, и при этом студент в основном правильно ответил на вопросы, заданные ему на защите отчета.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «удовлетворительно», если при выполнении разделов задания допущено не более одной ошибки в выборе метода решения или допущены ошибки в расчетах, или если в ответах на вопросы на защите отчета студент допустил существенные ошибки.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Расчетное задание считается выполненным на оценку «удовлетворительно», если при выполнении разделов задания не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

**КМ-5. Защита лабораторной работы № 3 «Исследование устойчивости процессов в нелинейных САУ» (6 семестр)**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа принимается к защите при наличии оформленного в письменном виде отчета, содержащего протокол выполнения и обработки результатов проведения работы, а также требуемые выводы.

Каждому члену бригады выдаются вопросы на защиту. Защита проводится в устной форме в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – не более 45 минут.

### Краткое содержание задания:

Целью работы является закрепление знаний по исследованию нелинейных систем автоматического регулирования на основании критерия Попова и методом гармонической линеаризации.

Программа исследований:

1. Для заданной нелинейной САУ, характеристики которой определяются вариантом задания, исследовать устойчивость с помощью критерия Попова или критерия Гелига (в зависимости от статической характеристики нелинейного элемента).
2. Заданную нелинейную САУ исследовать методом гармонической линеаризации.
3. Исследовать НСАУ путем численного моделирования процессов на ПК.
4. Провести сравнительный анализ результатов исследования НСАУ различными методами.

### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методику проведения и обработки результатов экспериментальных исследований на реальных объектах, современную информационно-техническую базу исследования систем управления | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Постановка задачи и исходные положения метода гармонической линеаризации.</li> <li>2. Свойства эквивалентного комплексного коэффициента усиления нелинейного элемента.</li> <li>3. Критерий Гольдфарба устойчивости периодических решений уравнения гармонического баланса.</li> <li>4. Понятие абсолютной устойчивости положения равновесия.</li> <li>5. Критерий Попова абсолютной устойчивости положения равновесия для случаев устойчивой, неустойчивой и нейтрально-устойчивой линейной части.</li> <li>6. Критерий Гелига анализа устойчивости отрезка равновесия.</li> <li>7. Методика аналитического нахождения эквивалентного комплексного коэффициента усиления нелинейного элемента.</li> </ol> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторной работы принимается с оценкой «отлично», если выполнены следующие условия: - протокол выполнения лабораторной работы не содержит ошибочных результатов; - по полученным результатам сделаны правильные выводы; - даны правильные и полные ответы не менее чем на 90% вопросов на защите работы.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторной работы принимается с оценкой «хорошо», если выполнены следующие условия: - протокол выполнения лабораторной работы содержит не более 5% ошибочных результатов, получаемых в результате обработки экспериментальных данных; - по полученным результатам сделаны правильные, но не достаточно полные выводы; - даны правильные ответы не менее чем на 80% вопросов на защите работы.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторной работы принимается с оценкой «удовлетворительно», если выполнены следующие условия: - протокол выполнения лабораторной работы содержит не более 15% ошибочных результатов, получаемых в результате обработки экспериментальных данных; - по полученным результатам сделаны правильные, но не достаточно полные выводы; - даны правильные ответы не менее чем на 60% вопросов на защите работы.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Защита лабораторной работы не принимается и ставится оценка «неудовлетворительно», если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».



# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

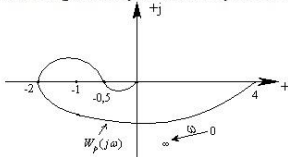
Пример билета

|       |                           |      |                                              |
|-------|---------------------------|------|----------------------------------------------|
| М Э И | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 |      | Утверждаю:<br>Зав. кафедрой<br><br>« » 20 г. |
|       | КАФЕДРА                   | УИТ  |                                              |
|       | ДИСЦИПЛИНА                | ТАУ  |                                              |
|       | ФАКУЛЬТЕТ                 | ИВТИ |                                              |

1. Статическая ошибка статической САР (вывод).

2. Принцип регулирования по ошибке.

3. Задача. Задана АФХ разомкнутой системы. Определить влияние коэффициента усиления на устойчивость замкнутой системы (разомкнутая система устойчива)



## Процедура проведения

Экзамен проводится в письменной форме по билетам. Время на подготовку ответа – 90 минут.

### 1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-2</sub> Формулирует задачи в области профессиональной деятельности

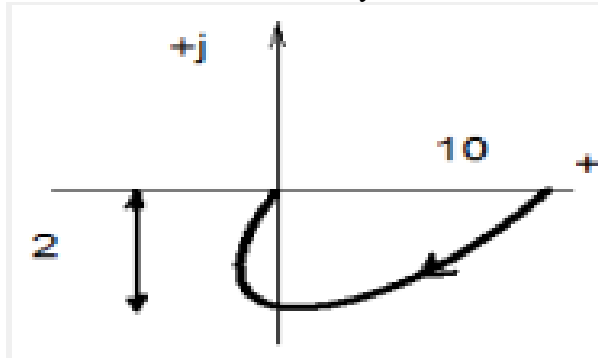
#### Вопросы, задания

1. Передаточная функция звена. Ее связь с дифференциальным уравнением.
2. Инерционное звено. Его характеристики.
3. Интегрирующее звено. Его характеристики.
4. Временные характеристики звеньев. Их нахождение.
5. Элементы структурной схемы САР; способы соединения звеньев; правила структурных преобразований.
6. Передаточные функции и характеристические уравнения разомкнутой и замкнутой САР.
7. Устойчивость САР. Критерий Найквиста (для случая устойчивой разомкнутой системы).
8. Общий смысл и сравнительная характеристика критериев устойчивости линейных САР.
9. Статическая ошибка астатической САР (вывод).

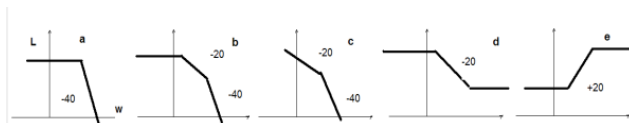
10. Кинетическая ошибка астатической САР (вывод).

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какая ЛАЧХ соответствует САУ с данной АФХ?

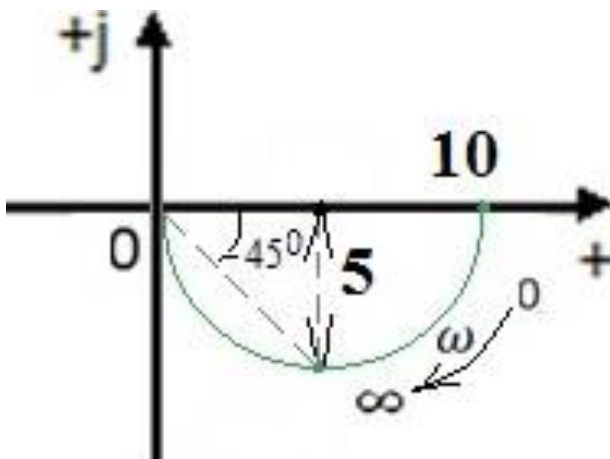


Ответы:



Верный ответ: b

2. Чему равна постоянная времени  $T$  инерционного звена, имеющего данную АФХ?



Ответы:

- a) 5 сек
- b) 10 сек
- c) 0,2 сек
- d) не хватает данных

Верный ответ: d

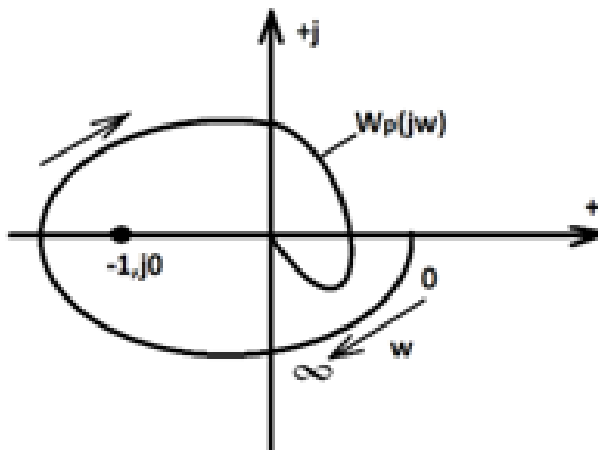
3. Какой сигнал нужно подать на вход системы для снятия частотных характеристик?

Ответы:

- a) единичный скачок
- b) единичный импульс
- c) гармонический сигнал
- d) линейно нарастающий сигнал

Верный ответ: c

4. Устойчива ли замкнутая система, если характеристическое уравнение разомкнутой системы имеет 2 правых корня, а ее АФХ имеет следующий вид



Ответы:

- a) да
- b) нет
- c) не хватает данных
- d) замкнутая система нейтрально-устойчива

Верный ответ: b

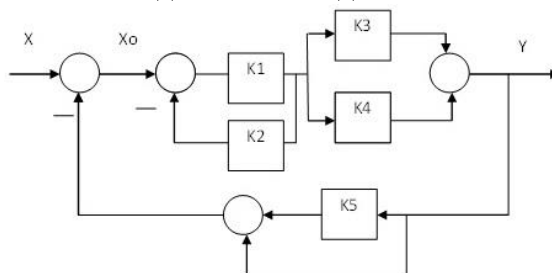
5. Какой из приведенных критериев устойчивости не относится к алгебраическим?

Ответы:

- a) критерий Гурвица
- b) критерий Рауса
- c) критерий Михайлова
- d) критерий Ляпунова-Шипара

Верный ответ: c

6. Найти выходной сигнал  $Y$  и сигнал ошибки  $X_o$ , вычисляя сигналы из уравнений элементов при следующих значениях коэффициентов:  $K_1=2$ ,  $K_2=3$ ,  $K_3=5$ ,  $K_4=1$ ,  $K_5=4$ , если на вход системы подавать сигнал  $X=1$ :

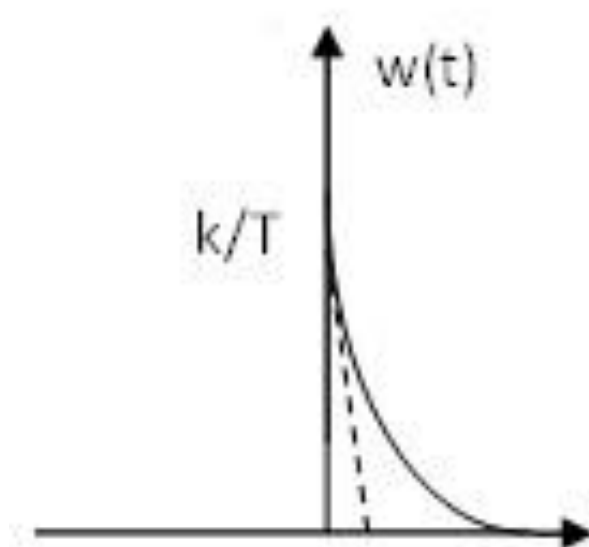


Ответы:

- a) 5/8 1/8
- б) 10/54 4/54
- в) 16/9 1/9
- г) 60/83 35/83
- д) 25/15 5/15
- е) 12/67 7/67

Верный ответ: e

7. Назовите звено, имеющее заданную временную характеристику

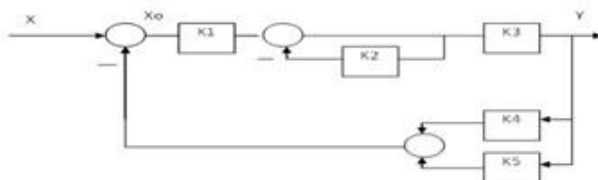


Ответы:

- а) Безынерционное
- б) Интегрирующее
- в) Инерционное
- г) Упругое дифференцирующее
- д) Упругое интегрирующее

Верный ответ: в

8. Найти выходной сигнал  $Y$  и сигнал ошибки  $X_o$ , вычисляя сигналы из уравнений элементов при следующих значениях коэффициентов:  $K_1=2$ ,  $K_2=3$ ,  $K_3=5$ ,  $K_4=1$ ,  $K_5=4$ , если на вход системы подавать сигнал  $X=1$ :



Ответы:

- а) 10/54 4/54
- б) 16/9 1/9
- в) 60/83 35/83
- г) 25/15 5/15
- д) 16/90 1/90

Верный ответ: а

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-3</sub> Определяет и оценивает возможные методы решения типовых задач управления

### Вопросы, задания

1. Частотные характеристики звеньев (систем). Их нахождение.
2. Комплексный коэффициент усиления. Его связь с передаточной функцией.
3. Неминимально-фазовые звенья. Соотношение Боде.
4. Устойчивость САР. Критерий Михайлова.
5. Структурно-неустойчивые системы.
6. Влияние жесткой обратной связи на параметры звеньев.

7. Построение желаемой ЛАЧХ при синтезе САР.

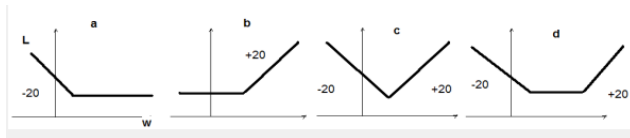
8. Синтез звена корректирующей обратной связи.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какова ЛАЧХ ПИ-регулятора?

$$W(p) := K \cdot \left( 1 + \frac{1}{pT} \right)$$

Ответы:



Верный ответ: a

2. Что является необходимым и достаточным условием устойчивости линейной системы?

Ответы:

- a) все корни характеристического уравнения левые
- b) все корни характеристического уравнения правые
- c) все коэффициенты характеристического уравнения положительные
- d) характеристическое уравнение не содержит корней на мнимой оси

Верный ответ: a

3. Об устойчивости какой системы позволяет судить критерий Найквиста?

Ответы:

- a) разомкнутой системы
- b) замкнутой системы
- c) и разомкнутых, и замкнутых систем
- d) только астатических систем

Верный ответ: b

4. Что из перечисленного не относится к прямым показателям качества?

Ответы:

- a) запас по фазе
- b) время регулирования
- c) статическая ошибка
- d) перерегулирование

Верный ответ: a

5. Какие динамические звенья называются минимально- и неминимально-фазовыми?

Ответы:

- a) Передаточные функции минимально-фазовых звеньев имеют левые полюса и нули.
- б) Неминимально-фазовые звенья описываются передаточными функциями с левыми нулями и полюсами.
- в) Передаточные функции неминимально-фазовых звеньев могут иметь правые полюса или нули.
- г) Коэффициенты числителя и знаменателя передаточных функций минимально-фазовых звеньев положительны.
- д) Коэффициенты передаточных функций неминимально-фазовых звеньев положительны.

Верный ответ: а, в

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-9</sub> Осуществляет постановку задач исследования, проведение экспериментов и обработку их результатов с использованием современных информационных технологий и технических средств

**Вопросы, задания**

1. Принцип регулирования по возмущению.
2. Принцип регулирования по ошибке.
3. Комбинированное регулирование по ошибке и возмущению.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Чему равна статическая ошибка по управляющему воздействию статической системы?

Ответы:

- a) нулю
- b)  $1/K$
- c)  $1/(1+K)$
- d) не хватает данных

Верный ответ: c

**II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «отлично» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета, включая практическое задание, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и при решении задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «хорошо» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета, включая практическое задание (допускается несколько недочетов непринципиального характера).

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если его ответ на вопросы экзаменационного билета правильный, но неполный, допущены негрубые ошибки.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если им не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

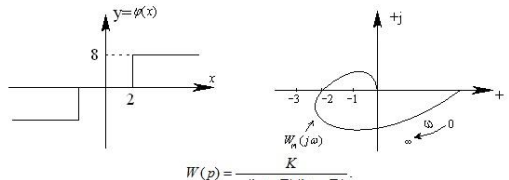
**III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

**6 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

## Пример билета

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                           |      |                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------|-------------------------------------------------|
| М Э И                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 |      | Утверждаю:<br>Зав. кафедрой<br>УИТ<br>« » 20 г. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | КАФЕДРА                   | УИТ  |                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ДИСЦИПЛИНА                | ТАУ  |                                                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ИНСТИТУТ                  | ИВТИ |                                                 |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>Второй (прямой) метод Ляпунова исследования устойчивости. Теорема об устойчивости.</li> <li>Фазовые портреты линейных систем II порядка при <math>0 &lt; d &lt; 1</math>.</li> <li>Задача. Какое заключение об устойчивости отрезка равновесия нелинейной САУ можно дать на основе критериев абсолютной устойчивости?</li> </ol> |                           |      |                                                 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;">  </div>                                                                                                                                                                                             |                           |      |                                                 |

## Процедура проведения

Экзамен проводится в письменной форме по билетам. Время на подготовку ответа – 90 минут.

### 1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-3</sub> Демонстрирует способность решать профессиональные задачи с использованием фундаментальных знаний

#### Вопросы, задания

1. Линеаризация нелинейных характеристик. Существенно нелинейные элементы.
2. Метод фазовой плоскости.
3. Метод стабилизации релейных систем путем изменения прямых переключения.
4. Гармоническая линеаризация нелинейного элемента.
5. Первый метод Ляпунова исследования устойчивости.
6. Второй (прямой) метод Ляпунова исследования устойчивости. Теорема об устойчивости.
7. Абсолютная устойчивость. Общая постановка задачи. Гипотезы Айзермана и Калмана.
8. Критерий В.М. Попова устойчивости положения равновесия.
9. Сравнительная характеристика критериев абсолютной устойчивости.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какой характер имеют условия абсолютной устойчивости положения равновесия по критерия В.М. Попова?

Ответы:

1. необходимые условия
2. достаточные условия
3. необходимые и достаточные условия
4. необходимо знать дополнительные данные о системе

Верный ответ: 2

2. Можно ли методом фазовой плоскости исследовать устойчивость процесса в нелинейной системе 4-го порядка?

Ответы:

1. да
2. нет
3. зависит от характеристики нелинейного элемента

Верный ответ: 2

3. Какую информацию об устойчивости положения равновесия дает применение I метода Ляпунова?

Ответы:

1. об устойчивости “в малом”
2. об устойчивости “в большом”
3. об устойчивости “в целом”
4. об абсолютной устойчивости

Верный ответ: 1

4. Возможна ли линеаризация нелинейного элемента с существенно нелинейной характеристикой?

Ответы:

1. да
2. нет
3. зависит от конкретного вида характеристики

Верный ответ: 2

5. Что предполагает гипотеза фильтра в методе гармонического баланса?

Ответы:

1. постановку фильтра в исследуемую систему
2. фильтрующие свойства динамических характеристик системы
3. спектральный характер автоколебаний

Верный ответ: 2

6. Какая информация об автоколебаниях в нелинейной системе может быть получена методом гармонического баланса?

Ответы:

1. о наличии автоколебаний, их параметрах и устойчивости
2. только о наличии автоколебаний
3. только о наличии автоколебаний и их устойчивости

Верный ответ: 1

7. Какой характер имеют условия II метода Ляпунова исследования устойчивости?

Ответы:

1. необходимые
2. достаточные
3. необходимые и достаточные
4. характер условий зависит от типа системы

Верный ответ: 2

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-9</sub> Осуществляет постановку задач исследования, проведение экспериментов и обработку их результатов с использованием современных информационных технологий и технических средств

### Вопросы, задания

1. Фазовые портреты релейных систем с однозначными характеристиками НЭ.
2. Фазовые портреты релейных систем с неоднозначными характеристиками НЭ.
3. Определение автоколебаний, их параметров и устойчивости методом гармонического баланса.



### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Какую задачу решает метод гармонического баланса исследования нелинейной системы?

Ответы:

1. определения устойчивости положения равновесия
2. анализа переходных процессов
3. определения наличия автоколебаний в системе

Верный ответ: 3

2. Как влияет на точность метода гармонического баланса повышение порядка исследуемой системы?

Ответы:

1. не влияет на точность результатов
2. повышает точность результатов
3. понижает точность результатов

Верный ответ: 2

3. Сколько положений равновесия имеет нелинейная система?

Ответы:

1. одно
2. одно устойчивое и несколько неустойчивых
3. их количество определяется свойствами динамической системы

Верный ответ: 3

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «отлично» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета, включая практическое задание, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и при решении задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «хорошо» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета, включая практическое задание (допускается несколько недочетов не принципиального характера).

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если его ответ на вопросы экзаменационного билета правильный, но неполный, допущены негрубые ошибки.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если им не выполнены условия, предполагающие оценку «удовлетворительно».

### **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр.