

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

**Направление подготовки/специальность: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств**

**Наименование образовательной программы: Автоматизация технологических процессов и производств**

**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                                           | Меркурьев И.В.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f |

И.В.  
Меркурьев

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |                                                    |                                 |
|--|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец                                           | Щербатов И.А.                   |
|  | Идентификатор                                      | R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17 |

И.А.  
Щербатов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|  |                                                    |                                 |
|--|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|  | Владелец                                           | Щербатов И.А.                   |
|  | Идентификатор                                      | R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17 |

И.А.  
Щербатов

## 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-13 Способен применять стандартные методы расчета при проектировании систем автоматизации технологических процессов и производств

ИД-1 Применяет стандартные методы расчёта элементов систем автоматизации технологических процессов и производств

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита лабораторной работы «Фазовые портреты нелинейных систем» (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы «Метод гармонической линеаризации» (Лабораторная работа)
3. Контрольная работа: «Критерии устойчивости ЛОСАУ» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа: «Линеаризация, преобразование структурных схем универсальным методом и методом свертки» (Контрольная работа)
5. Контрольная работа: «Решение линейных дифференциальных уравнений при помощи преобразований Лапласа» (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение части 1 РГР "Линейные САУ" (Расчетно-графическая работа)
2. Выполнение части 2 РГР "Линейные САУ" (Расчетно-графическая работа)
3. Выполнение части 3 РГР "Линейные САУ" (Расчетно-графическая работа)
4. Расчетное задание: «Построение системы управления нелинейной САУ» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы управление нелинейными системами (Лабораторная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита ЛР по блоку "Линейные САУ" (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Контрольная работа: «Линеаризация, преобразование структурных схем универсальным методом и методом свертки» (Контрольная работа)

- КМ-2 Контрольная работа: «Решение линейных дифференциальных уравнений при помощи преобразований Лапласа» (Контрольная работа)  
 КМ-3 Контрольная работа: «Критерии устойчивости ЛОСАУ» (Контрольная работа)  
 КМ-4 Выполнение части 1 РГР "Линейные САУ" (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-5 Выполнение части 2 РГР "Линейные САУ" (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-6 Выполнение части 3 РГР "Линейные САУ" (Расчетно-графическая работа)  
 КМ-7 Защита ЛР по блоку "Линейные САУ" (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Раздел дисциплины                                               | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                 | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 |
|                                                                 | Срок КМ:                        | 4    | 7    | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| Описание систем автоматического управления                      |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Описание систем автоматического управления во временной области |                                 | +    | +    |      | +    |      |      | +    |
| Методы передаточных функций и структурных схем                  |                                 | +    |      |      | +    |      |      | +    |
| Переходные процессы в САУ                                       |                                 |      | +    |      | +    |      |      |      |
| Устойчивость САУ                                                |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Устойчивость САУ                                                |                                 |      |      | +    |      | +    |      | +    |
| Метод частотных характеристик                                   |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Частотные характеристики                                        |                                 |      |      |      |      |      | +    | +    |
| Частотные критерии устойчивости                                 |                                 |      |      |      |      |      | +    | +    |
| Вес КМ:                                                         |                                 | 20   | 20   | 20   | 10   | 10   | 10   | 10   |

### 6 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-8 Защита лабораторная работы «Фазовые портреты нелинейных систем» (Лабораторная работа)  
 КМ-9 Защита лабораторной работы «Метод гармонической линеаризации» (Лабораторная работа)  
 КМ-10 Защита лабораторной работы управление нелинейными системами (Лабораторная работа)  
 КМ-11 Расчетное задание: «Построение системы управления нелинейной САУ» (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |       |
|-------------------|---------------------------------|------|------|-------|
|                   | Индекс КМ:                      | КМ-8 | КМ-9 | КМ-10 |
|                   | Срок КМ:                        | 7    | 7    | 11    |
|                   |                                 |      |      | 13    |

|                                         |    |    |    |    |
|-----------------------------------------|----|----|----|----|
| Математические модели нелинейных САУ    |    |    |    |    |
| Математические модели нелинейных САУ    | +  |    |    |    |
| Анализ устойчивости нелинейных САУ      |    |    |    |    |
| Анализ устойчивости нелинейных САУ      |    | +  |    |    |
| Основы управления нелинейными системами |    |    |    |    |
| Основы управления нелинейными системами |    |    | +  | +  |
| Вес КМ:                                 | 20 | 20 | 20 | 40 |

## 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-13             | ИД-1 <sub>ОПК-13</sub> Применяет стандартные методы расчёта элементов систем автоматизации технологических процессов и производств | <p>Знать:</p> <p>основные методы управления нелинейными САУ</p> <p>методы исследования устойчивости режимов нелинейных САУ</p> <p>методы исследования устойчивости линейных САУ</p> <p>методы исследования линейных САУ во временной области</p> <p>методы исследования линейных САУ в частотной области</p> <p>методы описания нелинейных систем автоматического управления</p> <p>методы описания линейных систем автоматического управления</p> <p>Уметь:</p> | <p>КМ-1 Контрольная работа: «Линеаризация, преобразование структурных схем универсальным методом и методом свертки» (Контрольная работа)</p> <p>КМ-2 Контрольная работа: «Решение линейных дифференциальных уравнений при помощи преобразований Лапласа» (Контрольная работа)</p> <p>КМ-3 Контрольная работа: «Критерии устойчивости ЛОСАУ» (Контрольная работа)</p> <p>КМ-4 Выполнение части 1 РГР "Линейные САУ" (Расчетно-графическая работа)</p> <p>КМ-5 Выполнение части 2 РГР "Линейные САУ" (Расчетно-графическая работа)</p> <p>КМ-6 Выполнение части 3 РГР "Линейные САУ" (Расчетно-графическая работа)</p> <p>КМ-7 Защита ЛР по блоку "Линейные САУ" (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-8 Защита лабораторной работы «Фазовые портреты нелинейных систем» (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-9 Защита лабораторной работы «Метод гармонической линеаризации» (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-10 Защита лабораторной работы управление нелинейными системами (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-11 Расчетное задание: «Построение системы управления нелинейной САУ» (Расчетно-графическая работа)</p> |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p>исследовать устойчивость САУ и подбирать параметры из условия устойчивости</p> <p>проводить анализ функционирования САУ по результатам экспериментов</p> <p>проводить синтез законов управления некоторыми классами нелинейных систем</p> <p>проводить анализ САУ, используя математические пакеты</p> <p>проводить анализ динамики нелинейных САУ в математических пакетах</p> <p>исследовать динамику линейных САУ во временной области</p> <p>проводить анализ частотных характеристик САУ и применять их для исследования устойчивости</p> <p>составлять передаточные функции линейных САУ</p> <p>исследовать нелинейные САУ на предельные циклы</p> <p>исследовать особые точки нелинейных САУ</p> |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

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

### 5 семестр

**КМ-1. Контрольная работа: «Линеаризация, преобразование структурных схем универсальным методом и методом свертки»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

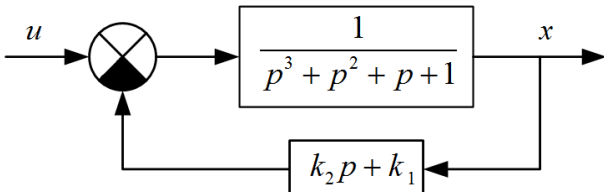
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа проводится в письменной форме в часы практических занятий. Время выполнения - 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Решить задачи

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                 | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы описания линейных систем автоматического управления | 1.Опишите алгоритм линеаризации уравнений динамики САУ<br>2.Опишите основные правила преобразования передаточных функций                                                                                                                                      |
| Уметь: составлять передаточные функции линейных САУ               | 1.Провести линеаризацию уравнений движения двухзвенного маятника<br>2.Провести преобразование структурной схемы и получить эквивалентную передаточную функцию системы<br> |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено или выполнено с грубыми ошибками*

## **КМ-2. Контрольная работа: «Решение линейных дифференциальных уравнений при помощи преобразований Лапласа»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа проводится в письменной форме в часы практических занятий. Время выполнения - 90 минут.

### **Краткое содержание задания:**

Найти решение уравнений динамики ЛОСАУ методом преобразования Лапласа

### **Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине             | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы исследования линейных САУ во временной области  | 1.Что такое преобразование Лапласа?<br>2.Сформулируйте основные теоремы операционного исчисления                                                                                                                                               |
| Уметь: исследовать динамику линейных САУ во временной области | 1.Решить уравнение динамики САУ методом преобразования Лапласа. Используя теоремы операционного исчисления найти установившееся значение выходного сигнала<br>$\ddot{x} + 3\dot{x} + 2x = e^{-3t}, \quad t > 0, \quad x(+0) = \dot{x}(+0) = 0$ |

### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено или выполнено с грубыми ошибками*

## **КМ-3. Контрольная работа: «Критерии устойчивости ЛОСАУ»**

**Формы реализации:** Письменная работа

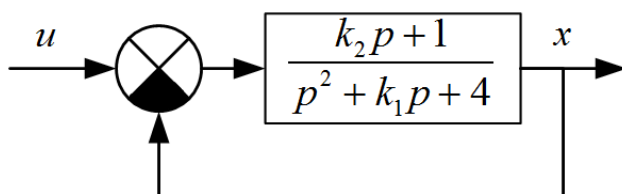
**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа проводится в письменной форме в часы практических занятий. Время выполнения - 90 минут.

### **Краткое содержание задания:**

Определить значение параметров, при котором система является устойчивой



### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                 | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы исследования устойчивости линейных САУ                              | 1. Что такое устойчивость САУ?                                                                                                                                                                 |
| Уметь: исследовать устойчивость САУ и подбирать параметры из условия устойчивости | 1. Определить значения параметров, при котором система является устойчивой, методом Гурвица<br>2. Определить значения параметров, при котором система является устойчивой, методом D-разбиения |

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено или выполнено с грубыми ошибками

### КМ-4. Выполнение части 1 РГР "Линейные САУ"

Формы реализации: Проверка задания

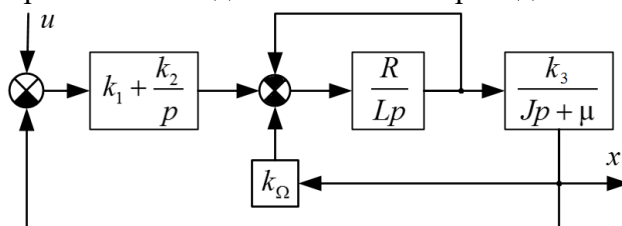
Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Производится проверка части РГР, выполненной студентом.

### Краткое содержание задания:

Провести исследование САУ с приведённой структурной схемой



### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине             | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: исследовать динамику линейных САУ во временной области | 1. Построить переходную и импульсную переходную функции, определить показатели качества переходных процессов, используя математический пакет |
| Уметь: составлять передаточные функции линейных САУ           | 1. Провести преобразование структурной схемы САУ<br>2. Найти передаточную функцию САУ                                                        |

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа над заданием не начата или объём выполнения мал

#### КМ-5. Выполнение части 2 РГР "Линейные САУ"

Формы реализации: Проверка задания

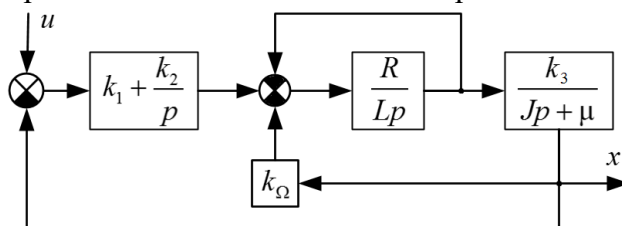
Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Производится проверка части РГР, выполненной студентом.

#### Краткое содержание задания:

Провести исследование САУ с приведённой структурной схемой



#### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                 | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: исследовать устойчивость САУ и подбирать параметры из условия устойчивости | 1. Построить область устойчивости системы в пространстве параметров, указанных преподавателем, методом Гурвица<br>2. Построить область устойчивости системы в пространстве параметров, указанных преподавателем, методом D-разбиения |

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа над заданием не начата или объём выполнения мал

**КМ-6. Выполнение части 3 РГР "Линейные САУ"**

**Формы реализации:** Проверка задания

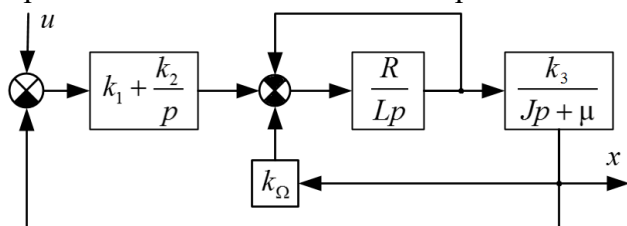
**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Производится проверка части РГР, выполненной студентом.

**Краткое содержание задания:**

Провести исследование САУ с приведённой структурной схемой

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы исследования линейных САУ в частотной области                                      | 1. Что такое частотные характеристики САУ?<br>2. Перечислите правила построения ЛАЧХ и ЛФЧХ<br>3. Сформулируйте частотные критерии устойчивости САУ                                                                        |
| Уметь: проводить анализ частотных характеристик САУ и применять их для исследования устойчивости | 1. Для указанной системы построить частотные характеристики<br>2. Исследовать устойчивость системы с дополнительной отрицательной обратной связью методом Найквиста<br>3. Проверить устойчивость системы методом Михайлова |

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5 («отлично»)

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа над заданием не начата или объём выполнения мал*

### **КМ-7. Защита ЛР по блоку "Линейные САУ"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 10**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится опрос студента по выполненным лабораторным работам.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине            | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: проводить анализ САУ, используя математические пакеты | 1.Продемонстрируйте построение реакции линейной САУ на указанное преподавателем воздействие в специализированном ПО<br>2.Продемонстрируйте построение частотных характеристик в специализированном ПО<br>3.Продемонстрируйте построение годографа Найквиста в специализированном ПО<br>4.Продемонстрируйте построение годографа Михайлова в специализированном ПО<br>5.Продемонстрируйте правильность построения АЧХ путём анализа вынужденных колебаний на заданной частоте в специализированном ПО<br>6.Оцените качество переходных процессов в специализированном ПО |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: ответы на вопросы не получены или содержат большое количество ошибок*

## **6 семестр**

### **КМ-8. Защита лабораторная работы «Фазовые портреты нелинейных систем»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа проводится в письменной форме в часы лабораторных занятий. Время выполнения - 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Построить фазовый портрет системы

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                   | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы описания нелинейных систем автоматического управления | 1.Перечислите типы особых точек системы 2 порядка<br>2.Сформулируйте алгоритм исследования особых точек нелинейной системы<br>3.Перечислите основные типы нелинейностей |
| Уметь: исследовать особые точки нелинейных САУ                      | 1.Определить типы особых точек системы и построить фазовый портрет<br>$\dot{x}_1 = -x_1(1 + x_1^2) - 2x_2,$ $\dot{x}_2 = x_1 + x_2.$                                    |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено или выполнено с грубыми ошибками*

### **КМ-9. Защита лабораторной работы «Метод гармонической линеаризации»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа проводится в письменной форме в часы лабораторных занятий. Время выполнения - 90 минут.

**Краткое содержание задания:**

Исследовать предельные циклы методом гармонической линеаризации

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине              | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: методы исследования устойчивости режимов нелинейных САУ | 1.Что такое предельный цикл?<br>2.Сформулируйте идею метода гармонической линеаризации<br>3.Запишите расчётные формулы для вычисления коэффициентов гармонической линеаризации |
| Уметь: исследовать нелинейные САУ на предельные циклы          | 1.Указанной преподавателем нелинейной САУ провести анализ предельных циклов методом гармонической линеаризации                                                                 |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено или выполнено с грубыми ошибками*

### **КМ-10. Защита лабораторной работы управление нелинейными системами**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита проводится в смешанной форме в часы лабораторных работ.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы преподавателя

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные методы управления нелинейными САУ | 1.Какие законы регулирования используются для управления поворотом звеньев манипулятора KUKA youBot?<br>2.Какие законы регулирования используются для |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                  | управления скоростью поворота звеньев манипулятора KUKA youBot?<br>3.Сформулируйте алгоритм метода скоростного градиента                                                                                                           |
| Уметь: проводить анализ функционирования САУ по результатам экспериментов        | 1.Проанализируйте результаты эксперимента и определите показатели качества регулирования углового положения звена манипулятора<br>2.Проанализируйте точность управления движением манипулятора youBot по результатам экспериментов |
| Уметь: проводить синтез законов управления некоторыми классами нелинейных систем | 1.Выведите уравнения движения двухзвенного манипулятора и проведите синтез управления манипулятором методом скоростного градиента                                                                                                  |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответы не даны или содержат грубые ошибки*

#### КМ-11. Расчетное задание: «Построение системы управления нелинейной САУ»

**Формы реализации:** Проверка задания

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

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** производится проверка выполненного расчётного задания.

#### Краткое содержание задания:

Провести анализ динамики нелинейной САУ, используя математические пакеты

#### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: проводить анализ динамики нелинейных САУ в математических пакетах         | 1.Провести анализ особых точек САУ и построить её фазовый портрет в специализированном ПО<br>2.Провести анализ предельных циклов САУ, используя специализированном ПО |
| Уметь: проводить синтез законов управления некоторыми классами нелинейных систем | 1.Разработать закон управления САУ, используя алгоритм скоростного градиента и продемонстрировать его работоспособность в                                             |

|                                                   |                              |
|---------------------------------------------------|------------------------------|
| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
|                                                   | специализированном ПО        |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: «зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: «не зачтено»*

*Описание характеристики выполнения знания:*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

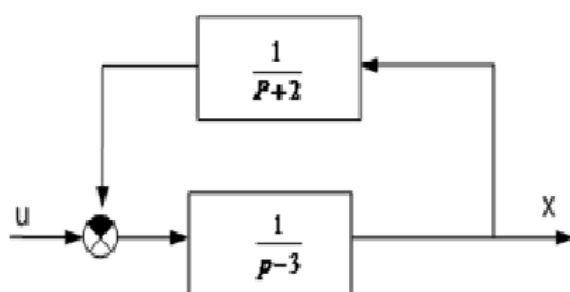
## 5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

### Пример билета

Пример билета

1. Преобразование Лапласа. Свойства преобразования Лапласа. Изображение по Лапласу производных и некоторых функций.
2. Изображение по Лапласу от интеграла функции. Теоремы операционного исчисления о начальном условии и об установившемся значении.
1. Задача. Найти передаточную и переходную функции линейной системы



### Процедура проведения

очная или с использованием дистанционных технологий  
время подготовки 1.5 астрономических часа

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-13</sub> Применяет стандартные методы расчёта элементов систем автоматизации технологических процессов и производств

### Вопросы, задания

1. Исследование САУ в специализированном ПО. Основные функции
2. Моделирование линейных САУ в специализированном ПО
3. Постановка задач управления. Дифференциальные уравнения объекта регулирования. Линейные системы с одним входом. Линеаризация дифференциальных уравнений системы вблизи программных траекторий.
4. Преобразование Лапласа. Свойства преобразования Лапласа. Изображение по Лапласу производных и некоторых функций.
5. Структурные схемы. Преобразование структурных схем: последовательное и параллельное соединение звеньев, обратная связь. Перенос точки съема информации. Эквивалентная передаточная функция.

6. Решение линейных стационарных систем операторным методом. Дифференциальное и операторное уравнение. Теорема операционного исчисления о разложении.
7. Изображение по Лапласу от интеграла функции. Теоремы операционного исчисления о начальном условии и об установившемся значении.
8. Отклик системы на единичное ступенчатое входное воздействие. Переходная функция. Импульсная переходная функция. Связь импульсной переходной функции с переходной функцией.
9. Частотные характеристики линейной системы. Комплексная передаточная функция. Примеры построения частотных характеристик типовых звеньев.
10. Теорема о свертке. Пример.

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

1. Найти операторный вид уравнения  $y'' + 3y' + 2y = 1$ ,  $y'(0)=0$ ,  $y(0)=0$ .

Ответы:

использовать преобразования Лапласа

Верный ответ:  $y(p^2+3p+2)=1/p$

2. Виды элементарных звеньев

Ответы:

элементарные звенья

Верный ответ: интегральное дифференциальное, форсирующие звенья 1, 2 порядка, колебательное, апериодическое звено, усилительное звено

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

## **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

Построение фазового портрета нелинейной системы дифференциальных уравнений второго порядка методом припасовывания. Релейное управление маятником. Метод припасовывания.

Методом гармонической линеаризации исследовать наличие предельных циклов системы  $x'' + x' + kx + x^3 = 0$ .

## Процедура проведения

очная или с использованием дистанционных технологий  
время подготовки 1.5 астрономических часа

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-13</sub> Применяет стандартные методы расчёта элементов систем автоматизации технологических процессов и производств

## Вопросы, задания

1. Моделирование нелинейных САУ в специализированном ПО
2. Исследование нелинейных систем управления. Виды нелинейностей.  
Построение фазового портрета нелинейной системы дифференциальных уравнений второго порядка методом припасовывания. Релейное управление маятником. Метод припасовывания.  
Особые точки. Типы особых точек и фазовые портреты для систем второго порядка.
3. Метод точечного отображения. Диаграмма точечного отображения. Устойчивость предельных циклов.  
Метод гармонической линеаризации. Коэффициенты гармонической линеаризации. Частотные характеристики линейной подсистемы. Свойство фильтра. Устойчивость периодического решения.
4. Метод скоростного градиента. Целевая функция. Управление полной механической энергией системы. Релейный и пропорциональный закон регулирования.  
Задача возбуждения колебаний резонатора микромеханического гироскопа. Уравнения движения обобщённого маятника Фуко. (снят)  
Экспериментальные методы построения амплитудно-фазочастотных характеристик. (снят)
5. Скользящий режим. Разделение движений нелинейной системы на скользящем режиме. Дифференциальные уравнения движения в быстром времени. Медленное движение системы. Теорема Тихонова.  
Задача навигации мобильного робота по видео- и дальномерной информации.
6. Уравнения движения мобильного робота типа Сегвей и Лего. Уравнения движения перевернутого маятника. Управление движением маятника для стабилизации вертикального неустойчивого положения платформы.  
Управление полной механической энергией системы и формой колебаний. Уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Гамильтониан взаимодействия. Релейный и пропорциональный закон регулирования.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Для динамической системы  $x'' + x = -\operatorname{sign} x$  необходимо найти особые точки, указать их тип и построить фазовый портрет.

Ответы:

применить метод изоклин

Верный ответ: построенный ФП построенные изоклины для углов 90,45 30 0 градусов

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

## ***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. Оценка за экзамен выносится в приложение к диплому.