

**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, часть 2**

**Москва**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

Е.Ю.

Сидорова

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

Е.Ю.

Сидорова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

А.В.

Бобряков

(расшифровка  
подписи)

## 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-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

2. ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов

ИД-1 Применяет типовые критерии оценки эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов

ИД-2 Определяет критерии оценки эффективности разработанных систем 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: Защита задания

1. Защита расчетного задания «Анализ линейных импульсных систем автоматического управления» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Выполнение лабораторной работы № 1 "Исследование влияния параметров настройки ПИД-регулятора на качество работы импульсной системы автоматического управления" (Лабораторная работа)

2. Выполнение лабораторной работы № 4 «Анализ нелинейных систем автоматического управления при случайных воздействиях» (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. "Нахождение дискретной передаточной функции импульсной системы автоматического управления" (Контрольная работа)

2. «Исследование систем автоматического управления при случайных воздействиях» (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы № 1 "Исследование влияния параметров настройки ПИД-регулятора на качество работы импульсной системы автоматического управления" (Лабораторная работа)

2. Защита лабораторной работы № 2 «Исследование линейных импульсных систем автоматического управления» (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы № 3 "Исследование случайных процессов в линейных системах автоматического управления» (Лабораторная работа)

### БРС дисциплины

7 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	8	10	12	13	14	15	16
Основные положения дискретных систем управления									
Основные положения дискретных систем управления	+	+	+	+	+				
Основные характеристики импульсных систем автоматического управления									
Основные характеристики импульсных систем автоматического управления			+	+	+	+			
Устойчивость и синтез импульсных систем управления									
Устойчивость и синтез импульсных систем управления					+	+			
Характеристики случайных процессов									
Характеристики случайных процессов							+	+	
Оценка точности работы систем управления при случайных воздействиях									
Оценка точности работы систем управления при случайных воздействиях									+
Синтез систем автоматического управления при случайных воздействиях									
Синтез систем автоматического управления при случайных воздействиях								+	
Вес КМ:	5	10	10	20	20	20	20	10	5

\$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-3	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Демонстрирует способность решать профессиональные задачи с использованием фундаментальных знаний	Знать: статистические характеристики случайных процессов Уметь: применять свойства и теоремы дискретного преобразования Лапласа для определения дискретной передаточной функции импульсной системы автоматического управления	"Нахождение дискретной передаточной функции импульсной системы автоматического управления" (Контрольная работа) «Исследование систем автоматического управления при случайных воздействиях» (Тестирование)
ОПК-4	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub> Применяет типовые критерии оценки эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	Знать: методику синтеза осуществимой и работоспособной импульсной системы Уметь: осуществлять расчет нелинейных систем методом статистической линеаризации	Защита лабораторной работы № 2 «Исследование линейных импульсных систем автоматического управления» (Лабораторная работа) Выполнение лабораторной работы № 4 «Анализ нелинейных систем автоматического управления при случайных воздействиях» (Лабораторная работа)
ОПК-4	ИД-2 <sub>ОПК-4</sub> Определяет критерии оценки	Знать: влияние параметров	Защита лабораторной работы № 1 "Исследование влияния параметров настройки ПИД-регулятора на качество работы импульсной системы

	эффективности разработанных систем управления	настройки ПИД-регулятора на качество работы импульсной системы автоматического управления Уметь: оценивать устойчивость и точность работы импульсной системы автоматического управления	автоматического управления" (Лабораторная работа) Защита расчетного задания «Анализ линейных импульсных систем автоматического управления» (Расчетно-графическая 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: методику проведения и обработки результатов экспериментальных исследований на реальных объектах при наличии случайных воздействий на систему управления Уметь: проводить экспериментальные исследования на действующих объектах по заданной методике с использованием современных программно-аппаратных средств	Выполнение лабораторной работы № 1 "Исследование влияния параметров настройки ПИД-регулятора на качество работы импульсной системы автоматического управления" (Лабораторная работа) Защита лабораторной работы № 3 "Исследование случайных процессов в линейных системах автоматического управления» (Лабораторная работа)

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

### КМ-1. Выполнение лабораторной работы № 1 "Исследование влияния параметров настройки ПИД-регулятора на качество работы импульсной системы автоматического управления"

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

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

#### Краткое содержание задания:

Для объекта регулирования, параметры которого задаются вариантом задания, провести настройку параметров ПИД-регулятора при заданных показателях качества работы непрерывной САУ. Построить область устойчивости непрерывной системы с ПИД-регулятором.

Провести исследование влияния параметров ПИД-регулятора на качество работы импульсной САУ. Построить область устойчивости импульсной системы с ПИД-регулятором для различных значений периода квантования.

Проанализировать результаты исследований непрерывной и импульсной САУ. Сделать выводы о влиянии периода квантования на параметры настройки ПИД-регулятора и величину граничного коэффициента усиления системы.

#### 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. Как построить номограммы, характеризующие зависимости показателей качества от параметров ПИД-регулятора?</li><li>2. Как построить область устойчивости для исследуемой системы?</li><li>3. Объясните форму графиков, отражающих зависимость показателей качества работы ИСАУ от параметров ПИД-регулятора.</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. При этом студент обязуется доделать оставшуюся часть задания дома.

*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.

## КМ-2. "Нахождение дискретной передаточной функции импульсной системы автоматического управления"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа проводится по вариантам, во время лекции. Время на проведение - 30 минут.

### Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на нахождение дискретной передаточной функции разомкнутой импульсной системы автоматического управления.

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять свойства и теоремы дискретного преобразования Лапласа для определения дискретной передаточной функции импульсной системы автоматического управления

1. Для заданной структурной схемы линейной ИСАУ найти дискретную передаточную функцию  $Wp^*(p)$ .

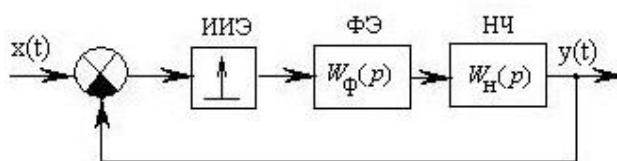


Figure 1 Структурная схема ИСАУ

Вариант 1:

$$W_{\Phi}(p) = \frac{1 - e^{-pT}}{p}, \quad W_{H}(p) = \frac{(1 + 2p)}{(1 + p)(1 + 5p)}$$

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено правильно.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, 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:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если задание выполнено с грубыми расчетными ошибками, но алгоритм его решения выбран правильно.

### **КМ-3. Защита лабораторной работы № 1 "Исследование влияния параметров настройки ПИД-регулятора на качество работы импульсной системы автоматического управления"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**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 30 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольное мероприятие ориентировано на проверку следующих знаний:

- основные положения дискретных систем автоматического управления,
- влияние параметров настройки ПИД-регулятора на качество работы импульсной системы автоматического управления.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: влияние параметров настройки ПИД-регулятора на качество работы импульсной системы автоматического управления	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Назовите виды квантования сигнала, применяемые в системах автоматического управления</li><li>2. Дайте определение амплитудно-импульсной модуляции (АИМ). Напишите аналитическое выражение для сигнала на выходе идеального импульсного элемента при АИМ.</li><li>3. Поясните на основе полученных в лабораторной работе графиков, как влияет период квантования на параметры ПИД-регулятора и величину <math>K_{гр}</math>.</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.

#### КМ-4. Защита лабораторной работы № 2 «Исследование линейных импульсных систем автоматического управления»

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**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 30 минут.

#### Краткое содержание задания:

Контрольное мероприятие ориентировано на проверку следующих знаний:

- основные положения дискретных систем автоматического управления,
- основные характеристики импульсных систем автоматического управления,
- устойчивость и синтез импульсных систем управления.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методику синтеза осуществимой и работоспособной импульсной системы	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Поясните, как по форме импульса на выходе импульсного элемента можно определить передаточную функцию формирователя <math>W\phi(p)</math>.</li><li>2.Запишите условие, позволяющее исследовать ИСАУ как непрерывную. Поясните это соотношение на основании сравнения спектров сигналов в ИСАУ и в непрерывной системе.</li><li>3.Как оценивается устойчивость линейной ИСАУ по критерию Найквиста для случаев устойчивой, неустойчивой и нейтрально-устойчивой разомкнутой системы?</li><li>4.Сформулируйте условия осуществимости и грубости ИСАУ.</li><li>5.Каковы особенности уравнения синтеза переходного процесса конечной длительности?</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.

#### **КМ-5. Защита расчетного задания «Анализ линейных импульсных систем автоматического управления»**

**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:**

Для заданной структурной схемы линейной импульсной системы автоматического управления (ИСАУ) выполнить следующие задания:

1. Преобразовать исходную структурную схему к типовому виду; определить непрерывную передаточную функцию приведенной непрерывной части разомкнутой импульсной системы  $W_{пн}(p)$ ;
2. По  $W_{пн}(p)$  найти дискретную передаточную функцию разомкнутой импульсной системы  $W_p^*(p)$ ;
3. Построить годограф разомкнутой ИСАУ точным и приближенным способами. Сравнить построенные годографы.
4. Оценить устойчивость замкнутой ИСАУ и найти предельный коэффициент усиления:
  - a) по критерию Найквиста;
  - b) по критерию Гурвица;
  - c) по корням характеристического уравнения.
5. Построить переходной процесс для замкнутой ИСАУ.
6. Определить статическую и кинетическую ошибки устойчивой замкнутой ИСАУ.
7. Провести сравнение расчетных результатов с данными, полученными моделированием ИСАУ в MATLAB (Simulink).

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: оценивать устойчивость	1.Поясните, как Вы определили дискретные
-------------------------------	--

и точность работы импульсной системы автоматического управления	<p>передаточные функции разомкнутой и замкнутой ИСАУ.</p> <p>2. Поясните, как оценивалась устойчивость ИСАУ.</p> <p>3. Поясните, как оценивалась точность работы ИСАУ.</p> <p>4. Поясните, какие соотношения были использованы для построения годографа ИСАУ?</p> <p>5. Как построить переходный процесс для замкнутой ИСАУ?</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.

**КМ-6. «Исследование систем автоматического управления при случайных воздействиях»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется по вариантам, во время лекции. Тест состоит из двух частей, в каждой по 5 заданий. К каждому заданию в части 1 даны несколько ответов, из которых нужно выбрать один правильный. Решение заданий части 2 нужно вписать в предназначенное для него поле. Время на проведение теста - 30 минут.

**Краткое содержание задания:**

Тестирование направлено на проверку знаний по разделу “Характеристики случайных процессов”.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: статистические характеристики случайных процессов	<p>1.</p> <table border="1" data-bbox="735 1951 1477 2038"> <tr> <td data-bbox="735 1951 1477 2018">Спектральная плотность случайного процесса показывает:</td> </tr> <tr> <td data-bbox="735 2018 1477 2038">а) среднее значение СП</td> </tr> </table>	Спектральная плотность случайного процесса показывает:	а) среднее значение СП
Спектральная плотность случайного процесса показывает:			
а) среднее значение СП			

	б) статистическую взаимосвязь между значениями СП, взятыми в моменты времени $t_1$ и $t_2$
	в) амплитуду отклонения СП от своего среднего значения
	г) распределение мощности СП по частоте
	2. Чем более инерционен объект, тем
	а) быстрее убывает автокорреляционная функция $R_{yy}(T)$ , описывающая сигнал на его выходе
	б) слабее корреляция между значениями выходного сигнала объекта, взятыми в моменты времени $t_1$ и $t_2$
	в) шире график спектральной плотности $S_y(w)$
	г) медленнее изменяется выходной сигнал $y(t)$ объекта
	3. Напишите соотношение для определения дисперсии случайного процесса путем усреднения по множеству реализаций.
	4. Дайте определение стационарного в узком смысле случайного процесса.
5. Что характеризует взаимная корреляционная функция?	

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Тест считается выполненным на оценку «отлично», если даны правильные ответы не менее чем на 90 % вопросов теста.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Тест считается выполненным на оценку «хорошо», если выполнены следующие условия: даны правильные ответы - не менее чем на 80 % вопросов из 1-ой части теста и - не менее чем на 60 % вопросов из 2-й части. Или наоборот: - не менее чем на 60 % вопросов из 1-ой части теста и - не менее чем на 80 % вопросов из 2-й части.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Тест считается выполненным на оценку «удовлетворительно», если выполнены следующие условия: даны правильные ответы - не менее чем на 60 % вопросов из 1-ой части теста и - не менее чем на 40 % вопросов из 2-й части, при этом суммарный процент правильных ответов на вопросы из обеих частей теста не меньше 60-ти %.*

#### **КМ-7. Защита лабораторной работы № 3 "Исследование случайных процессов в линейных системах автоматического управления»**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**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 30 минут.

**Краткое содержание задания:**

Контрольное мероприятие ориентировано на проверку знаний по разделам “Характеристики случайных процессов” и “Синтез систем автоматического управления при случайных воздействиях”, а также методики проведения и обработки результатов экспериментальных исследований на реальных объектах при наличии случайных воздействий на систему управления.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методику проведения и обработки результатов экспериментальных исследований на реальных объектах при наличии случайных воздействий на систему управления</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дайте определения случайного процесса (СП), белого шума, стационарного (в узком и широком смысле) СП, эргодического СП.</li> <li>2. Дайте определение и поясните смысл корреляционной функции и спектральной плотности случайного процесса.</li> <li>3. Как определяются оптимальные параметры следящей системы на основе вычислительного эксперимента?</li> <li>4. Запишите алгоритм и основное выражение для определения корреляционной функции по виду реализации случайного процесса, наблюдаемого на отрезке <math>[0, T]</math>.</li> <li>5. Запишите соотношения, связывающие корреляционные функции и спектральные плотности случайных сигналов на входе и выходе линейного динамического звена.</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.

### **КМ-8. Выполнение лабораторной работы № 4 «Анализ нелинейных систем автоматического управления при случайных воздействиях»**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

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

#### **Краткое содержание задания:**

Цель работы - практическое освоение методов определения статистических характеристик ошибки замкнутой нелинейной системы автоматического управления (НСАУ) при воздействии на ее вход случайного сигнала.

Программа исследований состоит из трех укрупненных пунктов:

1. Исследование преобразования нелинейным звеном САУ случайного сигнала и его характеристик.
2. Определение коэффициентов статистической линеаризации нелинейного звена САУ.
3. Определение статистических характеристик ошибки НСАУ методом статистической линеаризации.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: осуществлять расчет нелинейных систем методом статистической линеаризации	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Напишите аналитические выражения для вычисления математического ожидания и дисперсии случайного сигнала на выходе нелинейного звена.</li><li>2. На основе метода статистической линеаризации запишите уравнения замыкания нелинейной САУ по математическому ожиданию и по дисперсии случайного сигнала.</li><li>3. Поясните суть графоаналитического метода решения уравнений замыкания. Как осуществляется решение этих уравнений с помощью метода последовательных приближений?</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.



# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1		Утверждаю: Зав. кафедрой УИТ
	Кафедра Управления и интеллектуальных технологий		
	Дисциплина ТАУ, часть 2		« » 20 г.
	ИВТИ		
	1. Дискретное преобразование Лапласа, основные свойства и теоремы. Примеры получения формул дискретных изображений сигналов. 2. Понятие случайного процесса. Определение статистических характеристик для эргодического случайного процесса. 3. Задача. Задана дискретная передаточная функция замкнутой ИСАУ: $W_s^*(p) = \frac{Y^*(p)}{X^*(p)} = \frac{2e^{pT} + 3}{e^{2pT} + 5e^{pT} + 2e^{pT} + 1}$ На основании разностного уравнения построить $h[lT]$ , $l = 0, 3$ .		

Figure 2

## Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

## I. 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. Способы квантования сигнала. Классификация дискретных систем управления. Определение импульсной системы автоматического управления (ИСАУ), функциональная и структурная схемы замкнутой линейной ИСАУ. Представление сигнала при амплитудно-импульсной модуляции.
2. Дискретное преобразование D, основные свойства и теоремы. Вывод формулы для дискретного изображения сигнала  $X^*(p)$  на основании  $X(p)$ .
3. Уравнения ИСАУ относительно изображений сигналов. Вывод выражения для дискретной передаточной функции замкнутой системы и передаточной функции ошибки от задающего воздействия.
4. Понятие стационарного случайного процесса в широком и узком смыслах. Эргодические случайные процессы. Аналитические выражения для вычисления основных статистических характеристик эргодических СП.
5. Понятие корреляционной функции и ее свойства. Аналитические выражения для вычисления корреляционной функции путем усреднения по времени и по множеству. Примеры корреляционных функций типовых случайных процессов и регулярных сигналов.
6. Спектральная плотность СП и ее физический смысл. Взаимная спектральная плотность двух случайных процессов. Связь между видом графиков корреляционной функции и спектральной плотности случайного процесса.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какой случайный процесс называют эргодическим?

Ответы:

а) случайный процесс, для которого значения, взятые в моменты времени $t_1$ и $t_2$ , являются независимыми, как бы мало ни было расстояние между $t_1$ и $t_2$
б) случайный процесс, для которого среднее по множеству реализаций равно среднему по времени для одной реализации
в) случайный процесс, для которого корреляционная функция затухает
г) случайный процесс, для которого спектральная плотность постоянна

Верный ответ: б)

2. Как называются системы, в которых происходит квантование сигнала и по времени, и по уровню?

Ответы:

- а) импульсными
- б) цифровыми
- в) релейными
- г) разрывными

Верный ответ: б)

3. Как называется изменение параметров импульса (или импульсной последовательности) при изменении входного сигнала?

Ответы:

а) моделирование
б) D-преобразование
в) дискретизация
г) модуляция

Верный ответ: г)

4. Запишите выражение для дискретного преобразования Лапласа.

Ответы:

а)  $f[lT] = \sum_{v=1}^n \frac{B^*(p_v)}{A^*(p_v)} \cdot e^{p_v(l-1)T}$       б)  $\Delta y[lT] = y[(l+1)T] - y[lT]$

в)  $X^*(p) = \sum_{l=0}^{\infty} x[lT] e^{-pT}$       г)  $x^*(t) = \sum_{l=0}^{\infty} x[lT] \delta(t-lT)$

Верный ответ: в)

5. Как называется соотношение

$$z = \frac{1+V}{1-V}$$

?

Ответы:

- а) билинейное преобразование
- б) формула разложения
- в) свертка
- г) D-преобразование

Верный ответ: а)

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-4</sub> Применяет типовые критерии оценки эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов

### Вопросы, задания

1. Условия, которые должны быть соблюдены при задании передаточной функции синтезируемой линейной ИСАУ. Первое уравнение синтеза.
2. Методика составления уравнений синтеза линейной ИСАУ. Вывод уравнения синтеза линейной ИСАУ с переходным процессом конечной длительности.
3. Метод статистической линеаризации нелинейных элементов. Определение коэффициентов  $K_0$  и  $K_1$  по двум критериям эквивалентности нелинейной и заменяющей ее линейной зависимости.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как называют систему, в которой при малых изменениях параметров изменения величин, характеризующих состояние системы, будут также малы?

Ответы:

- а) устойчивой
- б) физически реализуемой
- в) грубой
- г) негрубой

Верный ответ: в)

2. Приведите условие осуществимости передаточной функции корректирующего звена.

Ответы:

- а) корректирующее звено является устойчивым
- б) степень числителя дискретной передаточной функции корректирующего звена строго меньше степени знаменателя
- в) степень числителя дискретной передаточной функции корректирующего звена не превышает степень знаменателя
- г) в знаменателе дискретной передаточной функции корректирующего звена только одно слагаемое

Верный ответ: в)

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Определяет критерии оценки эффективности разработанных систем управления

### Вопросы, задания

1. Понятие устойчивости линейной ИСАУ (по входному воздействию и по начальным условиям). Необходимые и достаточные условия устойчивости линейной ИСАУ в плоскостях  $P$  и  $Z$  (с выводом).
2. Прямые и косвенные показатели качества линейных ИСАУ.
3. Определение установившихся значений ошибок замкнутой ИСАУ по задающему воздействию и по возмущению. Условие астатизма ИСАУ по задающему воздействию.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как называется числовая последовательность, полученная в результате измерительной или вычислительной процедуры, в которой аргумент изменяется через равные интервалы?

Ответы:

а) дельта-функция
б) решетчатая функция
в) изображение
г) оригинал

Верный ответ: б)

2. Что является необходимым и достаточным условием устойчивости линейной ИСАУ на плоскости  $Z$ ?

Ответы:

- а) все корни характеристического уравнения левые
- б) все корни характеристического уравнения правые
- в) все корни характеристического уравнения лежат вне окружности единичного радиуса
- г) все корни характеристического уравнения лежат внутри окружности единичного радиуса

Верный ответ: г)

**4. 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. Спектральная характеристика сигнала при амплитудно-импульсной модуляции после идеального импульсного элемента и на выходе ИСАУ. Теорема Котельникова. Условия, при которых ИСАУ можно исследовать как непрерывную (показать графически на основе спектральной характеристики).
2. Понятия автокорреляционной функции, взаимной корреляционной функции, центрированной корреляционной функции. Связь между видом автокорреляционной функции выходного сигнала объекта и его инерционностью.
3. Прохождение случайного сигнала через линейное звено. Определение автокорреляционной функции случайного сигнала на выходе динамического звена, если известна автокорреляционная функция входного сигнала (стационарного и эргодического СП).
4. Определение спектральной плотности случайного сигнала на выходе динамического звена с передаточной функцией  $W(p)$ , на входе которого действует случайное воздействие со спектральной плотностью  $S_x(\omega)$ .
5. Примеры автокорреляционных функций и спектральных плотностей типовых СП и регулярных сигналов.
6. Нелинейное преобразование случайных сигналов. Примеры изменения плотности вероятности при прохождении случайного сигнала через нелинейное звено.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Чему равна спектральная плотность постоянного сигнала  $x(t)=A=\text{const}$ ?

Ответы:

- а)  $S_x(\omega) = A^2 \delta(\omega)$
- б)  $S_x(\omega) = A \delta(\omega)$
- в)  $S_x(\omega) = 2\pi A^2 \delta(\omega)$
- г)  $S_x(\omega) = A^2$

Figure 3

Верный ответ: в)

2. Чему равна автокорреляционная функция случайного сигнала на выходе динамического звена с весовой функцией  $w(t)$ , на входе которого действует случайный сигнал с автокорреляционной функцией  $R_{xx}(\tau)$ ?

Ответы:

$$\begin{aligned} \text{а) } R_{yy}(\tau) &= \int_{-\infty}^{+\infty} w(\lambda) \cdot R_{xx}(\tau) d\lambda & \text{б) } R_{yy}(\tau) &= \int_{-\infty}^{+\infty} w(\lambda) \int_{-\infty}^{+\infty} w(\eta) \cdot R_{xx}(\tau + \lambda - \eta) d\lambda d\eta \\ \text{в) } R_{yy}(\tau) &= \int_{-\infty}^{+\infty} w(\lambda) \cdot R_{xx}(\tau - \lambda) d\lambda & \text{г) } R_{yy}(\tau) &= \int_{-\infty}^{+\infty} R_{xx}(\tau) \cdot e^{-j\omega\tau} d\omega \end{aligned}$$

Верный ответ: б)

3. Как называется теорема, при выполнении которой из квантованного сигнала можно восстановить исходный непрерывный сигнал без искажения?

Ответы:

- а) теорема Фурье
- б) теорема разложения
- в) теорема о свертке
- г) теорема Котельникова

Верный ответ: г)

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «хорошо» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

## 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.