

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий
Кафедра «Атомная энергетика»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Метрология, сертификация, технические измерения
и автоматизация тепловых процессов»

Направления подготовки

«13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника»

Основная профессиональная образовательная программа

«Промышленная теплоэнергетика»

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Цель освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины: изучение и получение практических навыков использования методов измерения, управления для исследования закономерностей и повышения эффективности теплотехнических процессов.

Дисциплина изучается в соответствии с профессиональными стандартами:

- 24.083 Специалист-теплоэнергетик атомной станции;
- 24.009 Специалист по управлению проектами и программами в области производства электроэнергии атомными электростанциями.

Место дисциплины в структуре ООП ВО

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для изучений данной дисциплины: «Математика», «Физика», «Котельные установки и парогенераторы», «Информатика», «Математические основы экспериментальных исследований», «Физико-химические основы теплотехнических процессов», «Специальные главы математики», «Источники и системы теплоснабжения», «Теплообменное оборудование».

В результате изучения этих дисциплин обучающиеся должны знать функциональные и операторные зависимости, основные закономерности естественно - научных дисциплин, знать и применять методы математического анализа, теории дифференциальных уравнений, методы идентификации процессов теплотехнических процессов как объектов управления, методы разработки, наладки, обеспечения эффективности систем контроля и управления теплотехническими процессами.

При освоении данной дисциплины студент сможет частично продемонстрировать трудовые функции:

- А/01.6 Составление технического задания (ПС 24.009);
- А/02.6 Анализ технического состояния тепломеханического оборудования, технологических систем и трубопроводов (ПС 24.083).

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции: профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Разработка проектной и рабочей технической документации оформление законченных проектно-конструкторских работ в соответствии стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	Тепловые и атомные Электрические станции, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, а также другое Тепломеханическое оборудование согласно Профессиональной деятельности; нормативно-Техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления Технологическими процессами в теплоэнергетике	ПК-4 способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов	З-ПК-4 Знать: правила выполнения и оформления проектной и технической документации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов; требования стандартов по оформлению документации У-ПК-4 Уметь: составлять проектную и рабочую документацию; оценивать влияние изменений по проекту на технические параметры В-ПК-4 Владеть: современными информационными технологиями для разработки проектной и технической документации

Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины реализуются следующие задачи воспитания:

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспи- тательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разнопла- новую внеучебную дея- тельность
Профессиональное и трудовое воспитание	-формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	Использование воспитательного потенциала дисциплин естественно-научного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.	1. Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и проведение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов
Профессиональное и трудовое воспитание	-формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии (В15)	Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для: - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятель-	1. Организация научно-практических конференций и встреч с ведущими специалистами предприятий города и ветеранами атомной отрасли. 2. Организация и прове-

		ности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.	дение предметных олимпиад и участие в конкурсах профессионального мастерства. 3. Участие в ежегодных акциях студенческих строительных отрядов
--	--	---	--

Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 8-ом и 9-ом семестрах. Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 ак. часов.

Календарный план

(8 семестр)

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма*)	Максимальный балл за раздел**
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КРС		
1	1	Основы измерений. Измерения прямые, косвенные. Измерительные системы. Характеристики измерительных систем.	7	0,5	-	0,5	6		
1	2	Характеристики случайных величин. Закон больших чисел. Закономерности нормальных случайных величин. Доверительный интервал, доверительная вероятность.	9/1	0,5	2/1	0,5	6		
1	3	Погрешности измерений. Систематические, случайные погрешности. Методы поверки измерительных систем. Сертификация	10	0,5	2	0,5	6/1		

		средств измерения.							
1	4	Статические, динамические характеристики измерительных систем. Модели элементов первого, второго порядка. Схемы соединения элементов, систем, модели.	9	0,5		0,5	6/1		
1	5	Погрешности сложных измерительных систем, косвенных измерений. Анализ временных рядов качественных показателей.	11/2	1	2/1	2/1	6	КЛ	25
2	6	Методы, измерительные системы, приборы измерения температуры, давления.	8	1	-	1	6		
2	7	Методы, измерительные системы, приборы измерения уровня, расхода.	9/1	1	-	1/1	6/1		
2	8	Методы, измерительные системы, приборы измерения свойств вещества - плотности, концентрации.	11	1	-	1	8/1	КЛ	25
Вид промежуточной аттестации			72/4	6	6/2	6/2	50/4	3	50

* - сокращенное наименование формы контроля

** - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КЛ	Коллоквиум
З	Зачет

(9-ый семестр)

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС/КРС		
3	9	Задача управления. Принципы управления. Классификация систем управления.	26	1		2	22/1		

3	10	Математические модели элементов, систем управления.	29/1	1	2	2/1	22/2	КЛ	30
3	11	Временные, частотные характеристики элементов систем управления.	32/3	2	4/2	2/1	22/2		
4	12	Устойчивость элементов, систем. Критерии устойчивости.	28	2		2	22/2	КЛ	20
4	13	Показатели качества систем. Ошибки установившегося режима, переходных процессов.	29/2	2	2/2	1	23/2		
Вид промежуточной аттестации			144/6	8	8/4	8/2	111/9	Э	50

* - сокращенное наименование формы контроля

** - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КЛ	Коллоквиум
Э	Экзамен

Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
8 семестр		
Лекция 1 Актуальность предмета. Основные понятия об измерениях. Суть измерений. Прямые, косвенные. Элементы, структурные схемы измерительных систем. Типовые сигналы. Закономерности преобразования. Статические характеристики. Примеры расчета. Виды систем измерения. Схемы соединения элементов. Методы измерения. Особенности компенсационного метода.	0,5	1-11
Лекция 2 Природа случайных величин. Стр. схема ОИ. Х-ки случайных величин. МО, дисперсия, их оценки. Оценки по графику, построение графика. Ф-ции распределения. Закон больших чисел, нормальный случайный процесс. Основные закономерности. Доверительный интервал, доверительная вероятность. Прямая, обратная задачи. Анализ случайной, систематической ошибок.	0,5	1-11
Лекция 3 Погрешности измерений. Класс точности прибора. Характеристики измерительных систем. Выбор шкалы прибора. Методы поверки измерительных систем. Обработка результатов поверки. Выявление систематических ошибок, определение параметров случайных ошибок. Настройка приборов на шкалу. Погрешности систем измерения с обратной связью.	0,5	1-11

Лекция 4 Установившиеся, переходные процессы. Статические, динамические характеристики. Модели динамических систем. Анализ переходных процессов элементов первого и второго порядка.	0,5	1-11
Лекция 5 Погрешности сложных измерительных систем, косвенных измерений. Анализ временных рядов качественных показателей.	1	1-11
Лекция 6 Температура. Шкалы. Методы измерения температуры. Термометры расширения, манометрические. Термоэлектрические. Термометры сопротивления. Автоматические потенциометры, мосты. Измерение давления. Единицы измерения. Жидкостные, манометрические, пружинные, мембранные. Датчики с силовой компенсацией.	1	1-11
Лекция 7 Измерение расхода. Единицы измерения. Объемные счетчики, дозаторы, дифманометры переменного перепада. Расходомеры постоянного перепада. Преобразователи. Индукционные расходомеры. Элементы Холла. Измерение уровня. Указательные стекла. Поплавковые, буйковые, гидростатические, давления.	1	1-11
Лекция 8 Приборы для определения состава, состояния, свойств веществ. Единицы измерения, плотномеры – поплавковые, постоянного веса, постоянного объема, весовые. Кондуктометры. Элементы измерительных приборов. Упругие элементы, силовые элементы. Механические, электрические, пневматические. Датчики перемещения. Электрические машины измерительных систем.	1	1-11
9 семестр		
Лекция 9 Постановка задачи управления. Алгоритм управления по ОС. Основные элементы, функциональные схемы САУ. Структурные схемы системы, сигналы, действующие в системах. Принципы управления. Классификация АСУ. Примеры АСУ.	1	1-11
Лекция 10 Математические модели элементов, систем. ДУ. Примеры - описание элементов систем. Линеаризация ДУ. Методы решения ДУ. Операторный метод. Понятие о $W(p)$. Получение $W(p)$ из ДУ. Методы прямого, обратного преобразования Л. Метод вычетов.	1	1-11
Лекция 11 Типовые сигналы, модели сигналов. Временные характеристики. Переходная, весовая характеристика. Уравнение свертки. Частотные характеристики. Логарифмические частотные х-ки.	1	1-11
Лекция 12 Типовые звенья систем управления. Математические модели, переходные, весовые, частотные характеристики. Примеры звеньев, моделей.	1	1-11
Лекция 13 Структурные соединения звеньев. Структурные схемы САУ, приведение к типовой схеме. Передаточные функции разомкнутой, замкнутой АСУ по всем входам и выходам.	1	1-11
Лекция 14 Устойчивость элементов, систем. Виды переходных процессов, Свободное, вынужденное движение. Понятие об устойчивости. Связь устойчивости с полюсами системы. Критерии устойчивости Михайлова, Найквиста, логарифмический. Д-разбиение. Анализ устойчивости систем в математических пакетах.	1	1-11
Лекция 15 Показатели качества систем управления. Точность установившегося режима, переходного режима. Ошибки систем при типовых входных сигналах.	1	1-11

Лекция 16 Разработка линейных систем управления. Синтез систем с заданной структурой. Корректирующие устройства систем управления. Построение корректирующих звеньев методом ЛЧХ. Типовые корректирующие звенья. Структура регуляторов, назначение составляющих регулятора. Синтез САУ методом математического моделирования.	1	1-11
---	---	------

Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
8 семестр		
Тема 1.Актуальность предмета. Основные понятия об измерениях. Суть измерений. Прямые, косвенные. Элементы, структурные схемы измерительных систем. Типовые сигналы. Закономерности преобразования. Статические характеристики. Примеры расчета. Тема 2.Виды систем измерения. Схемы соединения элементов. Методы измерения. Особенности компенсационного метода.	0,5	1-11
Тема 3.Природа случайных величин. Стр. схема ОИ. Х-ки случ. величин. МО, дисперсия, их оценки. Оценки по графику, построение графика. Ф-ции распределения. Закон больших чисел, нормальный случайный процесс. Основные закономерности. Доверительный интервал, доверительная вероятность. Прямая, обратная задачи. Анализ случайной, систематической ошибок.	0,5	1-11
Тема 4.Погрешности измерений. Класс точности прибора. Характеристики измерительных систем. Выбор шкалы прибора. Методы поверки измерительных систем. Обработка результатов поверки. Выявление систематических ошибок, определение параметров случайных ошибок. Настройка приборов на шкалу. Погрешности систем измерения с обратной связью.	0,5	1-11
Тема 5.Установившиеся, переходные процессы. Статические, динамические характеристики. Модели динамических систем. Анализ переходных процессов элементов первого и второго порядка.	0,5	1-11
Тема 6.Погрешности сложных измерительных систем, косвенных измерений. Анализ временных рядов качественных показателей.	1	1-11
Тема 7.Температура. Шкалы. Методы измерения температуры. Термометры расширения, манометрические. Термоэлектрические. Термометры сопротивления. Автоматические потенциометры, мосты. Измерение давления. Единицы измерения. Жидкостные, манометрические, пружинные, мембранные. Датчики с силовой компенсацией.	1	1-11
Тема 8.Измерение расхода. Единицы измерения. Объемные счетчики, дозаторы, дифманометры переменного перепада. Расходомеры постоянного перепада. Преобразователи. Индукционные расходомеры. Элементы Холла.Измерение уровня. Указательные стекла. Поплавковые, буйковые, гидростатические, давления.	1	1-11
9 семестр		

Тема 9. Приборы для определения состава, состояния, свойств веществ. Единицы измерения, плотномеры – поплавковые, постоянного веса, постоянного объема, весовые. Кондуктометры. Элементы измерительных приборов. Упругие элементы, силовые элементы. Механические, электрические, пневматические. Датчики перемещения. Электрические машины измерительных систем.	1	1-11
Тема 9. Постановка задачи управления. Алгоритм управления по ОС. Основные элементы, функциональные схемы САУ. Структурные схемы системы, сигналы, действующие в системах. Принципы управления. Классификация АСУ. Примеры АСУ.	1	1-11
Тема 10. Математические модели элементов, систем. ДУ. Примеры - описание элементов систем. Линеаризация ДУ. Методы решения ДУ. Операторный метод. Понятие о $W(p)$. Получение $W(p)$ из ДУ. Методы прямого, обратного преобразования Л. Метод вычетов.	1	1-11
Тема 11. Типовые сигналы, модели сигналов. Временные характеристики. Переходная, весовая характеристика. Уравнение свертки. Частотные характеристики. Логарифмические частотные х-ки.	1	1-11
Тема 12. Типовые звенья систем управления. Математические модели, переходные, весовые, частотные характеристики. Примеры звеньев, моделей.	1	1-11
Тема 13. Структурные соединения звеньев. Структурные схемы САУ, приведение к типовой схеме. Передаточные функции разомкнутой, замкнутой АСУ по всем входам и выходам.	1	1-11
Тема 14. Устойчивость элементов, систем. Виды переходных процессов, Свободное, вынужденное движение. Понятие об устойчивости. Связь устойчивости с полюсами системы. Критерии устойчивости Михайлова, Найквиста, логарифмический. Д-разбиение. Анализ устойчивости систем в математических пакетах.	1	1-11
Тема 15. Показатели качества систем управления. Точность установившегося режима, переходного режима. Ошибки систем при типовых входных сигналах.	1	1-11
Тема 16. Разработка линейных систем управления. Синтез систем с заданной структурой. Корректирующие устройства систем управления. Построение корректирующих звеньев методом ЛЧХ. Типовые корректирующие звенья. Структура регуляторов, назначение составляющих регулятора. Синтез САУ методом математического моделирования.	1	1-11

Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы. Задания, вопросы, обрабатываемые на лабораторном занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
8 семестр		
Характеристики случайных процессов	1	Компьютерная модель
Построение линейной, нелинейной статических характеристик измерительных систем.	1	Компьютерная модель

Поверка измерительных систем. Анализ соответствия прибора его классу точности. Построение системы подстройки измерительной системы.	2	Компьютерная модель
Анализ погрешности косвенных измерений. Поверка сложных измерительных систем.	2	Компьютерная модель
9 семестр		
Исследование решения дифференциального уравнения первого порядка аналитическим и численным методами. Решение дифференциального уравнения путем перехода к разностному уравнению.	2	Компьютерная модель
Временные характеристики динамических звеньев.	2	Компьютерная модель
Частотные характеристики динамических звеньев.	2	Компьютерная модель
Экспериментальное построение амплитудно-частотной характеристики апериодического звена первого порядка.	2	Компьютерная модель

Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
8 семестр		
Основы измерений. Измерения прямые, косвенные. Измерительные системы. Характеристики измерительных систем.	6	1-14
Характеристики случайных величин. Закон больших чисел. Закономерности нормальных случайных величин. Доверительный интервал, доверительная вероятность.	6	1-14
Погрешности измерений. Систематические, случайные погрешности. Методы поверки измерительных систем. Сертификация средств измерения.	6	1-14
Статические, динамические характеристики измерительных систем. Модели элементов первого, второго порядка. Схемы соединения элементов, систем, модели.	6	1-14
Погрешности сложных измерительных систем, косвенных измерений. Анализ временных рядов качественных показателей.	6	1-14
Методы, измерительные системы, приборы измерения температуры, давления.	6	1-14
Методы, измерительные системы, приборы измерения уровня, расхода.	6	1-14
Методы, измерительные системы, приборы измерения свойств вещества; плотности, концентрации.	8	1-14
9 семестр		
Постановка задачи управления. Алгоритм управления по ОС. Основные элементы, функциональные схемы САУ. Структурные схемы системы, сигналы, действующие в системах. Принципы управления. Классификация АСУ. Примеры АСУ.	11	1-14
Математические модели элементов, систем. ДУ. Примеры - описание элементов систем. Линеаризация ДУ. Методы решения ДУ. Операторный метод. Понятие о $W(p)$. Получение $W(p)$ из ДУ. Методы прямого, обратного преобразования Л. Метод выче-	11	1-14

тов.		
Типовые сигналы, модели сигналов. Временные характеристики. Переходная, весовая характеристика. Уравнение свертки. Частотные характеристики. Логарифмические частотные х-ки.	11	1-14
Типовые звенья систем управления. Математические модели, переходные, весовые, частотные характеристики. Примеры звеньев, моделей.	11	1-14
Структурные соединения звеньев. Структурные схемы САУ, приведение к типовой схеме. Передаточные функции разомкнутой, замкнутой АСУ по всем входам и выходам.	11	1-14
Устойчивость элементов, систем. Виды переходных процессов, Свободное, вынужденное движение. Понятие об устойчивости. Связь устойчивости с полюсами системы. Критерии устойчивости Михайлова, Найквиста, логарифмический. Д-разбиение. Анализ устойчивости систем в математических пакетах.	11	1-14
Показатели качества систем управления. Точность установившегося режима, переходного режима. Ошибки систем при типовых входных сигналах.	22	1-14
Разработка линейных систем управления. Синтез систем с заданной структурой. Корректирующие устройства систем управления. Построение корректирующих звеньев методом ЛЧХ. Типовые корректирующие звенья. Структура регуляторов, назначение составляющих регулятора. Синтез САУ методом математического моделирования.	23	1-14
Контроль	13	

Контрольная работа

Задание на выполнение контрольной работы выдается согласно методическому указанию по дисциплине «Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов» [12].

Расчетно-графическая работа - не предусмотрена учебным планом

Курсовая работа - не предусмотрена учебным планом

Образовательные технологии

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научно-педагогическую работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий, с использованием ПК при проведении расчетов. Лабораторные работы проводятся на лабораторных установках. Самостоятельная работа студентов проводится под ру-

ководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при подготовке к контрольным работам, выполнении домашних заданий

Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль	ПК-4	Вопросы входного контроля (письменно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Погрешности измерений	ПК-4	Коллоквиум
3	Измерение технологических параметров	ПК-4	Коллоквиум
Промежуточная аттестация			
4	Зачет	ПК-4	Вопросы к зачету (Письменно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
5	Математические модели систем управления	ПК-4	Коллоквиум
6	Показатели качества систем управления	ПК-4	Коллоквиум
Промежуточная аттестация			
	Экзамен	ПК-4	Вопросы к экзамену (Письменно)

Вопросы входного контроля

1. Математический смысл операции дифференцирования. Показать на графиках.
2. Физический смысл операции дифференцирования. Показать на примерах.
3. Математический смысл операции интегрирования. Показать на графиках.
4. Физический смысл операции интегрирования. Показать на примерах.
5. Графическое дифференцирование функции.
6. Графическое интегрирование функции.
7. Классический метод решения дифференциальных уравнений.
8. Свободная и вынужденная составляющие решения дифференциального уравнения.
9. Описание процессов с помощью дифференциальных уравнений.
10. Примеры описания процессом с помощью дифференциальных уравнений.

Вопросы к собеседованию

Коллоквиум 1.

1. Постановка задачи управления.

2. Семь пунктов алгоритма управления по обратной связи.
3. Основные элементы системы управления.
4. Функциональная схема системы управления.
5. Структурная схема системы управления с обратной связью.
6. Сигналы, действующие в системах управления.
7. Примеры систем управления в машиностроении.
8. Построение математических моделей элементов систем управления.
9. Методы решения дифференциальных уравнений.
10. Операторный метод решения дифференциальных уравнений.
11. Понятие о передаточных функциях.
12. Получение передаточных функций из дифференциальных уравнений.

Коллоквиум 2.

1. Основные типы детерминированных сигналов.
2. Решение дифференциальных уравнений при типовых входных сигналах.
3. Временные характеристики элементов систем управления.
4. Частотные характеристики элементов систем управления.
5. Логарифмические частотные характеристики элементов систем управления.
6. Модель, временные, частотные характеристики звена первого порядка.
7. Модель, временные, частотные характеристики интегрирующего звена.
8. Модель, временные, частотные характеристики дифференцирующего звена.
9. Модель, временные, частотные характеристики звена второго порядка.
10. Виды соединения элементов системы и их модели.
11. Структурные схемы САУ и их приведение к типовым структурам.
12. Передаточные функции системы с отрицательной обратной связью по заданию, ошибке, возмущающему воздействию.

Коллоквиум 3.

1. Устойчивость элементов систем управления.
2. Критерий устойчивости Гурвица.
3. Критерий устойчивости Найквиста.
4. Логарифмический критерий устойчивости.
5. Показатели качества установившегося режима, переходных процессов.
6. Ошибки систем управления при типовых входных сигналах.
7. Методика разработки промышленных систем управления.
8. Корректирующие устройства.
9. Типовые промышленные регуляторы.
10. Ошибки систем с различными составляющими регулятора.
11. Принцип моделирования систем управления.
12. Разработка систем управления методом математического моделирования.

Коллоквиум 4.

11. Типовые нелинейности и их математические модели.
12. Типовая структурная схема нелинейной системы управления.
13. Методы линеаризации нелинейных систем управления.
14. Анализ нелинейной системы на фазовой плоскости.
15. Дискретные, цифровые системы управления. Пример.
16. Z- преобразование. Дискретная передаточная функция.
17. Цифровой ПИД – регулятор.
18. Синтез цифровых систем методом математического моделирования.
19. Оптимальные системы управления. Критерий оптимизации. 10. Задача

оптимизации параметров регулятора.

11. Математическая модель в пространстве состояния. 12. Линейный квадратичный регулятор.

13. Адаптивные системы управления. Система с адаптивной математической моделью объекта управления.

Вопросы к зачету

1. Актуальность предмета.
2. Основные понятия об измерениях.
3. Суть измерений.
4. Прямые, косвенные.
5. Элементы, структурные схемы измерительных систем.
6. Типовые сигналы.
7. Закономерности преобразования.
8. Статические характеристики.
9. Примеры расчета.
10. Виды систем измерения.
11. Схемы соединения элементов.
12. Методы измерения. Особенности компенсационного метода.
13. Природа случайных величин.
14. Стр. схема ОИ. X-ки случвеличин.
15. МО, дисперсия, их оценки.
15. Оценки по графику, построение графика.
16. Ф-ции распределения.
17. Закон больших чисел, нормальный случайный процесс.
18. Основные закономерности.
19. Доверительный интервал, доверительная вероятность.
20. Прямая, обратная задачи.
21. Анализ случайной, систематической ошибок.
22. Погрешности измерений.
23. Класс точности прибора.
24. Характеристики измерительных систем.
25. Выбор шкалы прибора.
26. Методы поверки измерительных систем.
27. Обработка результатов поверки.
28. Выявление систематических ошибок, определение параметров случайных ошибок.
29. Настройка приборов на шкалу.
30. Погрешности систем измерения с обратной связью.

Вопросы к экзамену

1. Установившиеся, переходные процессы.
2. Статические, динамические характеристики.
3. Модели динамических систем.
4. Анализ переходных процессов элементов первого и второго порядка.
5. Погрешности сложных измерительных систем, косвенных измерений.
6. Анализ временных рядов качественных показателей
7. Температура. Шкалы. Методы измерения температуры.
8. Термометры расширения, манометрические.
9. Термoeлектрические.
10. Термометры сопротивления.

11. Автоматические потенциометры, мосты.
12. Измерение давления.
13. Единицы измерения.
14. Жидкостные, манометрические, пружинные, мембранные.
15. Датчики с силовой компенсацией.
16. Измерение расхода.
17. Единицы измерения.
18. Объемные счетчики, дозаторы, дифманометры переменного перепада. 19. Расходомеры постоянного перепада.
20. Преобразователи.
21. Индукционные расходомеры.
22. Элементы Холла. Измерение уровня.
23. Указательные стекла.
24. Поплавковые, буйковые, гидростатические, давления.
25. Приборы для определения состава, состояния, свойств веществ.
26. Единицы измерения, плотномеры – поплавковые, постоянного веса, постоянного объема, весовые.
27. Кондуктометры.
28. Элементы измерительных приборов.
29. Упругие элементы, силовые элементы.
30. Механические, электрические, пневматические.
31. Датчики перемещения.
32. Электрические машины измерительных систем.
33. Постановка задачи управления.
34. Алгоритм управления по ОС.
35. Основные элементы, функциональные схемы САУ.
36. Структурные схемы системы, сигналы, действующие в системах.
37. Принципы управления. Классификация АСУ. Примеры АСУ.
38. Математические модели элементов, систем.
39. ДУ. Примеры - описание элементов систем.
40. Линеаризация ДУ. Методы решения ДУ. Операторный метод. Понятие о $W(p)$. Получение $W(p)$ из ДУ. Методы прямого, обратного преобразования Л. Метод вычетов.
41. Типовые сигналы, модели сигналов. Временные характеристики.
42. Переходная, весовая характеристика.
43. Уравнение свертки. Частотные характеристики. Логарифмические частотные х-ки.
44. Типовые звенья систем управления.
45. Математические модели, переходные, весовые, частотные характеристики.
46. Примеры звеньев, моделей.
47. Структурные соединения звеньев.
48. Структурные схемы САУ, приведение к типовой схеме.
49. Передаточные функции разомкнутой, замкнутой АСУ по всем входам и выходам.
50. Показатели качества систем управления.
51. Точность установившегося режима, переходного режима.
52. Ошибки систем при типовых входных сигналах.
53. Разработка линейных систем управления.
54. Синтез систем с заданной структурой.
55. Корректирующие устройства систем управления.
56. Построение корректирующих звеньев методом ЛЧХ.
57. Типовые корректирующие звенья.

58. Структура регуляторов, назначение составляющих регулятора.

59. Синтез САУ методом математического моделирования.

Шкалы оценки образовательных достижений

зачет

Баллы (итоговой рейтинговой оценки)	Оценка (балл за ответ на зачете)	Требования к знаниям
100-65	«зачтено»	<ul style="list-style-type: none">– Оценка «зачтено» если он имеет знания основного материала, если он прочно усвоил программный материал, последовательно, четко и логически стройно его излагает его на зачете, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, умеет тесно увязывать теорию с практикой– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрируют достаточную степень овладения программным материалом.
64-0	«не зачтено»	<ul style="list-style-type: none">– Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.– Учебные достижения в семестровый период и результатами рубежного контроля демонстрировали не высокую степень овладения программным материалом по минимальной планке.

Экзамен

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (баллы за от- веты на экза- мене)	Требования к знаниям
90-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Записывает расчетные формулы, объясняет их значение, перечисляет основные законы, записывает математические выражения основных законов.
70-89	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
60-69	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наруше-

		ния логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-59	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

Основная литература:

1. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация в 2 ч. Часть 1. Метрология : учебник и практикум для вузов / А. Г. Сергеев. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 324 с. <https://urait.ru/bcode/470349>
2. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация в 2 ч. Часть 2. Стандартизация и сертификация : учебник и практикум для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 325 с. <https://urait.ru/bcode/470350>
3. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / авторы-составители А. Д. Епифанов [и др.]. — 2-е изд., испр. и доп. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2015. — 223 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/133368/#7>

Дополнительная литература:

4. Измерение физических величин : учебное пособие / составители П. Н. Покоев, Г. М. Белова. — Ижевск : Ижевская ГСХА, 2020. — 42 с. <https://e.lanbook.com/book/158602>
5. Кайнова В.Н. Метрологическая экспертиза и нормоконтроль технической документации: учебно-методическое пособие / В.Н. Кайнова, Е.В. Зимина, В.Г. Кутяйкин; под общей редакцией В.Н. Кайновой. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 500 с. <https://e.lanbook.com/book/153689>
6. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / И.А. Иванов, С.В. Урушев, Д.П. Кононов [и др.]; под редакцией И.А. Иванова, С.В. Урушева. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 356 с. <https://e.lanbook.com/book/113911>
7. Григоровский, Б. К. Метрология : учебное пособие / Б. К. Григоровский. — Самара : Сам-ГУПС, 2008. — 129 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130301>— Режим доступа: для авториз. Пользователей
8. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М.: Юрайт

Учебно-методические пособия

9. Анализ характеристик случайных процессов [Текст] : метод. указ. к вып. контр. раб. по дисц.: "Математическое моделирование технологических процессов и систем", "Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов" для студ. напр. подгот.: "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Теплотехника и теплоэнергетика" заоч. и заочно-сокращенной форм обуч. / сост. Бирюков В. П. - Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2016. - 32 с.
10. Разработка автоматизированной системы управления тепловым процессом. Ч. 1. [Текст] : метод. указ. к вып. курс. раб. по дисц. "Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов" для студ. напр. "Теплотехника и теплоэнергетика" всех форм обуч. / сост. Бирюков В. П. - Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. - 28 с.
11. Разработка автоматизированной системы управления тепловым процессом. Ч. 2. [Текст] : метод. указ. к вып. курс. раб. по дисц. "Метрология, сертификация, технические измерения и автоматизация тепловых процессов" для студ. напр. "Теплотехника и теплоэнергетика" всех форм обуч. / сост.: Бирюков В. П.- Балаково : БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. - 28 с.

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Лаборатория «Метрология и измерительная техника, светотехника» (ауд.522)

Комплект документации, методическое обеспечение;

Комплект учебно-наглядных пособий и плакатов;

Лабораторное оборудование:

Лабораторная установка «Аналоговые электроизмерительные приборы»;

Лабораторная установка «Преобразователи физических величин»;

Лабораторная установка «Измерение фазового сдвига»;

Лабораторная установка «Устройство и работа индукционного и электронного счетчиков электрической энергии»;

Лабораторная установка «Измерение частоты синусоидальных сигналов»;

Лабораторная установка «Определение параметров электрических сигналов»;

Лабораторная установка «Измерение активной мощности трехфазных токов»;

Стенд УПЗ4М;

Стенд СТ1-С-К «Светотехника»;

Демонстрационное оборудование:

Лабораторный стенд ЛЭС-4 №1;

Лабораторный стенд ЛЭС-4 №2.

Лаборатория «Виртуальные комплексы» (ауд.218)

Автоматизированное рабочее место преподавателя:

процессор – AMD Athlon (tm) x 4840, 3,10 GHz; оперативная память – 4,00 Gb.

Лицензионное и свободное программное обеспечение общего и профессионального назначения.

Микрофон Sven МК – 495 настольный;

Комплекс мультимедийный в составе компьютер с колонками, проектор и экран;

Компьютеры-10 шт;

Лабораторное оборудование:

Виртуальный комплекс «Атомные электростанции» ПЛ-ВЭТ-АТОЭС0-03;

Тренажер-симулятор «Система автоматического управления технологических параметров» ТС-САУ-ТП –Л8;

Комплекс виртуальных лабораторных работ по дисциплинам:

"Оборудование электрических подстанций"

1. Изучение конструкции и принципа работы устройства релейной защиты SPAC 810

2. Изучение конструкции типового оборудования силовой понижающей подстанции 110/10 кВ

3. Изучение конструкции и схем соединения комплектных трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ

4. Исследование схем электрических соединений распределительных устройств электростанции

5. Контактные и магнитные пускатели. Масляные и воздушные выключатели. Приводы к выключателям

6. Осмотр открытого распределительного устройства подстанции

7. Осмотр силовых трансформаторов подстанции

8. Работы в зоне влияния электрических полей

«Гидромеханика»

1. Изучение конструкции центробежных насосов и схем соединения

2. Определение полезной мощности насоса и коэффициента полезного действия насосной установки

3. Потери напора по длине в круглой трубе

4. Потери напора при внезапном расширении трубы

5. Потери напора при внезапном сужении трубы

«Детали машин»

1. Исследование влияния режимов работы привода на КПД редуктора

2. Обзор основных видов механизмов

3. Определение коэффициента полезного действия цилиндрического редуктора

4. Определение коэффициента полезного действия червячного редуктора

"Технические измерения и приборы"

1. Измерительные преобразователи Сапфир 22 ДИ

2. Изучение приборов для измерения давления

3. Изучение приборов для измерения концентрации водородных ионов

4. Изучение приборов для измерения уровня

5. Снятие кривой переходного процесса преобразователей сопротивления

6. Снятие кривой переходного процесса термпары

7. Счетчики вихревые ультразвуковые

8. Обслуживание, ремонт интеллектуального преобразователя давления YOKOGAWA EJX 430.

Реализация компетентностного подхода в процессе изучения дисциплины предполагает организацию интерактивных занятий. Интерактивные занятия проводятся в виде лабораторных занятий, во время которых обучающиеся в непосредственном контакте с преподавателем осваивают практические навыки проведения экспериментальных исследований.

Учебно-методические рекомендации для студентов

1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

2. Указания для участия в практических занятиях

Перед посещением уяснить тему практического занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

Получить у преподавателя задание на выполнение практического задания, как правило это решение задачи по пройденному лекционному материалу. Решение задачи оформить письменно или выполнить с использованием компьютера и при необходимости распечатать и сдать преподавателю на проверку.

Перед посещением уяснить тему практического занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

3. Указания для выполнения лабораторных работ

Соблюдать требования техники безопасности, для чего прослушать необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Получить задание у преподавателя на выполнение лабораторной работы. Изучить методическое указание по ее выполнению. Выполнить предусмотренные измерения и оформить отчет в письменном виде в соответствии с требованиями методических указаний. Отчет сдать на проверку преподавателю и отчитаться устно, отвечая на вопросы преподавателя.

Перед выполнением лабораторной работы провести самостоятельно подготовку к работе изучив основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, не допуская по возможности неправильных действий.

Основные результаты экспериментов необходимо зафиксировать в письменном виде.

При сдаче зачета по работе подготовить отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

4. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является необходимым компонентом получения полноценного высшего образования.

Методические рекомендации для преподавателей

1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения семинарского занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические во-

просы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

2. Указания для проведения практических занятий

Подготовить теоретические вопросы или задачи, которые должны выполнить студенты во время практического занятия. Подготовить список литературных источников, необходимых для выполнения задания и которые студенты могут получить в библиотеке института. Подготовить перечень интернет-ресурсов, которые помогут в выполнении практического задания. После получения отчет выполнить проверку и на следующем практическом занятии разобрать допущенные ошибки и подсказать, как их необходимо устранить.

Четко обозначить тему занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце практики задать аудитории несколько контрольных вопросов.

3. Указания для проведения лабораторных занятий.

Соблюдать требования техники безопасности и проводить необходимые разъяснения о правильности поведения в лаборатории.

Перед выполнением лабораторной работы проверить степень готовности студентов, напомнить и обсудить основные теоретические положения, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работ.

Заблаговременно проверить работоспособность лабораторных установок. Наличие методических указаний к проведению лабораторных работ. Подготовить индивидуальное задание по установке режимов работы лабораторных установок для каждого студента, в соответствие со списком студентов.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться со студентами, не допуская по возможности их неправильных действий.

Требовать, чтобы основные результаты экспериментов были зафиксированы студентами в письменном виде.

При приеме зачета по работе требовать отчет о проделанной работе, где должны быть отражены основные результаты и выводы.

4. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Рабочую программу составил: доцент Устинов Н.А.

Рецензент: доцент Костин Д.А.

Программа одобрена на заседании УМКН 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Председатель учебно-методической комиссии Разуваев А.В.