

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИФТИС

Протокол № 1

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ДАТЧИКИ И ДЕТЕКТОРЫ В КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 27.03.03 Системный анализ и управление

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
6	2	72	30	0	15	27	0	3
Итого	2	72	30	0	15	0	27	0

АННОТАЦИЯ

Дисциплина рассматривает физические основы работы датчиков.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

получение знаний по принципам действия и конструкции датчиков и детекторов, используемых в системах автоматизации физических установок;
приобретение навыков по расчету и анализу характеристик измерительных систем.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Студент должен быть знаком с общей физикой, математическим анализом, электротехникой и метрологией в объеме программ для технических вузов.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
эксплуатационно-технологический			
выполнение работ по метрологии, стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов	информационно-измерительные и управляющие системы, киберфизические устройства и установки, системы контроля и управления ядерно-физических установок	ПК-2.3 [1] - Способен к выполнению работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, оборудования и материалов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.033	З-ПК-2.3[1] - номенклатуру работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов; У-ПК-2.3[1] - выполнять работы по подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов,

			оборудования и материалов; В-ПК-2.3[1] - основными навыками сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов
монтаж, наладка, настройка, регулировка, испытание, сдача в эксплуатацию и последующие эксплуатация и обслуживание оборудования и программных средств информационно-измерительных и управляющих систем киберфизических устройств и установок	информационно-измерительные и управляющие системы, киберфизические устройства и установки, системы контроля и управления ядерно-физических установок	ПК-2.5 [1] - способен выполнять диагностику, техническое обслуживание и ремонт электронного и электротехнического оборудования, программно-технических средств и комплексов информационно-измерительных и управляющих систем киберфизических устройств и установок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.033	3-ПК-2.5[1] - методы, средства и порядок выполнения регламентных работ по ТОиР программно-аппаратных средств и электронного оборудования киберфизических устройств и установок; У-ПК-2.5[1] - выполнять техническое обслуживание и ремонт электронного, электротехнического оборудования и программно-аппаратных средств информационно-управляющих систем киберфизических устройств и установок; В-ПК-2.5[1] - навыками диагностики, наладки и испытания электрооборудования и программно-аппаратных средств киберфизических устройств и установок с использованием измерительных приборов
проектно-конструкторский			
проектирование и конструирование информационно-измерительных и управляющих систем, киберфизических устройств в соответствии с техническим	информационно-измерительные и управляющие системы, киберфизические устройства и установки, системы контроля и управления ядерно-	ПК-9 [1] - способен применять методы системного анализа, технологии синтеза и управления для решения прикладных проектно-конструкторских задач;	3-ПК-9[1] - знать: научную проблематику соответствующей области знаний; методы, средства и практика планирования, организации, проведения и

заданием с использованием современных технологий проектирования	физических установок	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок. ; У-ПК-9[1] - уметь: анализировать новую научную проблематику соответствующей области знаний; применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок. ; В-ПК-9[1] - владеть навыками: обоснования перспектив проведения исследований в соответствующей области знаний; анализа возможных областей применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; организации внедрения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.
---	----------------------	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Введение. Датчики температуры и механических величин.	1-8	16/0/8		30	КИ-8	З-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3
2	Датчики гидростатических величин, давления, влажности.	9-15	14/0/7		30	КИ-15	З-ПК-2.5, У-ПК-2.5, В-ПК-2.5
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/0/15		60		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				40	3	В-ПК-9, З-ПК-2.3, У-ПК-2.3, В-ПК-2.3, З-ПК-2.5, У-ПК-2.5, В-ПК-2.5, З-ПК-9, У-ПК-9

* – сокращенное наименование формы контроля

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

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	0	15
1-8	Введение. Датчики температуры и механических величин.	16	0	8
1 - 2	Введение. Типовая АЭС и основные измерительные каналы. Структурная схема (упрощенная) АЭС с реактором типа ВВЭР и физические параметры, подлежащие измерению и контролю. Датчики нейтронного потока, установленные с внешней стороны корпуса реактора; термопары на выходе из активной зоны, установленные внутри корпуса; температурные датчики сопротивления (ТДС) в трубопроводах горячего и холодного участков первого контура; датчики давления, уровня и расхода в первом и втором контурах. Дублирование датчиков с целью повышения надежности.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Физические основы работы датчиков. Основные понятия и определения. Назначение и место измерительного преобразователя (датчика) в АСУТП АЭС. Основные определения теории измерительных преобразователей. Принципы классификации датчиков. Источники погрешностей. Основные статические и динамические характеристики измерительных преобразователей. Классификация датчиков. Генераторные и параметрические датчики. Конструктивные и схемные методы компенсации и уменьшения погрешностей.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Датчики температуры Термоэлектрические эффекты. Шкалы температур. Термоэлектрические преобразователи. Основные определения. Материалы для термопар. Промышленные термопары. Характеристики. Градуировочные таблицы. Влияние температуры холодного спая и его учет. Другие источники погрешностей. Терморезисторы. Материалы, градуировочные зависимости. Сравнение металлических и полупроводниковых терморезисторов. Промышленные термометры сопротивлений и их характеристики. Полупроводниковые термочувствительные элементы. Принцип действия и их характеристики. Радиационный пирометр. Принцип действия. Широкополосные и узкополосные пирометры. Характеристики. Термометры,	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0

	использующие эффект расширения материалов. Биметаллические пластины. Жидкостные термометры. Источники погрешностей. Металлические термометры с манометром Бурдона. Характеристики, источники погрешностей. Способы компенсации. Газовый термометр. Принцип действия. Характеристики. Погрешности. Термометр по давлению пара. Принцип действия. Характеристики. Погрешности.			
7 - 8	Датчики механических величин Датчики линейных и угловых перемещений. Резистивные, емкостные и индуктивные датчики. Электромагнитные датчики, датчики деформаций (тензометры). Струнные датчики. Датчики Холла. Пьезоэлектрические датчики. Датчики угловых и линейных скоростей, тахогенераторы, тахометры, тахометрический мост. Электромагнитные тахометры линейной скорости, гироскопические датчики угловой скорости. Датчики виброускорения и виброскорости. Классификация и принцип действия. Основные параметры и характеристики. Применение датчиков ускорения для виброшумовой диагностики на АЭС.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Датчики гидро-пневмостатических величин, давления, влажности.	14	0	7
9 - 10	Датчики гидро-пневмостатических величин Датчики расхода и скорости потока. Расходомеры постоянного и переменного давления, ротаметры, турбинные и вихревые расходомеры. Электромагнитные расходомеры. Тепловые измерители скорости и расхода. Чашечные и крыльчатые анемометры. Измерение расхода с помощью радиоактивных добавок. Измерители массового расхода, использующие силу Кориолиса.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
11	Датчики давления Датчики давления. Механические датчики давления, пьезоэлектрические датчики, косвенные методы измерения давления. Тензометрический метод. Пьезорезистивный метод. Емкостной метод. Резонансный метод. Индуктивный метод. Ионизационный метод.	Всего аудиторных часов		
		2	0	1
		Онлайн		
		0	0	0
12	Датчики влажности. Конденсационные гигрометры, сорбционные гигрометры. Резистивные и емкостные гигрометры. Психометры.	Всего аудиторных часов		
		2	0	1
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Детекторы ядерного излучения. Виды ядерного излучения и единицы дозиметрии. Газоразрядные детекторы. Классификация и принцип действия. Основные параметры и характеристики. Детекторы на основе ионизации газов. Ионизационные камеры для регистрации нейтронов: камеры деления, токовые камеры. Счетчики: пропорциональные, коронные, Гейгера-Мюллера. Детекторы прямого заряда: родиевые, серебряные, гафниевые. Сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы гамма-излучения. Полупроводниковые детекторы. Детекторы нейтронного	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0

	потока, применяемые на АЭС. Детекторы радиационного контроля.			
15 - 16	Оптические датчики. Фотометрия. Фоторезисторы, фотодиоды, лавинные фотодиоды, фототранзисторы. Фотоэмиссионные датчики, вакуумные фотоэлементы, газонаполненные фотоэлементы, фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Использование ФЭУ в сцинтилляционных детекторах ядерных излучений	Всего аудиторных часов		
		2	0	1
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1 - 4	Физические основы работы датчиков. Назначение и место измерительного преобразователя (датчика) в АСУТП АЭС.
5 - 6	Шкалы температур. Термоэлектрические эффекты. Шкалы температур. Термоэлектрические эффекты.
7 - 8	Схемы включения параметрических датчиков температуры. Погрешности. Схемы включения параметрических датчиков температуры.
9 - 10	Датчики расхода и скорости потока жидкости и газа. Датчики расхода и скорости потока жидкости и газа.
11 - 12	Методы измерения давления жидкостей и газов. Методы измерения давления жидкостей и газов.
13 - 14	Виды ядерного излучения и единицы дозиметрии. Газоразрядные детекторы. Виды ядерного излучения и единицы дозиметрии. Газоразрядные детекторы.
15 - 16	Детекторы нейтронного потока, применяемые на АЭС. Детекторы радиационного контроля. Детекторы нейтронного потока, применяемые на АЭС. Детекторы радиационного контроля.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционные занятия проводятся с использованием презентационных материалов.
Обсуждение контрольных вопросов при проведении аудиторных занятий.
Проведение контрольных работ.

7. 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:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2.3	З-ПК-2.3	З, КИ-8
	У-ПК-2.3	З, КИ-8
	В-ПК-2.3	З, КИ-8
ПК-2.5	З-ПК-2.5	З, КИ-15
	У-ПК-2.5	З, КИ-15
	В-ПК-2.5	З, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	З
	У-ПК-9	З
	В-ПК-9	З

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	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, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе
75-84		C	
70-74		D	

			на вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно»
60-64	3 – «удовлетворительно»	Е	выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Н33 Maintenance of Process Instrumentation in Nuclear Power Plants : , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2006
2. ЭИ М69 Теоретические основы специальности "Элементная база автоматических систем" : лабораторный практикум, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. 681.5 М69 Теоретические основы специальности "Элементная база автоматических систем" : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 681.5 М69 Датчики и детекторы : учебное пособие для вузов, В. П. Михеев, А. В. Просандеев, Москва: МИФИ, 2007
2. ЭИ М69 Датчики и детекторы : учебное пособие для вузов, В. П. Михеев, А. В. Просандеев, Москва: МИФИ, 2007
3. ЭИ К68 Датчики и детекторы физико-энергетических установок : учебное пособие для вузов, С. А. Королев, В. П. Михеев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
4. 681.5 К68 Датчики и детекторы физико-энергетических установок : учебное пособие для вузов, С. А. Королев, В. П. Михеев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. 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 проведения лабораторных занятий

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

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 зафиксировать в письменном виде.

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

3. 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.

По результатам контроля преподавателем выставляются баллы за соответствующие разделы курса. Если количество баллов меньше указанного в программе, в конце семестра студент должен ликвидировать задолженность по соответствующим разделам курса.

11. УЧЕБНО-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. Дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников.

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.

Внимательно относиться к вопросам студентов и при необходимости давать дополнительные более подробные пояснения.

При чтении лекций преимущественное внимание следует уделять качественным вопросам, не следует увлекаться простыми математическими выкладками, оставляя их либо на студентов, либо отсылая студентов к литературным источникам и методическим пособиям.

Желательно использовать учебные пособия, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Давать рекомендации студентам для подготовки к очередным семинарам.

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

2. Указания для проведения лабораторных занятий

Четко обозначить тему занятий.

Обсудить основные понятия, связанные с темой 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.

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

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

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в выполнении работы и дискуссиях.

В конце занятий задать аудитории несколько контрольных вопросов.

3. 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).

Автор(ы):

Терехов Григорий Петрович