

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ВНУТРИРЕАКТОРНЫЙ КОНТРОЛЬ И ТЕПЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

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
8	2	72	15	15	0		42	0	3
Итого	2	72	15	15	0	0	42	0	

## АННОТАЦИЯ

В курсе рассматриваются физические принципы измерения различных параметров ядерных энергетических установок; приборы контроля ядерных реакторов и схемы их размещения в ЯЭУ.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В курсе рассматриваются физические принципы измерения различных параметров ядерных энергетических установок; приборы контроля ядерных реакторов и схемы их размещения в ЯЭУ. Большое внимание уделено конструктивным особенностям датчиков контроля температуры и тепловыделения на работающих в нашей стране атомных станциях. В данной дисциплине изучаются методы измерения химического состава сред, методики технологического контроля элементов ЯЭУ и послереакторного контроля топлива и оборудования активной зоны.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная программа соответствует требованиям ОС НИЯУ МИФИ.

### 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
научно-исследовательский			
Проведение расчетных исследований и измерений физических характеристик на экспериментальных стендах и установках	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавающая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-4 [1] - способен применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области  <i>Основание:</i> Профессиональный	З-ПК-4[1] - Знать экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области ; У-ПК-4[1] - Уметь применять экспериментальные, теоретические и

		стандарт: 24.031, 24.067, 24.078	компьютерные методы исследований в профессиональной области; В-ПК-4[1] - Владеть методами интерпретации (анализа) и презентации полученных результатов
проектный			
Проектирование, создание и внедрение новых продуктов и систем, применение теоретических знаний в реальной инженерной практике	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-6 [1] - способен к расчету и проектированию деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-6[1] - Знать методы расчета и проектирования деталей узлов и приборов ; У-ПК-6[1] - Уметь выполнять расчет и проектирование деталей и узлов приборов в соответствии с техническим заданием; В-ПК-6[1] - Владеть навыками применения стандартных средств автоматизации проектирования при расчете и проектировании деталей узлов и приборов
экспертный			
Обобщение результатов, проводимых научноисследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработка предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий	Атомный ледокольный флот Атомные электрические станции Плавучая АЭС Сфера научных исследований в области ядерной физики и технологий	ПК-9 [1] - способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения  <i>Основание:</i>	3-ПК-9[1] - Знать меры безопасности для новых установок и технологий и эксплуатации энергетических установок ; У-ПК-9[1] - Уметь выполнять анализ безопасности на разных уровнях ; В-ПК-9[1] - Владеть применением методов анализа безопасности в практической деятельности

		Профессиональный стандарт: 24.009, 24.078	
--	--	---	--

#### 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/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Методология контроля и измерений в ядерных реакторах.	1-8	7/7/0		25	СК-8	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
2	Измерение химического состава сред.	9-15	8/8/0		25	СК-15	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-

							ПК-6, В- ПК-6, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		15/15/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	3	У- ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 4, У- ПК-4, В- ПК-4, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6, 3-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
СК	Семестровый контроль
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	15	15	0
1-8	<b>Методология контроля и измерений в ядерных реакторах.</b>	7	7	0
1 - 2	<b>Методология контроля и измерений в ядерных реакторах.</b> Измеряемые параметры и особенности измерений в реакторных условиях. Классификация измерений.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Требования к средствам и методам измерений в ЯЭУ.			
3 - 5	<b>Тепловыделение в ядерном реакторе.</b> Физические принципы измерения мощности реактора. Датчики мощности. Способы контроля мощности и распределения тепловыделения на действующих энергетических реакторах.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	<b>Реакторная термометрия.</b> Поля температур в основных элементах ядерного реактора. Физические принципы измерения температуры. Датчики температуры. Влияние излучения и магнитных полей на метрологические характеристики датчиков.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Измерение химического состава сред.</b>	8	8	0
9 - 11	<b>Контроль теплоносителей ЯЭУ.</b> Методы контроля и используемые датчики измерения давления, расхода, уровня паросодержания теплоносителей в ядерных реакторах. Используемые датчики и особенности их эксплуатации.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	<b>Измерение химического состава сред.</b> Методы контроля примесей в водном и натриевом теплоносителе, в воздухе АЭС. Средства обеспечения водородной пожаровзрывобезопасности.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	<b>Технологический контроль элементов ЯЭУ.</b> Способы измерения деформаций и линейных перемещений. Контроль герметичности оболочек твэлов. Методы обнаружения ТВС с негерметичными твэлами. Контроль течей в парогенераторах и трубопроводах.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	<b>Контроль параметров в действующих энергетических реакторах.</b> Контроль параметров в действующих энергетических реакторах.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		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 СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	8 Семестр
1 - 3	<b>Тема 1. Ядерный реактор как объект контроля.</b> Измеряемые параметры и особенности измерений в

	реакторных условиях. Требования к средствам и методам измерений в ЯЭУ.
4 - 6	<b>Тема 2. Физические принципы контроля тепловыделения в ядерном реакторе.</b> Датчики мощности. Способы контроля мощности на действующих энергетических реакторах.
7 - 8	<b>Тема 3. Датчики контроля тепловыделения.</b> Датчики тепловыделения. Способы контроля тепловыделения на действующих энергетических реакторах.
9 - 11	<b>Тема 4. Способы измерения температуры.</b> Физические принципы измерения температуры.
12 - 13	<b>Тема 5. Датчики для контроля и измерения температуры в ЯЭУ.</b> Физические принципы измерения температуры.
14 - 15	<b>Тема 6. Методы контроля параметров теплоносителя (давления, расхода, уровня и т.д.).</b> Методы контроля и используемые датчики измерения давления, расхода, уровня паросодержания теплоносителей в ядерных реакторах. Используемые датчики и особенности их эксплуатации.
16	<b>Тема 7. Контроль примесей в теплоносителе реактора и воздухе АЭС.</b> Методы и датчики контроля примесей в водном и натриевом теплоносителе, в воздухе АЭС.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

## 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-4	З-ПК-4	З, СК-8, СК-15
	У-ПК-4	З, СК-8, СК-15
	В-ПК-4	З, СК-8, СК-15
ПК-6	З-ПК-6	З, СК-8, СК-15
	У-ПК-6	З, СК-8, СК-15
	В-ПК-6	З, СК-8, СК-15
ПК-9	З-ПК-9	З, СК-8, СК-15

	У-ПК-9	3, СК-8, СК-15
	В-ПК-9	3, СК-8, СК-15

### 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 на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» 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.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	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 К71 Forecasting High-Frequency Volatility Shocks : An Analytical Real-Time Monitoring System, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016
2. 621.039 П63 Контроль распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. ЭИ П63 Контроль распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. 621.3 X29 Техническое обслуживание измерительных устройств на атомных электростанциях : , Москва: Бином, Лаборатория знаний, 2012
5. 621.039 И85 Ядерно-физические контрольно-измерительные приборы : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
6. ЭИ И85 Ядерно-физические контрольно-измерительные приборы : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
7. 621.039 М54 Методы и приборы измерений ядерных материалов : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, А. В. Бушуев [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
8. ЭИ М54 Методы и приборы измерений ядерных материалов : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, А. В. Бушуев [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 Л12 Лабораторный практикум "Диагностика ЯЭУ" : учебное пособие для вузов, А. Н. Аблеев [и др.], Москва: МИФИ, 2008
2. 621.039 Л88 Термометрия и расходометрия ядерных реакторов : , Б. В. Лысиков, В. К. Прозоров, М.: Энергоатомиздат, 1985
3. 621.039 Л12 Лабораторный практикум по тепловым измерениям в энергетических установках : учебное пособие для вузов, В. В. Архипов [и др.], Москва: МИФИ, 2008
4. 621.039 А87 Водородная пожаровзрывобезопасность и диагностика ЯЭУ : Учеб. пособие, В. В. Архипов, А. М. Сальников, А. Ю. Цыганов, М.: МИФИ, 1990
5. 621.039 А87 Контроль и измерения в ядерных реакторах (контроль тепловыделения) : Учеб. пособие, В. В. Архипов, А. С. Тимонин, М.: МИФИ, 1989
6. 621.039 С90 Электрофизические методы неразрушающего контроля и исследования реакторных материалов : учебное пособие для вузов, В. И. Сурин, Н. А. Евстюхин, Москва: МИФИ, 2008
7. 621.039 А65 Контроль и измерение температуры в ядерных энергетических установках : Учеб. пособие, В. К. Андреев, В. В. Архипов, А. С. Тимонин, М.: МИФИ, 1991
8. 536 Ч-68 Краткий справочник по теплотехническим измерениям : , В.С. Чистяков, М.: Энергоатомиздат, 1990

9. 536 Г68 Основы температурных измерений : , Гордов А.Н., Жагулло О.М., Иванова А.Г., М.: Энергоатомиздат, 1992

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. World-nuclear (<http://world-nuclear.org/>)
2. Росатом ([www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru))
3. Росэнергоатом (<http://www.rosenergoatom.ru>)
4. Урановый холдинг АРМЗ (<http://www.armz.ru>)
5. ТВЭЛ (<http://www.tvel.ru>)
6. Периодическая система (<http://www.periodictable.ru>)
7. ВЭБ элемент (<http://www.webelements.com>)

<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**

Цель методических рекомендаций для студента – оптимизация процесса изучения данной дисциплины.

Материалы учебно-методического комплекса выдаются в электронном виде. Эти материалы не являются дословным изложением лекций и семинаров, а лишь их кратким содержанием. Они должны активно использоваться при подготовке к написанию тестов и экзамену.

Следует помнить, что в тестовые и экзаменационные вопросы не входит материал, который не был прочитан на лекциях или обсужден на семинарах. Тем не менее, для целей эффективного использования полученных знаний рекомендуется ознакомиться с интернет – ресурсами и литературой. В рекомендованной литературе, особенно дополнительной, изучаемые вопросы рассматриваются более глубоко, их изучение повышает квалификацию будущего специалиста.

Задачи домашнего задания аналогичны рассматриваемым на семинарских занятиях, поэтому рекомендуется выполнять их последовательно по мере изучения материала на занятиях.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Дисциплина посвящена подготовке студентов к решению инженерных задач расчета ядерных энергетических установок на основе строгих научных методов. При разработке курса использована современная отечественная и иностранная литература.

Первая часть курса посвящена основным физическим принципам, методам контроля и диагностики основных параметров ЯЭУ, принятым технологиям и перспективам развития. В процессе преподавания здесь рекомендуется широко использовать текущим опытом эксплуатации атомных станций. Немаловажно будет обратить внимание студентов на интернет ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам.

Во второй части обсуждаются конструкции датчиков и описание систем внутриреакторного контроля. Знания, полученные студентами при изучении различных дисциплин, применяются к решению задач характерных для ядерных энергетических установок.

Для закрепления теоретического материала дисциплина содержит большое количество задач для самостоятельного решения и контрольные вопросы (тестовые задания) для проверки знаний. Для проверки и закрепления практических навыков студентам предлагается выполнить индивидуальное домашнее задание, а также несколько тестов.

Результатом изучения дисциплины должно стать развитие способности студентов к решению инженерных задач на основе строгих научных методов.

Автор(ы):

Архипов Виталий Владимирович, к.т.н., доцент

Рецензент(ы):

Харитонов В.С., Корсун А.С., Деев В.И.