

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

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, экз./зач./КР/КП
8	2	72	24	12	0		36	0	3
Итого	2	72	24	12	0	16	36	0	

## АННОТАЦИЯ

Целью дисциплины является обучение студентов основным методам теплофизических измерений.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является обучение студентов основным методам теплофизических измерений.

Для достижения поставленной цели по дисциплине решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

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

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении следующих дисциплин: «Математика», «Электротехника и электроника», «Материаловедение», «Теоретическая механика». Знания, полученные студентами при изучении этой дисциплины, будут использованы при изучении дисциплин «Внутрореакторный контроль и тепловые измерения», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Теория автоматического управления» и др.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач

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

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
<b>научно-исследовательский</b>			
Исследования перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов	ПК-7.2 [1] - Способен к проведению физических экспериментов на основе апробированной методики с целью определения теплофизических и нейтронно-физических параметров ЯЭУ различного назначения  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	3-ПК-7.2[1] - знать методы проведения исследований теплофизических и нейтронно-физических процессов; У-ПК-7.2[1] - уметь проводить экспериментальные исследования по заданной методике; В-ПК-7.2[1] - владеть методами анализа погрешности физических экспериментов
Исследования перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители,	ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчеты по анализу результатов и подготовке научных публикаций	3-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и

теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов	материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией
---	--	--	---

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и

		<p>проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
Профессиональное воспитание	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)</p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.</p>
Профессиональное воспитание	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами</li> </ul>

		современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
--	--	--

## 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	Введение. Измерение температуры.	1-8	12/6/0		25	КИ-8	3-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	Измерение расхода жидкости, пара и газа. Измерение уровня жидкости.	9-15	12/6/0		25	КИ-15	3-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		24/12/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	3	3-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1

\* – 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>8 Семестр</i>	24	12	0
<b>1-8</b>	<b>Введение. Измерение температуры.</b>	12	6	0
1 - 2	<b>Введение</b> Метрология-наука об измерениях. Исторический экскурс. Важнейшие единицы измерений. Методы анализа размерностей и теории подобия. Погрешности при измерениях. Перечень важнейших для измерения теплофизических параметров.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Измерение температуры</b> Температурные шкалы. Термодинамическая шкала Кельвина. Международная практическая температурная шкала. Жидкостные термометры. Электроконтактные ртутные термометры. Манометрические термометры. Дилатометрические термометры. Биметаллические термометры. Термоэлектрические преобразователи. Термоэлектрические явления. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Термопара. Измерение термоЭДС. Градуировка термопар. Действие излучения на показания термопар. Термометры сопротивления. Устройство платинового термометра сопротивления. Законы теплового излучения. Измерение температуры по тепловому излучению. Оптические пирометры. Флтоэлектрические пирометры. Пирометры полного излучения.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 8	<b>Способы измерения давления и перепада давления</b> Основные понятия. Единицы измерения давления и разрежения. Классификация приборов. Жидкостные приборы с видимым уровнем. Ртутный барометр. Пружинные и поршневые манометры. Ультразвуковые манометры. Поверка приборов. Приборы давления с упругими чувствительными элементами. Плоские, выпуклые и гофрированные мембраны, сильфоны, трубчатые пружины. Приборы прямого действия и электроконтактные. Приборы давления с электрическими пневматическими преобразователями. Пьезоэлектрические манометры. Манометры сопротивления.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Измерение расхода жидкости, пара и газа. Измерение уровня жидкости.</b>	12	6	0

9 - 10	<b>Измерение расхода жидкости, пара и газа</b> Измерение расхода по перепаду давления на сужающем устройстве. Ультразвуковые расходомеры. Электромагнитные методы измерения расхода жидких металлов. Корреляционные методы измерения расхода. Особенности измерений в реакторных условиях.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 12	<b>Измерение уровня жидкости</b> Измерение уровня дифференциальным датчиком давления. Буйковые и поплавковые уровнемеры. Акустические, ультразвуковые уровнемеры. Емкостные уровнемеры. Датчики с омическими зондами.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 16	<b>Измерение состава газов</b> Типы газоанализаторов (химические, тепловые, магнитные, оптические, хроматографы).	Всего аудиторных часов		
		4	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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>8 Семестр</i>
1 - 2	<b>Работа 1. Статические характеристики датчиков температуры.</b> Работа 1. Статические характеристики датчиков температуры.
3 - 4	<b>Работа 2. Динамические характеристики контактных и бесконтактных датчиков температуры.</b> Работа 2. Динамические характеристики контактных и бесконтактных датчиков температуры.
5 - 7	<b>Работа 3. Элементы гидродинамики двухфазного потока. Резистивный датчик истинного газосодержания.</b> Работа 3. Элементы гидродинамики двухфазного потока. Резистивный датчик истинного газосодержания.
8 - 10	<b>Работа 4. Градуировка оптического пирометра, бесконтактного датчика высоких температур.</b> Работа 4. Градуировка оптического пирометра, бесконтактного датчика высоких температур.
11 - 12	<b>Работа 5. Теплоотдача при вынужденном движении воды в трубе.</b> Работа 5. Теплоотдача при вынужденном движении воды в трубе.
13 - 15	<b>Работа 6. Теплопередача в теплообменнике «труба в трубе».</b> Работа 6. Теплопередача в теплообменнике «труба в трубе».



## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривает 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-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15
ПК-7.2	З-ПК-7.2	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7.2	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7.2	З, КИ-8, КИ-15
УК-1	З-УК-1	З, КИ-8, КИ-15
	У-УК-1	З, КИ-8, КИ-15
	В-УК-1	З, КИ-8, КИ-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
75-84		C	

70-74		D	по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно»
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	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»	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 М54 Методы и приборы измерений ядерных материалов : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Зубарев В.Н. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
2. 621.039 Б94 Методы и приборы измерений ядерных материалов : учебное пособие для вузов, Алеева Т.Б., Бушуев А.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
3. 621.3 X29 Техническое обслуживание измерительных устройств на атомных электростанциях : , Хашемиан Х.М., Москва: Бином, Лаборатория знаний, 2012
4. 621.039 И85 Ядерно-физические контрольно-измерительные приборы : учебное пособие, Исаков С.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. ЭИ И85 Ядерно-физические контрольно-измерительные приборы : учебное пособие для вузов, Исаков С.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 А87 Водородная пожаровзрывобезопасность и диагностика ЯЭУ : Учеб. пособие, Цыганов А.Ю., Архипов В.В., Сальников А.М., М.: МИФИ, 1990
2. 621.039 А65 Контроль и измерение температуры в ядерных энергетических установках : Учеб. пособие, Архипов В.В., Тимонин А.С., Андреев В.К., М.: МИФИ, 1991

3. 621.039 А87 Контроль и измерения в ядерных реакторах (контроль тепловыделения) : Учеб. пособие, Архипов В.В., Тимонин А.С., М.: МИФИ, 1989
4. 536 Ч-68 Краткий справочник по теплотехническим измерениям : , Чистяков В.С., М.: Энергоатомиздат, 1990
5. ЭИ Л12 Лабораторный практикум по тепловым измерениям в энергетических установках : учебное пособие для вузов, Куценко К.В. [и др.], Москва: МИФИ, 2008
6. 621.039 Л12 Лабораторный практикум по тепловым измерениям в энергетических установках : учебное пособие для вузов, Куценко К.В. [и др.], Москва: МИФИ, 2008
7. 536 Г68 Основы температурных измерений : , Гордов А.Н., Иванова А.Г., Жагулло О.М., М.: Энергоатомиздат, 1992
8. 536 И20 Теплотехнические измерения и приборы : Учебник для вузов, Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С., Иванова Г.М., М.: Энергоатомиздат, 1984

#### 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. 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**

Классические методы тепловых измерений наиболее полно описаны в книге В.П. Преображенского «Теплотехнические измерения и приборы» М.: Энергия, 1978, рекомендуемой в качестве основного учебника по измерениям для большинства вузов РФ.

### **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Для успешного освоения материала студентами на лекциях и семинарах желательно выдавать раздаточный материал.

Необходимое внимание на лекциях нужно уделить нормативным документам и правилам ядерной и радиационной безопасности ПБЯ-06-00-96, ПБЯ-06-08-77, ПРБ-88, НРБ-99, НП-053-04.

Главное внимание должно быть уделено базовым принципам, заложенным в каждую технологию, описанию используемого оборудования и условиям технологических процессов.

Важно дать анализ значимости и сравнительный анализ каждой технологии для поддержания режима нераспространения ядерных материалов.

Автор(ы):

Харитонов Владимир Степанович, к.т.н., с.н.с.

Рецензент(ы):

Куценко К.В., Меринов И.Г.