

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ТЕПЛОМАССООБМЕНА

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование,  
эксплуатация и инжиниринг

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	15	30	0	27	0	3
Итого	2	72	15	30	0	0	27	0

## АННОТАЦИЯ

Плодотворная деятельность будущих инженеров в любых отраслях современного производства невозможна без знания основ теплообмена. Особое значение процессы передачи тепла и массы имеют в энергетических отраслях промышленности, включая и ядерную энергетику. От того, как протекают эти процессы, во многом зависит эффективность, надежность и безопасность работы ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Это и определяет цель преподавания дисциплины, в которой излагается современная теория, а также ее применение в расчетах тепло- и массообменных процессов, происходящих в ЯЭУ.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Плодотворная деятельность будущих инженеров в любых отраслях современного производства невозможна без знания основ теплообмена. Особое значение процессы передачи тепла и массы имеют в энергетических отраслях промышленности, включая и ядерную энергетику. От того, как протекают эти процессы, во многом зависит эффективность, надежность и безопасность работы ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Это и определяет цель преподавания дисциплины, в которой излагается современная теория, а также ее применение в расчетах тепло- и массообменных процессов, происходящих в ЯЭУ.

С учетом определяющей роли и сложности процессов тепло- и массообмена подготовку инженеров-физиков для ядерной энергетики целесообразно проводить в два этапа. На первом этапе студентам преподается общий курс «Основы теплообмена», на втором – специальный курс «Теория теплообмена», в котором более полно и углубленно изучаются вопросы теории переноса тепла и массы, а также рассматриваются практические рекомендации, необходимые при расчетах и проектировании, как самого ядерного реактора, так и всего теплообменного оборудования ЯЭУ.

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

Для освоения данной дисциплины требуется знание дисциплин: «Химия», «Основы термодинамики и теплопередачи», «Общая физика».

Знания, полученные при изучении дисциплины, также помогут студентам в научно-исследовательской работе и дипломном проектировании, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

### 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	Объект или	Код и наименование	Код и наименование
--------	------------	--------------------	--------------------

профессиональной деятельности (ЗПД)	область знания	профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	ПК-4 [1] - Способен составить отчет по выполненному заданию, готов к участию во внедрении результатов исследований и разработок в области проектирования и эксплуатации ЯЭУ  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011	З-ПК-4[1] - знать нормативные документы для составления отчетов по выполненным заданиям; ; У-ПК-4[1] - уметь обобщать и анализировать научно-техническую информацию;; В-ПК-4[1] - владеть методами проектирования ЯЭУ и внедрения результатов исследований в эксплуатацию
проектный			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; ядерно-энергетическое оборудование атомных электрических станций и других ядерных энергетических установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	ПК-6 [1] - Способен к конструированию и проектированию узлов и элементов аппаратов и систем в соответствии с техническим заданием и требованиями безопасной работы с использованием средств автоматизации проектирования  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008	З-ПК-6[1] - знать требования безопасной работы, предъявляемые к узлам и элементам систем; ; У-ПК-6[1] - уметь конструировать и проектировать элементы систем в соответствии с техническим заданием;; В-ПК-6[1] - владеть средствами автоматизации проектирования

#### 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 (B17)	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 проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	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.
Профессиональное	Создание условий,	1.Использование воспитательного

воспитание	обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	<p>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 современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</li> </ul>
------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (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	Основные механизмы и законы переноса тепла и массы. Дифференциальные уравнения теплопереноса. Стационарная теплопроводность и диффузия.	1-8	8/15/0		25	КИ-8	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
2	Нестационарные процессы теплопроводности и диффузии. Введение в теорию конвективного теплообмена. Пограничный слой.	9-15	7/15/0		25	КИ-15	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/30/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>				50	3	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6

\* – 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

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	15	30	0
1-8	<b>Основные механизмы и законы переноса тепла и массы. Дифференциальные уравнения теплопереноса. Стационарная теплопроводность и диффузия.</b>	8	15	0
1 - 2	<b>Общая характеристика процессов теплопереноса</b> Основные понятия и определения. Механизмы переноса импульса, тепла и массы в твердых телах, жидкостях и газах. Перенос энергии и вещества в условиях фазовых и химических превращений. Феноменологический и кинетический методы изучения явлений переноса.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Основные законы теплопереноса</b> Эмпирические законы переноса количества движения, тепла и массы (законы Ньютона, Био – Фурье, Фика). Коэффициенты переноса. Числа Прандтля, Шмидта, Льюиса – Семенова.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Дифференциальные уравнения теплопереноса</b> Уравнения неразрывности, движения вязкой жидкости, переноса вещества и энергии в многокомпонентной среде. Условия однозначности для процессов переноса. Закон Ньютона – Рихмана. Коэффициенты тепло- и массоотдачи.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Стационарная теплопроводность и диффузия</b> Дифференциальные уравнения теплопереноса в объеме неподвижных сред. Начальные и граничные условия для процессов теплопроводности и диффузии. Методы решения стационарных задач.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Нестационарные процессы теплопроводности и диффузии. Введение в теорию конвективного теплообмена. Пограничный слой.</b>	7	15	0
9	<b>Некоторые задачи стационарной теплопроводности и диффузии</b> Теплопроводность и диффузия в телах простой геометрической формы (плоская, цилиндрическая и шаровая стенки). Коэффициенты тепло- и массопередачи. Термические и диффузионные сопротивления. Число Био. Особенности температурных полей в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов. Теплопроводность тел с пренебрежимо малым внутренним термическим сопротивлением. Теплопередача через ребристые стенки. Методы интенсификации теплоотдачи от тепловыделяющих элементов ядерных реакторов.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Нестационарные процессы теплопроводности и диффузии</b> Теплопроводность полуограниченного массива. Нагревание (охлаждение) неограниченной пластины, бесконечно длинного цилиндра, шара. Нагревание (охлаждение) тел конечных размеров. Регулярные режимы теплопроводности. Теплопроводность в системах с подвижными границами. Общая сравнительная характеристика методов решения нестационарных задач	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

	теплопроводности и диффузии.			
11 - 12	<b>Введение в теорию конвективного теплообмена</b> Общая характеристика и методы изучения процессов конвективного теплопереноса. Понятие о подобии физических явлений. Условия подобия. Критерии подобия и уравнения подобия. Прямая и обратная теоремы метода подобия. Метод анализа размерностей физических величин, П-теорема. Моделирование процессов теплообмена.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	<b>Пограничный слой</b> Понятие и основные свойства динамического, теплового, диффузионного пограничного слоя. Дифференциальные и интегральные уравнения переноса количества движения, тепла и массы в пограничном слое. Условия однозначности. Тройная аналогия. Теплоотдача при продольном обтекании пластины ламинарным потоком. Случаи умеренных и очень малых значений числа Прандтля.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	<b>Заключительная лекция</b> Обзор результатов современной теории теплопроводности и диффузии и их применение при решении практических задач в тепловой и ядерной энергетике.	Всего аудиторных часов		
		1	3	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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1 - 2	<b>Теплопроводность в телах простейшей геометрической формы с переменным коэффициентом теплопроводности (вариант 1, плоская стенка)</b> Теплопроводность в телах простейшей геометрической формы с переменным коэффициентом теплопроводности (вариант 1, плоская стенка)
3 - 4	<b>Теплопроводность в двухслойной стенке. Критическая толщина тепловой изоляции (вариант 2, цилиндрическая стенка)</b> Теплопроводность в двухслойной стенке. Критическая

	толщина тепловой изоляции (вариант 2, цилиндрическая стенка)
5 - 6	<b>Передача тепла через ребра (вариант 2, труба с кольцевыми ребрами)</b> Передача тепла через ребра (вариант 2, труба с кольцевыми ребрами)
7 - 8	<b>Распределение температуры в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов (ТВЭЛы с дисперсионным топливом, вариант 4)</b> Распределение температуры в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов (ТВЭЛы с дисперсионным топливом, вариант 4)
9 - 10	<b>Двухмерное температурное поле (вариант 6)</b> Двухмерное температурное поле (вариант 6)
11 - 12	<b>Нестационарные тепловые процессы в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов (вариант 3)</b> Нестационарные тепловые процессы в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов (вариант 3)
13 - 14	<b>Теплопередача тел при пренебрежимо малом внутреннем термическом сопротивлении (вариант 2а)</b> Теплопередача тел при пренебрежимо малом внутреннем термическом сопротивлении (вариант 2а)
15 - 16	<b>Многомерные задачи теплопроводности (вариант 5)</b> Многомерные задачи теплопроводности (вариант 5)

#### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1 - 3	<b>1. Процессы стационарной теплопроводности в плоской стенке при отсутствии внутренних источников тепла.</b> 1. Процессы стационарной теплопроводности в плоской стенке при отсутствии внутренних источников тепла.
4 - 6	<b>2. Процессы стационарной теплопроводности в цилиндрической и сферической стенках при отсутствии внутренних источников тепла.</b> 2. Процессы стационарной теплопроводности в цилиндрической и сферической стенках при отсутствии внутренних источников тепла.
7 - 8	<b>3. Процессы стационарной теплопроводности в телах с внутренним тепловыделением.</b> 3. Процессы стационарной теплопроводности в телах с внутренним тепловыделением.
9 - 11	<b>4. Нестационарные процессы теплопроводности.</b> 4. Нестационарные процессы теплопроводности.
12 - 14	<b>5. Теплопроводность тел с малым числом Био.</b> 5. Теплопроводность тел с малым числом Био.
15	<b>6. Теплообмен в ламинарном пограничном слое на пластине.</b> 6. Теплообмен в ламинарном пограничном слое на

пластине.
-----------

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий ( лекции, презентации, встречи с заведующими кафедр и ведущими учеными, разбор конкретных ситуаций, тестирование, выполнение и защита домашнего задания) 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, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4	З, КИ-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6	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 75-84	4 – «хорошо»	B C	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает

70-74		D	материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
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 I-70 Heat Conduction : Third Edition, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2009
2. 621.039 С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. ЭИ С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
4. ЭИ Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
5. ЭИ Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : сборник задач: учебное пособие для вузов, В. В. Архипов [и др.] ; ред. В. И. Деев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
6. ЭИ Э41 Экспериментальные методы изучения процессов теплопередачи : (учебное пособие к лабораторному практикуму по курсу "Теория теплообмена"), ред. : В. И. Деев, Москва: МИФИ, 2008
7. 536 Э41 Экспериментальные методы изучения процессов теплопередачи : (учебное пособие к лабораторному практикуму по курсу "Теория теплообмена"), ред. : В. И. Деев, Москва: МИФИ, 2008

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Д26 Основы расчета судовых ЯЭУ : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 629 Д26 Основы расчета судовых ЯЭУ : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. 621.039 С74 Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике Т.2 Ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы, Москва: ИздАТ, 2013
4. 621.039 С74 Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике Т.3 Теплогидравлические процессы при переходных и нестандартных режимах. Тяжелые аварии. Защитная оболочка. Коды, их возможности, неопределенности, Москва: ИздАТ, 2014
5. 621.039 Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
6. 621.039 Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : учеб. пособие для вузов, Б. С. Петухов [et al.], М.: МЭИ, 2003
7. 621.039 З-15 Задачник по теплообмену в ЯЭУ : Учеб. пособие, В. В. Архипов [и др.], М.: МИФИ, 1992
8. 621.039 Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : сборник задач, В. В. Архипов [и др.] ; ред. : В. И. Деев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
9. 536 Д26 Решение задач теплообмена на ЭВМ : Пособие к лаб. практикуму по курсу "Теория теплопереноса", В. И. Деев, И. Г. Меринов, М.: МИФИ, 2000
10. 536 И85 Теплопередача : Учебник для вузов, В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел, М.: Энергоиздат, 1981
11. 621.039 Д26 Теплопередача в ЯЭУ : учеб. пособие для вузов, В.И.Деев, Москва: МИФИ, 2004
12. 621.039 С74 Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике Т.1 Теплогидравлические процессы в ЯЭУ, П. Л. Кириллов [и др.], Москва: ИздАТ, 2010
13. 621.039 К43 Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : , П. Л. Кириллов, Г. П. Богословская, Москва: Энергоатомиздат, 2000
14. 621.039 К43 Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов, П. Л. Кириллов, Г. П. Богословская, Москва: ИздАТ, 2008
15. 536 Т33 Теория тепломассообмена : Учебник для вузов, Под ред. А.И. Леонтьева, М.: Высш. школа, 1979

#### 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. ТВЭЛ (<http://www.tvel.ru>)
5. 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**

При изучении курса необходимо твердо усвоить основные механизмы и законы конвективного теплопереноса, хорошо знать критерии, определяющие перенос тепла и массы в тех или иных конкретных условиях (при естественном или вынужденном движении однофазной среды, при наличии фазовых превращений и т.д.). Используя в расчетах эмпирические формулы, нужно знать, что рекомендуемые зависимости справедливы только в том диапазоне изменения параметров, в котором они были подтверждены опытными данными. При анализе процессов кипения жидкости на поверхности нагрева очень важным является понятие критического теплового потока, так как в случае превышения его величины, как правило, происходит разрушение теплоотдающей стенки.

При выполнении расчетных работ следует уяснить поставленную задачу, правильно сформулировать ее математическое описание, знать способы решения записанной системы уравнений. При экспериментальном исследовании теплового процесса полезно подробно изучить методы измерения необходимых теплофизических величин или параметров процесса, нужно знать основные характеристики применяемых средств измерений и приборов.

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

Лекционный курс строится по следующему плану: сначала вводятся и обсуждаются основные понятия и исходные положения, излагаются основные законы и уравнения. Потом рассматриваются методы, с помощью которых разбираются важнейшие приложения.

С целью выработки профессиональных компетенций студентов на лекциях и семинарских занятиях используется интерактивная форма проведения лекционных (20%) и семинарских занятий (75%). Активная форма проведения лекционных занятий предполагает, в частности, что студенты углубленно изучают по рекомендуемой преподавателем литературе те

разделы лекционного курса, которые не рассматриваются детально на лекциях, но необходимы для дальнейшего изучения курса.

Автор(ы):

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

Рецензент(ы):

Куценко К.В., Корсун А.С. Митрофанова О.В.