

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С. Т. Князев  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ  
 ТЕПЛОМАССОБМЕН В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> ТЕПЛОМАССОБМЕН В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ	<b>Код модуля</b> 1134141 Учебный план в ЕИСУ № 6437
<b>Образовательная программа</b> Проектирование и эксплуатация атомных станций	<b>Код ОП</b> 14.05.02/01.01
<b>Траектория образовательной программы (ТОП)</b>	Не предусмотрено
<b>Направление подготовки</b> Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 14.05.02
<b>Уровень подготовки</b> специалист	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> 17.08.2015, № 849

Екатеринбург, 2017

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Нейская Светлана Анатольевна	Канд.техн.наук	доцент	Теплоэнергетики и теплотехники	
2	Немихин Юрий Евгеньевич	-	Ст. препода- ватель	Атомные станции и возобновляемые источники энергии	

**Руководитель модуля**

С.А.Нейская

**Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

Е.В.Черепанова

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

Р.Х. Токарева

**Руководитель образовательной программы (ОП), для которой реализуется модуль**

С.Е. Щеклеин

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ»

## 1.1. Объем модуля 6 з.е.

## 1.2. Аннотация содержания модуля

Модуль относится к базовой части ОП и содержит одноименную дисциплину. Модуль посвящен изучению основополагающих законов переноса теплоты и массы в пространстве, методов решения задач теплопроводности, конвективного и лучистого теплообмена, включая процессы переноса в ядерных энергетических реакторах, а также основ расчета теплообменных аппаратов АЭС.

## 2. СТРУКТУРА МОДУЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО ДИСЦИПЛИНАМ

Учебный план № 6437 (очная форма обучения)

Наименования дисциплин с указанием, к какой части образовательной программы они относятся: базовой (Б), вариативной – по выбору вуза (ВВ), вариативной - по выбору студента (ВС).	Семестр изучения	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля							
		Аудиторные занятия, час.				Самостоятельная работа, включая все виды текущей аттестации, час.	Промежуточная аттестация (зачет, экзамен), час.	Всего по дисциплине	
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего			Час.	Зач. ед.
1. (Б) Тепломассообмен в энергетическом оборудовании	5	51	34	17	102	96	Э (18 ч.)	216	6
<b>Всего на освоение модуля</b>		<b>51</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>102</b>	<b>96</b>	<b>18</b>	<b>216</b>	<b>6</b>

## 3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН В МОДУЛЕ

3.1.	Пререквизиты и постреквизиты в модуле	Тепломассообмен в энергетическом оборудовании
3.2.	Корреквизиты	-

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

### 4.1. Планируемые результаты освоения модуля и составляющие их компетенции

Коды ОП, для которых реализуется модуль	Планируемые в ОХОП результаты обучения - РО, которые формируются при освоении модуля	Компетенции в соответствии с ФГОС ВО, а также дополнительные из ОХОП, формируемые при освоении модуля
14.05.02/01.01	РО-О2 Способность осуществлять математическое моделирование физических и технологических процессов в оборудовании, алгоритмов контроля и управления, режимов эксплуатации атомных объектов, в том числе с использованием стандартных	ПК-2 – способность проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; ПСК-1.1 – способность составлять тепловые схемы и математические модели процессов и аппаратов преобразования ядерной энергии топлива в

	пакетов автоматизированного проектирования и исследования.	тепловую и электрическую энергию;
<b>14.05.02/01.01</b>	РО-Об Способность проводить нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты реакторных установок в стационарных и нестационарных режимах работы.	ПК-17 – способность проводить нейтронно-физические и теплогидравлические расчеты ядерных реакторов в стационарных и нестационарных режимах работы; ПСК-1.4 – способность выполнять теплогидравлические, нейтронно-физические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств.

#### 4.2. Распределение формирования компетенций по дисциплинам модуля

Дисциплины модуля		ПК-2	ПК-17	ПСК-1.1	ПСК-1.4
<b>1</b>	<b>(Б)</b> Тепломассообмен в энергетическом оборудовании	*	*	*	*

### 5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО МОДУЛЮ

#### 5.1. Весовой коэффициент значимости промежуточной аттестации по модулю:

Не предусмотрена.

#### 5.2. Форма промежуточной аттестации по модулю:

Не предусмотрена.

#### 5.3. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по модулю (Приложение 1).

### 5.3. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

#### 5.3.1. ОБЩИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

Система критериев оценивания результатов обучения в рамках модуля опирается на три уровня освоения: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

### 5.3.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО МОДУЛЮ

5.3.2.1. Перечень примерных вопросов для интегрированного экзамена по модулю  
Не предусмотрено.

5.3.2.2. Перечень примерных тем итоговых проектов по модулю  
Не предусмотрено.

### 6. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ МОДУЛЯ

Номер листа изменений	Номер протокола заседания проектной группы модуля	Дата заседания проектной группы модуля	Всего листов в документе	Подпись руководителя проектной группы модуля

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕПЛОМАССОБМЕН В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль</b> ТЕПЛОМАССОБМЕН В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ	<b>Код модуля</b> 1134141 Учебный план в ЕИСУ № 6437
<b>Образовательная программа</b> Проектирование и эксплуатация атомных станций	<b>Код ОП</b> 14.05.02/01.01
<b>Направление подготовки</b> Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 14.05.02
<b>Уровень подготовки</b> специалитет	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> 17.08.2015, № 849

Екатеринбург, 2017

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Нейская Светлана Анатольевна	Канд.техн.наук	доцент	Теплоэнергетики и теплотехники	

**Руководитель модуля**

С.А.Нейская

**Рекомендовано учебно-методическим советом Уральского энергетического института**

Председатель учебно-методического совета

Е.В.Черепанова

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

**Согласовано:**

Дирекция образовательных программ

Р.Х. Токарева



# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ « ТЕПЛОМАССОБМЕН В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ»

## 1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Тепломассообмен в энергетическом оборудовании» является единственной дисциплиной модуля ТЕПЛОМАССОБМЕН В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ и относится к базовой части образовательной программы.

Основной целью преподавания дисциплины является глубокое и всестороннее усвоение теории переноса тепла и массы, в частности, развитие навыков будущего специалиста в области теории и практики процессов переноса в ядерных энергетических реакторах и установках.

В рамках модуля студенты должны овладеть основами методов теплового и гидродинамического расчетов активной зоны ядерных реакторов, теплообменных аппаратов, парогенераторов и других элементов энергетических установок. Изучение дисциплины предполагает умение давать физическую и математическую формулировку задач. Студент должен уметь пользоваться специальной и справочной литературой, решать конкретные задачи с использованием вычислительной техники.

## 1.2. Язык реализации программы – русский.

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

*Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у студента следующих компетенций:*

ПК-2 – способность проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;

ПК-17 – способность проводить нейтронно-физические и тепло-гидравлические расчеты ядерных реакторов в стационарных и нестационарных режимах работы;

ПСК-1.1 – способность составлять тепловые схемы и математические модели процессов и аппаратов преобра

зования ядерной энергии топлива в тепловую и электрическую энергию;

ПСК 1.4 – способность выполнять теплогидравлические, нейтронно-физические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств.

*В результате освоения дисциплины студент должен:*

### **Знать:**

- основные положения статики и динамики жидкости и газа, составляющих основу расчета инженерных сетей и сооружений;
- законы и методы технической термодинамики, тепло- и массообмена, расчеты тепловых процессов, их рациональную организацию;
- знать методы теоретического и экспериментального исследования изучаемых процессов и явлений;

### **Уметь:**

- вести технические расчеты по современным нормам;
- правильно оценивать результаты расчетов;
- строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений;
- осуществлять качественный и количественный анализ изучаемых процессов;

### **Владеть:**

- основными современными методами постановки, исследования и решения задач тепло-массообмена.

#### 1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)	
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)		
				5	
1.	Аудиторные занятия	102	102	102	
2.	Лекции	51	51	51	
3.	Практические занятия	34	34	34	
4.	Лабораторные работы	17	17	17	
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации	96	15,30	96	
6.	Промежуточная аттестация	18	2,33	Экзамен, 18	
7.	Общий объем по учебному плану, час.	216	119,63	216	
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	6		6	

#### 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код разделов и тем	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Теплопроводность.	Введение. Теплообмен. Основные понятия и определения. Основы аналитической теории теплопроводности.
P2	Теплопроводность при стационарном режиме.	Теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенки при граничных условиях 1-го рода. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку (граничные условия 3-го рода). Теплопроводность однослойной и многослойной цилиндрической стенки при граничных условиях 1-го рода. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку (граничные условия 3-го рода). Критический диаметр изоляции; теплопроводность и теплопередача через тонкие стенки произвольной формы. Теплопроводность вдоль прямого стержня постоянного поперечного сечения и теплопередача через ребристую стенку. Теплопроводность с внутренними источниками тепла.
P3	Теплопроводности при нестационарном режиме.	Общая характеристика теплопроводности при нестационарном режиме. Общий анализ процессов охлаждения (нагрева) тел. Охлаждение (нагревание) тел сложной формы.
P4	Основные положения конвективного теплообмена.	Общая характеристика конвективного теплообмена. Краткие сведения из гидродинамики. Аналитическое описание процессов конвективного теплообмена.
P5	Основы теории подобия и моделирования.	Определение подобных процессов и методы получения безразмерных переменных. Метод масштабных преобразований. Основные числа подо-

		бия. Теорема подобия. Метод анализа размерностей. Основы моделирования процессов конвективного теплообмена и их экспериментальное исследование.
<b>P6</b>	<b>Отдельные задачи конвективного теплообмена.</b>	Теплоотдача при вынужденном продольном обтекании тонкой пластины ламинарным пограничным слоем. Теплоотдача при вынужденном продольном обтекании тонкой пластины турбулентным пограничным слоем. Гидродинамика и теплообмен при вынужденном ламинарном движении жидкости внутри труб. Теплоотдача при вынужденном турбулентном режиме движения жидкости внутри труб и каналов. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании пучков труб. Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме. Теплообмен при свободной конвекции в ограниченном пространстве.
<b>P7</b>	<b>Теплообмен при фазовых превращениях.</b>	Теплоотдача при пленочной конденсации пара. Теплоотдача при кипении жидкости в большом объеме. Теплоотдача при кипении жидкости, движущейся в трубах.
<b>P8</b>	<b>Теплообмен в ядерных энергетических установок</b>	Активная зона ядерного реактора. Особенности теплообмена. Жидкометаллические теплоносители. Поканальная методика расчета (метод ячеек). Переходные и аварийные условия работы. Расчет теплообменников, парогенераторов.
<b>P9</b>	<b>Теплообмен излучением.</b>	Поверхностное излучение: его количественные характеристики, его разновидности. Основные законы теплового излучения. Теплообмен излучением между двумя телами, разделенными прозрачной средой. Объемное излучение. Особенности излучения газов и паров.
<b>P10</b>	<b>Теплообменные аппараты.</b>	Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов. Определение среднего температурного напора для прямотока и противотока и их сравнение. Основы гидродинамического и экономического расчетов теплообменников. Экспериментальные методы исследования теплообмена.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ



## 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 4.1. Лабораторные работы

Раздел, тема дисциплины	Наименование работы	Объем учебного времени, час.
P1	Определение коэффициентов теплопроводности теплоизоляционных материалов методом плиты.	3
P2	Определение коэффициента температуропроводности методом теплового регулярного режима.	2
P3	Исследование теплопередачи в теплообменнике из горизонтальных труб со спиральными ребрами.	2
P6	Исследование теплоотдачи при движении воздуха в пучке труб.	2
P6	Исследование сложного теплообмена горизонтальных труб с окружающим воздухом в условиях свободной конвекции	2
P6	Изучение теплоотдачи при кипении жидкости в большом объеме.	2
P7	Определение коэффициента теплоотдачи излучением между двумя телами.	2
P9	Определение степени черноты поверхности излучающего тела	2
<b>Всего:</b>		17

### 4.2. Практические занятия

Номер п/п	Раздел, тема дисциплины	Наименование работы	Объем учебного времени, час.
1-2	P2	Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме через плоскую и цилиндрическую стенки	5
3-4	P2	Критический диаметр изоляции. Теплопроводность вдоль прямого стержня постоянного поперечного сечения и теплопередача через ребристую стенку. Теплопроводность с внутренними источниками тепла.	5
5-6	P3	Охлаждение (нагревание) тел простой геометрической формы, составных тел и тел произвольной формы с малым числом Био.	4
7-8	P6	Теплоотдача при вынужденном продольном обтекании тонкой пластины и при движении жидкости внутри труб и каналов.	4
9-10	P6	Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы и пучков труб. Теплоотдача при свободном движении жидкости в большом объеме и в жидкостных прослойках.	4
11-12	P7	Теплообмен при конденсации паров, при кипении жидкости в большом объеме и при движе-	4

		нии кипящей жидкости в трубах.	
13-14	P9	Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой. Особенности теплообмена излучением газов и паров.	4
15-16	P10	Основы теплового расчета теплообменников. Определение среднего температурного напора. Тепловой расчет теплообменников. Расчет конденсатора АЭС	4
		<b>Всего</b>	<b>34</b>

### 4.3. Примерная тематика самостоятельной работы

#### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Выбираются произвольно в соответствии с предложенными темами:

1. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку.
2. Теплопроводность вдоль прямого стержня постоянного поперечного сечения.
3. Охлаждение (нагревание) бесконечной пластины и цилиндра.
4. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости внутри труб и каналов.
5. Теплоотдача при кипении жидкости в большом объеме.
6. Теплообмен излучением с учетом конвекции
7. Тепловой расчет теплообменного аппарата.

#### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено.

#### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

#### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Расчет температурного поля тепловыделяющего элемента АЭС

#### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.7. Примерный перечень тем курсовых работ

Не предусмотрено.

#### 4.3.8. Примерная тематика контрольных работ

Не предусмотрено

#### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

Не предусмотрено.

## 5. СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения							Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Расчетная работа	Лабораторные работы	Домашние работы	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента

P1 Теплопроводность							*								
P2 Теплопроводность при стационарном режиме							*	*							
P3 Теплопроводности при нестационарном режиме							*	*							
P4 Основные положения конвективного теплообмена															
P5 Основы теории подобия и моделирования															
P6 Отдельные задачи конвективного теплообмена							*	*							
P7 Теплообмен при фазовых превращениях							*	*							
P8 Теплообмен в ядерных энергетических установках						*									
P9 Теплообмен излучением							*	*							
P10 Теплообменные аппараты								*							

## **6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (Приложение 1)**

## **7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ (Приложение 2)**

## **8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 3)**

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1.Рекомендуемая литература**

#### **9.1.1.Основная литература**

1. Исаченко В.П., Осипов В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1981. 417 с.
2. Галин Н.М., Кирилов П.Л. Тепломассообмен (в ядерной энергетике) М.: Энергоатомиздат 1987. 375с
3. Сапожников Б. Г. Тепломассообмен : учебное пособие / Б. Г. Сапожников ; науч. ред. В. С. Белоусов ; Урал. гос. техн. ун-т - УПИ .— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2007 .— 188 с. (инв.№ 19822)
4. Цветков Ф. Ф. Тепломассообмен : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по энергет. специальностям / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев .— 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство МЭИ, 2005 .— 550 с. (инв.№ 18313)
5. Кириллов П. Л. Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Атом. электр. станции и установки" / П. Л. Кириллов, Г. П. Богословская.— Изд. 2-е, перераб. — Москва : ИздАТ, 2008 .— 256 с. (инв.№ 1150249, 1150250)
6. Королев В. Н. Тепломассообмен : учеб. пособие / В. Н. Королев ; Урал. гос. техн. ун-т - УПИ .— Екатеринбург : [УГТУ-УПИ], 2006 .— 303 с. (инв.№ 18044)

#### **9.1.2.Дополнительная литература**

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. Новосибирск:Наука 1979. 659 с.

2. Лыков А.В. Тепломассообмен: Справочник. М.: Энергия, 1971. 560 с.
3. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1971. 560 с.
4. Кайс В.М. Конвективный тепло- и массообмен. М.: Энергия, 1972. 46 с.
5. Петухов В.С. Генин Л.Г. Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических условиях. М.: Энергоатомиздат, 1986. 360 с.
6. Теория тепломассообмена /С.И. Исаев, И.А. Кожинов, В.И. Кофанов и др.; Под ред. А.И. Леонтьева, М.: Высшая школа, 1979 560 с.
7. Гидродинамика и теплообмен в атомах энергетических установках/ В.И. Субботин, М.Х. Ибрагимов, П.А. Ушаков и др. М.: Атомиздат 1975. 460 с.
8. Тонг Л. Кризис кипения и критический тепловой поток. Пер. с англ. М.: Атомиздат, 1976. 475 с.
9. Керамеров А.Я, Шевелев Я.И. Инженерные расчеты ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат.

## 9.2. Методические разработки

1. Тепломассообмен. Приложения к лабораторным работам /Л.К. Васанова, Б.Г. Сапожников, В.Н. Королев, Ю.О. Зеленкова, С.А. Нейская. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. 2009. 32 с.
2. Тепломассообмен. Теплопроводность и конвективный теплообмен. Методические указания к лабораторным работам /Л.К. Васанова, Б.Г. Сапожников, В.Н. Королев, Ю.О. Зеленкова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. 2010. 26 с.
3. Тепломассообмен. Конвективный и лучистый теплообмен. Методические указания к лабораторным работам /Л.К. Васанова, Б.Г. Сапожников, В.Н. Королев, Ю.О. Зеленкова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2010. 24 с.

## 9.3. Программное обеспечение

*Не используется.*

## 9.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=169> Библиотека УрФУ.

Государственная публичная научно-техническая библиотека

Режим доступа: <http://www.gpntb.ru>

Российская национальная библиотека

Режим доступа: <http://www.rsl.ru>

Библиотека нормативно-технической литературы

Режим доступа: <http://www.tehlit.ru>

Электронная библиотека нормативно-технической документации

Режим доступа: <http://www.technormativ.ru>

## 9.5. Электронные образовательные ресурсы

1. ЭОР УрФУ- Режим доступа <http://study.urfu.ru>

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Лекционный материал должен изучаться в специализированной аудитории, оснащенной современным компьютером с подключенным к нему проектором для демонстрации отдельных лекций на настенный экран.

Для проведения практических занятий требуются аудитории с количеством посадочных мест, соответствующим контингенту обучающихся по данному профилю, для лабораторных работ – помещение лаборатории с лабораторными стендами тепломассообмену.

Лаборатория – Т-125, рассчитанная на проведение лабораторных занятий 12 студентами.

Лабораторные стенды:



Определение коэффициентов теплопроводности теплоизоляционных материалов методом плиты
Определение коэффициента температуропроводности методом теплового регулярного режима
Исследование теплопередачи в теплообменнике из горизонтальных труб со спиральными ребрами.
Исследование теплоотдачи при движении воздуха в пучке труб.
Исследование сложного теплообмена горизонтальных труб с окружающим воздухом в условиях свободной конвекции
Изучение теплоотдачи при кипении жидкости в большом объеме.
Определение коэффициента теплоотдачи излучением между двумя телами
Определение степени черноты поверхности излучающего тела

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
к рабочей программе дисциплины

**6. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

6.1. Весовой коэффициент значимости дисциплины – \_\_\_\_\_,

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,05</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Посещение занятий</i>	I – XVII	20
<i>Мини-тест № 1</i>	I – XVII	40
<i>Мини-тест № 2</i>	I – XVII	40
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,0</b>		
<b>2. Практические занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических занятий – 0,75</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Домашняя работа № 1</i>	I – XVII	10
<i>Домашняя работа № 2</i>	I – XVII	10
<i>Домашняя работа № 3</i>	I – XVII	5
<i>Домашняя работа № 4</i>	I – XVII	25
<i>Расчетная работа «Расчет температурного поля ТВЭЛа ядерного реактора»</i>	I – XVII	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим занятиям – 0,4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим занятиям – экзамен</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим занятиям – 0,6</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0,2</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Выполнение лабораторных работ</i>	IX – XVII	30
<i>Защита лабораторных работ</i>	IX – XVII	40
<i>Оформление отчетов по лабораторным работам</i>	IX – XVII	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – 1,0</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – не предусмотрена</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0,0</b>		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы – не предусмотрено.

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения дисциплины

<b>Порядковый номер семестра по учебному плану, в котором осваивается дисциплина</b>	<b>Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре</b>
Семестр 5	1,0

## **7. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ**

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте ФЭПО <http://fepo.i-exam.ru>.*

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на сайте Интернет-тренажеры <http://training.i-exam.ru>.*

*Дисциплина и ее аналоги, по которым возможно тестирование, отсутствуют на портале СМУДС УрФУ.*

*В связи с отсутствием Дисциплины и ее аналогов, по которым возможно тестирование, на сайтах ФЭПО, Интернет-тренажеры и портале СМУДС УрФУ, тестирование в рамках НТК не проводится.*

## **8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС**

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

<b>Компоненты компетенций</b>	<b>Признаки уровня освоения компонентов компетенций</b>		
	<b>пороговый</b>	<b>повышенный</b>	<b>высокий</b>
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;

при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

## 8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.3.1. Примерные задания для проведения контрольных работ

*Не предусмотрено*

### 8.3.2. Примерные задания для выполнения домашних работ

#### Задача 1.

Стальная труба диаметром  $d_1/d_2$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_1$  покрыта изоляцией в два слоя толщиной  $\delta_2$  и  $\delta_3$  и коэффициентами теплопроводности соответственно  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ . Внутри трубы течет вода со средней температурой  $t_{ж1}$ , а температуры окружающего воздуха  $t_{ж2}$ . Коэффициенты теплоотдачи от воды к стенке трубы  $\alpha_1$  и от изоляции к окружающему воздуху  $\alpha_2$ . Определить потери теплоты с единицы длины трубопровода, а также температуры на поверхностях соответствующих слоев. Распределение температур в стенке и в жидкости у стенки изобразить графически в масштабе.

№ пп	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	$\lambda_1$ , Вт/мК	$\lambda_2$ , Вт/мК	$\lambda_3$ , Вт/мК	$\delta_2$ , мм	$\delta_3$ , мм	$t_{ж1}$ , °С	$t_{ж2}$ , °С	$\alpha_1$ , Вт/м <sup>2</sup> К	$\alpha_2$ , Вт/м <sup>2</sup> К	
1	90	100	30	0,05	0,15	40	60	170	30	1500	20	
2	120	130				50		150	0	1000	16	
3	150	160				60		130	25	1400	12	
4	180	190				70		110	-5	900	8	
5	210	220				80		90	20	1300	18	
6	240	250	40		0,13	0,13	45	50	70	-10	800	14
7	270	280					55		160	15	1200	10
8	300	310					65		140	-15	700	19
9	100	110					75		120	10	1100	15
10	130	140					40		100	-20	600	11
11	160	170	50	0,07		0,18	50	40	165	5	1000	7
12	190	200					60		145	-25	500	17
13	220	230					70		125	0	1450	13
14	250	260					80		105	-30	950	9
15	280	290					45		85	28	1350	22
16	310	320	35		0,12	0,12	55	55	155	18	850	18
17	80	90					65		135	8	1250	14
18	110	120					75		115	-2	750	10
19	140	150					40		95	-12	1150	20
20	170	180					50		170	-22	650	16

21	200	210	45	0,09	0,16	60	45	150	-32	1050	12
22	230	240				70		130	24	550	21
23	260	270				80		110	14	1500	17
24	290	300				45		90	4	1400	13
25	320	330				55		160	-6	1300	9

Задача 2.

В приборе для определения коэффициента теплопроводности материалов между горячей и холодной поверхностями расположен образец из испытуемого материала. Образец представляет собой диск диаметром  $d$  и толщиной  $\delta$ . Температура горячей поверхности  $t_{c1}$ , холодной  $t_{c2}$ . Тепловой поток через образец после установления стационарного режима  $Q$ . Благодаря защитным нагревателям радиальные потоки теплоты отсутствуют. Вследствие плохой пригонки между холодной и горячей поверхностями и образцом образовались воздушные зазоры толщиной  $\delta_b$ . Вычислить относительную ошибку в определении коэффициента теплопроводности, если при обработке результатов измерений не учитывать образовавшихся зазоров.

№ пп	$d$ , мм	$\delta$ , мм	$\delta_b$ , мм	$t_{c1}$ , °C	$t_{c2}$ , °C	$Q$ , Вт
1	80	16	0,08	115	30	60
2	100	18	0,08	130	28	70
3	120	20	0,09	140	26	80
4	140	22	0,09	150	24	90
5	160	24	0,1	160	22	55
6	180	26	0,1	170	20	65
7	200	28	0,11	180	18	75
8	90	30	0,11	190	31	85
9	110	15	0,12	200	29	50
10	130	17	0,12	110	27	60
11	150	19	0,08	130	25	70
12	170	21	0,08	150	23	80
13	190	23	0,1	170	33	45
14	210	25	0,1	190	34	55
15	230	27	0,11	115	32	65
16	80	29	0,11	125	30	75
17	100	31	0,11	135	28	85
18	120	32	0,12	145	26	40
19	140	30	0,12	155	24	50
20	160	28	0,12	165	22	60
21	180	26	0,08	175	20	70
22	200	24	0,08	185	23	80
23	220	20	0,08	195	25	45
24	90	18	0,1	110	27	55
25	110	16	0,1	130	29	65

Задача 3.

Температура в резервуаре измеряется ртутным термометром, который помещен в гильзу (стальную трубку), заполненную маслом. Термометр показывает температуру конца гильзы  $t_c$ , которая ниже температуры воздуха  $t_{ж}$  вследствие отвода теплоты по гильзе. Как велика ошибка измерения, если температура у основания гильзы  $t_1$ , длина гильзы  $\ell$ , толщина стенки  $\delta$ , коэффициент теплопроводности материала гильзы  $\lambda$ , а коэффициент теплоотдачи от воздуха к гильзе  $\alpha$ . Наружный диаметр гильзы  $d_2$ . Теплоотдачей с торца гильзы можно пренебречь.

№ пп	$t_c$ , °C	$t_1$ , °C	$l$ , мм	$\delta$ , мм	$\lambda$ , Вт/мК	$\alpha$ , Вт/м <sup>2</sup> К	$d_2$ , мм
1	120	70	120	1,5	50	30	16
2	116	80	120			25	
3	112	78	110			20	
4	108	68	100			15	
5	104	76	90			29	
6	100	66	80	1,2	45	24	12
7	96	74	128			19	
8	92	64	118			14	
9	88	72	108			28	
10	84	62	98	1,0	45	23	18
11	80	70	88			18	
12	118	80	128			13	
13	114	69	116			27	
14	110	58	106			22	
15	106	67	96	1,3	55	17	18
16	102	56	86			12	
17	98	65	124			26	
18	94	54	114			21	
19	90	63	104	1,1	55	16	18
20	86	52	94			11	
21	82	50	84			30	
22	119	60	122			26	
23	115	62	112			22	
24	111	64	102			18	
25	107	68	92			14	

Задача 4.

Плоская бесконечная пластина толщиной  $2\delta$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  и коэффициентом температуропроводности  $a$  имеет одинаковую температуру во всех точках  $t_0$ . В момент времени  $\tau = 0$  она помещена в среду с температурой  $t_{ж}$ . Найти значения температур на поверхности и на оси пластины и количество отданного (полученного) тепла в моменты времени  $\tau_1$  и  $\tau_2$ , если коэффициент теплоотдачи равен  $\alpha$ .

№ пп	$2\delta$ , мм	$\lambda$ , Вт/мК	$a$ , м <sup>2</sup> /час	$t_0$ , °C	$t_{ж}$ , °C	$\tau_1$ , мин	$\tau_2$ , мин	$\alpha$ , Вт/м <sup>2</sup> К
1	50	1,5	$4,5 \cdot 10^{-3}$	-30	120	8	35	50
2	160	1,1	$3,6 \cdot 10^{-3}$	20	260	25	55	350
3	90	0,12	$0,5 \cdot 10^{-3}$	15	150	1,5 час	5 час	60
4	380	205	0,34	550	40	20	40	210
5	40	45	$50 \cdot 10^{-3}$	20	740	3	12	140
6	200	14	$8 \cdot 10^{-3}$	220	40	90	6 час	70
7	110	11	$18 \cdot 10^{-3}$	370	150	18	36	250
8	180	24	$70 \cdot 10^{-3}$	-15	215	10	45	160
9	40	0,5	$1,5 \cdot 10^{-3}$	520	90	35	95	18
10	130	3,5	$4,4 \cdot 10^{-3}$	35	650	1,0 час	3 час	40
11	60	0,8	$2 \cdot 10^{-3}$	1100	400	1,3 час	5 час	12
12	100	1,3	$4 \cdot 10^{-3}$	250	20	25	1,5 час	30
13	220	0,16	$0,7 \cdot 10^{-3}$	25	-50	4,5 час	11 час	55
14	300	190	0,3	0	450	8	24	420

15	80	50	$54 \cdot 10^{-3}$	480	10	10	50	90
16	120	9	$15 \cdot 10^{-3}$	30	500	15	55	130
17	250	89	$25 \cdot 10^{-3}$	730	180	50	3 час	190
18	340	20	$65 \cdot 10^{-3}$	20	100	30	2 час	100
19	20	0,14	$3,5 \cdot 10^{-3}$	100	-20	2	5	24
20	240	1,6	$4,5 \cdot 10^{-3}$	10	300	2,0 час	6 час	140
21	100	0,11	$0,5 \cdot 10^{-3}$	-40	25	2,5 час	7 час	15
22	20	0,1	$0,4 \cdot 10^{-3}$	30	-30	16	30	30
23	210	50	$62 \cdot 10^{-3}$	850	80	7	28	800
24	150	10	$10 \cdot 10^{-3}$	600	40	20	80	300
25	300	130	$22 \cdot 10^{-3}$	140	-15	1,5 час	4,5 час	100

### 8.3.3. Примерные задания для расчетных работ

Расчет температурного поля тепловыделяющего элемента АЭС

Тепловыделяющий элемент стержневого типа высотой  $H_0$ , диаметрами  $d_1$  (топливный сердечник),  $d_2$  (зазор) и  $d_3$  (защитная оболочка) выполнен из ядерного топлива с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_t$  и объемной плотностью тепловыделений в среднем сечении твэла  $q_{10}$ . Твэл охлаждается теплоносителем со скоростью в технологическом канале  $w$  (для реакторов БН), расходом теплоносителя  $G$  (для реакторов ВВЭР) и температурой на входе  $t'_{ж}$ . Защитная оболочка выполнена из циркониевого сплава для реакторов типа ВВЭР, а для реакторов типа БН – из нержавеющей стали с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{об}$ .

Тепловыделение сердечника считать симметричным относительно среднего сечения, изменяющегося по закону косинуса и равномерным в поперечном сечении. Контактным термическим сопротивлением на границе топливный сердечник – защитная оболочка можно пренебречь.

Рассчитать:

1. температуру теплоносителя по высоте технологического канала;
2. температуру по высоте наружной поверхности защитной оболочки;
3. температуру топливного сердечника по высоте твэла ( $-\frac{H}{2} \text{ до } \frac{H}{2}$ );
4. Построить соответствующие графики распределения температур.

### 8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета

*Не предусмотрено*

### 8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Теплоотдача при продольном омывании тонкой пластины турбулентным пограничным слоем. Аналогия Рейнольдса
2. Режимы движения жидкости. Гипотеза прилипания, понятие гидродинамического и теплового пограничного слоев, их свойства
3. Основы теории подобия. Основные числа подобия. Теорема подобия
4. Теплоотдача при продольном омывании тонкой пластины ламинарным пограничным слоем
5. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости внутри труб при турбулентном режиме
6. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости внутри трубы при ламинарном режиме. Вязкостный и вязкостно–гравитационный режимы
7. Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме
8. Теплообмен при свободной конвекции в ограниченном пространстве
9. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубе при турбулентном и переходном режимах
10. Теплоотдача при поперечном омывании одиночной трубы
11. Теплоотдача при поперечном омывании пучка труб



12. Теплообмен при кипении жидкости в большом объеме. Зависимость коэффициента  $\alpha$  от  $\Delta t$ , режимы кипения.
13. Кризисы кипения
14. Теплообмен излучением между двумя телами с плоскопараллельными поверхностями. Роль экранов
15. Расчет теплообмена излучением между телами, произвольно расположенными в пространстве. Угловой коэффициент излучения, его геометрические свойства
16. Основные законы теплового излучения. Степень черноты
17. Особенности излучения газов и паров. Степень черноты газового объема
18. Теплообмен излучением между телом и его оболочкой. Угловой коэффициент излучения
19. Схемы движения теплоносителей.
20. Среднегарифмический температурный напор. Сравнение прямотока и противотока
21. Типы теплообменных аппаратов по принципу действия. Виды тепловых расчетов.
22. Уравнение теплового баланса для рекуперативного теплообменника
23. Стационарное температурное поле в цилиндрическом твэле
24. Особенности жидкометаллических теплоносителей
25. Распределение температуры по высоте тепловыделяющего элемента

#### **8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**

*Не используются.*

#### **8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**

*Не используются.*

#### **8.3.8. Интернет-тренажеры**

*Не используются.*