

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Обнинский институт атомной энергетики –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

## **ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Теплогидравлический расчет ядерных реакторов**

*название дисциплины*

для студентов направления подготовки

**14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

*Шифр, название направления*

профиля

**Ядерные реакторы и энергетические установки**

*Шифр, название профиля*

Форма обучения: заочная

**г. Обнинск 2023 г.**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – дать представление о методах и подходах проведения теплогидравлических расчетов активных зон действующих и перспективных ядерных энергетических установок.

Задачи изучения дисциплины:

- разобрать общие подходы к теплогидравлическим расчетам активных зон ядерных реакторов
- дать представление о современных инженерных подходах к оценке основных теплогидравлических характеристик активных зон реакторов

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений и относится к профессиональному модулю (дисциплина по выбору); изучается на 2 курсе в (во) установочную, зимнюю и летнюю сессии.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: физика ядерных реакторов; ядерный топливный цикл.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: производственная практика: преддипломная практика; производственная практика: технологическая (проектно- технологическая) практика.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-4	Способен использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии и алгоритмы	З-ПК-4 знать основы компьютерных и информационных технологий. У-ПК-4 уметь обобщать и анализировать информацию. В-ПК-4 владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики.

## 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

В рамках освоения ОП магистратуры программа воспитания не реализуется.

## 5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы по семестрам:				
	2 курс, установ. сессия	2 курс, зимняя сессия	2 курс, летняя сессия		Всего
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>					
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>18</b>	<b>18</b>			<b>36</b>
В том числе:					
<i>лекции</i>	6	6			<b>12</b>
<i>практические занятия</i>	6	6			<b>12</b>
<i>лабораторные занятия</i>	6	6			<b>12</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>					
В том числе:					
<i>зачет</i>		4			<b>4</b>
<i>зачет с оценкой</i>					
<i>экзамен</i>			4		<b>4</b>
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	18	50	32		<b>100</b>
<b>Всего (часы):</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>36</b>		<b>144</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>		<b>4</b>

**6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Введение в курс ТГР						1	1	1		8
2.	Особенности ядерного реактора как источника энергии и вытекающие требования к теплогидравлическому расчету						1	1	1		8
3.	Классификация ядерных реакторов, их типы и особенности, сопоставление типов реакторов с точки зрения теплогидравлического расчета						1	1	1		8
4.	Общие характеристики теплогидравлического расчета реакторов						1	1	1		8
5.	Отвод тепла из активной зоны реактора						1	1	1		8
6.	Теплогидравлический расчет кассет цилиндрических ТВЭЛов и ТВЭЛов другой формы (реакторы типа БН, ВВЭР, РБМК, газовые реакторы)						1	1	1		8
7.	Общий теплогидравлический расчет реактора с принудительной циркуляцией теплоносителя. Расчет реактора ВВЭР						1	1	1		8
8.	Теплогидравлический расчет топливных каналов с различными ТВЭлами при кризисе теплоотдачи						1	1	1		8
9.	Гидродинамика и кризис теплообмена в тепловыделяющих сборках водо-водяного реактора при аварийной ситуации “СТОП-РАСХОД”						1	1	1		9
10.	Теплогидравлический расчет кипящих реакторов						1	1	1		9
11.	Теплогидравлический расчет реакторных						1	1	1		9

	паропроизводительных установок типа РБМК (водо-графитовые каналные реакторы)										
12.	Теплогидравлический расчет реакторов на быстрых нейтронах						1	1	1		9
	<b>Всего:</b>						<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>		<b>100</b>

*Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся*

## 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>1.</b>	<b>Теплогидравлический расчет ядерных реакторов</b>	
1.1.	Введение в курс ТГР	Роль курса в подготовке инженеров. Комплексность данных, закладываемых в теплогидравлический расчет ядерных реакторов; поисковый и поверочный теплогидравлический расчет. Объединение физического, теплогидравлического и прочностного расчетов в единый расчет реакторов.
1.2.	Особенности ядерного реактора как источника энергии и вытекающие требования к теплогидравлическому расчету	Учет в теплогидравлическом расчете специфических особенностей ядерного реактора. Источники тепла в активной зоне; распределение тепловыделения в активной зоне, общие сведения о расчете тепловыделения, расчет для простейших случаев; коэффициенты неравномерности тепловыделения.
1.3.	Классификация ядерных реакторов, их типы и особенности, сопоставление типов реакторов с точки зрения теплогидравлического расчета	Канальные водо-графитовые, корпусные водо-водяные, быстрые, газовые реакторы. Характерные твэлы и каналы, образуемые твэлами. Специфика теплогидравлического расчета различных реакторов.
1.4.	Общие характеристики теплогидравлического расчета реакторов	Основные исходные данные; структура исходной информации к теплогидравлическому расчету. Описание расчетных схем контура циркуляции и его элементов (канальные реакторы – РБМК-1000, АМБ-200, РБМКП-2500; корпусные реакторы – ВВЭР, ВВРК). Сведения о порядке и объеме теплогидравлического расчета (математические модели, объем теплогидравлического расчета на различных стадиях проектирования, содержание теплогидравлического расчета, программы и подпрограммы).
1.5.	Отвод тепла из активной зоны реактора	Предельно допустимые температуры теплоносителя, оболочки, топлива. Теплогидравлический расчет наиболее напряженной ТВС (максимальные тепловые потоки, градиенты энерговыделения), наиболее напряженного твэла (максимальная температура, максимальная неравномерность температуры). Характер изменения по высоте ТВС температуры теплоносителя, оболочки, топлива на оси. Координаты максимальных температур. Предельно допустимая мощность ТВС.
1.6.	Теплогидравлический расчет кассет цилиндрических твэлов и твэлов другой формы (реакторы типа БН, ВВЭР, РБМК, газовые реакторы)	– Особенности гидродинамики и теплообмена в ТВС с цилиндрическими твэлами (массообмен, неравномерное распределение расходов, различные категории твэлов – центральные и пристенные; различные теплоносители – жидкие металлы, вода, газ; роль оребрения твэлов). – Межканальное взаимодействие теплом и массой в ТВС (коэффициент перемешивания, суммарный коэффициент перемешивания и его составляющие; факторы, влияющие на интенсивность обмена. Формулы для коэффициентов

		<p>межканального обмена. Роль составляющих в межканальном обмене для различных категорий реакторов – БН, ВВЭР, РБМК, газовые реакторы).</p> <p>– <i>Гидродинамический расчет ТВС с цилиндрическими твэлами (программа ГИД). Поканальная методика расчета расходов теплоносителя.</i> Расчет коэффициентов гидравлического сопротивления (гладкие твэлы, оребренные твэлы, каналы произвольного сечения). Упрощенная методика расчета скоростей теплоносителя в каналах ТВС (изолированные каналы, взаимодействующие каналы).</p> <p>– <i>Поканальная методика расчета подогрева теплоносителя в ТВС реакторов с цилиндрическими твэлами (программа ТЕМП).</i> Балансовые уравнения переноса тепла и их решение для различных категорий каналов ТВС. Тепловое взаимодействие ТВС в активных зонах реакторов. Общие сведения о расчете. Роль составляющих эффективного коэффициента теплового взаимодействия для реакторов различного типа (БН, ВВЭР, РБМК, газовые реакторы). Влияние межканального теплообмена на температурные поля ТВС.</p> <p>– <i>Расчет температурных напоров “стенка - жидкость” для твэлов различного типа реакторов.</i> Цилиндрические твэлы. Водяные и газовые реакторы (раздвинутые решетки твэлов, тесные решетки твэлов). Реакторы с жидкометаллическим охлаждением. Центральные, пристенные твэлы. Влияние определяющих параметров на коэффициенты теплоотдачи (температурные напоры). Реакторы с трубчатыми и кольцевыми твэлами, реакторы с твэлами в виде плоских зазоров.</p> <p>– <i>Влияние переменного энерговыделения по высоте активной зоны на температурные напоры “стенка - жидкость”.</i> Пересчет данных, полученных при постоянном энерговыделении, на произвольный закон энерговыделения (принцип суперпозиции, интеграл Дюамеля). Рекомендации для переходных функций. Степень опасности уменьшения коэффициента теплоотдачи при переменном энерговыделении для реакторов с водяным, газовым и жидкометаллическим охлаждением. Упрощенные оценки температурных напоров “стенка - жидкость” при переменном энерговыделении.</p> <p>– <i>Расчет неравномерностей температуры по периметру цилиндрических твэлов.</i> Реакторы с жидкометаллическим охлаждением. Центральные твэлы. Влияние эквивалентной теплопроводности и шага решетки твэлов на неравномерности температуры (реакторы с водяным и газовым охлаждением). Влияние свойств теплоносителя на неравномерности температуры и коэффициенты теплоотдачи. Пристенные твэлы. Влияние различных факторов на температурные поля пристенных твэлов. Формулы для расчета.</p> <p>– <i>Распределение температуры по сечению твэлов. Температурный перепад по сечению ячейки (стержневые твэлы, кольцевые твэлы с односторонним и двусторонним</i></p>
--	--	--

		теплоподводом). Расчет температурного режима ТВС с кольцевыми твэлами.
1.7.	Общий теплогидравлический расчет реактора с принудительной циркуляцией теплоносителя. Расчет реактора ВВЭР	<p>– <i>Определение расхода теплоносителя через реактор.</i></p> <p>– <i>Определение тепловой мощности отдельного канала реактора.</i></p> <p>– <i>Гидравлическое профилирование, его принципы и практическое выполнение. Расчет гидравлического профилирования.</i></p> <p>– <i>Теплогидравлический расчет водо-водяного реактора при охлаждении однофазным теплоносителем (пример).</i></p> <p>Основные исходные данные. Поверочный расчет: тепловая мощность реактора, объем активной зоны, число ячеек в активной зоне; расход теплоносителя через реактор и через наиболее напряженную ячейку; максимальный тепловой поток и запас до критического теплового потока. Расчет гидравлических характеристик. Распределение температуры по высоте ТВС.</p>
1.8.	Теплогидравлический расчет топливных каналов с различными твэлами при кризисе теплоотдачи	Расчет критической мощности канала и запасов по мощности реактора до возникновения кризиса теплоотдачи в отдельных каналах.
1.9.	Гидродинамика и кризис теплообмена в тепловыделяющих сборках водо-водяного реактора при аварийной ситуации “СТОП-РАСХОД”	Явление “захлебывания” и его гидродинамические характеристики. Кризис теплообмена в одиночных каналах с заглушенным нижним торцом. Кризис теплообмена в пучках стержней при отсутствии расхода теплоносителя через нижнее сечение. Противоточное течение в системах изолированных параллельно работающих каналов.
1.10.	Теплогидравлический расчет кипящих реакторов	Особенности теплогидравлического расчета водо-водяных кипящих реакторов корпусного типа.
1.11.	Теплогидравлический расчет реакторных паропроизводительных установок типа РБМК (водо-графитовые каналные реакторы)	<p>– <i>Расчет реактора типа РБМК с вынужденной циркуляцией теплоносителя. Задачи расчета. Исходные данные. Последовательность расчета. Расчет напряженности и размеров активной зоны. Определение расхода через реактор и расхода питательной воды. Гидравлический расчет контура циркуляции.</i></p> <p>– <i>Теплогидравлический расчет реакторных паропроизводительных установок (ППУ) с естественной циркуляцией. Схемы групповых петель (реактор с трубчатыми твэлами, реактор со стержневыми твэлами). Выбор характерного контура. Методика расчета. Определение запаса до критической мощности технологического канала (ТК). Определение размеров активной зоны.</i></p> <p>– <i>Расчет температуры графитового замедлителя. Поверочный расчет параметров теплоносителя и твэла в ТК максимальной мощности. Расчет максимальной температуры в графитовом замедлителе ячейки ТК со стержневыми твэлами. Тепловой поток на поверхности твэла, температура и паросодержание теплоносителя, температура поверхности твэла, температуры топливного</i></p>

		материала.
1.12.	Теплогидравлический расчет реакторов на быстрых нейтронах	Исходные данные, последовательность расчета. Определение максимальных температур, горячие пятна, азимутальные неравномерности температуры.

*Практические/семинарские занятия/лабораторные работы*

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>1.</b>	<b>Теплогидравлический расчет ядерных реакторов</b>	
1.2.	Особенности ядерного реактора как источника энергии и вытекающие требования к теплогидравлическому расчету	Источники тепла в активной зоне; распределение тепловыделения в активной зоне, общие сведения о расчете тепловыделения, расчет для простейших случаев; коэффициенты неравномерности тепловыделения.
1.3.	Классификация ядерных реакторов, их типы и особенности, сопоставление типов реакторов с точки зрения теплогидравлического расчета	Характерные твэлы и каналы, образуемые твэлами. Специфика теплогидравлического расчета различных реакторов.
1.5.	Отвод тепла из активной зоны реактора	Характер изменения по высоте ТВС температуры теплоносителя, оболочки, топлива, температурный перепад по сечению ячейки. Предельно допустимая мощность ТВС, выражение подогревов теплоносителя и температурных напоров через $k_r$ и $k_z$ соответственно.
1.6.	Теплогидравлический расчет кассет цилиндрических твэлов и твэлов другой формы (реакторы типа БН, ВВЭР, РБМК, газовые реакторы)	Расчет температурных напоров “стенка-жидкость” для твэлов различных реакторов (ВВЭР, РБМК, БН); расчет неравномерностей температуры по периметру твэлов этих реакторов: теплоноситель вода, газ, жидкие металлы. Тесные и раздвинутые решетки твэлов Гидродинамический расчет ТВС с цилиндрическими твэлами (программа ГИД). Поканальная методика расчета расходов теплоносителя. Расчет коэффициентов гидравлического сопротивления (гладкие твэлы, оребренные твэлы, каналы произвольного сечения). Упрощенная методика расчета скоростей теплоносителя в каналах ТВС (изолированные каналы, взаимодействующие каналы). Расчет неравномерностей температуры по периметру цилиндрических твэлов. Реакторы с жидкометаллическим охлаждением. Центральные твэлы. Влияние эквивалентной теплопроводности и шага решетки твэлов на неравномерности температуры (реакторы с водяным и газовым охлаждением). Влияние свойств теплоносителя на неравномерности температуры и коэффициенты теплоотдачи. Пристенные твэлы. Влияние различных факторов на температурные поля пристенных твэлов. Формулы для расчета. Эффект переменного энерговыделения
1.7.	Общий теплогидравлический	Теплогидравлический расчет водо-водяного реактора при охлаждении однофазным теплоносителем (пример).

	расчет реактора с принудительной циркуляцией теплоносителя. Расчет реактора ВВЭР	Основные исходные данные. Поверочный расчет: тепловая мощность реактора, объем активной зоны, число ячеек в активной зоне; расход теплоносителя через реактор и через наиболее напряженную ячейку; максимальный тепловой поток и запас до критического теплового потока. Расчет гидравлических характеристик. Распределение температуры по высоте ТВС.
1.10.	Теплогидравлический расчет кипящих реакторов	Особенности теплогидравлического расчета водо-водяных кипящих реакторов корпусного типа.
1.11	Теплогидравлический расчет реакторных паропроизводительных установок типа РБМК (водо-графитовые каналные реакторы)	Расчет реактора типа РБМК с вынужденной циркуляцией теплоносителя. Задачи расчета. Исходные данные. Последовательность расчета. Расчет напряженности и размеров активной зоны. Определение расхода через реактор и расхода питательной воды. Гидравлический расчет контура циркуляции.
1.12	Теплогидравлический расчет реакторов на быстрых нейтронах	Определение максимальных температур, горячие пятна, азимутальные неравномерности температуры.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Кириллов П.Л., Бобков В.П., Жуков А.В., Юрьев Ю.С. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике. Том 1. Теплогидравлические процессы в ЯЭУ. – М.: ИздАТ, 2010, 771 с. (40 экз.)
2. Кириллов П.Л., Жуков А.В., Логинов Н.И., Махин В.М., Пиоро И.Л., Юрьев Ю.С. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике. Том 2. Ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы. – М.: ИздАТ, 2013, 688 с. (40 экз.)
3. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике. Том 3. Теплогидравлические процессы при переходных и нестандартных режимах. Тяжелые аварии. Защитная оболочка. Коды, их возможности, неопределенности. Под ред. П.Л. Кириллова. – М.: ИздАТ, 2014, 688 с. (40 экз.)
4. Жуков А.В. Теплогидравлический расчет реакторов. Часть 5. Переменное энерговыделение в теплогидравлике реакторов, Учебно-научная лаборатория “О и Э ЯЭУ”, ГНЦ РФ-ФЭИ, Обнинск, 2009 г. (30 экз.)
5. Жуков А.В., Юрьев Ю.С., Кузина Ю.А. Теплогидравлический расчет реакторов. Часть 4. Температурные поля в теплообменниках ЯЭУ при малых скоростях течения теплоносителя с опрокидыванием циркуляции, Учебно-научная лаборатория “О и Э ЯЭУ”, ГНЦ РФ-ФЭИ, Обнинск, 2008 г. (30 экз.)
6. Жуков А.В. Теплогидравлический расчет реакторов. Часть 1. Общие вопросы. Учебное пособие для студентов ИАТЭ, Обнинск, 2001.
7. Жуков А.В. Теплогидравлический расчет реакторов. Часть 2. Конвективный теплообмен при однофазном течении (классические и современные представления и решения). Учебно-научная лаборатория “О и Э ЯЭУ”, ГНЦ РФ-ФЭИ, Обнинск, 2003.
8. Жуков А.В. Теплогидравлический расчет реакторов. Часть 3. Теплоотдача и температурные поля ТВЭЛ в регулярных решетках (однофазное течение: эксперимент-расчет, методики и формулы), Учебно-научная лаборатория “О и Э ЯЭУ”, ГНЦ РФ-ФЭИ, Обнинск, 2006 г. Том 1 и 2.
9. Л. Кириллов, Г.П. Богословская “Тепломассообмен в ядерных энергетических установках, М., Энергоатомиздат, 2000 г.
10. А.В. Жуков, П.Л. Кириллов, Н.М. Матюхин и др. “Теплогидравлический расчет ТВС

быстрых реакторов”, М., Энергоатомиздат, 1985 г.

11. А.Я. Крамеров, Я.В. Шевелев “Инженерные расчеты ядерных реакторов”, М., Энергоатомиздат, 1984 г.

12. Б.А. Дементьев “Ядерные энергетические реакторы” (для студентов вузов), М., Энергоатомиздат, 1984 г.

13. А.И. Клемин., Л.Н. Полянин, М.М. Стригулин “Теплогидравлический расчет и теплотехническая надежность ядерных реакторов”, М., Атомиздат, 1980 г.

14. П.Л. Кириллов, Ю.С. Юрьев, В.П. Бобков, Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы), М., Энергоатомиздат, 1984 г.

15. С. Петухов, Л.Г. Генин, С.А. Ковалев “Теплообмен в ядерных энергетических установках”, М., Атомиздат, 1974 г.

16. И.Я. Емельянов, В.И. Михан, В.И. Солонин и др. “Конструирование ядерных реакторов”, М., Энергоатомиздат, 1982 г.

17. Л.Н. Полянин, М.Х. Ибрагимов, Г.И. Сабелев “Теплообмен в ядерных реакторах”, М., Энергоатомиздат, 1982 г.

18. А.А. Шолохов, И.П. Засорин, В.Е. Минашин, В.Н. Румянцев “Определение температуры в твэлах ядерного реактора (с жидкометаллическим теплоносителем)”, М., Атомиздат, 1978 г.

19. В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. Теплопередача, М., Энергоатомиздат, 1981 г.

20. А.М. Петросьянц “Ядерная энергетика”, Изд. Наука, М., 1981 г.

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
<b>Текущий контроль, 2 курс, установ. сессия</b> <b>Текущая аттестация, 2 курс, зимняя сессия</b>			
1.	Введение в курс ТГР	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Индивидуальное домашнее задание
2.	Особенности ядерного реактора как источника энергии и вытекающие требования к теплогидравлическому расчету		
3.	Классификация ядерных реакторов, их типы и особенности, сопоставление типов реакторов с точки зрения теплогидравлического расчета		
4.	Общие характеристики теплогидравлического расчета реакторов		
5.	Отвод тепла из активной зоны реактора		
6.	Теплогидравлический расчет кассет цилиндрических твэлов и твэлов другой формы (реакторы типа БН, ВВЭР, РБМК, газовые реакторы)		

7.	Общий теплогидравлический расчет реактора с принудительной циркуляцией теплоносителя. Расчет реактора ВВЭР	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Индивидуальное домашнее задание
9.	Гидродинамика и кризис теплообмена в тепловыделяющих сборках водяного реактора при аварийной ситуации “СТОП-РАСХОД”		
10.	Теплогидравлический расчет кипящих реакторов		
11.	Теплогидравлический расчет реакторных паропроизводительных установок типа РБМК (водографитовые каналные реакторы)		
12.	Теплогидравлический расчет реакторов на быстрых нейтронах		
<b>Промежуточный контроль, 2 курс, установ. сессия</b>			
<b>Текущая аттестация, 2 курс, зимняя сессия</b>			
	ЗАЧЕТ	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4	Вопросы к зачету
Всего:			

## 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

### 8.2.1. Зачет

а) типовые вопросы (задания):

1. Место атомной энергетики в энергетическом балансе РФ и мира. Стратегия развития атомной энергетики.
2. Межканальный обмен при дистанционировании твэлов “ребро по оболочке” и “ребро по ребру” (физика процесса).
3. Сравните и проанализируйте закономерности изменения температуры теплоносителя по высоте активной зоны в реакторах типа ВВЭР и БН.
4. Цели и задачи теплогидравлического расчета ядерных реакторов, его место в конструировании реакторов.
5. Факторы, влияющие на интенсивность обмена. Встречные навивки на твэлах.
6. Сравните и проанализируйте закономерности изменения температуры оболочки твэла по высоте зоны в реакторах типа ВВЭР и БН.
7. Общие сведения о реакторе и задачи теплогидравлического расчета по узлам реактора.
8. Суммарный (эффективный) коэффициент межканального обмена.
9. Сравните и проанализируйте закономерности изменения температуры топлива по высоте активной зоны в реакторах типа ВВЭР и БН.

10. Специфика реактора как источника энергии, требования к теплогидравлическому расчету.
11. Роль составляющих в межканальном обмене для различных реакторов.
12. Запишите максимальную температуру оболочки твэла через составляющие, которые ее определяют (температура теплоносителя на входе в а.з. задана).
13. Источники тепла в активной зоне.
14. Поканальная методика расчета скоростей в ячейках ТВС.
15. Рассчитайте коэффициент теплоотдачи (в общем виде) для реакторов типа ВВЭР и БН ( $s/d=1,1$ ,  $Re = 50000$ ,  $Pr = 3$ ,  $Pe = 350$ ,  $q = 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>).
16. Распределение тепловыделения в активной зоне, коэффициенты неравномерности энергосыделения.
17. Упрощенные методики расчета скоростей теплоносителя в каналах ТВС.
18. Рассчитайте максимальную неравномерность температуры твэла для реактора типа БН ( $s/d=1,05$ ;  $Pe = 300$ ;  $\varepsilon=0,5$ ).
19. Общая классификация ядерных реакторов. Реакторы типа ВВЭР.
20. Поканальная методика расчета подогревов теплоносителя в каналах ТВС.
21. Какие основные параметры определяют межканальный тепломассообмен в ТВС реакторов (из анализа формулы).
22. Канальные водо-графитовые реакторы.
23. Расчет температурных напоров “стенка- жидкость” твэлов реакторов с водяным охлаждением (раздвинутые решетки твэлов). Критериальная зависимость для чисел Nu.
24. Какая составляющая в межканальном обмене доминирует в ТВС реакторов типа ВВЭР и БН?
25. Корпусные водо-водяные реакторы.
26. Расчет температурных напоров “стенка-жидкость” твэлов реакторов с водяным охлаждением (тесные решетки твэлов). Роль параметра  $\varepsilon_k$ . Критериальная зависимость для чисел Nu.
27. Нарисуйте распределение подогревов и расходов теплоносителя по ТВС до и после гидравлического профилирования.
28. Быстрые реакторы.
29. Температурное поле по периметру твэлов в тесных решетках, неравномерность температуры, роль параметра  $\varepsilon_k$ . Критериальная зависимость.
30. Какие вам известны способы выравнивания энергосыделения (нейтронного потока) по радиусу активной зоны? Нарисуйте поведение энергосыделения при использовании этих способов.
31. Газоохлаждаемые реакторы. Направление развития энергетических реакторов, роль быстрых реакторов.
32. Параметр эквивалентной теплопроводности твэлов  $\varepsilon_k$  и его роль в критериальных зависимостях (тесные, раздвинутые решетки твэлов).
33. Рассчитайте параметр  $\varepsilon_{k0}$  для твэла в треугольной решетке:  $\lambda_f = 60 \frac{\text{Вт}}{\text{м град}}$ ,  $\lambda_w = 15 \frac{\text{Вт}}{\text{м град}}$ ,  $\lambda_t = 2 \frac{\text{Вт}}{\text{м град}}$ . Внешний диаметр твэла – 10 мм, толщина оболочки 0,5 мм.
34. Структура исходной информации к ТГР. Расчетные схемы контуров циркуляции и их элементов.
35. Расчет температурных напоров “стенка-жидкость” твэлов с жидкометаллическим охлаждением (раздвинутые решетки твэлов). Критериальная зависимость для Nu.
36. Рассчитайте параметр  $\varepsilon_{k0}$  для твэла в квадратной решетке:  $\lambda_f = 60 \frac{\text{Вт}}{\text{м град}}$ ,  $\lambda_w = 15 \frac{\text{Вт}}{\text{м град}}$ ,  $\lambda_t = 3 \frac{\text{Вт}}{\text{м град}}$ . Внешний диаметр твэла – 8 мм, толщина оболочки 0,45 мм.
37. Сведения о порядке и объеме ТГР.

38. Расчет температурных напоров “стенка-жидкость” твэлов с жидкометаллическим охлаждением (тесные решетки твэлов). Критериальная зависимость для  $Nu$ , роль параметра  $\varepsilon_k$ .
39. Рассчитайте коэффициент теплоотдачи для твэлов реактора типа ВВЭР ( $s/d=1,4$ ,  $Re=100000$ ,  $Pr=3$ ,  $\lambda_f = 0,5 \frac{Вт}{м \text{ град}}$ ).
40. Предельно допустимые температуры в реакторе (теплоносителя, оболочки, топлива).
41. Общая идеология определения максимальной температуры оболочки твэла.
42. Как вы будете рассчитывать теплоотдачу в решетке твэлов с  $s/d=1,0$  реактора с жидкометаллическим охлаждением? Какие потребуются параметры?
43. Характер изменения по высоте ТВС температуры теплоносителя.
44. Сопоставление температурных напоров “стенка-жидкость” и неравномерностей температуры по периметру твэлов различных реакторов: ВВЭР и РБМК, БН, газовые реакторы.
45. Рассчитайте соотношения скоростей в смежных каналах без учета межканального обмена; гидравлические диаметры каналов  $d_{г1}$  и  $d_{г2}$ , число Рейнольдса  $Re=50000$ .
46. Температура наружной поверхности оболочки, координата ее максимальной температуры.
47. Температурные поля пристенных твэлов реакторов. Сопоставление с центральными твэлами.
48. 3. Рассчитайте соотношение скоростей в смежных каналах с учетом межканального обмена; гидравлические диаметры каналов  $d_{г1}$  и  $d_{г2}$ ; относительный шаг решетки твэлов  $s/d=1,10$ ;  $\mu_{м.т.} = 1 \text{ л/м}$ ;  $\mu_{эф}=1,5 \text{ л/м}$ .
49. Максимальная температура поверхности оболочки твэла.
50. Теплоотдача пристенных твэлов реакторов. Сопоставление с центральными твэлами. Структура формул.
51. Рассчитайте температурный напор “стенка-жидкость” с учетом переменного энерговыделения в точке  $Z=500$  мм; длина начального теплового участка  $l_{н.т.}=300$  мм. Энерговыделение в точке  $Z = 400$  мм  $q = 10^6 \text{ Вт/м}^2$ .
52. Температура топливного сердечника вдоль оси.
53. Распределение температуры по периметру цилиндрического твэла в треугольной решетке. Расчет максимальной неравномерности температуры. Структура формулы.
54. Рассчитайте коэффициент теплоотдачи (в общем виде) в трубчатом твэле при течении воды.
55. Сопоставление и анализ закономерностей изменения температур теплоносителя, оболочки, топлива для различных реакторов.
56. Обобщенная формула для неравномерностей температуры пристенных твэлов. Влияние параметров на максимальную неравномерность температуры.
57. Рассчитайте коэффициент теплоотдачи (в общем виде) в трубчатом твэле при течении жидкого металла.
58. Физика смещения максимума температуры оболочки и топлива (на примере реакторов типа ВВЭР и БН).
59. Влияние переменного по высоте зоны реактора энерговыделения на температурное поле твэлов. Интеграл Дюамеля.
60. Сравните составляющие межканального обмена в быстрых, водо-водяных и газовых реакторах.
61. Расчет температурного перепада по сечению ячейки.
62. Упрощенная оценка температурных напоров “стенка-жидкость” при переменном энерговыделении. Степень опасности ошибки в определении коэффициента теплоотдачи для реакторов с различными теплоносителями.
63. Выразите тепловые характеристики реактора через распределение нейтронного потока.
64. Сопоставление перепадов температуры по сечению ячейки для различных реакторов.

65. Использование принципа суперпозиции при пересчете данных, полученных при постоянном энерговыделении, на переменное энерговыделение. Вывод интеграла Дамеля.
66. Запишите распределение нейтронного потока (энерговыделения) для активной зоны в виде прямоугольного параллелепипеда (дайте графическую интерпретацию).
67. Предельно допустимая мощность ТВС. Выражение подогревов теплоносителя и температурных напоров через  $k_T$  и  $k_Z$  соответственно.
68. Определение гидравлических сопротивлений и расходов теплоносителя по параллельным ТВС реакторов корпусного типа.
69. Запишите распределение нейтронного потока (энерговыделения) для активной зоны цилиндрической формы.
70. Особенности гидродинамики в ТВС с цилиндрическим твэлами.
71. Гидравлическое профилирование активных зон реакторов (общие сведения, принципы выбора расходов при гидравлическом профилировании).
72. Запишите распределение нейтронного потока (энерговыделения) для активной зоны сферической формы.
73. Особенности теплообмена в ТВС с цилиндрическим твэлами.
74. Расчет гидравлических характеристик каналов при сопоставлении любого канала с наиболее нагруженным.
75. Запишите коэффициенты осреднения нейтронного потока для активной зоны цилиндрической формы.
76. Влияние физических свойств теплоносителя на температурные напоры “стенка-жидкость” различных реакторов.
77. Конструктивные способы распределения расходов между ТВС при гидравлическом профилировании, конструкция входного коллектора быстрого реактора.
78. Запишите коэффициенты неравномерности энерговыделения через коэффициенты осреднения нейтронного потока. Их физических смысл.
79. Межканальное перемешивание в ТВС с цилиндрическим твэлами (физика, коэффициенты перемешивания, соотношение между гидродинамическими и тепловыми коэффициентами перемешивания).
80. Теплогидравлический расчет вводов-водяных кипящих реакторов.
81. Запишите суммарный перепад температуры (в центральной плоскости реактора) по сечению ячейки. Дайте характеристику составляющих для различных реакторов.
82. Локальный и средний коэффициенты перемешивания.
83. Теплогидравлический расчет реакторных паропроизводительных установок с естественной циркуляцией.
84. Для каких реакторов больше отличается тепловой коэффициент межканального обмена от гидродинамического – ВВЭР или БН? Почему?
85. Расчет канальных реакторов с вынужденным течением теплоносителя (типа РБМК).
86. Составление балансовых уравнений для подогревов теплоносителя в центральных каналах ТВС.
87. Как рассчитать теплоотдачу в трубчатом твэле энергетического реактора (теплоноситель – вода)?
88. Расчет паропроизводительных установок с естественной циркуляцией.
89. Составление балансовых уравнений для подогревов теплоносителя в пристенных каналах ТВС, включая межкассетный зазор. Программа ТЕМП.
90. Как рассчитать теплоотдачу в трубчатом твэле при течении жидкого металла?
91. Расчет кипящих реакторов.
92. Составление балансовых уравнений для нахождения скоростей теплоносителя в пристенных каналах (поканальная методика). Программа ГИД.
93. Расчет коэффициентов теплоотдачи в реакторах ВВЭР

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний по экзамену входят:

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

В экзаменационный билет входит 2 вопроса. Ответ на каждый вопрос оценивается в 20 баллов. 15-20 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который :

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретических вопросов билета;
- умеет увязать теорию и практику при решении задач.

8-14 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

1-7 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов
- не всегда умеет увязать теорию и практику при решении задач;
- выполнил одну из двух заданий билета.

0 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать четкого определения основных понятий;
- не умеет решать задачи и не может разобраться в конкретной ситуации;
- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний.

### 8.2.2. Индивидуальное домашнее задание

а) типовые задания (вопросы) - образец:

Вариант 0

Построить зависимости распределения температуры элементов активной зоны реактора по высоте энерговыделения при заданных исходных параметрах.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Критерии оценки:

- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

**22-25** баллов ставится, если:

- Задание решено правильно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике.

**17-21** баллов ставится, если:

- Задание решено правильно с незначительными поправками;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

**10-16** баллов ставится, если:

- В ходе решения задания была допущена ошибка;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может применить теоретические знания на практике;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

**0-9** баллов ставится, если:

–решение задания носит грубые ошибки и демонстрирует не знание материалов курса.

### 8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (индивидуальное домашнее задание) и контрольная точка № 2 (индивидуальное домашнее задание).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	<b>Контрольная точка № 1</b>		
	Индивидуальное домашнее задание	15	25
	<b>Контрольная точка № 2</b>		
	Индивидуальное домашнее задание	21	35
Промежуточный	<b>Зачет</b>		
	Вопросы на зачет	24	40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		60	100

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Варианты индивидуальных домашних заданий распределяются на первом занятии.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Экзамен предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на экзамене для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на экзамене.

### 8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных обучающимся при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка по 4-х балльной шкале</i>	<i>Оценка ECTS</i>	<i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i>
<b>90-100</b>	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, 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
<b>85-89</b>	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
<b>75-84</b>		C	
<b>70--74</b>		D	
<b>65-69</b>	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
<b>60-64</b>			
<b>0-59</b>	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***а) основная учебная литература:***

1. Кириллов П.Л., Бобков В.П., Жуков А.В., Юрьев Ю.С. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике. Том 1. Теплогидравлические процессы в ЯЭУ. – М.: ИздАТ, 2010, 771 с. (40 экз.)
2. Кириллов П.Л., Жуков А.В., Логинов Н.И., Махин В.М., Пиоро И.Л., Юрьев Ю.С. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике. Том 2. Ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы. – М.: ИздАТ, 2013, 688 с. (40 экз.)
3. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике. Том 3.

Теплогидравлические процессы при переходных и нестандартных режимах. Тяжелые аварии. Защитная оболочка. Коды, их возможности, неопределенности. Под ред. П.Л. Кириллова. – М.: ИздАТ, 2014, 688 с. (40 экз.)

4. Жуков А.В. Теплогидравлический расчет реакторов. Часть 5. Переменное энерговыделение в теплогидравлике реакторов, Учебно-научная лаборатория “О и Э ЯЭУ”, ГНЦ РФ-ФЭИ, Обнинск, 2009 г. (30 экз.)

5 Жуков А.В., Юрьев Ю.С., Кузина Ю.А. Теплогидравлический расчет реакторов. Часть 4. Температурные поля в теплообменниках ЯЭУ при малых скоростях течения теплоносителя с опрокидыванием циркуляции, Учебно-научная лаборатория “О и Э ЯЭУ”, ГНЦ РФ-ФЭИ, Обнинск, 2008 г. (30 экз.)

**б) дополнительная учебная литература:**

1. Жуков А.В. Теплогидравлический расчет реакторов. Часть 1. Общие вопросы. Учебное пособие для студентов ИАТЭ, Обнинск, 2001.

2. Жуков А.В. Теплогидравлический расчет реакторов. Часть 2. Конвективный теплообмен при однофазном течении (классические и современные представления и решения). Учебно-научная лаборатория “О и Э ЯЭУ”, ГНЦ РФ-ФЭИ, Обнинск, 2003.

3. Жуков А.В. Теплогидравлический расчет реакторов. Часть 3. Теплоотдача и температурные поля твэлов в регулярных решетках (однофазное течение: эксперимент-расчет, методики и формулы), Учебно-научная лаборатория “О и Э ЯЭУ”, ГНЦ РФ-ФЭИ, Обнинск, 2006 г. Том 1 и 2.

4. Л. Кириллов, Г.П. Богословская “Тепломасообмен в ядерных энергетических установках, М., Энергоатомиздат, 2000 г.

5. А.В. Жуков, П.Л. Кириллов, Н.М. Матюхин и др. “Теплогидравлический расчет ТВС быстрых реакторов”, М., Энергоатомиздат, 1985 г.

6. А.Я. Крамеров, Я.В. Шевелев “Инженерные расчеты ядерных реакторов”, М., Энергоатомиздат, 1984 г.

7. Б.А. Дементьев “Ядерные энергетические реакторы” (для студентов вузов), М., Энергоатомиздат, 1984 г.

8. А.И. Клемин., Л.Н. Полянин, М.М. Стригулин “Теплогидравлический расчет и теплотехническая надежность ядерных реакторов”, М., Атомиздат, 1980 г.

9. П.Л. Кириллов, Ю.С. Юрьев, В.П. Бобков, Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы), М., Энергоатомиздат, 1984 г.

10. С. Петухов, Л.Г. Генин, С.А. Ковалев “Теплообмен в ядерных энергетических установках”, М., Атомиздат, 1974 г.

11. И.Я. Емельянов, В.И. Михан, В.И. Солонин и др. “Конструирование ядерных реакторов”, М., Энергоатомиздат, 1982 г.

12. Л.Н. Полянин, М.Х. Ибрагимов, Г.И. Сабелев “Теплообмен в ядерных реакторах”, М., Энергоатомиздат, 1982 г.

13. А.А. Шолохов, И.П. Засорин, В.Е. Минашин, В.Н. Румянцев “Определение температуры в твэлах ядерного реактора (с жидкометаллическим теплоносителем)”, М., Атомиздат, 1978 г.

14. В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. Теплопередача, М., Энергоатомиздат, 1981 г.

15. А.М. Петросьянц “Ядерная энергетика”, Изд. Наука, М., 1981 г.

**10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. E-learning for Nuclear Newcomers (<http://www.iaea.org/Nuclear Power/Infrastructure/elearning/index.html> Режим доступа: 29.05.2015)
2. Росатом-корпорация знаний (<https://www.youtube.com/user/Mirny Atom> Режим доступа: 29.05.2021 г)
3. Энциклопедия атома Росатом-корпорация знаний (<http://www.rosatom.ru/journalist/videogallery/enciklopedia atoma/def Document> Режим

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой студента. При изложении разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями к технологии жидкометаллических теплоносителей. Систематические индивидуальные консультации. Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и информационных технологий.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	При подготовки к практическим занятиям повторить основные понятия по темам лекционных занятий задания. Решая поставленные задания, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задать вопросы преподавателю
Лабораторные занятия	При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться с методическими руководствами по работе с изучаемыми программными комплексами. Важно внимательно ознакомиться с функционалом и возможностями данных комплексов. При защите лабораторных работ важно детально разбираться в теоретических аспектах ПК.
Доклад	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением доклада.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.
Индивидуальное домашнее задание	При выполнении индивидуальных заданий необходимо сначала прочитать теорию и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общую схему решения. Если Вы решали задачу «по образцу» рассмотренного на аудиторном занятии или в методическом пособии примера, то желательно после этого обдумать процесс решения и попробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, перечень ресурсов сети интернет.

	Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками по ядерным технологиям. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к зачету нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

## **12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)**

### **12.1. Перечень информационных технологий**

- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

### **12.2. Перечень программного обеспечения**

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «Windows Media Player»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций («Microsoft Power Point»).

## **13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Минимально необходимый для реализации дисциплины перечень материально - технического обеспечения включает в себя:

а) аудитория для проведения лекционных поточных занятий с возможностью подключения средств для проведения лекций с использованием слайд-презентаций, демонстрацией видеоклипов.

б) библиотека (или аудитории) с возможностью выхода в интернет для использования в процессе самостоятельной работы интернет-ресурсов.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечивается индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам, содержащим (в основном) все издания основной литературы, перечисленные в рабочей программе дисциплины.

в) наличие доступа к библиотечному фонду института

## **14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ**

### **14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Применяемые на лекционных занятиях

- Технология концентрированного обучения (лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов)
- Технология активного обучения (визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций)

Применяемые на практических занятиях

- Технология активного обучения (визуальный семинар с разбором конкретных задач).

- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм: группа получает задание, далее предполагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике).

#### ***14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)***

Темы для самостоятельных занятий:

- 1 Теплогидравлический расчет деформированных ТВС.
- 2 Влияние различных факторов на температурные поля твэлов.
- 3 Случайные отклонения температур, факторы перегрева.
- 4 Расчет температур деформированных решеток твэлов.
- 5 Расчет перегревов под дистанционирующим обребрением твэлов, учет неадиабатических условий на стенках чехлов ТВС, учет различной тепловой мощности твэлов.
- 6 Случайные отклонения температур.
- 7 Расчет проходных сечений ячеек ТВС с учетом статистических закономерностей.
- 8 Задание определяющих параметров по методу Монте-Карло.
- 9 Факторы перегрева.
- 10 Определение расхода теплоносителя через межкассетные зазоры и доли тепла, перетекающего в межкассетное пространство

### **15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий. Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.) С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополни-тельной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

**Для лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях

звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литера-туры и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил:

\_\_\_\_\_ А.С. Шелегов, к.т.н., доцент

Рецензент:

\_\_\_\_\_ А.С. Исаев, старший преподаватель отделения ЯФиТ(О)