

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

Прочность и ресурс ядерных энергетических установок

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии

Шифр, название направления подготовки

профиля

Физика и технологии реакторов на быстрых нейтронах

Шифр, название профиля

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины

- освоение основных представлений и понятий о методах расчетно-экспериментального определения характеристик прочности и надежности элементов оборудования ИР.

Задачи дисциплины

После изучения курса студенты должны. В результате изучения дисциплины студент должен:

- овладеть методами расчета прочности и ресурса ядерных реакторов;
- знания об области применимости различных методов расчета прочности и алгоритмы, используемые в программных комплексах;
- получить навыки пользования готовыми программными комплексами для расчетов моделей ядерных реакторов и навыки анализа полученных по расчётным программам результатов.

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

Дисциплина реализуется в рамках профессионального модуля (дисциплина по выбору).

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Физика, Математика, Теория сопротивления материалов (сопромат), Основы тепломассообмена, Методы мат. моделирования физических процессов (численные методы решения практических задач).

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

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-20.2	Способен организовывать и контролировать выполнение работ, связанных с учетом и контролем ядерных материалов и обеспечением ядерной безопасности при хранении, использовании и транспортировке ядерного топлива на АС	З-ПК-20.2 знать методы расчета защиты; правовые и международные аспекты ядерного нераспространения; основные библиотеки ядерных данных; основные системы управления и защиты ядерных энергетических установок; автоматизированные системы управления технологическими процессами ядерных энергетических установок У-ПК-20.2 уметь моделировать состояний атомных электрических станций в аварийных и переходных режимах; В-ПК-20.2 владеть физическими расчетами ядерных реакторов с жестким спектром нейтронов

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 в семестре:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	32
В том числе:	
<i>лекции</i>	-
<i>практические занятия</i>	-
<i>лабораторные занятия</i>	32
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
<i>зачет с оценкой</i>	-
Самостоятельная работа обучающихся	40
Всего (часы):	72
Всего (зачетные единицы):	2

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.	Особенности работы реакторных материалов			14		21					
1.1.	Введение			2		3					
1.2.	Основы термоупругости			2		3					
1.3.	Пластичность облучаемого тела			2		3					
1.4.	Тепловая и радиационная ползучести			2		3					
1.5.	Физические зависимости для облучаемого тела в вязко - пластической стадии деформирования с учетом набухания материала			2		3					
1.6.	Температурные напряжения и термостойкость конструкций ИР			2		3					
1.7.	Характеристики прочности и усталости облученного материала			2		3					
2.	Расчеты элементов ИР			18		16					
2.1.	Оценка ресурса работы конструктивных элементов ИР по накоплению повреждений			4		3					
2.2.	Прочность твэлов ядерных реакторов			4		3					

2.3	Работоспособность тепловыделяющих сборок (ТВС) ядерных реакторов			2		3					
2.4	Основы расчета на прочность оборудования ИР			4		3					
2.5	Основные положения норм расчета на прочность элементов реакторов			4		4					
	Всего			32		40					

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)

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Особенности работы реакторных материалов	
1.1.	Введение	Проблемы прочности и надежности в проектировании и эксплуатации оборудования ИР. Условия работы и особенности нагружения элементов конструкций ИР. Безопасность работы ИР. Отклонения от нормальных условий эксплуатации. Аварийные ситуации. Расчет силовых факторов, напряжений и деформаций в стержне. Расчет силовых факторов, напряжений и деформаций в круглой пластине. Расчет напряженно-деформированного состояния в цилиндрической оболочке с учетом краевых условий.
1.2.	Основы термоупругости	Теория напряжений и деформаций. Тензоры напряжений и деформаций и их главные компоненты. Шаровой тензор и девиатор. Интенсивности напряжений и деформаций. Скорости перемещений и деформаций. Уравнения равновесия, совместности деформаций, граничные условия и физические зависимости между напряжениями и деформациями для упругого тела. Постановка и методы решения задачи термоупругости. Расчет температурных напряжений в защемленном с краев стержне.
1.3	Пластичность облучаемого тела	Влияние облучения на механические свойства конструкционных материалов. Диаграммы деформирования облученных материалов, их аппроксимация. Гипотеза и основные уравнения деформационной теории пластичности и теории пластического течения облучаемого тела. Простое пропорциональное и сложное нагружения.
1.4	Тепловая и радиационная ползучести	Испытания на ползучесть. Стадии тепловой ползучести. Скорость ползучести и ее зависимость от температуры и напряжений. Особенности радиационной ползучести. Внутриреакторные испытания на ползучесть. Теории ползучести старения, течения и упрочнения. Особенности и области их применения. Гипотезы и основные уравнения. Особенности и область их применения. Гипотезы и основные уравнения теории ползучести течения облучаемого тела.
1.5	Физические зависимости для облучаемого тела в вязко - пластической стадии деформирования с учетом распухания материала	Распухание делящихся и конструкционных материалов. Модели распухания равновесных вакансионных пор. Модели газового распухания. Распухание дисперсионного топлива. Особенности распухания окисных топлив. Распухание конструкционных материалов. Обобщенные физические зависимости упруго - вязко - пластически деформируемого облучаемого тела с учетом распухания и изменения механических свойств материала. Постановка и методы решения задачи. Определения напряженно - деформированного состояния элементов активной зоны, внутри корпусных устройств ядерного реактора и другого оборудования ИР

1.6	Температурные напряжения и термостойкость конструкций ИР	Напряжения от температурных полей и неоднородного распухания материала элементов конструкции ИР. Температурные и радиационные напряжения в стержнях и пластинах (различные случаи закрепления). Температурные напряжения в сферической и цилиндрической оболочках. Термические и радиационные напряжения в толстостенных трубах и круглых стержнях (топливные сердечники). Термостойкость элементов конструкций ИР. Поведение хрупких и пластичных материалов при мягком и жестком нагружениях. Термостойкость материалов при однократном нагреве. Расчет температурных и радиационных напряжений в стержнях и пластинах (различные случаи закрепления). Расчет температурных напряжений в сферической и цилиндрической оболочках. Расчет термических и радиационных напряжений в толстостенных трубах и круглых стержнях (топливные сердечники).
1.7	Характеристики прочности и усталости облученного материала	Длительная прочность и пластичность материала. Испытания с постоянным напряжением и постоянной скоростью деформирования. Основные экспериментальные зависимости. Внутриреакторные испытания на длительную прочность. Многоцикловая и малоцикловая усталость конструкционных материалов. Испытания на усталость. Явление приспособляемости конструкций. Термоусталость. Нормативные расчетные зависимости. Расчет стержня на многоцикловую и малоцикловую усталость
2.	Расчеты элементов ИР	
2.1.	Оценка ресурса работы конструкционных элементов ИР по накоплению повреждений	Расчет на длительную прочность и длительную пластичность. Коэффициенты запаса прочности по времени и по напряжениям или деформациям. Расчеты элементов конструкций ИР на усталость по накоплению повреждений. Коэффициенты запаса по числу циклов и по деформациям. Суммирование квазистатических и усталостных повреждений. Деформационно-кинетический критерий накопления повреждений.
2.2.	Прочность твэлов ядерных реакторов	Стержневые твэлы с оксидным топливом. Газовая модель и модель жесткого контакта топлива с оболочкой. Давление газовых продуктов под оболочкой. Определение напряженно-деформированного состояния оболочки твэла с оксидным топливом. Основные уравнения и результаты решения. Коэффициенты запаса прочности и формоизменения. Расчет температурных полей в оболочке и топливном сердечнике твэла быстрого и теплового реакторов. Расчет температурных напряжений в оболочке и топливном сердечнике твэла быстрого реактора (полый сердечник). Расчет температурных напряжений в оболочке и топливном сердечнике твэла теплового реактора (сплошной сердечник).
2.3	Работоспособность тепловыделяющих сборок (ТВС) ядерных	Прочность и формоизменение шестигранных чехлов ТВС быстрых реакторов. Усилия взаимодействия ТВС и элементов органов СУЗ, составляющих активную зону

	реакторов	быстрого реактора, в процессе эксплуатации. Двухмерная и трехмерная задачи. Деформации бескассетной ТВС теплового реактора. Влияние на жесткость ТВТ осевой сжимающей силы, решеток и сил трения в местах дистанционирования твэлов. Искривления ТВС в активной зоне реактора и проблема затирания СУЗ.
2.4	Основы расчета на прочность оборудования ИР	Теория изгиба и растяжения элементов оборудования ИР, имеющих форму круглых, симметрично нагруженных пластин. Основные уравнения граничные условия и методы решения. Осемитричная деформация изгиба и растяжения элементов конструкции ИР, имеющих форму цилиндрических оболочек. Уравнения совместности деформации и равновесия. Физические зависимости, разрешающие уравнения и граничные условий. Расчет радиационных напряжений от неоднородного распухания в элементах активных зон ядерного реактора. Расчет релаксации температурных и радиационных напряжений в элементах оборудования ИР Приближенный расчет на прочность стержневого твэла с окисным топливом по газовой модели. Расчет на прочность твэла по уточненной модели.
2.5	Основные положения норм расчета на прочность элементов реакторов	Общие положения. Выбор основных размеров конструкций. Понятие о проверочных расчетах на статистическую прочность и устойчивость, на циклическую и длительную циклическую прочность, на сопротивление хрупкому разрушению и прогрессирующее формоизменение, на сейсмическое воздействие и вибропрочность. Расчет толщин стенок корпуса, эллиптического днища и плоской крышки реактора по нормам прочности. Проверочный расчет на малоцикловую усталость корпуса реактора по нормам прочности. Проверочный расчет корпуса реактора на трещиностойкость по нормам прочности.

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

1. Раздаточный материал справочных таблиц;
2. Презентации курса
3. Статьи в периодических изданиях: «Атомная энергия», «Известия вузов. Ядерная энергетика».

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

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
-------	---	---	----------------------------------

Текущий контроль			
1.	Введение	3-ПК-20.2; У-ПК-20.2; В-ПК-20.2	Контрольная работа
2.	Основы термоупругости		
3.	Пластичность облучаемого тела		
4.	Тепловая и радиационная ползучести		
5.	Физические зависимости для облучаемого тела в вязко - пластической стадии деформирования с учетом распухания материала		
6.	Температурные напряжения и термостойкость конструкций ИР		
7.	Характеристики прочности и усталости облученного материала		
8.	Оценка ресурса работы конструкционных элементов ИР по накоплению повреждений	3-ПК-20.2; У-ПК-20.2; В-ПК-20.2	Индивидуальное домашнее задание
9.	Прочность твэлов ядерных реакторов		
10.	Работоспособность тепловыделяющих сборок (ТВС) ядерных реакторов		
11.	Основы расчета на прочность оборудования ИР		
12.	Основные положения норм расчета на прочность элементов реакторов		
Промежуточный контроль, 1 семестр.			
	Зачет	3-ПК-20.2; У-ПК-20.2; В-ПК-20.2	Вопросы к зачету

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

8.2.1. Зачет

а) типовые вопросы:

1. Деформации упругие, не упругие. Закон Гука и область его применимости.
2. Основные закономерности пластических деформаций. Зависимость деформаций от скорости нагружения и температуры материала.
3. Представление пластических свойств материалов. Упрочнение при пластических деформациях.
4. Радиационное охрупчивание материалов. Понятие краснотоккости.
5. Деградация механических свойств материалов при воздействии ионизирующего излучения. Физика и методы восстановления механических свойств.
6. Циклы нагружения. Понятие циклической прочности. Базовое число циклов нагружения.
7. Особенности работы толстостенных элементов конструкций. Малоцикловая прочность.
8. Критерии работоспособности по прочности для элементов нагруженных температурными полями. Учет температурных напряжений совместно с напряжениями от приложенных силовых факторов.

9. Нормы расчета на прочность для ИР. Критерии работоспособности. Запасы прочности.
10. Особенности расчета оболочки ТВЭЛ с керамическим топливом. С учетом контакта топлива с оболочкой и без контакта.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний 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:

15-20 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

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

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

- сделал все, что требуется для получения оценки «отлично», однако при этом 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

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 может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний

8.2.2. Контрольная работа

а) типовые задания:

Вариант 0

1) Найти напряжения в оболочке ТВЭЛ при давлении в газовом зазоре 2 МПа, толщине оболочки 0,1 мм и ее диаметре 9,1 мм. Модуль упругости материала оболочки $1,7 \times 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона 0,27. Краевыми эффектами в местах закрепления пренебречь.

2) Найти температурные напряжения в цилиндрической оболочке, диаметром 3 м, и толщиной стенки 70 мм. Коэффициент линейного температурного расширения материала оболочки $\alpha = 2,7 \times 10^{-5}$ м/К, модуль упругости $2,0 \times 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона 0,3. Температуре внутри 300°C, - снаружи 30 °C.

Вариант 1

1) Найти напряжения цилиндрического корпуса газового реактора при давлении теплоносителя 7 МПа, толщине стенки корпуса 50 мм и его диаметре 3,6 м. Модуль упругости материала корпуса $1,95 \times 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона 0,3. Краевыми эффектами в местах закрепления пренебречь.

2) Найти температурные напряжения в прямоугольной пластине, жестко закрепленной с двух противоположных сторон и не закрепленной с оставшихся сторон, если температура с одного закрепленного края изменилась на 700°C, а на другом осталась исходной. Толщина пластины 12 мм, длина 2 м, ширина 1 м. Коэффициент линейного температурного расширения материала пластины $\alpha = 4,2 \times 10^{-5}$ м/К, модуль упругости $1,97 \times 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона 0,28.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний на контрольной работе входят:

1. знание теоретического материала;
2. умение применить данные знания при решении практических задач;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. умение проанализировать полученный результат.

в) описание шкалы оценивания:

Задача 1 оценивается в 10 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 2 оценивается в 20 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

8.2.3. Индивидуальное домашнее задание

а) типовые задания - образец:

Вариант 1

МЕТОДЫ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ ТВЭЛОВ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Расчёт на прочность стержневых ТВЭЛов с окисным топливом.

Задачи расчёта.

А. Разработать программу расчёта на ЭВМ напряжённо-деформированного состояния и характеристик прочности стержневого ТВЭЛа с окисным топливом.

Б. Провести расчёт напряжённо-деформированного состояния в опасном сечении ТВЭЛа.

В. Оценить характеристики прочности и формоизменение опасного сечения ТВЭЛа.

Входные данные для расчетов

Для расчетов используются следующие физико-механические свойства жаропрочной стали аустенитного класса X16H15M3B.

А. Упругие константы, усредненные для температурного диапазона (500°C – 700°C) $\mu=0.3$; $E = 1.8 \cdot 10^4$ (кг/мм²).

Коэффициент теплового расширения $\alpha = 18 \cdot 10^{-6}$ (1/ 0C).

Б. Константы тепловой и радиационной ползучести:

$$A_{T0}=3 \cdot 10^{12}, Q=0.51 \cdot 10^5, A_{\phi_0}=1.43 \cdot 10^{-5}, n=5.4$$

В. Константы длительной прочности:

$$D_0 = 10^{-63}, Q_1 = 1.64 \cdot 10^5$$

m	10.5	6.5.	4.0
T ₀ (K)	873	973	1023

Г. Константы функции распухания:

$$A_{s0}=2.8 \cdot 10^{-14}, \lambda_s=1.7, A_s(T)=10^{(1.55 \cdot 10^4/T - 5.99 \cdot 10^6/T^2)}$$

$$\varepsilon_B = 2\% \quad \text{для} \quad T \leq 600 \quad ^\circ\text{C}$$

$$\varepsilon_B = 1\% \quad \text{для} \quad T > 600 \quad ^\circ\text{C}$$

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Оценка	Критерии
25-30	1) полное раскрытие темы; 2) указание точных названий и определений; 3) правильная формулировка понятий и категорий; 4) приведение формул.
20-24	1) недостаточно полное, по мнению преподавателя, раскрытие темы; 2) несущественные ошибки в определении понятий, формулах и т. п., кардинально не меняющих суть изложения; 3) наличие грамматических и стилистических ошибок и др.
11-19	1) ответ отражает общее направление изложения лекционного материала; 2) наличие достаточного количества несущественных или одной-двух существенных ошибок в определении понятий и категорий, формулах, статистических данных и т. п.; 3) наличие грамматических и стилистических ошибок и др.
0-10	1) не раскрытие темы; 2) большое количество существенных ошибок; 3) наличие грамматических и стилистических ошибок и др.

в) описание шкалы оценивания:

18-30 индивидуальное домашнее задание засчитывается

0-17 индивидуальное домашнее задание отдается на доработку

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 (контрольная работа) 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	Контрольная точка № 1	18	30
	Задача 1	6	10
	Задача 2	12	20
	Контрольная точка № 2	18	30
	Индивидуальное домашнее задание	18	30
Промежуточный	Зачет	24	40
	Вопрос 1	12	20
	Вопрос 2	12	20
ИТОГО по дисциплине		60	100

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце семестра за активную и регулярную работу на занятиях, за 5 баллов

По Положению бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов.

Штрафы: за несвоевременную сдачу реферата максимальная оценка может быть снижена на 20 %;

при повторном написании контрольной работы максимальная оценка может быть снижена на 20 % .

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

Контрольная работа проводится на практических занятиях и включают задачи по предыдущим разделам. Баллы формируются согласно критериям.

Варианты индивидуального домашнего задания распределяются на третьем занятии, готовые задания проверяются по мере готовности расчетного задания в течении семестра.

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

Зачет 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 зачете 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 зачете.

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>
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	<i>A</i>	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
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	<i>B</i>	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		<i>C</i>	
70--74		<i>D</i>	

65-69			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
60-64	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	<i>E</i>	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	<i>F</i>	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. Беляев, Н.М. Сборник задач по сопротивлению материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.М. Беляев, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников [и др.]. — Электрон.дан. — СПб. : Лань, 2011. — 431 с. — http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2022
2. Чернышов, Г.Г. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.Г. Чернышов, Д.М. Шашин. — Электрон.дан. — СПб. : Лань, 2013. — 462 с. — http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=12938

б) дополнительная учебная литература:

1. Забудько Л.М., Лихачев Ю.И., Прошкин А.А. Работоспособность ТВС быстрых реакторов. Энергоатомиздат, 1998 г. (4 экз.)
2. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М., Изд. «Машиностроение», 1975. (2 экз.)
3. Соловьев С.П., Хмелевская В.С. Механические, коррозионные и радиационные свойства материалов для ядерных энергетических установок. Учебное пособие, Обнинск, ИАТЭ, 1991. (177 экз.)
4. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Энергоатомиздат, 1989.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости: Теоретическая физика. Учебное пособие для вузов в 10 томах – М.: ФизМатЛит. 1965, том 7. (1экз.)
6. А. А. Тутнов. Методы расчета работоспособности элементов конструкций ядерных реакторов. М., Энергоатомиздат, 1987. (5экз.)
7. Лихачев Ю.И., Пупко В.Я., Прочность тепловыделяющих элементов ядерных реакторов. Атомиздат, 1975 г.
8. Лихачев Ю.И., Вашляев Ю.Н. Расчет на прочность твэлов ядерного реактора. Учебное пособие, Обнинск, ИАТЭ 2002 г. (10 экз)

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

1. Научная электронная библиотека [Официальный сайт]. — URL: <http://elibrary.ru/>

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; помечать 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 подготовке 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)

- применение средств мультимедиа в образовательном процессе (презентации, видео);
- возможность консультирования обучающихся преподавателями в любое время и в любой точке пространства посредством сети Интернет(e-mail)

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

При изучении дисциплины используются специализированные лаборатории и кабинеты с оборудованием, компьютерные классы, лекционные аудитории, оснащенные мультимедийным оборудованием и т.п., имеющимся в ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

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

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1	Введение	лекции/практические занятия	5	лекция-беседа, визуальный семинар с разбором конкретных задач
2	Основы термоупругости	лекции/практические занятия	3	лекция-беседа, визуальный семинар с разбором конкретных задач
3	Пластичность облучаемого тела	лекции	1	визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций

4	Тепловая и радиационная ползучести	лекции	1	визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций
5	Физические зависимости для облучаемого тела в вязко - пластической стадии деформирования с учетом распухания материала	лекции	2	визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций
6	Температурные напряжения и термостойкость конструкций ИР	лекции/практические занятия	9	лекция-беседа, визуальный семинар с разбором конкретных задач
7	Характеристики прочности и усталости облученного материала	лекции/практические занятия	6	лекция-беседа, визуальный семинар с разбором конкретных задач
8	Оценка ресурса работы конструктивных элементов ИР по накоплению повреждений	лекции	2	визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций
9	Прочность твэлов ядерных реакторов	лекции/практические занятия	6	лекция-беседа, визуальный семинар с разбором конкретных задач
10	Работоспособность тепловыделяющих сборок (ТВС) ядерных реакторов	лекции	2	визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций
11	Основы расчета на прочность оборудования ИР	лекции/практические занятия	12	лекция-беседа, визуальный семинар с разбором конкретных задач
12	Основные положения норм расчета на прочность элементов реакторов	лекции/практические занятия	5	лекция-беседа, визуальный семинар с разбором конкретных задач

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

Темы, выносимые для самостоятельного изучения

1. Сверхупругость. Деформации гиперупругих материалов типа латекс, силикон и т.п. Модель деформаций Нео-Гука и другие.
2. Динамические задачи прочности конструкций ядерных реакторов. Частотные характеристики элементов ядерного реактора.

3. Вынужденные колебания элементов ядерных реакторных установок. Задачи сейсмостойкости и вибропрочности. Резонансы.
4. Разрушение материалов. Физика разрушения хрупких и пластичных материалов. Модели зарождения и роста трещин. Качественное различие моделей разрушения. Их классификация, преимущества и недостатки.
5. Численные методы решения задач прочности. Общие подходы к решению. Решения с помощью метода конечных элементов. Метод Бубнова-Галеркина.

14.3. Краткий терминологический словарь

ИР– исследовательский реактор

РУ – реакторная установка

ТВЭЛ- тепловыделяющий элемент

ТВС- тепловыделяющая сборка

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 дополнительной 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 литературы 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. Зевякин, старший преподаватель ОЯФиТ

Рецензент:

_____ П.А. Данилов, старший преподаватель ОЯФиТ