

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ по дисциплине

Прочность и ресурс ядерных энергетических установок
название дисциплины

для направления подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии
код и название направления подготовки

образовательная программа

Физика и технологии реакторов на быстрых нейтронах

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Прочность и ресурс ядерных исследовательских установок» и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

Цели и задачи фонда оценочных средств

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Прочность и ресурс ядерных исследовательских установок» решаются следующие задачи:

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

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. 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

1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП магистратуры

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Место дисциплины и соответствующий этап формирования компетенций в целостном процессе подготовки по образовательной программе можно определить по матрице компетенций, которая приводится в Приложении.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. п. 4 рабочей программы дисциплины).

1.3. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ 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

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	БРС, % освоения	ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета
Высокий <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает низсостоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	90-100	A/ Отлично/ Зачтено
Продвинутый <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	<i>Включает низсостоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	85-89	B/ Очень хорошо/ Зачтено
			75-84	C/ Хорошо/ Зачтено
Пороговый <i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.	65-74	D/Удовлетворительно/ Зачтено
			60-64	E/Посредственно /Зачтено
Ниже порогового	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно/ Не зачтено

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

Уровень сформированности компетенции	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
высокий	высокий	высокий
	<i>продвинутый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>продвинутый</i>
продвинутый	<i>пороговый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>пороговый</i>
	продвинутый	продвинутый
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	пороговый	пороговый
ниже порогового	пороговый	ниже порогового
	ниже порогового	-

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков 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.

4.Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков

Вопросы для зачета

по дисциплине Прочность и ресурс ядерных энергетических установок
(наименование дисциплины)

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 красноточности.
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 ЯЭУ. Критерии работоспособности. Запасы прочности.
10. Особенности расчета оболочки ТВЭЛ с керамическим топливом.. С учетом контакта топлива с оболочкой и без контакта.

Критерии оценки:

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.

Описание шкалы оценивания

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;
- 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
- не всегда умеет увязать теорию и практику при решении задач;
- выполнил одну из двух задач в индивидуальной работе.

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.

Комплект заданий для контрольной работы
по дисциплине Прочность и ресурс ядерных энергетических установок
(наименование дисциплины)

Раздел «Особенности работы реакторных материалов»

Вариант 1

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 °С, - снаружи 30 °С.

Вариант 2

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 изменилась на 700 °С. 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.

Вариант 3

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 стержне, жестко закрепленном с двух сторон, если его температура изменилась на 700 °С. Стержень имеет круглое сечение радиусом 6 мм, длина стержня 8 м. Коэффициент линейного температурного расширения материала стержня $\alpha = 4,2 \times 10^{-5}$ м/К, модуль упругости $1,97 \times 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона 0,28.

Вариант 4

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 стержне, жестко закрепленном с двух сторон, если его температура изменилась на $700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Стержень имеет круглое сечение радиусом 6 мм, длина стержня 8 м. Коэффициент линейного температурного расширения материала стержня $\alpha=4,2\times 10^{-5}\text{ м/К}$, модуль упругости $1,97\times 10^{11}\text{ Па}$, коэффициент Пуассона 0,28.

Вариант 5

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 $1,7\times 10^{11}\text{ Па}$, коэффициент Пуассона 0,27. 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 изменилась на $700\text{ }^{\circ}\text{C}$. Толщина пластины 12 мм, длина 2 м, ширина 1 м. Коэффициент линейного температурного расширения материала пластины $\alpha=4,2\times 10^{-5}\text{ м/К}$, модуль упругости $1,97\times 10^{11}\text{ Па}$, коэффициент Пуассона 0,28.

Критерии оценки:

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.

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.

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)

Комплект заданий для индивидуальных домашних заданий
по дисциплине Прочность и ресурс ядерных энергетических установок
(наименование дисциплины)

Раздел «Расчет элементов ЯЭУ»

Задание:

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.

Исходные данные для расчета

Для расчетов используются следующие физико-механические свойства жаропрочной стали аустенитного класса X16H15M3Б.

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

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

Б. Константы тепловой и радиационной ползучести:

$A_{т0}=3 \times 10^{12}$, $Q=0.51 \times 10^5$, $A \times \varphi_0=1.43 \times 10^{-5}$, $n=5.4$

В. Константы длительной прочности:

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

m	10.5	6.5.	4.0
T_0 (K)	873	973	1023

Г. Константы функции распухания:

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

$\varepsilon_B=2\%$ для $T \leq 600$ °C,

$\varepsilon_B=1\%$ для $T > 600$ °C.

В расчете принять скорость роста давления в газовом зазоре растет линейно по времени.

Оболочка ТВЭЛ нагружена радиальным тепловым потоком.

Вариант 1

Давление газа в газовом зазоре оболочки ТВЭЛ 2,0 МПа.

Диаметр оболочки ТВЭЛ 6.8 мм.

Температура оболочки ТВЭЛ 600 °С.
Толщина стенки оболочки ТВЭЛ 0,2 мм.

Вариант 2

Давление газа в газовом зазоре оболочки ТВЭЛ 2,5 МПа.
Диаметр оболочки ТВЭЛ 6,2 мм.
Температура оболочки ТВЭЛ 600 °С.
Толщина стенки оболочки ТВЭЛ 0,2 мм.

Вариант 3

Давление газа в газовом зазоре оболочки ТВЭЛ 1,8 МПа.
Диаметр оболочки ТВЭЛ 6,0 мм.
Температура оболочки ТВЭЛ 600 °С.
Толщина стенки оболочки ТВЭЛ 0,1 мм.

Вариант 4

Давление газа в газовом зазоре оболочки ТВЭЛ 2,0 МПа.
Диаметр оболочки ТВЭЛ 6,0 мм.
Температура оболочки ТВЭЛ 600 °С.
Толщина стенки оболочки ТВЭЛ 0,1 мм.

Вариант 5

Давление газа в газовом зазоре оболочки ТВЭЛ 2,4 МПа.
Диаметр оболочки ТВЭЛ 6,5 мм.
Температура оболочки ТВЭЛ 600 °С.
Толщина стенки оболочки ТВЭЛ 0,2 мм.

Критерии оценки:

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) нераскрытие темы; 2) большое количество существенных ошибок; 3) наличие грамматических и стилистических ошибок и др.

Описание шкалы оценивания

- 18-30 индивидуальное домашнее задание засчитывается;
- 0-17 индивидуальное домашнее задание отдается на доработку.