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
УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол № 25.8 от 25.08.2025

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

Физические основы технической диагностики АЭС

название дисциплины

для направления подготовки

12.04.01 Приборостроение

код и название направления подготовки

образовательная программа

Неразрушающий контроль, техническая диагностика оборудования и компьютерная поддержка оператора АЭС

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2026 г.

Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Физические основы технической диагностики АЭС» 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 «Физические основы технической диагностики АЭС» 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:

Коды компетенций	**Результаты освоения ООП** ***Содержание компетенций****	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине****
ПК-8	Способен к проведению технических расчетов по проектам, техникоэкономическому и функциональностоимостному анализу эффективности проектируемых приборов и систем, включая оценку инновационных рисков коммерциализации проектов	**Знать:** • методологию технических расчетов по проектам, техникоэкономического и функциональностоимостного анализа эффективности проектируемых приборов и систем, включая оценку инновационных рисков коммерциализации проектов; **Уметь:** • проводить техникоэкономический и функционально стоимостной анализ эффективности проектируемых приборов и систем, включая оценку инновационных рисков коммерциализации проектов; **Владеть:** • компьютерными средствами и инструментами для технических расчетов по проектам, техникоэкономического и функциональностоимостного анализа эффективности проектируемых приборов и систем, включая оценку инновационных рисков коммерциализации проектов.
ПК-9	Способен к составлению технической документации, включая инструкции по эксплуатации, программы испытаний, технические условия и другие	**Знать**: • назначение, структуру АСУ ТП и подсистем АСУ; особенности АСУ ТП различных типов реакторов – ВВЭР, РБМК, БН; • структуру щитов управления АЭС и энергоблока; значение человеческого фактора в управлении энергоблоком АЭС и методы минимизации его влияния на возникновение нештатных ситуаций; • особенности управления энергоблоком на разных этапах его эксплуатации; **Уметь**: • различать структуры АСУ ТП для реакторов различных типов, анализировать состояние систем управления реакторных установок; **Владеть**: • иметь навыки понимания особенностей протекания нормальной эксплуатации и аварийных режимов реакторных блоков.

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.

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. РПД).

1.3. **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 семестр			
1.	Раздел 1.Физическая диагностика реакторных установок	ПК-8	Допуск и защита практических заданий
2.	Раздел 2.Методы диагностики оборудования АЭС	ПК-9	Допуск и защита практических заданий
Промежуточный контроль, 1семестр			
	Экзамен	ПК-8, ПК-9	Вопросы

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 *Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины*	Творческая деятельность	*Включает нижестоящий уровень.* 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 *Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины*	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	*Включает нижестоящий уровень.* 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
			70-84	C/ Хорошо/ Зачтено
Пороговый *Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне*	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.	65-69	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/ 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**
	продвинутый	*высокий*
	высокий	*продвинутый*
продвинутый	*пороговый*	*высокий*
	высокий	*пороговый*
	продвинутый	**продвинутый**
	продвинутый	*пороговый*
	пороговый	*продвинутый*
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 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

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**	20	30
	Контрольная работа, отчеты по лабораторным работам		
	Контрольная точка № 2	20	30
	Контрольная работа, отчеты по лабораторным работам		
Промежуточный	**Экзамен**	20	40
	Экзаменационные вопросы		
ИТОГО по дисциплине		60	100

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце семестра за активную и регулярную работу на занятиях, за выполнение текущего контроля на оценку выше среднего.

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

Штрафы: за несвоевременную сдачу лабораторных работ, контрольных точек и курсовой работы максимальная оценка может быть снижена, студент должен набрать 35 баллов для допуска к экзамену.

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

Список контрольных вопросов

по дисциплине: Физические основы технической диагностики АЭС

Раздел 1. **Физическая диагностика реакторных установок**.

1. Основные понятия и определения. Основные этапы технического диагностирования. ЯЭУ различных типов как объектов диагностирования.
2. Основные этапы разработки и функциональная схема системы диагностирования.
3. Построение физических моделей диагностирования.
4. Диагностирование состояния защитных барьеров на пути распространения радиоактивности.
5. Постановка задачи контроля герметичности оболочек твэлов на АЭС.
6. Термопары. Типы. Особенности работы. Погрешность измерения.
7. Термометры сопротивления. Типы. Особенности работы. Погрешность измерения.
8. Полупроводниковые датчики радиоактивности. Принцип работы. Погрешность измерения.
9. Ионизационная камера.Особенности работы. Устройство.
10. Датчики прямого заряда. Устройство. Принцип работы. Погрешность измерения
11. Промышленные термопары. Типы. Особенности работы.
12. Расходомеры. Принцип работы. Типы.
13. Эргодические случайные процессы.
14. Динамические характеристики физических систем
15. Система внутриреакторного контроля. Применение. Типы.
16. Частотные характеристики энергетического реактора
17. Динамические характеристики физических систем
18. Расход двухфазного теплоносителя. Влияние расхода теплоносителя на реактивность.
19. Методы и технические средства гамма- спектрометрии
20. Методы и технические средства бета-спектрометрии
21. Запаздывающие нейтроны.
22. Отравление реактора ксеноном.
23. Акустический контроль течи теплоносителя первого контура.
24. Влажностный контроль течи теплоносителя первого контура
25. Радиационный контроль течи теплоносителя первого контура
26. Температурный контроль течи теплоносителя первого контура
27. Газовый метод контроля течи теплоносителя первого контура
28. Физические основы и основные характеристики реактора. Измерение реактивности и периода. Аварии при эксплуатации ядерного реактора.
29. Методы диагностирования реактивностных аномалий в ядерных реакторах. Эффекты реактивности. Сведение баланса и определения аномальной реактивности.
30. Методы температурного контроля активной зоны. Восстановление поля энерговыделения. Баланс нейтронной и тепловой мощности. Распределения теплообмена по петлям охлаждения.
31. Нейтронная мощность реактора

Раздел 2. **Методы диагностики оборудования АЭС**.

1. Основные характеристики случайных процессов.
2. Определение спектральных и корреляционных функций.

3. Основы нейтронно-шумовой диагностики.
4. Измерение нейтронных шумов.
5. Задачи диагностирования, решаемые методами нейтронно-шумовой диагностики.
6. Внешние источники шума реактивности. Температурный источник шума реактивности
7. Барометрический источник шума реактивности
8. Гидравлический источник шума реактивности
9. Частотные характеристики энергетического реактора
10. Принципы электронно-шумовой диагностики. Поиск и идентификация источника шума реактивности.
11. Теория случайных процессов и шумов
12. Шумы реактивности, связанные с прохождением через активную зону неоднородного теплоносителя
13. Внешние источники шума реактивности. Гидравлический источник шума реактивности
14. Вибрации в технике. Измеряемые параметры вибраций.
15. Свойства и принцип действия датчиков вибрации.
16. Функции и алгоритмы системы контроля вибраций на АЭС.
17. Функции и алгоритмы системы акустического контроля течи на АЭС.
18. Функции и алгоритмы системы контроля течи влажностью на АЭС.
19. Функции и алгоритмы системы контроля течи по активности на АЭС.
20. Функции и алгоритмы системы контроля вибраций ГЦН на АЭС.
21. Функции и алгоритмы системы контроля вибраций ТГУ на АЭС.

Эталонный (планируемый) параметр соответствует критерию 5 по шкале оценки (точность, правильность, соответствие). Обучающийся обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять тестовые задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Критерии 1-4 — показатели степени отклонения от эталона.

Критерии 1и 2 обозначают, что соответствующий результат обучения не достигнут (*неспособен, не знает и т.д.)*. Выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой тестирований. Оценка "неудовлетворительно" ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий.

Критерий 3 описывает минимальный приемлемый уровень сформированности результата, т. е. эталонный параметр проявляется частично (*допускает ошибки и т.д.*).Заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с тестированием, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка "удовлетворительно" выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на зачете, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Критерий 4 описывает средний приемлемый уровень сформированности результата, т. е. эталонный параметр проявляется не полностью (*ответы не всегда точны, изредка допускает ошибки и т.д.*).Заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе тесты, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

в) описание шкалы оценивания:

Качество освоения дисциплины, баллы	**Отметка в системе «зачтено – не зачтено»**	**Средняя итоговая отметка**

100-90	зачтено	5 «отлично»
89-70	зачтено	4 «хорошо»
69-60	зачтено	3 «удовлетворительно»
менее 60	не зачтено	2 «не удовлетворительно»

Максимальное число баллов за семестр – 100.Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре– 60.Максимальное число баллов на зачете – 40.

Минимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре – 40. Студент набравший в семестре менее 40 баллов может заработать дополнительные баллы, отработав соответствующие разделы дисциплины или выполнив обязательные задания, для того чтобы быть допущенным до зачета, однако на экзамене он может претендовать только на оценку «удовлетворительно».

Студент, набравший за текущую работу менее 40 баллов, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до зачета, однако ему дополнительно задаются вопросы по разделам, выносимым на зачет, а также предлагается дополнительно к разрешению две практические задачи, что позволить определить сформированность компетенций и получить дополнительные баллы, однако на зачете он может претендовать только на оценку «удовлетворительно».

В случае неудовлетворительной сдачи зачета студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче зачета, студент может претендовать только на оценку «удовлетворительно».

Структура бально-рейтинговой оценки:

· качество подготовки к тестированию (правильность изложения при ответе на устные вопросы, наличие выполненных заданий, задач и т.д.), корректность и вежливость при ответе на вопрос, а также в ходе дискуссии между студентами при обсуждении темы занятия, общая активность в течение семестра, нестандартность ответа на занятии – до 5 баллов за одно занятие, но более 45 баллов за семестр

· выступление с докладом – от 0 до 5 баллов за доклад, но не более 5 баллов за семестр

· выполнение тестовых работ, от 0 до 15 баллов за каждую контрольную работу, но не более 30 баллов за семестр

· зачет – 40 баллов (оценивается в баллах от 0 до 40).

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

- Г.В. Аркадов, В.И. Павелко, Б.М. Финкель. Системы диагностирования ВВЭР. Энергоатомиздат. М., 2010.
- Технические средства диагностирования. Справочник. Под общей редакцией чл.-кор. АН СССР В.В. Клюева, 2012.

8. Перечень ресурсов* информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

- Расчетно-измерительная система диагностики состояния активной зоны ЯЭУ.
http:// dslib.net/raschetno-izmeritelnaja-sistema-diagnostiki-sostojanija- aktivnoj-zony-jajeu.html
- О задаче классификации спектра шумов в диагностике ЯЭУ.
iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/09/350/9350101.pdf

Программу составили:

доцент отд. ЯФиТ, к.т.н., Д.А. Лукьянов
старший преподаватель отд. ЯФиТ, В.В. Шешукова

Рецензент:

профессор отд. ИКС, д.ф.-м.н, С.О. Старков