

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 от 30.08.2022 № 1-8/2022

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

*Системы контроля, управления и диагностики оборудования*

---

*название дисциплины*

для направления подготовки

**14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

---

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

**Эксплуатация атомных станций и установок**

---

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2022 г.**

## **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Автоматизированные системы управления ТП 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 «Автоматизированные системы управления ТП 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

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

<i>Коды компетенций</i>	<i>Результаты освоения ООП Содержание компетенций*</i>	<i>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**</i>
ПК-1	Способен разрабатывать планы работы и инновационной деятельности производственных подразделений	<b>Знать:</b> зарубежный опыт в разработке СКУД. <b>Уметь:</b> применить его к отечественным проектам. <b>Владеть:</b> соответствующим математическим аппаратом
ПК-2	Способен использовать в практической деятельности основные понятия в области интеллектуальной собственности и способность составлять техническую документацию	<b>Знать:</b> опыт эксплуатации систем в России и за рубежом. <b>Уметь:</b> использовать этот опыт при разработке систем нового поколения. <b>Владеть:</b> современными математическими методами анализа систем.

### 1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ООП 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

<b>№ п/п</b>	<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
<b>Текущий контроль</b>			
1.	Вводный	ПК-1, ПК-2	устный опрос
2.	АСУ ТП на АЭС	ПК-1, ПК-2	Лабораторная работа №1
3.	Основные подсистемы АСУ на АЭС и их назначение	ПК-1, ПК-2	Коллоквиум
4.	Система внутриреакторного контроля (СВРК)	ПК-1, ПК-2	Лабораторная работа №2
5.	Человеческий фактор в управлении и обеспечении безопасности эксплуатации АЭС	ПК-1, ПК-2	Лабораторная работа №3
6.	Щиты управления на АЭС и энергоблоке	ПК-1, ПК-2	Лабораторная работа №4, устный опрос
7.	Особенности наладки оборудования СВРК	ПК-1, ПК-2	Коллоквиум
<b>Промежуточный контроль</b>			
	зачет	ПК-1, ПК-2	Вопросы зачета

## 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
<b>Высокий</b> <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий 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
<b>Продвинутый</b> <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 нижестоящий 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
<b>Пороговый</b> <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

<b>Ниже порогового</b>	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.

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

### **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 (*ИДЗ 1*) и контрольная точка № 2 (*ИДЗ 2*).

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

<b>Вид контроля</b>	<b>Этап рейтинговой системы</b> <b>Оценочное средство</b>	<b>Балл</b>	
		<b>Минимум</b>	<b>Максимум</b>
<b>Текущий</b>	1. Текущий контроль за освоением лекционного материала студентами. Оценка персональной активности студентов.	0	30
	2. Текущий контроль за практическим освоением теоретического материала. На вопросы преподавателя отвечает правильно. Задания выполняет без особых затруднений.	0	30

	Экзамен		
	Вопрос 1	12	20
<b>Промежуточный</b>	Вопрос 2	12	20
	60	100	

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 пропустили 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**

##### **3.2.1. Зачет**

а) типовые вопросы:

1. Случайные процессы. Классификация случайных процессов.
2. Эргодический случайный процесс.
3. Авто- и взаимно-корреляционные функции.
4. Спектральная плотность мощности.
5. Взаимная спектральная плотность.
6. Функция когерентности.
7. Соотношения между входным и выходным сигналами линейной системы.
8. Требования к составу СКУД.
9. Требования к системе внутриреакторного контроля.
10. Требования к системе контроля вибраций (СКВ).
11. Требования к системам контроля течей в первом контуре.
12. Методы контроля течей в первом контуре.
13. Требования к системе обнаружения свободных и слабозащищенных предметов в ГЦК (СОСП).

14. Требования к системе автоматизированного контроля остаточного ресурса (САКОР).
15. Требования к системе комплексного диагностирования (СКУД).
16. Требования к системе комплексного анализа.
17. Параметрические методы диагностирования оборудования АЭС.
18. Логические модели диагностирования оборудования АЭС.
19. Примеры систем диагностики, использующих логические модели.
20. Методы распознавания образов в задаче диагностики оборудования АЭС.
21. Принципы анализа состояния активной зоны ВВЭР 1000 по данным систем контроля температур и энерговыделения в активной зоне.
22. Принципы анализа данных технологического контроля для оценки состояния оборудования АЭС.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

на экзамене студенту предлагается выбрать билет, в который включены 3 вопроса

в) описание шкалы оценивания:

- оценка **отлично** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, углубленное понимание физических основ и принципов построения приборов контроля и смог сделать обзор всех других принципов построения приборов для измерения данных параметров ЯЭУ
- оценка **хорошо** ставится, если студент продемонстрировал углубленное понимание физических основ измерительных преобразователей и принципов построения измерительных схем приборов контроля ЯЭУ, но не смог дать сравнительные характеристики с приборами, основанными на других физических принципах;
- оценка **удовлетворительно** ставится, если студент продемонстрировал ключевые теоретические знания и навыки, но не смог продемонстрировать углубленное понимание физических основ измерительных преобразователей и принципов построения вторичных схем приборов контроля параметров ЯЭУ;
- оценка **неудовлетворительно** ставится, если студент не имеет четкого понимания принципов построения приборов контроля ЯЭУ.

### **6.2.3. Типовые вопросы текущего контроля.**

## **Тема 1. Статистические методы обработки информации для анализа состояния оборудования**

- 1.1. Что означает коррелированность случайных величин?
- 1.2. В каких случаях коррелированность случайных величин можно интерпретировать как линейную зависимость?
- 1.3. Признаки эргодичности случайного процесса.
- 1.4. Как меняется вид автокорреляционной функции в зависимости от частотного содержания случайного процесса?
- 1.5. Что можно сказать о процессе, если при очень больших временах задержки автокорреляционная функция не стремится к нулю?
- 1.6. Физическая интерпретация спектральной плотности мощности.
- 1.7. Что можно сказать о содержательности информации, представленной в автокорреляционной функции и спектральной плотности мощности?
- 1.8. Что такое частота среза?
- 1.9. Какие условия при измерении спектральной плотности мощности должны быть соблюдены при дискретизации реализации случайного процесса.
- 1.10. Приведите примеры использования шумов различных параметров для целей диагностики оборудования.
- 1.11. В каких интервалах частот проявляются различные физические процессы в оборудовании АЭС?

## **Тема 2. Методы и алгоритмы диагностики оборудования АЭС по данным оперативного технологического контроля.**

- 2.1. Назовите признаки по которым определяется появление течи теплоносителя в первом контуре.
- 2.2. Назовите признаки появления в ГЦК свободных предметов.
- 2.3. Какие параметры используются для оценки остаточного ресурса.
- 2.4. Как вы объясните, почему в первый момент проявления аварийной ситуации даже опытные операторы предпринимают ошибочные действия.
- 2.5. Назовите недостатки систем диагностики, использующих параметрические модели обработки информации.
- 2.6. Назовите недостатки систем диагностики, использующих логические модели диагностики.
- 2.7. Почему операторы ЯЭР с недоверием относятся к информации, предоставляемой им системами поддержки операторов?
- 2.8. Какая из рассмотренных нами систем поддержки оператора, на Ваш взгляд наиболее полезна?
- 2.9. Не смотря на совершенствование систем безопасности, внедрение новых систем контроля, аварии все таки происходят. Что делать?
- 2.10. Какие особенности эксплуатации оборудования положены в основу алгоритмов диагностики при представлении оборудования сложной системой?
- 2.11. Какую информацию исходного пространства параметров мы сохраняем при проекции вектора параметров в пространство 2-х главных компонент?

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

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

1. Казанский Ю. А. Кинетика ядерных реакторов. Коэффициенты реактивности. Введение в динамику : учеб. пособие для студ. вузов / Ю. А. Казанский, Я. В. Слекеничс. - М. : НИЯУ МИФИ , 2012. - 300 с. : ил.(275экз.)
2. Арнольдов М. Н. Основы метрологического обеспечения температурного контроля реакторных установок : учеб. пособие для студ. вузов / М. Н. Арнольдов, В. А. Каржавин, А. И. Трофимов. - М. : МЭИ, 2012. - 248 с. : ил.(50экз.)
3. Иванова Г. М. Теплотехнические измерения и приборы : учеб. для студ. вузов / Г. М. Иванова, Н. Д. Кузнецов, В. С. Чистяков. - 3-е изд., стер. - М. : МЭИ, 2007. - 460 с. : ил.(5экз.)
4. Слекеничс Я. В. Системы контроля, управления и защиты АЭС : учеб. пособие для слушателей ФПК / Я. В. Слекеничс. - Обнинск : ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2010. - 124 с. (30экз.)
5. Аркадов Г.В., Павелко В.И., Усанов А.И. Виброшумовая диагностика ВВЭР – М.; Энергоатомиздат, 2004. – 344с.: ил. (3экз)

### ***б) дополнительная учебная литература:***

1. Бендат Дж, Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. М: Мир 1989-540с. Ил.
2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика для инженеров и научных работников. М.:ФИЗМАТЛИТ. 2006. – 81бс. : ил. (40 экз.).

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

Рекомендуемые интернет ресурсы для освоения дисциплины:

электронно-библиотечная система <http://elibrary.ru>,

электронно-библиотечная система образовательных и просветительских изданий <http://www.IQlib.ru>,

электронно-библиотечная система «Издательство Лань» [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com),

электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ [www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru).

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Учебным планом дисциплины «Системы контроля, управления и диагностики оборудования» предусмотрены лекционные и практические занятия. Формы контроля – зачет (2 семестр), экзамен (3 семестр).

При изучении (повторении) теоретического материала и подготовке к практическим занятиям студентам следует использовать материалы презентаций, которые должны выдаваться преподавателем после представления каждой темы на лекциях. По каждой теме лекционного курса даны вопросы для самоконтроля знаний по теме, проводятся консультации преподавателем. Для более эффективного использования времени, отведенного на лекционные занятия, целесообразно

подготовить также конспект лекций. Он может быть как в распечатанном виде, так и в электронной форме. Электронная форма предпочтительнее, т.к. позволяет оперативно вносить изменения в соответствии с новыми материалами, появляющимися у преподавателя.

Дополнительно на кафедре имеется специализированный класс с макетами основного технологического оборудования и технологическими схемами основных систем, а также тренажерный класс с функционально-аналитическими тренажерами блоков с реакторами типа ВВЭР-1000, РБМК-1000 и БН-800. Эти тренажеры, макеты и схемы являются дополнительным учебным материалом для освоения курса «Системы контроля, управления и диагностики оборудования».

Для контроля освоения лекционного курса предусмотрен текущий контроль в виде опроса студентов по каждой теме дисциплины.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

### ***10.1. Перечень информационных технологий***

Используются электронные презентации при проведении лекционных и практических занятий.

...

### ***10.2. Перечень программного обеспечения***

Используются:

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

...

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для наглядного представления лекционного материала используется компьютерная презентация по всем темам рабочей программы дисциплины.

Кроме этого, используются макеты основного оборудования и схемы, имеющиеся в специализированных классах кафедры, тренажерный центр функционально-аналитических тренажеров блоков с реакторами ВВЭР-1000, РБМК-1000, БН-800, тренажер учебной лаборатории «Реакторная физика, конструкция, управление и безопасная эксплуатация ЯЭУ».

При проведении практических занятий используется Гидродинамический испытательный стенд насосов ГИСН 16/18.

А также многоканальный синхронный регистратор и анализатор вибросигналов для исследования:

- вибрационного состояния насосных агрегатов
- обнаружения аномалий в работе насосных агрегатов во данным вибродиагностики).

## 12. Иные сведения и (или) материалы

### 12.1. 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	Статистические методы обработки информации для анализа состояния оборудования	Лекция	2	Дискуссии. Обсуждение практического использования статистических методов для анализа эксплуатационной информации.
2	Системы контроля, управления и диагностики ЯЭР	Лекция Практические занятия	10 32	Обсуждение необходимости модернизации систем контроля и управления для новых проектов. Обсуждение практических особенностей виброизмерений, обработки и анализа результатов.
3	Методы и алгоритмы диагностики оборудования АЭС по данным оперативного технологического контроля	Лекция	4	Дискуссии и сравнение достоинств и недостатков различных методов и моделей диагностирования оборудования. Дискуссия о практической полезности систем поддержки оператора, использующих различные модели

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

Знания полученные студентом при самостоятельном изучении темы проверяются дополнительными вопросами при сдаче зачета.

Для самостоятельного изучения, обучающимся предлагается тема:

«Виброшумовая диагностика ВВЭР».

Вопросы для самоконтроля:

1. Инциденты, обусловленные аномально вибрирующими ВКУ и ТВС.
2. Зарубежный опыт виброшумовой диагностики в эксплуатационных условиях.
3. Особые свойства системы виброшумовой диагностики.
4. Общие методы выделения диагностической информации из реакторных шумов.

## **12.3. Краткий терминологический словарь**

АкЗ – активная зона

АКНП – аппаратура контроля нейтронного потока

АКФ – автокорреляционная функция

АЗ - аварийная защита

АСПМ - автоспектральная плотность мощности

АЧХ - амплитудо-частотная характеристика

АЭС – атомная электрическая станция

БЗТ – блок защитных труб

БПФ – быстрое преобразование Фурье

БЩУ – блочный щит управления

ВКУ – внутрикорпусные устройства

ВКФ – взаимокорреляционная функция

ВРК – внутрореакторный контроль

ВСПМ – взаимная спектральная плотность мощности

ГЦН – главный циркуляционный насос

ДПЗ – детектор прямого заряда

ИК – ионизационная камера

КГО – контроль герметичности оболочек

КД – компенсатор давления

КНИ – канал нейтронных измерений

ПГ – парогенератор

ПНИ – пусконаладочные испытания

ПО – программное обеспечение

ППР – планово – предупредительный ремонт

РУ – реакторная установка

СВРК – система внутрореакторного контроля

СВШД – система виброшумовой диагностики

СУЗ – система управления и защиты  
ТВС – тепловыделяющая сборка  
ТН – теплоноситель  
ТП - термопара