

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

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы и алгоритмы технической диагностики АЭС

название дисциплины

для направления подготовки

12.03.01 Приборостроение

код и название направления подготовки

образовательная программа

Приборы и методы контроля качества и диагностики

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

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

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине «Основы проектирования приборов и систем»:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП. Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-8	способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях	Знать: различные подходы обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию экспериментальных, эксплуатационных и экспертных данных. Уметь: представлять информацию в иерархическом виде (outline) и в виде карт памяти. Владеть: представлением информации в виде визуальных схем с использованием программ класса Mind Maps.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Теория вероятностей», «Линейная алгебра», «История развития технической диагностики», «Физические основы получения информации», «Информационные технологии», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Компьютерные технологии в приборостроении», «Обнаружение и фильтрация сигналов в неразрушающем контроле».

Дисциплина изучается на 3-4 курсе в 5-7 семестре семестре.

3. 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

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 15 зачетных единиц (з.е.), 540 академических часов.

3.1. Объём дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Объём дисциплины	Всего часов		
	Очная форма обучения		
Общая трудоемкость дисциплины	540		
Семестры	5	6	7
Контактная* работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	192		
Аудиторная работа (всего**):	64	64	64
в том числе:			
лекции	16	16	16
семинары, практические занятия	16	16	16
лабораторные работы	32	32	32
Внеаудиторная работа (всего**):	258		
в том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем***:	22	2	22
курсовое проектирование	48		48
групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие групповую или индивидуальную работу обучающихся с преподавателем (необходимо указать только конкретный вид учебных занятий)	20	4	20
творческая работа (эссе)	8	2	8
Самостоятельная работа обучающихся** (всего)			
Вид промежуточной аттестации обучающегося (экзамен)	Э 54	Э 36	Э 54

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

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

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела /темы	Общая трудоём-	Виды учебных занятий, включая самостоятельную	Формы текущего
-------	----------------------------	----------------	---	----------------

	дисциплины	кость всего (в часах)	работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				контроля успеваемости
			Аудиторные учебные занятия			СРО	
			Лек	Сем/Пр	Лаб		
1.	АЭС как объект диагностирования						
1.1.	Понятие сложной человеко-машинной системы. Основные трудности при диагностировании АЭС		3	3	6	24	Тестирование
1.2.	Роль человека-оператора на АЭС. Задачи компьютерной поддержки оператора.		3	3	6	24	
2.	Задачи общетехнической диагностики						
2.1.	Техническое состояние объекта диагностирования, виды технического состояния		3	3	6	16	
2.2.	Алгоритм диагностирования. Методы диагностики		3	3	6	16	
2.3.	Тестовые и функциональные системы диагностирования. Глубина диагностирования		3	3	6	16	
3.	Системы технической диагностики на АЭС						
3.1.	Шумовая диагностика, диагностирование режимов кипения теплоносителя и кризиса теплообмена		3	3	12	21	
3.2.	Система вибродиагностики АЭС (на примере системы SUS фирмы СИМЕНС)		3	3	12	21	
3.3.	Диагностирование течей трубопроводов АЭС		3	3	6	16	
3.4.	Система обнаружения свободных и		6	3	6	16	

	слабозакрепленных частей (на примере системы KUS фирмы СИМЕНС)						
3.5.	Задача контроля герметичности оболочек. Локализация негерметичных ТВС методом перекомпенсации нейтронного поля (применительно к реактору БН-600)		6	6	12	16	
3.6.	Диагностирование отказов датчиков (пример реактора РБМК-1000)		6	6	9	16	
3.7.	Задачи систем режимной диагностики реактора (на примере системы ТЕПЛОГИД реактора БН-600)		6	6	9	20	
		504	48	48	96	222	

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

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Современная АЭС как объект диагностирования	
1.1.	Понятие сложной человеко-машинной системы	Основные характеристики прибора как технической системы Обобщенная функциональная модель прибора Структура проектных работ и этапы проектирования приборов
1.2.	Стохастическая природа процессов на АЭС	Характеристики прибора как средства измерения. Построение метрологической модели прибора. Структурные методы повышения точности приборов. Метод отрицательной обратной связи. Метод вспомогательных измерений. Итерационные методы. Методы образцовых мер. Тестовые методы.
1.3.	Роль человека-оператора АЭС	Иерархический подход к конструированию электронной

		аппаратуры. Модульный принцип конструирования электронной аппаратуры. Конструирование печатных плат.
2.	Обучение машин диагностированию АЭС	
2.1.	Задачи извлечения данных	Описываются особенности проектов создания АС – как на основе платформы, так и современных (интеграционных). Выделяются основные риски (социальные, технические, лингвистические и др.), присущие интеграционным проектам; также анализируются причины, вызывающие эти риски.
2.2.	Методы обучения машин	1. Обучение с учителем (Supervised learning) 2. Обучение без учителя (Unsupervised learning) 3. Обучение с частичным привлечением учителя (Semi-Supervised learning) 4. Обучение с подкреплением (Reinforcement learning) 5. Глубинное обучение (Deep learning) 6. Нейронные сети 7. Дерево решений 8. «Случайный лес»
2.3.	Проблема больших данных	Рассматривается проблематика использования больших данных в современных информационных системах. Представлены хронологические этапы становления термина Big Data. Классификация больших данных рассмотрена согласно теории “V V V”, включающей в себя объём (volume), скорость (velocity), многообразие (variety) обрабатываемых данных, “4V”, включающей в себя помимо прочего достоверность (veracity), “5V”, включающей в себя помимо прочего жизнеспособность (viability), «7V», рассматривающая также переменчивость (variability) и визуализацию (vizualization).
3.	Регрессионные и нейронно-сетевые методы в ТД АЭС	
3.1.	Регрессионные модели	1. Основные идеи: Использование простых моделей 2. Виды анализа 3. Межгрупповые планы 4. Многомерные планы 5. Построение общей модели 6. Разбиение суммы квадратов 7. Тестирование Общей модели 8. Ограничения Общей модели 9. Построение модели при помощи пошаговой регрессии
3.2.	Перцептрон и классические нейронные сети	Перцептрон, принципы построения Построение нейронных сетей прямого распространения Построение нейронных сетей обратного распространения
3.3.	RBF-сети для регрессии и классификации	Назначение, устройство и принципы действия RBF-сети Классификация RBF-сетей
4.	Классификация состояний АЭС	
4.1.	Распознавание изображений	Реферат
5.	Методы кластерного анализа в задачах ТД АЭС	
5.1.	Плотностные алгоритмы	
6.	Экспертные системы диагностирования	

6.1.	Байесовские системы	
7.	Методы диагностики, основанные на различных моделях обучения машин	
7.1.	Кластерный анализ однотипных объектов	Реферат
7.2.	Предсказание характеристик объекта по данным однотипных объектов	
8.	Анализ эксплуатационных данных в среде R и Python	
9.	Программирование задач ТД АЭС на R	
9.1	Расширение SciPy, Python	
9.2	Расширение NumPy, Python	
9.3	Библиотека scikit-learn, Python	
10.	Визуальное программирование задач диагностики	
11.	Компьютерная поддержка оператора АЭС	
11.1	Сжатие информации, представляемой оператору АЭС	
11.2	Визуализация информации, представляемой оператору АЭС	

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Посещение лекционных занятий и конспектирование рассматриваемых на них материалов является недостаточным условием для усвоения необходимых знаний по предмету. Каждый студент должен индивидуально готовиться по темам дисциплины, читая конспекты лекций и рекомендуемую литературу, заучивая базовые определения, классификации, схемы и типологии. Самостоятельная работа позволяет студенту в спокойной обстановке подумать, разобраться с информацией по теме, при необходимости обратиться к справочной литературе. Внимательное чтение и повторение прочитанного помогает в полном объеме усвоить содержание темы, структурировать знания.

Чтобы содержательная информация по дисциплине запоминалась надолго, целесообразно изучать ее поэтапно - по темам и в строгой последовательности, поскольку последующие темы, как правило, опираются на предыдущие. Именно поэтому большая часть самостоятельной работы приурочена к практическим занятиям. При подготовке к семинарам целесообразно прочитать материал изучаемой темы, попытавшись разобраться со всеми теоретическими

положениями и примерами. Если возникли трудности, обратиться за помощью к учебной, справочной литературе или к преподавателю за консультацией.

Для получения более глубоких и устойчивых знаний студентам рекомендуется изучать дополнительную литературу, список которой приведен в рабочей программе дисциплины.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: поисковые сайты, базы данных химических соединений, электронные библиотеки.

1. Трофимов А.И. Приборы и системы контроля ядерных энергетических установок: Учебное пособие. — М.: Энергоатомиздат, 1999 (38 экз.)
2. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. — М.: Мир, 1985 (3 экз., электронный вариант)
3. Коллакот Р. Диагностика повреждений. — М.: Мир, 1989 (25 экз.)
4. Сергиенко А.В. Цифровая обработка. Уч. пособие для вузов. СПб, 2002 (20 экз.)
5. Маркин Н.С. Основы теории обработки результатов измерений — М.: Издательство стандартов, 1991 (электронный вариант)
6. Применение цифровой обработки сигналов / Под ред. Э. Оппенгейма. — М.: Мир, 1980 (2 экз., электронный вариант)
7. Аркадов Г.В., Павелко В.И., Усанов А.И. Виброшумовая диагностика ВВЭР / Под ред. А.А. Абагяна. — М.: Энергоатомиздат, 2004 (2 экз., электронный вариант)

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка - по желанию	наименование оценочного средства
1.	Модуль 1	ОПК-1 ПК-2 ПК-5 ПК-6 ПК-7	Экзамен
2.	Модуль 2		
3.	Модуль 3		

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. Экзамен

а) типовые вопросы (задания):

1. Основные характеристики прибора как технической системы. Обобщенная функциональная модель прибора.

2. Структура проектных работ и этапы проектирования приборов.
3. Характеристики прибора как средства измерения.
4. Построение метрологической модели прибора.
5. Структурные методы повышения точности приборов.
6. Метод отрицательной обратной связи. Метод вспомогательных измерений.
7. Итерационные методы. Методы образцовых мер. Тестовые методы.
8. Иерархический подход к конструированию электронной аппаратуры.
9. Модульный принцип конструирования электронной аппаратуры.
10. Особенности проектов создания АС – как на основе платформы, так и современных (интеграционных).
11. Основные риски (социальные, технические, лингвистические и др.), присущие интеграционным проектам, причины, вызывающие эти риски.
12. Экологическая ниша ГОСТ 34 в проектах создания современных АС.
13. Требования к идеальной методологии, позволяющей управлять рисками проектов создания современных АС.
14. Границы влияния рекомендаций ГОСТ. Экологическая ниша ГОСТ 34.
15. Особенности создания современных ИС по ГОСТ-34. Что дает ГОСТ для проекта?
16. Состав работ и выпускаемые документы при проектировании АС.
17. Дополнительные риски проектов, вызываемые окружением проекта. Каким образом ГОСТ управляет такими рисками?
18. Стадии и этапы создания АС. Системный анализ в проектировании. Прямая задача. Обратная задача.
19. ГОСТ: общий замысел. ГОСТ: стадии создания АС. Что дают стадии и этапы? ГОСТ и активные продажи. Стадии и этапы.
20. Документация проекта.
21. Формирование требований к АС.
22. Техническое задание.
23. Эскизный проект и Технический проект.
24. Рабочая документация.
25. Ввод в действие и сопровождение АС.
26. Анализ рисков проектов создания современных АС и рекомендаций ГОСТ. Основные рекомендации в ГОСТ-34. Краткий анализ.
27. Инструменты решения задач. Предсказуемость через этапность. Минимизация рисков проекта.
28. Обследование и изучение. Стоимость с учетом рисков. Конкретика и вероятности.
29. Практические рекомендации. Когда нужно использовать ГОСТ? Соотношение усилий при проектировании. Минимальный комплект документации.
30. Расчет трудоемкости проектирования. Разработка документации. Планирование качества.
31. Информационные измерительные системы, их классификация.
32. Основные задачи систем контроля и диагностики на ЯО.

33. Что такое ядерно-опасный объект? Атомные станции. Объекты ядерно-оружейного комплекса. Объекты ядерного топливного цикла. Объекты атомной науки. Объекты утилизации атомных силовых установок.
34. АСУ-Предприятия и основные подсистемы. Роль АСУ ТП в системе управления предприятия.
35. Предпосылки создания и назначение АСУ-Предприятия АЭС.
36. Общая архитектура АСУП и АСУТП АЭС.
37. Системы внутриреакторного контроля.
38. Системы радиационного контроля АЭС
39. Системы теплотехнического и тепловизионного контроля.
40. Системы контроля каналов РБМК-1000.
41. Системы виброшумовой диагностики.
42. Системы обнаружения протечек теплоносителя.
43. Системы обнаружения свободных предметов.
44. АСУТП АЭС, ее состав и функции.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

На экзамене студенту предлагается выбрать билет, в который включены 3 теоретических вопроса по одному из каждого модуля и выбор одного из трех разработанных технических заданий на систему контроля и диагностики, выполненных на лабораторных работах.

в) описание шкалы оценивания:

По итогам ответа оценка неудовлетворительно ставится, если студент не смог ответить на предлагаемые вопросы и продемонстрировать ключевые теоретические знания и навыки по данной дисциплине.

Оценка удовлетворительно ставится, если студент продемонстрировал ключевые теоретические знания и навыки, но не смог продемонстрировать углубленное понимание в проектировании по ГОСТ 34, что может выражаться в отсутствии гипотез при решении предлагаемых практических задач. Оценка хорошо ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, углубленное понимание механизмов проектирования систем и приборов, но не смог предложить рационального способа решения задачи проектирования системы контроля или диагностики.

Оценка отлично ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, углубленное понимание механизмов проектирования автоматизированных систем и смог предложить рациональное решение предлагаемых задач.

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

а) основная учебная литература:

1. Трофимов А.И. Приборы и системы контроля ядерных энергетических установок: Учебное пособие. — М.: Энергоатомиздат, 1999 (38 экз.)
2. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. — М.: Мир, 1985 (3 экз., электронный вариант)
3. Коллакот Р. Диагностика повреждений. — М.: Мир, 1989 (25 экз.)
4. Сергиенко А.В. Цифровая обработка. Уч. пособие для вузов. СПб, 2002 (20 экз.)
5. Щепетов А. Г. Теория, расчет и проектирование измерительных устройств : монография : в 2 ч./ А. Г. Щепетов. -М. : Стандартинформ Ч. 1 : Теория измерительных устройств. -2006.-248 с.. -ISBN 5-7050-0487-7 (7 экз.)
6. Щепетов А. Г. Основы проектирования приборов и систем : учеб. для студ. вузов/ А. Г. Щепетов. -М.: Академия, 2011.-368 с. :а-ил.. -(Высшее профессиональное образование. Бакалавриат). -731.50 р. ГРНТИ 59.14 УДК 681.2

б) дополнительная учебная литература:

1. Маркин Н.С. Основы теории обработки результатов измерений — М.: Издательство стандартов, 1991 (электронный вариант)
2. Применение цифровой обработки сигналов / Под ред. Э. Оппенгейма. — М.: Мир, 1980 (2 экз., электронный вариант)
3. Аркадов Г.В., Павелко В.И., Усанов А.И. Виброшумовая диагностика ВВЭР / Под ред. А.А. Абагына. — М.: Энергоатомиздат, 2004 (2 экз., электронный вариант)
4. Щепетов А. Г. Теория, расчет и проектирование измерительных устройств : монография : в 2 ч./ А. Г. Щепетов. -М. : Стандартинформ. Ч. 1 : Теория измерительных устройств. -2006.-248 с.. -ISBN 5-7050-0487-7: 1711 р. ГРНТИ 59.14.02 УДК 681.2.08 59.03.05

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

1. ГОСТ 34 в проектах создания современных АС:
http://www.intuit.ru/studies/educational_groups/997/info

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

вид учебных занятий	Организация деятельности студента
---------------------	-----------------------------------

Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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.
Практикум / лабораторная работа	Методические указания по выполнению лабораторных работ в УМК дисциплины.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

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

1. Интернет-портал по курсу «Основы проектирования приборов и систем». <http://td.oiate.ru>
2. Консультирование посредством электронной почты.
3. Интерактивное общение с помощью с помощью интернет портала intuit.ru. Прохождение курсов и тестов:
http://www.intuit.ru/studies/educational_groups/997/info
4. Использование слайд-презентаций при проведении лекционных занятий.
5. Программное обеспечение Scilab и Scicos (свободное ПО, лицензия GPL).
6. Matlab или Octave, R, Dyalog APL, Python

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

Для проведения лекций:

аудитория, оснащенная компьютером, проектором для демонстрации презентаций, программное лицензионное обеспечение.

Для проведения лабораторных работ:

- учебно-исследовательские лаборатории кафедры АКиД, в которых имеется необходимая компьютерная техника, установки и стенды, воспроизводящие и имитирующие различные системы управления, контроля и диагностики.
- Компьютерный класс с операционной системой Windows/Linux, учебный класс с экраном и проектором.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение».

Программу составили:

_____ П.А. Белоусов, к.т.н., доцент ОЯФиТ(О)

Рецензент:

_____ А.В. Нахабов, к.т.н., доцент ОЯФиТ(О)