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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы и алгоритмы 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.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины - изучение методов технической диагностики, понятие о диагностике сложных технических систем; особенностей, преимуществ и недостатков различных методов диагностики; требований к диагностической аппаратуре

2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Задачи изучения дисциплины:

- дать обзор примеров диагностики в атомной промышленности, машиностроении, в нефтегазовой промышленности;
- привести оценки качества, состояния и прогнозирование возможности дальнейшей эксплуатации систем технического диагностирования АЭС.

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

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Теория вероятностей», «Линейная алгебра», «Физические основы получения информации», «Неразрушающий контроль в производстве», «Физические основы получения информации», «Физические основы технической диагностики АЭС», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Компьютерные технологии в технической диагностике».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Компьютерные технологии в анализе данных», «Автоматизированные системы управления АЭС».

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1,2 семестре.

4. 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
ОПК-1	Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора с учетом специфики научных исследований для создания разнообразных методик, аппаратуры и технологий производства в приборостроении	**Знать:** ● Федеральные законы и нормативные документы, регламентирующие вопросы единства измерений и метрологического обеспечения производства ● Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции ● Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы систем управления качеством продукции в организации ● Нормативные и методические документы, регламентирующие требования к материалам, полуфабрикатам, покупным изделиям и готовой продукции ● Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы хранения материалов, полуфабрикатов, покупных изделий и готовой продукции ● Конструкции изготавливаемых в организации изделий ● Требования к качеству изготавливаемых в организации изделий ● Содержание и режимы технологических процессов, реализуемых в организации ● Методы технического контроля качества **Уметь:** ● Анализировать нормативные документы ● Применять методы системного анализа для подготовки и обоснования выводов о состоянии системы управления качеством продукции ● Определять необходимость разработки новых методов и средств измерений

		● Оценивать экономический эффект от внедрения новых методов и средств измерений **Владеть:** ● Методами анализа современных средств измерений и контроля. ● Методами анализа состояния технического контроля качества продукции на производстве. ● Методами системного анализа. ● Методами технического контроля качества и диагностики.
ПК-7	Способен к оценке технологичности конструкторских решений, разработке технологических процессов сборки (юстировки) и контроля блоков, узлов и деталей приборов	**Знать**: ● Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции ● Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы систем управления качеством продукции в организации ● Нормативные и методические документы, регламентирующие требования к материалам, полуфабрикатам, покупным изделиям и готовой продукции ● Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы хранения материалов, полуфабрикатов, покупных изделий и готовой продукции ● Государственные и международные стандарты в области менеджмента качества ● Система государственного надзора, межведомственного и ведомственного контроля качества изготавливаемых изделий ● Производственно-организационная структура организации ● Номенклатура изготавливаемых в организации изделий ● Конструкции изготавливаемых в организации изделий ● Требования к качеству изготавливаемых в организации изделий ● Содержание технологических процессов, реализуемых в организации

		● Методы планирования производственной деятельности ● Методы планирования управленческой деятельности ● Основы экономики, организации производства, труда и управления ● Нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы делопроизводства **Уметь**: ● Применять методы системного анализа для подготовки и обоснования выводов о состоянии системы управления качеством продукции ● Применять современные методы анализа производственной деятельности ● Применять современные методы анализа управленческой деятельности ● Разрабатывать технические задания на системы управления качеством продукции ● Разрабатывать нормативно-технические документы ● Разрабатывать организационно-управленческие документы ● Оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими требованиями **Владеть**: ● Методами анализа производственной и управленческой деятельности.

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 по семестрам:**		
	№ 1	**№ 2**	**Всего**
Контактная работа обучающихся с преподавателем			
Аудиторные занятия ***(всего)***	80	80	160

В том числе:			
лекции	16	16	32
практические занятия	32	32	64
лабораторные занятия	32	32	64
Промежуточная аттестация			
В том числе:			
экзамен	36	36	72
Самостоятельная работа обучающихся	64	64	128
Всего (часы):	180	180	360
Всего (зачетные единицы):	5	5	10

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				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Современная АЭС как объект диагностирования					
1.1.	Понятие сложной человеко-машинной системы	2	4	2		
1.2.	Стохастическая природа процессов на АЭС	2	2	2		
1.3.	Роль человека-оператора АЭС	1	2	2		
2.	Обучение машин диагностированию АЭС					
2.1.	Задачи извлечения данных	2	4	4		
2.2.	Методы обучения машин	2	4	4		
2.3.	Проблема больших данных	1	2	2		
3.	Регрессионные и нейронно-сетевые методы в ТД АЭС					
3.1.	Регрессионные модели	2	4	4		
3.2.	Перцептрон и классические нейронные сети	2	4	4		
3.3.	RBF-сети для регрессии и классификации	1	2	4		
4.	Классификация состояний АЭС					
4.1.	Распознавание изображений	1	4	4		
	Итого за 1 семестр:	16	32	32		64
5.	Методы кластерного анализа в задачах ТД АЭС					
5.1.	Плотностные алгоритмы	2	4	4		
6.	Экспертные системы диагностирования					
6.1.	Байессовские системы	2	4	4		
7.	Методы диагностики, основанные на различных моделях обучения машин					
7.1.	Кластерный анализ однотипных объектов	1	2	2		
7.2.	Предсказание характеристик объекта по данным однотипных объектов	1	2	2		

8.	Анализ эксплуатационных данных в среде R	2	4	4		
9.	Программирование задач ТД АЭС на Python					
9.1	Расширение SciPy	1	2	2		
9.2	Расширение NumPy	1	2	2		
9.3	Библиотека scikit-learn	2	4	4		
10.	Визуальное программирование задач диагностики	1	2	2		
11.	Компьютерная поддержка оператора АЭС					
11.1	Сжатие информации, представляемой оператору АЭС	1	2	2		
11.2	Визуализация информации, представляемой оператору АЭС	2	4	4		
	Итого за 2 семестр:	16	32	32		64

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа.

6.2. 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	АЭС как сложная человеко-машинная система. Основные трудности диагностирования АЭС. Объекты диагностирования, состав и функции систем технической диагностики. Задачи компьютерной поддержки оператора.
1.2.	Стохастическая природа процессов на АЭС	Случайные процессы на АЭС и их основные характеристики. Корреляционные и спектральные функции. Источники шумов и флуктуаций технологических параметров. Стационарность и эргодичность. Особенности анализа эксплуатационных данных.
1.3.	Роль человека-оператора АЭС	Функции оператора в системе управления АЭС. Информационная нагрузка и ошибки оператора. Компьютерная поддержка принятия решений. Интерпретация результатов диагностирования.
2.	Обучение машин диагностированию АЭС	
2.1.	Задачи извлечения данных	Источники эксплуатационных данных АЭС. Постановка задач обучения по прецедентам. Типы шкал и типы задач: классификация, регрессия, прогнозирование, кластеризация. Подготовка и очистка данных, отбор признаков.
2.2.	Методы обучения машин	Обучение с учителем и без учителя. Обобщающая способность, переобучение, скользящий контроль. Метрики качества классификации: ошибки I и II рода, ROC-кривая. Методы регуляризации.
2.3.	Проблема больших данных	Понятие больших данных. Хранение и обработка потоков эксплуатационных данных АЭС. Снижение размерности, метод главных компонент. Масштабируемые алгоритмы обучения.
3.	Регрессионные и нейронно-сетевые методы в ТД АЭС	
3.1.	Регрессионные модели	Линейная регрессия, метод наименьших квадратов. Мультиколлинеарность, гребневая регрессия и LASSO. Робастные методы оценки параметров. Применение

		регрессионных моделей для прогнозирования состояния оборудования АЭС.
3.2.	Перцептрон и классические нейронные сети	Модель нейрона. Перцептрон Розенблатта. Многослойные сети и метод обратного распространения ошибки. Выбор архитектуры, обучение и регуляризация сети. Применение нейронных сетей в диагностике.
3.3.	RBF-сети для регрессии и классификации	Радиальные базисные функции. Архитектура RBF-сетей, методы выбора центров и обучения. Сравнение с многослойным перцептроном. Применение для аппроксимации и классификации.
4.	Классификация состояний АЭС	
4.1.	Распознавание изображений	Задача распознавания образов. Признаки изображений. Методы классификации изображений, сверточные сети. Применение в визуальном и тепловизионном контроле оборудования.
5.	Методы кластерного анализа в задачах ТД АЭС	
5.1.	Плотностные алгоритмы	Постановка задачи кластеризации. Алгоритм k-средних и иерархическая кластеризация. Плотностные алгоритмы (DBSCAN). Выбор числа кластеров, оценка качества кластеризации.
6.	Экспертные системы диагностирования	
6.1.	Байессовские системы	Оптимальный байесовский классификатор. Наивный байесовский классификатор. Оценивание плотностей распределения. Экспертные системы диагностирования: продукционные правила, байесовские сети.
7.	Методы диагностики, основанные на различных моделях обучения машин	
7.1.	Кластерный анализ однотипных объектов	Группировка однотипных объектов (например, ТВС, датчиков) по результатам измерений. Выявление аномальных объектов и выбросов. Интерпретация кластеров.
7.2.	Предсказание характеристик объекта по данным однотипных объектов	Модели предсказания характеристик объекта по данным однотипных объектов. Прогнозирование остаточного ресурса. Оценка точности предсказаний.
8.	Анализ эксплуатационных данных в среде R	Язык R: структуры данных, импорт и предобработка данных. Статистические функции и графика. Построение моделей классификации и регрессии на данных эксплуатации.
9.	Программирование задач ТД АЭС на Python	
9.1	Расширение SciPy	Библиотека SciPy: статистика, оптимизация, интерполяция, обработка сигналов. Построение предсказательных моделей.
9.2	Расширение NumPy	Библиотека NumPy: массивы, векторизация вычислений, линейная алгебра, работа с данными измерений.
9.3	Библиотека scikit-learn	Библиотека scikit-learn: подготовка данных, обучение и оценка моделей классификации, регрессии и кластеризации, кросс-валидация.
10.	Визуальное программирование задач диагностики	Изучение основ визуального программирования с использованием программного обеспечения KNIME
11.	Компьютерная поддержка оператора АЭС	Изучение визуальных средств программирования и автоматических систем на АЭС

11.1	Сжатие информации, представляемой оператору АЭС	Основные методы сжатия и передачи информации оператору АЭС
11.2	Визуализация информации, представляемой оператору АЭС	Основные методы и алгоритмы визуализации данных, получаемых с объектов контроля на АЭС

Практические занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Современная АЭС как объект диагностирования	
1.1.	Понятие сложной человеко-машинной системы	АЭС как сложная человеко-машинная система. Основные трудности диагностирования АЭС. Объекты диагностирования, состав и функции систем технической диагностики. Задачи компьютерной поддержки оператора.
1.2.	Стохастическая природа процессов на АЭС	Случайные процессы на АЭС и их основные характеристики. Корреляционные и спектральные функции. Источники шумов и флуктуаций технологических параметров. Стационарность и эргодичность. Особенности анализа эксплуатационных данных.
1.3.	Роль человека-оператора АЭС	Функции оператора в системе управления АЭС. Информационная нагрузка и ошибки оператора. Компьютерная поддержка принятия решений. Интерпретация результатов диагностирования.
2.	Обучение машин диагностированию АЭС	
2.1.	Задачи извлечения данных	Источники эксплуатационных данных АЭС. Постановка задач обучения по прецедентам. Типы шкал и типы задач: классификация, регрессия, прогнозирование, кластеризация. Подготовка и очистка данных, отбор признаков.
2.2.	Методы обучения машин	Обучение с учителем и без учителя. Обобщающая способность, переобучение, скользящий контроль. Метрики качества классификации: ошибки I и II рода, ROC-кривая. Методы регуляризации.
2.3.	Проблема больших данных	Понятие больших данных. Хранение и обработка потоков эксплуатационных данных АЭС. Снижение размерности, метод главных компонент. Масштабируемые алгоритмы обучения.
3.	Регрессионные и нейронно-сетевые методы в ТД АЭС	
3.1.	Регрессионные модели	Линейная регрессия, метод наименьших квадратов. Мультиколлинеарность, гребневая регрессия и LASSO. Робастные методы оценки параметров. Применение регрессионных моделей для прогнозирования состояния оборудования АЭС.
3.2.	Перцептрон и классические нейронные сети	Модель нейрона. Перцептрон Розенблатта. Многослойные сети и метод обратного распространения ошибки. Выбор архитектуры, обучение и регуляризация сети. Применение нейронных сетей в диагностике.
3.3.	RBF-сети для регрессии и классификации	Радиальные базисные функции. Архитектура RBF-сетей, методы выбора центров и обучения. Сравнение с

		многослойным перцептроном. Применение для аппроксимации и классификации.
4.	Классификация состояний АЭС	
4.1.	Распознавание изображений	Задача распознавания образов. Признаки изображений. Методы классификации изображений, сверточные сети. Применение в визуальном и тепловизионном контроле оборудования.
5.	Методы кластерного анализа в задачах ТД АЭС	
5.1.	Плотностные алгоритмы	Постановка задачи кластеризации. Алгоритм k-средних и иерархическая кластеризация. Плотностные алгоритмы (DBSCAN). Выбор числа кластеров, оценка качества кластеризации.
6.	Экспертные системы диагностирования	
6.1.	Байессовские системы	Оптимальный байесовский классификатор. Наивный байесовский классификатор. Оценивание плотностей распределения. Экспертные системы диагностирования: продукционные правила, байесовские сети.
7.	Методы диагностики, основанные на различных моделях обучения машин.	
7.1.	Кластерный анализ однотипных объектов	Группировка однотипных объектов (например, ТВС, датчиков) по результатам измерений. Выявление аномальных объектов и выбросов. Интерпретация кластеров.
7.2.	Предсказание характеристик объекта по данным однотипных объектов	Модели предсказания характеристик объекта по данным однотипных объектов. Прогнозирование остаточного ресурса. Оценка точности предсказаний.
8.	Анализ эксплуатационных данных в среде R	Язык R: структуры данных, импорт и предобработка данных. Статистические функции и графика. Построение моделей классификации и регрессии на данных эксплуатации.
9.	Программирование задач ТД АЭС на Python	
9.1	Расширение SciPy	Библиотека SciPy: статистика, оптимизация, интерполяция, обработка сигналов. Построение предсказательных моделей.
9.2	Расширение NumPy	Библиотека NumPy: массивы, векторизация вычислений, линейная алгебра, работа с данными измерений.
9.3	Библиотека scikit-learn	Библиотека scikit-learn: подготовка данных, обучение и оценка моделей классификации, регрессии и кластеризации, кросс-валидация.
10.	Визуальное программирование задач диагностики	Изучение основ визуального программирования с использованием программного обеспечения KNIME
11.	Компьютерная поддержка оператора АЭС	Изучение визуальных средств программирования и автоматических систем на АЭС
11.1	Сжатие информации, представляемой оператору АЭС	Основные методы сжатия и передачи информации оператору АЭС
11.2	Визуализация информации, представляемой оператору АЭС	Основные методы и алгоритмы визуализации данных, получаемых с объектов контроля на АЭС

Лабораторные занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Название лабораторной работы
1.	**Анализ данных акустической диагностики кризиса теплообмена (1 семестр)**	
1.1.	**Лабораторная работа 1**	Разведочный анализ данных по акустической диагностике кризиса теплообмена
1.2.	**Лабораторная работа 2**	Методы визуализации данных по кризису теплообмена
1.3.	**Лабораторная работа 3**	Классификация данных по кризису теплообмена методом k-ближайших соседей
1.4.	**Лабораторная работа 4**	Отбор информативных признаков для диагностирования по кризису теплообмена (параметрический и непараметрический критерии Фишера)
2.	**Анализ данных ультразвукового контроля (2 семестр)**	
2.1.	**Лабораторная работа 1**	Загрузка, очистка и предварительное изучение данных ультразвукового контроля
2.2.	**Лабораторная работа 2**	Сглаживание данных и определение методов контроля
2.3.	**Лабораторная работа 3**	Корреляционный анализ данных и определение схем прозвучивания
2.4.	**Лабораторная работа 4**	Обучение модели: бинарная классификация данных (есть/нет дефект)

6.3. Курсовая работа

Во 2 семестре предусмотрена курсовая работа по дисциплине. Тема курсовой работы связана с применением методов анализа данных и машинного обучения к задаче технической диагностики оборудования АЭС (по данным лабораторных работ или данным, предоставленным руководителем).

Курсовая работа включает: постановку задачи и обзор источников, подготовку и разведочный анализ данных, построение и сравнение не менее трех моделей, оценку качества, выводы и оформление пояснительной записки. Руководство осуществляет преподаватель дисциплины; защита проводится перед комиссией в составе председателя и двух членов.

7. 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)
8. Зайцев, К.С. Использование методов машинного обучения и языка Python для анализа данных. [Электронный ресурс] [Текст] : лабораторный практикум / К. С. Зайцев ; М.Е. Дунаев. - Москва : ЭБС НИЯУ МИФИ.Ч.1. - [Б. м.], 2019. - 48 с.
9. Стефанова, И. А. Обработка данных и компьютерное моделирование [Электронный ресурс] [Текст] : учебное пособие / Стефанова И. А. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 112 с. https://e.lanbook.com/book/126939
10. Сапожников, В. В. Основы теории надежности и технической диагностики [Электронный ресурс] [Текст] : учебник / Сапожников В. В., Сапожников В. В., Ефанов Д. В. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 588 с. https://e.lanbook.com/book/115495

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И 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 семестр			
1.	Раздел 1,2,3,	*ПК-7, ОПК-1*	Контрольная работа, отчеты по лабораторным работам
2.	Раздел 4,5,6	*ПК-7, ОПК-1*	Контрольная работа, отчеты по лабораторным работам
Промежуточный контроль, 1 семестр			
	Экзамен	*ПК-7, ОПК-1*	Вопросы на экзамен
Текущий контроль, 2 семестр			
1.	Раздел 7,8,9	*ПК-7, ОПК-1*	Контрольная работа, отчеты по лабораторным работам
2.	Раздел 10,11	*ПК-7, ОПК-1*	Контрольная работа, отчеты по лабораторным работам
Промежуточный контроль, 2 семестр			

	Экзамен	*ПК-7, ОПК-1*	Вопросы на экзамен
	Всего:		

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

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.
- Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
    - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
    - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	**Неделя**	**Балл**	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	**1-16**	**36 - 60% от максимума**	**60**
Контрольная точка № 1	**7-8**	**18 (60% от 30)**	**30**
Контрольная работа	1-6	60% от М1	М1
Отчеты по лабораторным работам	1-6	60% от М2	М2
Контрольная точка № 2	**15-16**	**18 (60% от 30)**	**30**
Контрольная работа	15-16	60% от Т1	Т1

Отчеты по лабораторным работам	16-16	60% от Т2	Т2
Промежуточная аттестация	**-**	**24 – (60% 40)**	**40**
Экзамен	-	60% от КР	КР
ИТОГО по дисциплине		**60**	**100**

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

Сумма баллов	***Оценка по 4-х балльной шкале***	***Оценка ECTS***	***Требования к уровню освоения учебной дисциплины***
90-100	*5- «отлично»/ «зачтено»*	A	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»*	B	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
70-84		C	
65-69	*3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»*	D	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		*E*	
0-59	2 - *«неудовлетворительно»/ «не зачтено»*	*F*	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. 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. Дюк, В. А. Логический анализ данных [Электронный ресурс] [Текст] : учебное пособие / Дюк В. А. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 80 с. https://e.lanbook.com/book/126935
7. Юре, Л. Анализ больших наборов данных [Электронный ресурс] [Текст] / Юре Л. , Ананд Р. , Джеффри Д. У. ; Пер. с англ. Слинкин А.А. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 498 с. https://e.lanbook.com/book/93571⌋
8. Зайцев, К.С. Использование методов машинного обучения и языка Python для анализа данных. [Электронный ресурс] [Текст] : лабораторный практикум / К. С. Зайцев ; М.Е. Дунаев. - Москва : ЭБС НИЯУ МИФИ.Ч.1. - [Б. м.], 2019. - 48 с.
9. Стефанова, И. А. Обработка данных и компьютерное моделирование [Электронный ресурс] [Текст] : учебное пособие / Стефанова И. А. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 112 с. https://e.lanbook.com/book/126939
10. Сапожников, В. В. Основы теории надежности и технической диагностики [Электронный ресурс] [Текст] : учебник / Сапожников В. В., Сапожников В. В., Ефанов Д. В. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 588 с. https://e.lanbook.com/book/115495

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. Абагяна. — 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

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

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: [Электронный ресурс] URL: http://elibrary.ru (Дата обращения: 10.05.2020).

2.Электронно-библиотечная система издательство "Лань": [Электронный ресурс] URL: www.e.lanbook.com (Дата обращения: 10.05.2020).

3.Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ": [Электронный ресурс] URL: www.library.mephi.ru (Дата обращения: 10.05.2020).

4.E-learning for Nuclear Newcomers [Электронный ресурс] URL: https://www.iaea.org/topics/infrastructure-development/e-learning-for-nuclear-newcomers (Дата обращения: 10.05.2020).

5.Росатом [Электронный ресурс] URL:http://www.rosatom.ru (Дата обращения: 10.05.2020).

11. 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; 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 удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практикум	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.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешенном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

1) Создание и управление классами,
2) Создание курсов,
3) Организация записи учащихся на курс,
4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
5) Публикация заданий для учеников,
6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятийс использованием слайд-презентаций;
- использование обучающих видеофильмов;
- использование текстового редактора Microsoft Word;
- использование табличного редактора Microsoft Excel;
- использование текстового редактора NoteBook (Блокнот);
- использование компьютерного тестирования;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.
- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Интерактивное общение с помощью программы skype, zoom, google meet.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий. Использование слайд-презентаций при проведении лекционных занятий.

12.2. Перечень программного обеспечения

1. Текстовый редактор Microsoft Word;
2. Табличный редактор Microsoft Excel;
3. Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
4. Текстовый редактор NoteBook (Блокнот);
5. Браузеры: Google Chrome, Internet Explorer, Yandex, Mozilla Firefox, Opera.
6. Локальная компьютерная сеть и глобальная сеть Интернет.
7. Дистрибутив языков программирования Python и R – Anaconda
8. Инструмент Python–разработчика JetBrains PyCharm
9. Инструмент для анализа данных Jupyter Notebook

12.3. Перечень информационных справочных систем

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

1) Информационные ресурсы Сети Консультант Плюс, www.consultant.ru (информация нормативно-правового характера на основе современных компьютерных и телекоммуникационных технологий);
2) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe7C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK;
3) ЭБС «Издательства Лань», https://e.lanbook.com/;
4) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);
5) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» www.studentlibrary.ru;
6) Электронно-библиотечная система «Айбукс.ру/ibooks.ru»,
7) http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf
8) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», http://urait.ru/.

13. 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 отделения ядерной физики и технологий, 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.

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	Методы обучения машин	Лекция	1	Круглый стол, дискуссия, дебаты как форма консультирования студентов.
2	Регрессионные модели	практические занятия	2	Мозговой штурм, case-study (коллективный анализ конкретных ситуаций, ситуационный анализ) при поиске вариантов решения задач, сформулированных в проектных заданиях.
3	Распознавание изображений	практические занятия	2	Мастер классы, тренинги и симуляции, которые организуют студенты.

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

Список вопросов для самостоятельной работы

1. АЭС как сложная человеко-машинная система. Основные трудности при диагностировании АЭС.
2. Роль человека-оператора на АЭС. Задачи компьютерной поддержки оператора.
3. Стохастическая природа процессов на АЭС.
4. Техническое состояние объекта диагностирования, виды технического состояния.

5. Задачи общетехнической диагностики. Алгоритм диагностирования. Глубина диагностирования.
6. Методы диагностики. Тестовые и функциональные системы диагностирования.
7. Постановка задач обучения по прецедентам.
8. Типы шкал и типы задач: классификация, регрессия, прогнозирование, кластеризация.
9. Задачи извлечения данных. Проблема больших данных.
10. Методы обучения машин. Обучение с учителем и без учителя.
11. Линейная регрессия. Метод наименьших квадратов.
12. Регуляризация в регрессии: гребневая регрессия, LASSO.
13. Перцептрон и классические нейронные сети. Метод обратного распространения ошибки.
14. RBF-сети для регрессии и классификации.
15. Классификация состояний АЭС. Метрические методы классификации (kNN, окно Парзена).
16. Распознавание изображений: методы и алгоритмы.
17. Решающие деревья и композиции алгоритмов (бустинг, случайный лес).
18. Кластерный анализ: постановка задачи, алгоритм k-средних, иерархическая кластеризация.
19. Плотностные алгоритмы кластеризации.
20. Экспертные системы диагностирования.
21. Байесовские методы классификации. Оптимальный байесовский классификатор.
22. Метрики качества классификации: ошибки I и II рода, ROC-кривая.
23. Кластерный анализ однотипных объектов.
24. Предсказание характеристик объекта по данным однотипных объектов.
25. Анализ эксплуатационных данных в среде R.
26. Программирование задач технической диагностики АЭС на Python: SciPy, NumPy, scikit-learn.
27. Шумовая диагностика АЭС. Диагностирование режимов кипения теплоносителя и кризиса теплообмена.
28. Система вибродиагностики АЭС.
29. Диагностирование течей трубопроводов АЭС.
30. Система обнаружения свободных и слабозакрепленных частей.
31. Контроль герметичности оболочек. Локализация негерметичных ТВС.
32. Диагностирование отказов датчиков.
33. Задачи систем режимной диагностики реактора.

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 также, 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 также 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 составили:

доцент отд. ЯФиТ, к.т.н., П.А. Белоусов

старший преподаватель отд. ЯФиТ, Д.А. Распопов

Рецензенты:

профессор отд. ИКС, д.ф.-м.н, С.О. Старков
доцент отд. ИКС, к.т.н, О.А. Мирзеабасов