

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Системы машинного обучения и предиктивной аналитики в тепловой и
возобновляемой энергетике**

**Москва
2025**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Очков В.Ф.
	Идентификатор	Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff

В.Ф. Очков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Очков В.Ф.
	Идентификатор	Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff

В.Ф. Очков

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В.
Шацких

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-4 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в тепловой и возобновляемой энергетике

ИД-2 Применяет методы моделирования объектов тепловой и возобновляемой энергетике для решения профессиональных задач

ИД-4 Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы объектов тепловой и возобновляемой энергетике

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. "Промышленные системы предиктивной аналитики" (Проверочная работа)
2. «Подходы к решению задач диагностики» (Проверочная работа)
3. «Подходы к решению задач предиктивной аналитики» (Проверочная работа)
4. «Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики» (Проверочная работа)

БРС дисциплины

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 «Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики» (Проверочная работа)
КМ-2 «Подходы к решению задач диагностики» (Проверочная работа)
КМ-3 «Подходы к решению задач предиктивной аналитики» (Проверочная работа)
КМ-4 "Промышленные системы предиктивной аналитики" (Проверочная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики					
Термины и определения		+			
Область применения		+			

Подходы к решению задач диагностики				
Элементы системы диагностирования		+		
Методы и модели основанные на экспертных знаниях		+		
Методы и модели основанные на данных		+		
Модели выявления аномалий		+		
Модели выявления дефектов		+		
Подходы к решению задач предиктивной аналитики				
Модели прогнозирования			+	
Модели на основе физического описания процессов			+	
Перспективы развития			+	
Промышленные системы предиктивной аналитики				
Принцип работы СПиУМ ПРАНА				+
Математические методы				+
Примеры использования				+
Вес КМ:	10	30	30	30

БРС курсовой работы/проекта

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Разработка математической модели
- КМ-2 Подготовка данных для СПиУМ ПРАНА
- КМ-3 Анализ работы в СПиУМ ПРАНА

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3
	Срок КМ:	8	12	15
Разработать математическую модель тепломеханического оборудования (насос с электродвигателем) в OpenModelica		+		
Использовать математическую модель объекта для анализа его эксплуатационных режимов.		+		

Работа с данными в СПиУМ ПРАНА, подготовка данных для построения математической модели выявления аномалий.		+	
Работа с математической моделью в СПиУМ ПРАНА. Анализ результатов моделирования, оценка качества модели.		+	
Автоматическое выделение эксплуатационных режимов через систему диагностических правил в системе СПиУМ ПРАНА.			+
Автоматическое определение дефектов через систему диагностических правил в системе СПиУМ ПРАНА.			+
Вес КМ:	30	30	40

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-4	ИД-2 _{ПК-4} Применяет методы моделирования объектов тепловой и возобновляемой энергетики для решения профессиональных задач	Знать: подходы к решению задач предиктивной аналитики в тепловой и возобновляемой энергетике цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики в тепловой и возобновляемой энергетике подходы к решению задач диагностики в тепловой и возобновляемой энергетике	КМ-1 «Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики» (Проверочная работа) КМ-2 «Подходы к решению задач диагностики» (Проверочная работа) КМ-3 «Подходы к решению задач предиктивной аналитики» (Проверочная работа)
ПК-4	ИД-4 _{ПК-4} Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы объектов тепловой и возобновляемой энергетики	Уметь: пользоваться промышленной системой предиктивной диагностики	КМ-4 "Промышленные системы предиктивной аналитики" (Проверочная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. «Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается билет с несколькими вопросами и предоставляется время на подготовку ответа.

Краткое содержание задания:

Укажите цели и задачи предиктивной диагностики

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики в тепловой и возобновляемой энергетике	1. Дайте определение термину «Техническая диагностика» 2. Дайте определение термину «Техническое состояние объекта» 3. Чем отличается мониторинг состояния от мониторинга параметров 4. Дайте определение термину «Прогнозирование технического состояния объекта»

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. «Подходы к решению задач диагностики»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается билет с несколькими вопросами и предоставляется время на подготовку ответа.

Краткое содержание задания:

Какие подходы используются при решении задач диагностики

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: подходы к решению задач диагностики в тепловой и возобновляемой энергетике	1.Примеры измеряемых параметров и видов измерений. 2.Что такое контролируемые параметры признаки неисправности. 3.Какие элементы (свойства) могут быть использованы для формирования признаков неисправностей.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. «Подходы к решению задач предиктивной аналитики»

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается билет с несколькими вопросами и предоставляется время на подготовку ответа.

Краткое содержание задания:

Какие подходы используются при решении задач предиктивной аналитики

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: подходы к решению задач предиктивной аналитики в тепловой и возобновляемой	1. Что такое прогнозирование технического состояния и от чего зависит точность данного прогноза. 2.Чем отличается прогнозирования технического

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
энергетике	состояния от диагностирования. 3. Зачем при разработке моделей прогнозирования технического состояния вводят в рассмотрение расчетный признак, характеризующий техническое состояние и являющийся производной от измеряемых параметров.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. "Промышленные системы предиктивной аналитики"

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Проверочная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается билет с несколькими вопросами и предоставляется время на подготовку ответа.

Краткое содержание задания:

Ответьте на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: пользоваться промышленной системой предиктивной диагностики	1.Как осуществляется работа с данными в СПиУМ ПРАНА

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Что такое подход к диагностированию на основе данных и его характерные особенности.
2. Обучить модель OneClassSVM для поиска аномальных режимов ГТУ на синтетическом наборе данных. Поставленную задачу решить путем заполнения недостающих строк кода в шаблоне.

Процедура проведения

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-4 Применяет методы моделирования объектов тепловой и возобновляемой энергетики для решения профессиональных задач

Вопросы, задания

1. Какие подходы к управлению надежностью вы знаете? Достоинства и недостатки каждого из трех подходов к управлению надежностью.
2. Что такое подход к диагностированию на основе данных и его характерные особенности.
3. Что такое подход к диагностированию на основе знаний и его характерные особенности.
4. Что такое задачи обнаружения аномалий и идентификация неисправностей.
5. Что такое прогнозирование технического состояния и от чего зависит точность данного прогноза.
6. Достоинства и недостатки методов диагностирования на основе физико-математических моделей.
7. Какие подходы совмещения методов на основе данных и физико-математических моделей существуют? Их характерные особенности.
8. Какие методы машинного обучения для выявления аномалий в СПиУМ ПРАНА и его основные особенности.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Техническая диагностика это:

Ответы:

- наука о распознавании состояния технической системы
- процесс улучшения производительности работы оборудования
- метод оптимизации работы оборудования

Верный ответ: наука о распознавании состояния технической системы

2. Подход к решению задач предиктивной аналитики на основе знаний требует:

Ответы:

- большого количества данных с оборудования и минимальных экспертных знаний
- методов машинного и глубокого обучения

- понимания механизма возникновения, развития неисправности и соответствующих изменений признаков неисправностей

Верный ответ: понимания механизма возникновения, развития неисправности и соответствующих изменений признаков неисправностей

3. Задача обнаружения аномалий в работе оборудования решает:

Ответы:

- выявление отклонения от нормальной работы оборудования
- прогнозирование остаточного ресурса оборудования
- оптимизацию работы оборудования

Верный ответ: выявление отклонения от нормальной работы оборудования

4. Удаление выбросов из данных до построения модели машинного обучения:

Ответы:

- не требуется делать, так как это не повлияет на качество модели
- имеет важное значение, поскольку наличие выбросов может существенно повлиять на качество модели
- выбросов в данных не может быть

Верный ответ: имеет важное значение, поскольку наличие выбросов может существенно повлиять на качество модели

5. Различие между задачами прогнозирования технического состояния оборудования и диагностирования состоит в том, что:

Ответы:

- в задаче прогнозирования требуется определить время до предельного состояния, в диагностировании определить дефект
- в задаче прогнозирования требуется определить отклонение в техническом состоянии оборудования, в диагностировании причину возникновения дефекта
- нет различий

Верный ответ: в задаче прогнозирования требуется определить время до предельного состояния, в диагностировании определить дефект

6. Задача многоклассовой классификации в первую очередь используется для:

Ответы:

- выявления аномалий
- выявления дефектов
- прогнозирование остаточного ресурса

Верный ответ: выявления дефектов

7. Для построения модели машинного обучения без учителя с целью решения задачи отклонения работы оборудования от нормального состояния, достаточно:

Ответы:

- разметка данных нормального состояния
- разметка данных как нормального, так и аномального состояния
- понятие обучение без учителя не существует

Верный ответ: разметка данных нормального состояния

2. Компетенция/Индикатор: ИД-4ПК-4 Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы объектов тепловой и возобновляемой энергетики

Вопросы, задания

1. Какие модели машинного обучения используются для выявления аномалий и их характерные особенности.
2. Какие модели машинного обучения используются для выявления дефектов и их характерные особенности.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Одним из преимуществ управления надежностью оборудования по состоянию является:

Ответы:

- высокие и непредвиденные затраты на обслуживание
- фиксированный межремонтный интервал
- планирование ремонтов по состоянию

Верный ответ: планирование ремонтов по состоянию

2. Модели машинного обучения кластеризации можно использовать для:

Ответы:

- решения задачи выявления аномалий и классификации дефектов
- только для решения задач выявления аномалий
- только для решения задач классификации дефектов

Верный ответ: решения задачи выявления аномалий и классификации дефектов

3. Корреляционный анализ технологических параметров

Ответы:

- метод статистического анализа, позволяющий определить степень взаимосвязи между различными технологическими параметрами, чтобы выявить зависимости
- метод расчета износа оборудования в процессе эксплуатации
- процесс оценки надежности оборудования

Верный ответ: метод статистического анализа, позволяющий определить степень взаимосвязи между различными технологическими параметрами, чтобы выявить зависимости

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Для курсового проекта/работы:

8 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

Студент предоставляет разработанные модели для проверки преподавателю и отвечает на заданные вопросы.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.