

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

Рабочая программа дисциплины
СИСТЕМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПРЕДИКТИВНОЙ
АНАЛИТИКИ В ТЕПЛОВОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06.14
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	8 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	8 семестр - 16 часов;
Самостоятельная работа	8 семестр - 103,2 часа;
в том числе на КП/КР	8 семестр - 0,7 часа;
Иная контактная работа	8 семестр - 4 часа;
включая:	
Проверочная работа	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсовой работы	8 семестр - 0,4 часа;
Экзамен	8 семестр - 0,4 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение промышленных систем предиктивной диагностики.

Задачи дисциплины

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-4 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в тепловой и возобновляемой энергетике	ИД-2ПК-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.
ПК-4 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в тепловой и возобновляемой энергетике	ИД-4ПК-4 Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы объектов тепловой и возобновляемой энергетики	уметь: - пользоваться промышленной системой предиктивной диагностики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Цифровизация в тепловой и возобновляемой энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики	28	8	7	-	7	-	-	-	-	-	14	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 5-10 [4], 1-6
1.1	Термины и определения	16		4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
1.2	Область применения	12		3	-	3	-	-	-	-	-	6	-	
2	Подходы к решению задач диагностики	37		7	-	7	-	-	-	-	-	23	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Подходы к решению задач диагностики" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 6-44
2.1	Элементы системы диагностирования	6		1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
2.2	Методы и модели основанные на экспертных знаниях	6		1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
2.3	Методы и модели основанные на данных	9		2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
2.4	Модели выявления аномалий	10		2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
2.5	Модели выявления дефектов	6		1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
3	Подходы к решению задач предиктивной аналитики	24		6	-	6	-	-	-	-	-	12	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Подходы к решению задач предиктивной аналитики"
3.1	Модели прогнозирования	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	

3.2	Модели на основе физического описания процессов	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 9-56 [4], 7-79
3.3	Перспективы развития	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
4	Промышленные системы предиктивной аналитики	36		8	-	8	-	-	-	-	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Промышленные системы предиктивной аналитики" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 131-137
4.1	Принцип работы СПиУМ ПРАНА	10		2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
4.2	Математические методы	10		2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
4.3	Примеры использования	16		4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
	Экзамен	35.9		-	-	-	-	2	-	-	0.4	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	19.1		-	-	-	14	-	4	-	0.4	0.7	-	
	Всего за семестр	180.0		28	-	28	14	2	4	-	0.8	69.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0		28	-	28	16		4		0.8	103.2		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики

1.1. Термины и определения

В данном разделе приводятся основные понятия технической диагностики, предиктивной аналитики. Детально разбираются сущность данных понятий..

1.2. Область применения

Рассматривается история развития диагностики, предиктивной аналитики применительно к промышленному оборудованию. Формируются единые представления о выявлении дефектов и прогнозирования развития неисправностей..

2. Подходы к решению задач диагностики

2.1. Элементы системы диагностирования

Рассматриваются составляющие системы диагностирования. Исходные данные измерения, контролируемые параметры, признаки неисправностей, информация о истории эксплуатации агрегата и т.д. Архитектура системы диагностирования..

2.2. Методы и модели основанные на экспертных знаниях

Рассматриваются подходы к диагностированию на основе экспертных знаний и правил. Алгоритм последовательных действий при реализации данных подходов. Примеры использования..

2.3. Методы и модели основанные на данных

Рассматриваются подходы к диагностированию на основе данных. Формулируются основные задачи моделей машинного обучения применительно к диагностике и предиктивной аналитики для промышленного оборудования. Алгоритм последовательных действий при реализации данных подходов.. Рассматривается задача подготовки (предобработки) данных для моделей машинного обучения. Примеры подходов для предобработки данных..

2.4. Модели выявления аномалий

Рассматриваются модели выявления изменения технического состояния оборудования (модели выявления аномалий). Детально разбираются математические модели, которые будут использоваться на практических занятиях..

2.5. Модели выявления дефектов

Рассматриваются модели классификации для выявления дефектов в оборудовании. Детально разбирается математическая модель, которая будет использоваться на практических занятиях..

3. Подходы к решению задач предиктивной аналитики

3.1. Модели прогнозирования

Рассматриваются подходы и методы к решению задачи прогнозирования отказов. Основные понятия, методология, требуемые исходные данные.. Рассматриваются теоретические аспекты математической модели прогнозирования, которая будет использоваться на практическом занятии..

3.2. Модели на основе физического описания процессов

Рассматриваются подходы к диагностированию на основе физико-математических моделей. Достоинства и недостатки данных методов по сравнению с методами на основе данных. Примеры использования для решения задач предиктивной аналитики..

3.3. Перспективы развития

Рассматриваются подходы для решения задач диагностики и предиктивной аналитики на основе суррогатного моделирования, мультимодальные модели машинного обучения..

4. Промышленные системы предиктивной аналитики

4.1. Принцип работы СПиУМ ПРАНА

Рассматривается промышленная система предиктивной аналитики на примере СПиУМ ПРАНА. Основные модули..

4.2. Математические методы

Разбираются математические методы, реализованные в СПиУМ ПРАНА для решения задач диагностики и предиктивной аналитики..

4.3. Примеры использования

Рассматриваются реальные примеры применения СПиУМ ПРАНА на производстве..

3.3. Темы практических занятий

1. 3. Работа с данными в формате csv с использованием пакета Pandas. Фильтрация данных, выделение режимов нормальной эксплуатации и пусковых режимов;
2. 4. Разработка модели выявления аномальных режимов на языке программирования Python.;
3. 5. Разработка модели выявления неисправностей на языке программирования Python.;
4. 6. Разработка модели прогнозирования временного ряда на языке программирования Python.;
5. 10. Автоматическое определение дефектов через систему диагностических правил в системе СПиУМ ПРАНА.;
6. 8. Работа с математическими моделями в СПиУМ ПРАНА. Анализ результатов моделирования, оценка качества модели.;
7. 9. Автоматическое выделение эксплуатационных режимов через систему диагностических правил в системе СПиУМ ПРАНА.;
8. 2. Использование математической модели объекта для анализа его эксплуатационных режимов.;
9. 7. Знакомство с системой предиктивной диагностики СПиУМ ПРАНА. Работа с данными в СПиУМ ПРАНА, подготовка данных для построения математической модели выявления аномалий.;
10. 1. Разработка математической модели тепломеханического оборудования в OpenModelica..

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

8 Семестр

Курсовая работа (КР)

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 12	13 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2	3, 4	5, 6	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	30	30	40	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	30	60	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Разработать математическую модель тепломеханического оборудования (насос с электродвигателем) в OpenModelica
2	Использовать математическую модель объекта для анализа его эксплуатационных режимов.
3	Работа с данными в СПиУМ ПРАНА, подготовка данных для построения математической модели выявления аномалий.
4	Работа с математической моделью в СПиУМ ПРАНА. Анализ результатов моделирования, оценка качества модели.
5	Автоматическое выделение эксплуатационных режимов через систему диагностических правил в системе СПиУМ ПРАНА.
6	Автоматическое определение дефектов через систему диагностических правил в системе СПиУМ ПРАНА.

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
подходы к решению задач диагностики в тепловой и возобновляемой энергетике	ИД-2ПК-4		+			Проверочная работа/«Подходы к решению задач диагностики»
цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики в тепловой и возобновляемой энергетике	ИД-2ПК-4	+				Проверочная работа/«Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики»
подходы к решению задач предиктивной аналитики в тепловой и возобновляемой энергетике	ИД-2ПК-4			+		Проверочная работа/«Подходы к решению задач предиктивной аналитики»
Уметь:						
пользоваться промышленной системой предиктивной диагностики	ИД-4ПК-4				+	Проверочная работа/"Промышленные системы предиктивной аналитики"

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №8)

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

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Биргер, И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М. : Машиностроение, 1978. – 240 с. – (Надежность и качество).;
2. Барметов Ю. П.- "Диагностика и надежность автоматизированных систем", Издательство: "ВГУИТ", Воронеж, 2019 - (147 с.)
<https://e.lanbook.com/book/171028>;
3. Ярушкина Н. Г., Андреев И. А., Гуськов Г. Ю., Дударин П. В., Желепов А. С., Мошкин В. С., Наместников А. М., Романов А. А., Филиппов А. А., Эгов Е. Н.- "Интеллектуальный предиктивный мультимодальный анализ слабоструктурированных больших данных", Издательство: "УлГТУ", Ульяновск, 2020 - (220 с.)
<https://e.lanbook.com/book/170653>;
4. Н. Н. Валеев, А. В. Аксянова, Г. А. Гадельшина- "Анализ временных рядов и прогнозирование", Издательство: "Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ)", Казань, 2010 - (160 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=270575>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. OpenModelica;

3. Jupyter.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
6. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
7. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
8. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Помещения для самостоятельной работы	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для консультирования	В-209/7, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер

		персональный, принтер, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Системы машинного обучения и предиктивной аналитики в тепловой и возобновляемой энергетике

(название 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.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики					
1.1	Термины и определения		+			
1.2	Область применения		+			
2	Подходы к решению задач диагностики					
2.1	Элементы системы диагностирования			+		
2.2	Методы и модели основанные на экспертных знаниях			+		
2.3	Методы и модели основанные на данных			+		
2.4	Модели выявления аномалий			+		
2.5	Модели выявления дефектов			+		
3	Подходы к решению задач предиктивной аналитики					
3.1	Модели прогнозирования				+	
3.2	Модели на основе физического описания процессов				+	
3.3	Перспективы развития				+	
4	Промышленные системы предиктивной аналитики					

4.1	Принцип работы СПиУМ ПРАНА				+
4.2	Математические методы				+
4.3	Примеры использования				+
Вес КМ, %:		10	30	30	30

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Системы машинного обучения и предиктивной аналитики в тепловой и
возобновляемой энергетике

(название дисциплины)

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.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3
		Неделя КМ:	8	12	15
1	Разработать математическую модель тепломеханического оборудования (насос с электродвигателем) в OpenModelica		+		
2	Использовать математическую модель объекта для анализа его эксплуатационных режимов.		+		
3	Работа с данными в СПиУМ ПРАНА, подготовка данных для построения математической модели выявления аномалий.			+	
4	Работа с математической моделью в СПиУМ ПРАНА. Анализ результатов моделирования, оценка качества модели.			+	
5	Автоматическое выделение эксплуатационных режимов через систему диагностических правил в системе СПиУМ ПРАНА.				+
6	Автоматическое определение дефектов через систему диагностических правил в системе СПиУМ ПРАНА.				+
Вес КМ, %:			30	30	40