

**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**

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

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

В.Ф. Очков

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

В.Ф. Очков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Ю.В. Шацких

(расшифровка  
подписи)

## 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 энергетике 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 энергетике	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	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	33		7	-	7	-	-	-	-	-	19	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Подходы к решению задач диагностики" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 6-44
2.1	Элементы системы диагностирования	5		1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
2.2	Методы и модели основанные на экспертных знаниях	5		1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
2.3	Методы и модели основанные на данных	9		2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
2.4	Модели на основе физического описания процессов	9		2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
2.5	Перспективы развития	5		1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
3	Подходы к решению задач предиктивной аналитики	33		7	-	7	-	-	-	-	-	19	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Подходы к решению задач предиктивной аналитики"
3.1	Элементы системы прогнозирования	5	1	-	1	-	-	-	-	-	3	-		

3.2	Модели на основе экспертных знаний	5	1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 9-56 [4], 7-79
3.3	Модели на основе данных	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
3.4	Модели на основе физического описания процессов	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
3.5	Перспективы развития	5	1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	
4	Промышленные системы предиктивной аналитики	31	7	-	7	-	-	-	-	-	17	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Промышленные системы предиктивной аналитики" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 131-137
4.1	Принцип работы СПиУМ ПРАНА	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
4.2	Математические методы	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
4.3	Примеры использования	13	3	-	3	-	-	-	-	-	7	-	
	Экзамен	35.9	-	-	-	-	2	-	-	0.4	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	19.1	-	-	-	14	-	4	-	0.4	0.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>28</b>	-	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	-	<b>0.8</b>	<b>69.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>28</b>	-	<b>28</b>	<b>16</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>103.2</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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

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 на основе физического описания процессов

2.5. Перспективы развития

### 3. Подходы к решению задач предиктивной аналитики

3.1. Элементы системы прогнозирования

3.2. Модели на основе экспертных знаний

3.3. Модели на основе данных

3.4. Модели на основе физического описания процессов

3.5. Перспективы развития

### 4. Промышленные системы предиктивной аналитики

4.1. Принцип работы СПиУМ ПРАНА

#### 4.2. Математические методы

#### 4.3. Примеры использования

### 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	
<b>Знать:</b>						
подходы к решению задач диагностики в тепловой и возобновляемой энергетике	ИД-2ПК-4		+			Тестирование/Тест «Подходы к решению задач диагностики»
цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики в тепловой и возобновляемой энергетике	ИД-2ПК-4	+				Тестирование/Тест «Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики»
подходы к решению задач предиктивной аналитики в тепловой и возобновляемой энергетике	ИД-2ПК-4			+		Тестирование/Тест «Подходы к решению задач предиктивной аналитики»
<b>Уметь:</b>						
пользоваться промышленной системой предиктивной диагностики	ИД-4ПК-4				+	Тестирование/Тест "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. Тест "Промышленные системы предиктивной аналитики" (Тестирование)
2. Тест «Подходы к решению задач диагностики» (Тестирование)
3. Тест «Подходы к решению задач предиктивной аналитики» (Тестирование)
4. Тест «Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики» (Тестирование)

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](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

<p>Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря</p>	<p>В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"</p>	<p>персональный, принтер, кондиционер  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</p>
---	--	---

## 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 Тест «Цели и задачи диагностики, предиктивной аналитики» (Тестирование)

КМ-2 Тест «Подходы к решению задач диагностики» (Тестирование)

КМ-3 Тест «Подходы к решению задач предиктивной аналитики» (Тестирование)

КМ-4 Тест "Промышленные системы предиктивной аналитики" (Тестирование)

**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 на основе физического описания процессов			+		
2.5	Перспективы развития			+		
3	Подходы к решению задач предиктивной аналитики					
3.1	Элементы системы прогнозирования				+	
3.2	Модели на основе экспертных знаний				+	
3.3	Модели на основе данных				+	
3.4	Модели на основе физического описания процессов				+	

3.5	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