

**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: Системы теплоэнергоснабжения городов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.10.01.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 77,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2025**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Федюхин А.В.
	Идентификатор	Rc1c8a01a-FediukhinAV-59cb47d9

А.В. Федюхин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гашо Е.Г.
	Идентификатор	R913da1fa-GashoYG-eb0efe14

Е.Г. Гашо

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

Ю.В.  
Яворовский

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Создание цифровых двойников элементов систем теплоснабжения, моделирование тепловых и паровых сетей с применением современных программных пакетов.

### Задачи дисциплины

- разработка электронных моделей тепловых сетей для схем теплоснабжения городов;
- разработка цифровых двойников элементов систем теплоснабжения.

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-2 Способен участвовать в проектировании систем теплоэнергоснабжения городов	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Способен участвовать в проектировании систем теплоэнергоснабжения городов	знать: - особенности создания цифровых двойников тепловых и паровых сетей и элементов систем теплоснабжения с применением современных программных пакетов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Системы теплоэнергоснабжения городов (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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Цифровые двойники потребителей систем теплоснабжения	34	7	8	-	10	-	-	-	-	-	16	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Цифровые двойники потребителей систем теплоснабжения"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Цифровые двойники потребителей систем теплоснабжения и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Цифровые двойники потребителей систем теплоснабжения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Цифровые двойники потребителей систем теплоснабжения"</p>
1.1	Цифровой двойник системы отопления	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
1.2	Цифровой двойник системы горячего водоснабжения	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Цифровой двойник системы вентиляции	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
2	Тепловые и гидравлические расчеты тепловых сетей	22		8	-	6	-	-	-	-	-	8	-	
2.1	Разработка цифрового двойника гидравлической системы тепловой сети	12	4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Тепловые и гидравлические расчеты тепловых сетей"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Тепловые и гидравлические расчеты тепловых сетей и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Тепловые и</p>	

2.2	Гидравлические расчеты тепловых сетей. Расчет надежности систем теплоснабжения	10	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	гидравлические расчеты тепловых сетей" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Тепловые и гидравлические расчеты тепловых сетей" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 10 - 50 [2], 80 - 110 [3], 280 - 360
3	Электронные модели тепловых пунктов	32	8	-	12	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Электронные модели тепловых пунктов"
3.1	Способы подключения абонентов к тепловой сети	12	4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Электронные модели тепловых пунктов и подготовка к контрольной работе
3.2	Построение электронной модели теплового пункта	10	2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Электронные модели тепловых пунктов"
3.3	Расчет режимов работы теплового пункта	10	2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электронные модели тепловых пунктов"
4	Разработка цифровых двойников источников централизованного теплоснабжения	20	8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Разработка цифровых двойников источников централизованного теплоснабжения"
4.1	Построение электронных моделей	20	8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Разработка цифровых двойников источников централизованного теплоснабжения и подготовка к контрольной работе

														<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Разработка цифровых двойников источников централизованного теплоснабжения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Разработка цифровых двойников источников централизованного теплоснабжения"
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	144.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5		
	Итого за семестр	144.0	32	-	32		2		-	0.5		77.5		

**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. Цифровые двойники потребителей систем теплоснабжения

##### 1.1. Цифровой двойник системы отопления

Особенности работы системы отопления. Моделирование характеристик системы отопления.

##### 1.2. Цифровой двойник системы горячего водоснабжения

Особенности работы системы горячего водоснабжения. Моделирование характеристик системы горячего водоснабжения.

##### 1.3. Цифровой двойник системы вентиляции

Особенности работы системы вентиляции. Моделирование характеристик системы вентиляции.

#### 2. Тепловые и гидравлические расчеты тепловых сетей

##### 2.1. Разработка цифрового двойника гидравлической системы тепловой сети

Разработка цифрового двойника гидравлической системы тепловой сети. Построение электронной модели тепловой сети жилого микрорайона.

##### 2.2. Гидравлические расчеты тепловых сетей. Расчет надежности систем теплоснабжения

Наладочный расчет тепловых сетей.. Поверочный расчет тепловых сетей.. Конструкторский расчет тепловых сетей.. Расчет надежности систем теплоснабжения.

#### 3. Электронные модели тепловых пунктов

##### 3.1. Способы подключения абонентов к тепловой сети

Схемы подключения абонентов к тепловой сети. Основы расчета схем подключения абонентов к тепловой сети.

##### 3.2. Построение электронной модели теплового пункта

Построение электронной модели теплового пункта.

##### 3.3. Расчет режимов работы теплового пункта

Расчет режимов работы теплового пункта.

#### 4. Разработка цифровых двойников источников централизованного теплоснабжения

##### 4.1. Построение электронных моделей

Построение электронной модели теплофикационной паротурбинной установки. Построение электронной модели газотурбинной установки с теплофикацией. Построение электронной модели парогазовой установки с теплофикацией.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. 14. Построение электронной модели газотурбинной установки.;

2. 13. Построение электронной модели теплофикационной паровой турбины.;

3. 12. Построение электронной модели котельной установки.;

4. 11. Принципы разработки цифровых двойников источников централизованного

- теплоснабжения.;
5. 10. Расчет режимов работы теплового пункта.;
  6. 9. Построение электронной модели теплового пункта.;
  7. 15. Построение электронной модели парогазовой установки.;
  8. 8. Расчет надежности системы теплоснабжения.;
  9. 6. Поверочный расчет тепловой сети.;
  10. 5. Наладочный расчет тепловой сети.;
  11. 4. Построение электронной модели тепловой сети жилого микрорайона в Zulu Thermo.;
  12. 3. Паспортизация источников, трубопроводов и абонентов в Zulu Thermo.;
  13. 2. Построение электронной модели паровой сети в Zulu Steam.;
  14. 1. Паспортизация источников, трубопроводов и абонентов в Zulu Steam.;
  15. 7. Конструкторский расчет тепловой сети.;
  16. 16. Расчет режимов работы оборудования цифрового двойника источника централизованного теплоснабжения..

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Цифровые двойники потребителей систем теплоснабжения"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тепловые и гидравлические расчеты тепловых сетей"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электронные модели тепловых пунктов"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Разработка цифровых двойников источников централизованного теплоснабжения"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Цифровые двойники потребителей систем теплоснабжения"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Тепловые и гидравлические расчеты тепловых сетей"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Электронные модели тепловых пунктов"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Разработка цифровых двойников источников централизованного теплоснабжения"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** Курсовой проект/ работа не предусмотрены



### 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>						
особенности создания цифровых двойников тепловых и паровых сетей и элементов систем теплоснабжения с применением современных программных пакетов	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>	+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1 Контрольная работа/Контрольная работа №2 Контрольная работа/Контрольная работа №3 Контрольная работа/Контрольная работа №4

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2 (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №3 (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №4 (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №7)*

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Андреева О. В., Ремизова О. И.- "Основы алгоритмизации и программирования на языке PYTHON", Издательство: "МИСИС", Москва, 2022 - (149 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/263552>;
2. Пенский О. Г.- "Математические модели цифровых двойников", Издательство: "ПГНИУ", Пермь, 2019 - (157 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/246641>;
3. Python и DevOps : ключ к автоматизации Linux : пер. с англ. / Н. Гифт, Б. Кеннеди, А. Деза, Г. Григ. – Санкт-Петербург : Питер, 2022. – 544 с. – (Бестселлеры O'Reilly). – ISBN 978-5-4461-2929-4..

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Python;
6. SimInTech (студенческая версия).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

3. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

#### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	3-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	3-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	3-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-204, Кабинет сотрудников каф. "ПТС"	стеллаж, стол преподавателя, стол для оргтехники, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютер персональный, принтер, холодильник
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-206, Кабинет сотрудников каф. "ПТС"	стул, шкаф для документов, стол письменный, кондиционер, дипломные и курсовые работы студентов

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Цифровые двойники в системах теплоснабжения

(название дисциплины)

## 7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)

КМ-2 Контрольная работа №2 (Контрольная работа)

КМ-3 Контрольная работа №3 (Контрольная работа)

КМ-4 Контрольная работа №4 (Контрольная 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	Цифровые двойники потребителей систем теплоснабжения					
1.1	Цифровой двойник системы отопления		+	+	+	+
1.2	Цифровой двойник системы горячего водоснабжения		+	+	+	+
1.3	Цифровой двойник системы вентиляции		+	+	+	+
2	Тепловые и гидравлические расчеты тепловых сетей					
2.1	Разработка цифрового двойника гидравлической системы тепловой сети		+	+	+	+
2.2	Гидравлические расчеты тепловых сетей. Расчет надежности систем теплоснабжения		+	+	+	+
3	Электронные модели тепловых пунктов					
3.1	Способы подключения абонентов к тепловой сети		+	+	+	+
3.2	Построение электронной модели теплового пункта		+	+	+	+
3.3	Расчет режимов работы теплового пункта		+	+	+	+
4	Разработка цифровых двойников источников централизованного теплоснабжения					
4.1	Построение электронных моделей		+	+	+	+
Вес КМ, %:			25	25	25	25