

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Наукоемкие технологии и управление инновациями в теплоэнергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	2 семестр - 59,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	2 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бурмакина А.В.
	Идентификатор	Ree6ce9d4-BurmakinaAV-003bbda

А.В. Бурмакина

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение систем и процессов информационного сопровождения наукоемкой продукции на эксплуатационной стадии жизненного цикла и освоение методов и инструментов разработки киберфизических систем

Задачи дисциплины

- изучение основных принципов информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий;
- освоение информационных систем построения математических моделей киберфизических систем наукоемкой продукции;
- освоение подходов к определению необходимого состава средств измерения для создания киберфизических систем наукоемкой продукции;
- изучение основных подходов к автоматизации сбора данных и алгоритмов обработки данных при эксплуатации киберфизических систем наукоемкой продукции.

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 применять информационные технологии на всех стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции	ИД-3ПК-2 Разрабатывает математические модели технических систем	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- виды киберфизических систем и технологии, применяемых при их построении и эксплуатации;- основные особенности информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий и технических систем;- основные особенности подбора требуемого состава средств измерения для построения киберфизических систем наукоемких изделий, алгоритмы обработки данных при информатизации эксплуатации наукоемких изделий и технических систем. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- разрабатывать математические модели технических систем с использованием специализированного программного обеспечения;- оценивать основные показатели эффективности и качества эксплуатации наукоемких изделий и технических систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Наукоемкие технологии и управление инновациями в теплоэнергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать виды наукоемких изделий
- знать виды математических моделей и способы их построения
- знать стадии жизненного цикла наукоемких изделий
- знать методы проведения экспериментальных исследований
- уметь моделировать тепловые схемы энергетических комплексов
- уметь обрабатывать результаты экспериментальных исследований

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 3 зачетных единицы, 108 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	Вопросы информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Вопросы информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Вопросы информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], стр. 4-22</p>
1.1	Введение в информатизацию эксплуатации наукоемких изделий	2		1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
1.2	Основные понятия информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий	2		1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
2	Киберфизические системы наукоемких изделий	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.1	Киберфизические системы на этапе эксплуатации: определение, назначение, виды	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
2.2	Разработка и эксплуатация киберфизических систем	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Киберфизические системы наукоемких изделий"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Киберфизические системы наукоемких изделий"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [6], стр. 13-45</p>	
3	Модели киберфизических	22	4	-	8	-	-	-	-	-	10	-		

													[3], стр. 227-269 [4], стр. 125-214 [7], стр. 55-58, 71-78
5	Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем	16	2	-	8	-	-	-	-	-	6	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем"
5.1	Оценка и прогнозирование состояния киберфизических систем	8	1	-	4	-	-	-	-	-	3	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем"
5.2	Качество и эффективность функционирования киберфизических систем	8	1	-	4	-	-	-	-	-	3	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	[1], стр. 493-547 [4], стр. 347-386
	Всего за семестр	108.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	42	17.7	
	Итого за семестр	108.0	16	-	32	-	-	-	-	0.3	59.7		

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. Вопросы информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий

1.1. Введение в информатизацию эксплуатации наукоемких изделий

Информационная технология. Информационный процесс. Информационная система.

1.2. Основные понятия информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий

Информатизация процесса эксплуатации наукоемких изделий и технических систем. Основы автоматизации эксплуатации наукоемких изделий и технических систем. Принцип обратной связи, средства измерения и технические средства автоматизации.

2. Киберфизические системы наукоемких изделий

2.1. Киберфизические системы на этапе эксплуатации: определение, назначение, виды

Классификация моделей, используемых при организации эксплуатации изделий и технических систем. Технологии Индустрии 4.0. Понятие киберфизической системы. Промышленный интернет вещей.

2.2. Разработка и эксплуатация киберфизических систем

Разработка киберфизических систем. Эксплуатация киберфизических систем. Программное обеспечение, применяемое при создании киберфизических систем.

3. Модели киберфизических систем наукоемких изделий

3.1. Разработка математических моделей для применения в киберфизических системах наукоемких изделий

Методы построения математических моделей наукоемких изделий и технических систем. Оценка адекватности математических моделей наукоемких изделий и технических систем.

3.2. Программное обеспечение для построения математических моделей для применения в киберфизических системах наукоемких изделий

Верификация результатов математического моделирования в киберфизических системах. Программное обеспечение для разработки математических моделей киберфизических систем.

4. Автоматизация сбора и обработки данных в киберфизических системах в процессе эксплуатации технических систем

4.1. Сбор данных в киберфизических системах

Выбор систем и средств сбора данных в киберфизических системах наукоемких изделий и технических систем. Метрологическое обеспечение создания киберфизических систем. Организация сбора данных. Базы данных киберфизических систем.

4.2. Обработка данных в киберфизических системах

Алгоритмы обработки данных: выявление и устранение аномалий, прогнозирование. Программное обеспечение автоматизации сбора и обработки данных.

5. Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем

5.1. Оценка и прогнозирование состояния киберфизических систем

Мониторинг технического состояния наукоемких изделий и технических систем в процессе эксплуатации. Прогнозирование технического состояния наукоемких изделий и технических систем в процессе эксплуатации.

5.2. Качество и эффективность функционирования киберфизических систем

Методы оценки качества эксплуатации киберфизических систем наукоемких изделий и технических систем. Оценка эффективности эксплуатации киберфизических систем наукоемких изделий и технических систем.

3.3. Темы практических занятий

1. Алгоритмы сбор и обработки данных;
2. Выбор и обоснование средств измерения для киберфизической системы;
3. Экономическая оценка эффективности применения киберфизических систем;
4. Разработка системы автоматического регулирования параметров;
5. Алгоритмы прогнозирования на основе данных;
6. Разработка математической модели технической системы.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Вопросы информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Киберфизические системы наукоемких изделий"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Модели киберфизических систем наукоемких изделий"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Автоматизация сбора и обработки данных в киберфизических системах в процессе эксплуатации технических систем"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Вопросы информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Киберфизические системы наукоемких изделий"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Модели киберфизических систем наукоемких изделий"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Автоматизация сбора и обработки данных в киберфизических системах в процессе эксплуатации технических систем"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем"

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	5	
Знать:							
основные особенности подбора требуемого состава средств измерения для построения киберфизических систем наукоемких изделий, алгоритмы обработки данных при информатизации эксплуатации наукоемких изделий и технических систем	ИД-3ПК-2					+	Тестирование/Автоматизация сбора и обработки данных в киберфизических системах в процессе эксплуатации технических систем
основные особенности информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий и технических систем	ИД-3ПК-2	+					Тестирование/Вопросы информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий
виды киберфизических систем и технологии, применяемых при их построении и эксплуатации	ИД-3ПК-2		+				Тестирование/Киберфизические системы наукоемких изделий
Уметь:							
оценивать основные показатели эффективности и качества эксплуатации наукоемких изделий и технических систем	ИД-3ПК-2					+	Контрольная работа/Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем
разрабатывать математические модели технических систем с использованием специализированного программного обеспечения	ИД-3ПК-2			+			Контрольная работа/Модели киберфизических систем наукоемких изделий

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Автоматизация сбора и обработки данных в киберфизических системах в процессе эксплуатации технических систем (Тестирование)
2. Вопросы информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий (Тестирование)
3. Киберфизические системы наукоемких изделий (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Модели киберфизических систем наукоемких изделий (Контрольная работа)
2. Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Осика, Л. К. Инжиниринг объектов интеллектуальной энергетической системы. Проектирование. Строительство. Бизнес и управление : практическое пособие / Л. К. Осика . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 780 с. - ISBN 978-5-383-00869-0 .;
2. Зеленохат, Н. И. Интеллектуализация ЕЭС России: инновационные предложения : практическое пособие / Н. И. Зеленохат . – М. : Издательский дом МЭИ, 2013 . – 192 с. - ISBN 978-5-383-00866-9 .;
3. Овчаренко, Н. И. Автоматика энергосистем : учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика" / Н. И. Овчаренко ; Ред. А. Ф. Дьяков . – 3-е изд., испр . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 476 с. - ISBN 978-5-383-00354-1 .
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=5283>;
4. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для вузов по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (энергетика)" направления "Автоматизированные технологии и производства" / Г. П. Плетнев . – 4-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 352 с. - ISBN 978-5-903072-85-9 .;
5. Страшун Ю. П.- "Технические средства автоматизации и управления на основе ИТ/ИоТ", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2020 - (76 с.)
<https://e.lanbook.com/book/143701>;

6. В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец- "Основы математического моделирования технических систем", (4-е изд., стер.), Издательство: "ФЛИНТА", Москва, 2021 - (271 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93344>;

7. Коваленко Т. А.- "Обработка экспериментальных данных", (2-е изд.), Издательство: "ИНТУИТ", Москва, 2016 - (178 с.)

<https://e.lanbook.com/book/100273>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции;
4. SimInTech (студенческая версия).

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 журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

9. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

10. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

11. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

12. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ -

<https://rosmintrud.ru/opendata>

13. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

14. База открытых данных Министерства экономического развития РФ -

<http://www.economy.gov.ru>

15. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>

<http://docs.cntd.ru/>

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

17. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>

18. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» -

<https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ш-206, Лекционная аудитория	
Учебные аудитории для	Ш-205,	

проведения практических занятий, КР и КП	Компьютерный класс	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ш-205, Компьютерный класс	
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ш-206, Лекционная аудитория	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ш-107, Архив	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Цифровые двойники объектов теплоэнергетики**

(название дисциплины)

2 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Вопросы информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий (Тестирование)
- КМ-2 Киберфизические системы наукоемких изделий (Тестирование)
- КМ-3 Модели киберфизических систем наукоемких изделий (Контрольная работа)
- КМ-4 Автоматизация сбора и обработки данных в киберфизических системах в процессе эксплуатации технических систем (Тестирование)
- КМ-5 Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	6	8	12	16
1	Вопросы информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий						
1.1	Введение в информатизацию эксплуатации наукоемких изделий		+				
1.2	Основные понятия информатизации и автоматизации эксплуатации наукоемких изделий		+				
2	Киберфизические системы наукоемких изделий						
2.1	Киберфизические системы на этапе эксплуатации: определение, назначение, виды			+			
2.2	Разработка и эксплуатация киберфизических систем			+			
3	Модели киберфизических систем наукоемких изделий						
3.1	Разработка математических моделей для применения в киберфизических системах наукоемких изделий				+		
3.2	Программное обеспечение для построения математических моделей для применения в киберфизических системах наукоемких изделий				+		
4	Автоматизация сбора и обработки данных в киберфизических системах в процессе эксплуатации технических систем						
4.1	Сбор данных в киберфизических системах					+	
4.2	Обработка данных в киберфизических системах					+	

5	Оценка качества и эффективности функционирования киберфизических систем					
5.1	Оценка и прогнозирование состояния киберфизических систем					+
5.2	Качество и эффективность функционирования киберфизических систем					+
Вес КМ, %:		10	10	30	20	30