

**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: Энергетика предприятий и водородные технологии

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ОБРАТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

<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.08.08</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>8 семестр - 14 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 73,7 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>Лабораторная работа</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>8 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Осипов С.К.
	Идентификатор	R06dc7f87-OsipovSK-e84c9a91

С.К. Осипов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

А.Н. Рогалев

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:** освоение методов, используемых при решении задач, возникающих в процессе обратного проектирования конструктивных элементов оборудования систем энергообеспечения.

### Задачи дисциплины

- формирование знаний об основных этапах обратного проектирования конструктивных элементов оборудования;
- приобретение навыков определения геометрических размеров изделий с помощью измерительных инструментов и 3D сканирования;
- приобретение навыков разработки 3D моделей с помощью 3D сканирования изделий;
- приобретение навыков определения состава материала изделий методом электронной и атомно-силовой микроскопии.

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 и эксплуатации теплотехнологических комплексов энергоемких производств	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Принимает участие в эксплуатации теплотехнологических комплексов энергоемких производств	знать: - методы, используемые при определении геометрических параметров и состава материала конструктивных элементов оборудования.  уметь: - определять геометрические параметры конструктивных элементов оборудования с помощью измерительных инструментов; - определять геометрические параметры конструктивных элементов оборудования с помощью средств 3D сканирования; - определять состав материала конструктивных элементов оборудования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергетика предприятий и водородные технологии (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	Введение в обратное проектирование изделий. Определение геометрических параметров конструктивных элементов оборудования	66	8	14	6	16	-	-	-	-	-	30	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить описание лабораторной работы и инструкцию работы с оборудованием.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Определение геометрических параметров конструктивных элементов оборудования"</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Введение в обратное проектирование изделий. Определение геометрических параметров конструктивных элементов оборудования"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 112-117 [2], 89-92 [3], 5-9</p>
1.1	Этапы жизненного цикла оборудования. Основные этапы разработки конструкторской документации изделия с применением методов обратного проектирования.	24		6	2	6	-	-	-	-	-	10	-	
1.2	Определение размеров изделий с помощью измерительных инструментов.	22		4	2	6	-	-	-	-	-	10	-	
1.3	Определение геометрических параметров изделия с помощью 3D сканирования.	20		4	2	4	-	-	-	-	-	10	-	
2	Определение состава	60		14	8	12	-	-	-	-	-	26	-	

	материала конструктивных элементов оборудования.													Повторение материала по разделу "Определение состава материала конструктивных элементов оборудования". <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить описание лабораторной работы и инструкцию работы с оборудованием.
2.1	Обзор методов анализа материалов. Основы электронной микроскопии.	28	8	4	6	-	-	-	-	-	10	-		
2.2	Основы атомно-силовой микроскопии.	32	6	4	6	-	-	-	-	-	16	-		<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Определение состава материала конструктивных элементов оборудования." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 218-228 [2], 103-108 [3], 26-31
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7		
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>56</b>	<b>17.7</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>73.7</b>			

**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. Введение в обратное проектирование изделий. Определение геометрических параметров конструктивных элементов оборудования

1.1. Этапы жизненного цикла оборудования. Основные этапы разработки конструкторской документации изделия с применением методов обратного проектирования.

Понятие жизненного цикла оборудования. Основные этапы и стадии жизненного цикла оборудования. Отличие прямого и обратного проектирования конструктивных элементов оборудования..

1.2. Определение размеров изделий с помощью измерительных инструментов.

Основные методы измерения допусков и посадок соединений узлов оборудования. Основные методы измерения отклонения формы расположения поверхностей и осей узлов оборудования..

1.3. Определение геометрических параметров изделия с помощью 3D сканирования.

Принципы работы 3D-сканера. Виды сканеров, технологии и методы сканирования. Облако точек 3D сканирования. Разработка 3D модели на основе облака точек..

#### 2. Определение состава материала конструктивных элементов оборудования.

2.1. Обзор методов анализа материалов. Основы электронной микроскопии.

Классификация методов определения состава материала конструктивных элементов оборудования. Электронная микроскопия – метод и его особенности. Основы работы электронного микроскопа..

2.2. Основы атомно-силовой микроскопии.

Атомно-силовая микроскопия – метод и его особенности. Основы работы атомно-силового микроскопа..

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

1. Определение допусков и посадок соединений узлов оборудования;
2. Анализ результатов электронной и атомно-силовой микроскопии деталей оборудования;
3. Определение отклонения формы и расположения поверхностей деталей оборудования;
4. Разработка 3D модели изделия на основе облака точек, полученного путем 3D сканирования.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Измерение и контроль сопряженных цилиндрических поверхностей;
2. Измерение и контроль отклонений формы и расположения поверхностей и осей;
3. Получение геометрии объекта с помощью метода активного сканирования;
4. Сканирующая электронная микроскопия твердых тел;
5. Атомно-силовая микроскопия поверхности твердых тел.

### **3.5 Консультации**

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Определение состава материала конструктивных элементов оборудования."

*Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Введение в обратное проектирование изделий. Определение геометрических параметров конструктивных элементов оборудования"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Определение состава материала конструктивных элементов оборудования."

### **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	
<b>Знать:</b>				
методы, используемые при определении геометрических параметров и состава материала конструктивных элементов оборудования	ИД-2ПК-2	+	+	Контрольная работа/КМ-6. Методы, используемые в процессе обратного проектирования деталей оборудования
<b>Уметь:</b>				
определять состав материала конструктивных элементов оборудования	ИД-2ПК-2		+	Лабораторная работа/КМ-4. Исследование состава материала электронной микроскопией Лабораторная работа/КМ-5. Исследование поверхности материала атомно-силовой
определять геометрические параметры конструктивных элементов оборудования с помощью средств 3D сканирования	ИД-2ПК-2	+		Лабораторная работа/КМ-3. Получение геометрии объекта с помощью 3D сканирования
определять геометрические параметры конструктивных элементов оборудования с помощью измерительных инструментов	ИД-2ПК-2	+		Лабораторная работа/КМ-1. Измерение и контроль сопряженных цилиндрических поверхностей Лабораторная работа/КМ-2. Измерение и контроль отклонений формы и расположения



## **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: Защита задания

1. КМ-1. Измерение и контроль сопряженных цилиндрических поверхностей (Лабораторная работа)
2. КМ-2. Измерение и контроль отклонений формы и расположения (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-6. Методы, используемые в процессе обратного проектирования деталей оборудования (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-3. Получение геометрии объекта с помощью 3D сканирования (Лабораторная работа)
2. КМ-4. Исследование состава материала электронной микроскопией (Лабораторная работа)
3. КМ-5. Исследование поверхности материала атомно-силовой (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №8)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной 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. В. Э. Завистовский, С. Э. Завистовский- "Допуски, посадки и технические измерения", (2-е изд., испр.), Издательство: "РИПО", Минск, 2016 - (278 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463347>;
2. Власов, А. И. Электронная микроскопия : учебное пособие для вузов по направлению 152200 "Наноинженерия" / А. И. Власов, К. А. Елсуков, И. А. Косолапов ; Ред. В. А. Шахнов . – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011 . – 168 с. – (Б-ка "Наноинженерия": в 17 кн. ; Кн.11) . - ISBN 978-5-7038-3502-9 .;
3. Карпухин С. Д., Быков Ю. А.- "Атомно-силовая микроскопия", Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2012 - (38 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=52243](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52243).

## 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. SmathStudio.

## 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 журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
12. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.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 проведения практических занятий, КР и КП	Ш-205, Компьютерный класс	
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ш-205, Компьютерный класс	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ш-205, Компьютерный класс	
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, 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

## Обратное проектирование

(название дисциплины)

## 8 семестр

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

- КМ-1 КМ-1. Измерение и контроль сопряженных цилиндрических поверхностей (Лабораторная работа)
- КМ-2 КМ-2. Измерение и контроль отклонений формы и расположения (Лабораторная работа)
- КМ-3 КМ-3. Получение геометрии объекта с помощью 3D сканирования (Лабораторная работа)
- КМ-4 КМ-4. Исследование состава материала электронной микроскопией (Лабораторная работа)
- КМ-5 КМ-5. Исследование поверхности материала атомно-силовой (Лабораторная работа)
- КМ-6 КМ-6. Методы, используемые в процессе обратного проектирования деталей оборудования (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	4	8	12	12	14
1	Введение в обратное проектирование изделий. Определение геометрических параметров конструктивных элементов оборудования							
1.1	Этапы жизненного цикла оборудования. Основные этапы разработки конструкторской документации изделия с применением методов обратного проектирования.		+	+	+			+
1.2	Определение размеров изделий с помощью измерительных инструментов.		+	+	+			+
1.3	Определение геометрических параметров изделия с помощью 3D сканирования.		+	+	+			+
2	Определение состава материала конструктивных элементов оборудования.							
2.1	Обзор методов анализа материалов. Основы электронной микроскопии.					+	+	+
2.2	Основы атомно-силовой микроскопии.					+	+	+
Вес КМ, %:			15	15	20	15	15	20