

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Энергетические установки на органическом и ядерном топливе

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 6;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	не предусмотрено учебным планом
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	2 семестр - 64 часа;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	2 семестр - 151,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	2 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хохлов Д.А.
	Идентификатор	Rcd28c4cd-KhokhlovDA-41257daf

(подпись)

Д.А. Хохлов

(расшифровка  
подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810

(подпись)

К.А. Плешанов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810

(подпись)

К.А. Плешанов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Формирование знаний в области проектирования объектов профессиональной деятельности, а также математического моделирования физических процессов в парогенерирующем оборудовании ТЭС и АЭС при помощи CFD-методов.

### Задачи дисциплины

- научиться строить трёхмерную модель объектов моделирования при помощи системы автоматизированного проектирования;
- изучить основные принципы и алгоритм проектирования элементов энергетических установок;
- научиться строить сложные трёхмерные модели и сборки элементов в программе для трёхмерного геометрического моделирования;
- изучить основные принципы и алгоритм моделирования рабочих процессов, протекающих в энергетических установках, при помощи CFD-методов.

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-1 Способен к проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Выполняет совместные расчеты взаимосвязанных процессов с использованием системы автоматизированного проектирования	уметь: - Строить сложные трёхмерные модели и сборки элементов в программе для трёхмерного геометрического моделирования.
ПК-1 Способен к проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и экологической безопасности	знать: - Основные принципы и алгоритм проектирования элементов энергетических установок.  уметь: - Строить трёхмерную модель объектов моделирования при помощи системы автоматизированного проектирования.
ПК-2 Способен к научно-исследовательской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Выполняет моделирование и исследование процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	знать: - Основные принципы и алгоритм моделирования рабочих процессов, протекающих в энергетических установках, при помощи CFD-методов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергетические установки на органическом и ядерном топливе (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

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 6 зачетных единиц, 216 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	Моделирование объектов проектирования	44	2	-	16	-	-	-	-	-	-	28	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Моделирование объектов проектирования"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Моделирование объектов проектирования" материалу.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 1-10, 29-35 [2], 75-98 [7], 1-41</p>
1.1	Моделирование объектов проектирования	44		-	16	-	-	-	-	-	-	28	-	
2	Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС	60		-	16	-	-	-	-	-	-	-	44	-
2.1	Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС	60	-	16	-	-	-	-	-	-	-	44	-	

													элементов парового котла и парогенератора АЭС" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 1-44 [4], 1-15 [5], 1-28 [8], 1 – 99 [9], 1 – 30
3	Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов	94	-	32	-	-	-	-	-	-	62	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов" <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов" материалу.
3.1	Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов	94	-	32	-	-	-	-	-	-	62	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 10-22, 23-29, 35-78 [2], 1-25, с. 27-65, 65-75 [6], 19-53, с. 500-518, 520-536 [10], С. 5-40
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	216.0	-	64	-	-	-	-	-	0.3	134	17.7	
	Итого за семестр	216.0	-	64	-	-	-	-	-	0.3	151.7		

**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. Моделирование объектов проектирования

#### 1.1. Моделирование объектов проектирования

Построение геометрических объектов в программе SolidWorks. Описание интерфейса программы и основных инструментов для построения. Обусловленные и необусловленные эскизы, их преимущества и недостатки. Основные принципы трёхмерного моделирования. Моделирование проточных трактов энергетических установок. Выделение значимых параметров, допустимые упрощения геометрии. Полномасштабное и фрагментарное моделирование..

### 2. Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС

#### 2.1. Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС

Понятие о проектировании. Цель проектирования. Объект проектирования, его свойства. Стадии и этапы проектирования. Алгоритм отдельного этапа проектирования. Системы автоматизированного проектирования (САПР). Определение. Структура. Классификация. Обеспечение САПР. Интуитивно-концептуальная модель процесса проектирования. Программное обеспечение САПР и проблемы его разработки. Комплекс технических средств САПР. Оптимизация и проектирование: цели, средства, критерии. Методы решения оптимизационных задач. Формулировка задачи оптимизационного проектирования и ее формализация. Математическая формулировка задачи оптимизационного проектирования. Целевая функция в задачах автоматизированного проектирования теплоэнергетических объектов: одно- и многокритериальная оптимизация, критерий приведенных затрат. Методы аналитической оптимизации. Численная оптимизация. Краткий обзор методов и алгоритмов оптимизации, критерии их выбора для практического применения. По чертежам и описанию, либо натурной модели, парового котла, парогенератора или камеры сгорания, либо одного из его элементов определяются его основные характеристики и строятся 3D модели различных элементов. Из построенных на предыдущем этапе 3D деталей выполняется сборка элементов, например, парового котла (топочные экраны, барабан, конвективные поверхности нагрева и пр.) или горелки (горелочная голова, лопатки, коллектор раздачи газа и пр.). Определяются сопряжения в сборках. Из созданных ранее 3D моделей различных элементов парового котла и его сборок. Выполняются чертежи отдельных деталей и сборок: стандартные виды, разрезы..

### 3. Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов

#### 3.1. Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов

Определение и способы моделирования. Противоречивость идеи моделирования, виды моделей. Математическое моделирование (ММ): общие положения, этапы ММ, виды математических моделей. Численный эксперимент. Его преимущества и недостатки по сравнению с натурным экспериментом. Объект и предмет исследования. Классификация САПР по целевому назначению. Достоверность получаемых результатов. Верификация результатов моделирования. Особенности рабочих процессов, протекающих в котлах, камерах сгорания и парогенераторах АЭС. Моделирование газодинамических процессов. Основные понятия и соотношения. Типы и режимы течений и взаимодействий. Понятие вычислительной гидро- газодинамики (CFD). Преимущества CFD-моделирования. Использование результатов, полученных при CFD-моделировании. Метод контрольных объемов и его численные реализации. Его преимущества по сравнению с методом конечных разностей. Описание обобщённого дифференциального уравнения. Основные этапы CFD-моделирования: формирование расчетной области и ее геометрическое моделирование

средствами САПР, задание математической модели, задание граничных условий, определение исходной расчетной сетки и критериев её адаптации по решению и по граничным условиям, задание параметров методов расчета, расчет, анализ результатов и оценка точности решения. Классификация расчётных сеток. Структурированная и неструктурированная расчётные сетки. Примеры автоматизированного построения расчётных сеток. Преимущества и недостатки различных видов расчётных сеток. Оценка качества расчётных сеток. Введение в программу FlowVision или Ansys. Описание её интерфейса. Препроцессор и постпроцессор программы. Принципы импорта геометрической расчётной области в препроцессор. Моделирование теплопроводности: обозначения, уравнения, параметры, граничные и начальные условия. Моделирование течения жидкости и газа. Ламинарное течение: обозначения, уравнения, параметры, граничные и начальные условия. Несжимаемая жидкость, слабосжимаемая жидкость, полностью сжимаемая жидкость, пористая среда: обозначения, уравнения, параметры, граничные и начальные условия. Модели турбулентности. Обозначения. Стандартная  $k-\epsilon$  – модель: уравнения, параметры, граничные и начальные условия. Иные модели турбулентности. Их преимущества и недостатки. Моделирование горения газового топлива. Базовые понятия и соотношения. Модель Зельдовича, кинетическая, турбулентная и пульсационная модели. Инициализация процесса горения. Установка свойств реагентов. Воспламенение топливовоздушной смеси при помощи фильтров. Модель двухфазного горения. Состав топлива, летучих, золы. Твердое и жидкое топливо, дисперсная и газовая фазы и взаимодействие между ними. Кинетическая и эмпирическая модели горения кокса. Теплообмен частиц с газом. Модели горения летучих: Зельдовича, кинетическая, пульсационная, Магнуссена и др. Инициализация двухфазного горения. Установка свойств реагентов. Параметры, граничные и начальные условия. Моделирование движения частиц: обозначения, уравнения, параметры, граничные и начальные условия. Испарение и нагревание частиц. Моделирование поверхностей нагрева: анизотропный фильтр с источником энергии. Альтернативные программные системы CFD-моделирования. Преимущества и проблемы методов и программных систем. По чертежам и описанию, либо натурной модели, парового котла, парогенератора или камеры сгорания, либо одного из его элементов определяются его основные характеристики и строятся 3D модели различных элементов для моделирования рабочих процессов CFD-методами. Производится построение расчётной сетки, задаются необходимые параметры, исследуется сеточная сходимость. Производится расчёт, определяются критерии останова расчёта. Полученные данные анализируются, строятся поля, графики, интегральные значения. На основе полученных данных составляется отчёт..

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

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Лабораторная работа № 1 «Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС» (32 часа).;
2. Лабораторная работа № 2 «Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов в энергетических установках» (32 часа)..

### **3.5 Консультации**

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Моделирование объектов проектирования"

2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов"

### **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	
<b>Знать:</b>					
Основные принципы и алгоритм проектирования элементов энергетических установок	ИД-4ПК-1		+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1
Основные принципы и алгоритм моделирования рабочих процессов, протекающих в энергетических установках, при помощи CFD-методов	ИД-1ПК-2			+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2
<b>Уметь:</b>					
Строить сложные трёхмерные модели и сборки элементов в программе для трёхмерного геометрического моделирования	ИД-3ПК-1	+	+		Контрольная работа/Контрольная работа – «Моделирование сложной геометрии в SolidWorks»
Строить трёхмерную модель объектов моделирования при помощи системы автоматизированного проектирования	ИД-4ПК-1	+			Контрольная работа/Контрольная работа – Моделирование геометрии в SolidWorks

## **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: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Контрольная работа – «Моделирование сложной геометрии в SolidWorks» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа – Моделирование геометрии в SolidWorks (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. Сергиевский, Э. Д. Применение комплекса численного моделирования Fluent для задач промышленной теплоэнергетики : учебное пособие по курсу "Математическое моделирование и оптимизация систем теплоснабжения и кондиционирования" по направлению "Теплоэнергетика" / Э. Д. Сергиевский, Е. В. Овчинников, А. Н. Крылов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 80 с. - ISBN 5-903072-89-5 .;
2. Патанкар, С. В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах : пер. с англ. / С. В. Патанкар . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 312 с. - ISBN 5-7046-0898-1 .;
3. Сухарев, А. Г. Курс методов оптимизации / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов , В. В. Федоров . – 2-е изд . – М. : Физматлит, 2005 . – 368 с. – (Классический университетский учебник) . - ISBN 5-922105-59-0 .;
4. Мжельский, Б. И. Основы теории оптимизации : Учебное пособие по курсу "Оптимизация ЭВС и в САПР", обучающихся по направлению "Информатика и вычислительная техника" / Б. И. Мжельский, Е. Б. Мжельская . – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 80 с. - ISBN 5-471-46068-1 .;
5. Мжельский, Б. И. Введение в теорию оптимизации : Учебное пособие по курсу "Оптимизация ЭВС и в САПР" по направлению "Информатика и вычислительная техника" / Б. И. Мжельский, Е. Б. Мжельская, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2001 . – 88 с. - ISBN 5-7046-0656-3 .;
6. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя : пер. с нем. / Г. Шлихтинг . – 5-е изд., испр . – М. : Наука, 1974 . – 712 с.;

7. Мотулевич, В. П. Учебное пособие по курсу "Спецвопросы тепло-и массообмена". Численные методы расчета теплообменного оборудования / В. П. Мотулевич, С. В. Жубрин ; Ред. Э. Д. Сергиевский ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1989 . – 76 с.;
8. Норенков, И. П. Основы теории и проектирования САПР : Учебник для вузов по специальности "Вычислительные машины, комплексы, системы и сети" / И. П. Норенков, В. Б. Маничев . – М. : Высшая школа, 1990 . – 335 с. - ISBN 5-06-000730-8 .;
9. Норенков, И. П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем : учебное пособие для вузов / И. П. Норенков . – М. : Высшая школа, 1980 . – 311 с. - К 150-летию МВТУ им. Н.Э. Баумана .;
10. Глазков В. В.- "Техническая газодинамика", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (108 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/169203>.

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

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. FlowVision;
3. Ansys / CAE Fidesy;
4. Компас 3D;
5. SolidWorks;
6. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. 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	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер

занятий и текущего контроля		
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Д-320, Кабинет сотрудников каф. "МиПЭУ"	рабочее место сотрудника, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Х-403, Кабинет сотрудников каф. МиПЭУ	рабочее место сотрудника, стол для оргтехники, стол компьютерный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Моделирование физических процессов и объектов проектирования**

(название дисциплины)

**2 семестр**

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

- КМ-1 Контрольная работа – Моделирование геометрии в SolidWorks (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа – «Моделирование сложной геометрии в SolidWorks» (Контрольная работа)
- КМ-3 Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)

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

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	11	16
1	Моделирование объектов проектирования					
1.1	Моделирование объектов проектирования		+	+		
2	Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС					
2.1	Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС			+	+	
3	Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов					
3.1	Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25