

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 - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
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 - 79,7 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 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

Д.А. Хохлов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(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 _{ПК-1} 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 _{ПК-1} 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 _{ПК-2} 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 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	Моделирование объектов проектирования	30	2	-	16	-	-	-	-	-	-	14	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Моделирование объектов проектирования"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 1-10, 29-35 [2], 75-98 [7], 1-41</p>	
1.1	Моделирование объектов проектирования	30		-	16	-	-	-	-	-	-	14	-		
2	Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС	38		-	16	-	-	-	-	-	-	-	22	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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 и проектирование</p>
2.1	Моделирование и проектирование элементов парового котла и парогенератора АЭС	38		-	16	-	-	-	-	-	-	-	22	-	

													элементов парового котла и парогенератора АЭС" материалу. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 1-44 [4], 1-15 [5], 1-28 [8], 1-99 [9], 1-30
3	Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов	58	-	32	-	-	-	-	-	-	26	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов" <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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
3.1	Моделирование физических, химических и экологических рабочих процессов	58	-	32	-	-	-	-	-	-	26	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0	-	64	-	-	-	-	-	0.3	62	17.7	
	Итого за семестр	144.0	-	64	-	-	-	-	-	0.3	79.7		

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

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	
Знать:					
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
Уметь:					
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 втузов / 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. 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 занятий и текущего	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер

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	Д-305, Склад кафедры МиПЭУ	стул, шкаф

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