

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Теплофизика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИКИ

| | |
|---|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.12 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 7 семестр - 3; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 108 часов |
| Лекции | 7 семестр - 16 часов; |
| Практические занятия | 7 семестр - 16 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 7 семестр - 75,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Контрольная работа Проверочная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 7 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|--|---|----------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Минко М.В. |
| | Идентификатор | Rd8d5bd57-MinkoMV-7341f784 |

(подпись)

М.В. Минко

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Яньков Г.Г. |
| | Идентификатор | Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc |

(подпись)

Г.Г. Яньков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|---|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Герасимов Д.Н. |
| | Идентификатор | Ra5495398-GerasimovDN-6b58615 |

(подпись)

Д.Н. Герасимов

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение современных технологий производства энергии с помощью энергетических установок, электростанций и комплексов на базе невозобновляемых и возобновляемых источников энергии

Задачи дисциплины

- освоение технологических процессов производства энергии;
- приобретение навыков расчета процессов производства электроэнергии на тепловых и атомных электрических станциях.

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-3 Способен проводить расчеты теплофизических характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования | ИД-3 _{ПК-3} Демонстрирует знание типов современного энергетического оборудования и понимание принципов его работы | знать: - современное состояние мировой энергетики, основные виды энергоресурсов; - тепловые схемы различных станций, их основное оборудование и принцип работы. уметь: - рассчитывать КПД различных энергетических установок; - использовать методы оценки основных видов энергоресурсов и преобразования их в электрическую и тепловую энергию. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплофизика (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы дифференциального и интегрального исчислений
- знать основные законы термодинамики
- уметь решать задачи по термодинамике

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 | Общая характеристика мирового энергопотребления | 26 | 7 | 6 | - | 4 | - | - | - | - | - | 16 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Общая характеристика мирового энергопотребления"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], Гл. 1, 5</p> |
| 1.1 | Потребление энергоресурсов | 6 | | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 1.2 | Характеристика энергоресурсов | 6 | | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 1.3 | Невозобновляемые источники энергии. Нефть. Уголь. Природный газ. Ядерное топливо. Экологические последствия использования невозобновляемых источников энергии | 7 | | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 1.4 | Возобновляемые источники энергии. Гидроэнергия. Энергия ветра. Солнечная энергия. Энергия биомассы. Преобразование энергии малых водных потоков и морская энергетика. | 7 | | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|--------|----|---|----|---|---|---|---|-----|-------|-------|--|
| | Геотермальная энергия. Экологические последствия использования нетрадиционных ВИЭ | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Термодинамические циклы, используемые в тепловой и атомной энергетике | 18 | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Термодинамические циклы, используемые в тепловой и атомной энергетике" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], Гл. 11 |
| 2.1 | Термодинамические циклы, используемые в тепловой и атомной энергетике | 18 | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | 10 | - | |
| 3 | Современные технологии производства электроэнергии | 46 | 8 | - | 6 | - | - | - | - | - | 32 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Современные технологии производства электроэнергии" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], Гл. 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 [3], Ч. 1 |
| 3.1 | Технология производства и основное оборудование ТЭС | 9 | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | 6 | - | |
| 3.2 | Устройство и функционирование современных ТЭЦ | 9 | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | 6 | - | |
| 3.3 | Паровая турбина | 6 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 3.4 | Котельные установки | 6 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 4 | - | |
| 3.5 | Производство электроэнергии на парогазовых установках | 8 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 6 | - | |
| 3.6 | Производство энергии на АЭС | 8 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 6 | - | |
| | Зачет с оценкой | 18.00 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.70 | |
| | Всего за семестр | 108.00 | 16 | - | 16 | - | - | - | - | 0.3 | 58 | 17.70 | |
| | Итого за семестр | 108.00 | 16 | - | 16 | - | - | - | - | 0.3 | 75.70 | | |

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. Общая характеристика мирового энергопотребления

1.1. Потребление энергоресурсов

Значение энергопотребления для человечества. Динамика мирового производства энергоресурсов с 1800 года. Энерговооруженность человека..

1.2. Характеристика энергоресурсов

Структура мирового энергобаланса (по первичным ресурсам): современное состояние и тенденции. Оценка запасов органического топлива. Распределение потребления первичных энергоресурсов по отраслям..

1.3. Невозобновляемые источники энергии. Нефть. Уголь. Природный газ. Ядерное топливо. Экологические последствия использования невозобновляемых источников энергии

Нефть: классификация, состав и свойства нефти; топочные мазуты; образование нефти; добыча нефти; технологические процессы переработки нефти; транспортировка нефти; ресурсы нефти; необычная нефть. Уголь: классификация, состав и свойства угля; подготовка топлива; сжигание и шлакоудаление; доставка и подготовка твердого топлива к сжиганию; загрязнение окружающей среды; ресурсы и их использование. Природный газ: компоненты газового топлива; важнейшие характеристики газового топлива; технологические преимущества природного газа; использование природного газа; транспортировка; искусственное газовое топливо; потенциальные источники природного газа; ресурсы природного газа. Ядерное топливо: история развития ядерной энергетики; ядерная энергетика в современном мире и в России; добыча урана; распределение ресурсов урана по странам. Экологические последствия использования невозобновляемых источников энергии: на ТЭС; на АЭС..

1.4. Возобновляемые источники энергии. Гидроэнергия. Энергия ветра. Солнечная энергия. Энергия биомассы. Преобразование энергии малых водных потоков и морская энергетика. Геотермальная энергия. Экологические последствия использования нетрадиционных ВИЭ

Гидроэнергия: принцип работы гидроэлектростанции; достоинства и недостатки; ГАЭС; ресурсы и современные тенденции. Энергия ветра: развитие ветроэнергетики в мире; ветроэнергетические установки. Солнечная энергия: развитие солнечной энергетики в мире; характеристики солнечного излучения; солнечная энергия для отопления и горячего водоснабжения; преобразование солнечной энергии в электрическую. Энергия биомассы: общая характеристика; классификация источников биомассы; основные методы получения энергии из биомассы; преимущества; биоэнергетический потенциал России. Преобразование энергии малых водных потоков и морская энергетика: малые гидроэнергетические установки; приливные электростанции; волновые энергоустановки; энергия течений; энергия океана. Геотермальная энергия: простейшая тепловая схема ГеоТЭС; основные проблемы и пути решения. Экологические последствия использования нетрадиционных ВИЭ..

2. Термодинамические циклы, используемые в тепловой и атомной энергетике

2.1. Термодинамические циклы, используемые в тепловой и атомной энергетике

Цикл Карно. Цикл Ренкина: термический КПД цикла Ренкина. Анализ цикла Ренкина с учетом потерь от необратимости. Цикл с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл..

3. Современные технологии производства электроэнергии

3.1. Технология производства и основное оборудование ТЭС

Типы тепловых электростанций. Тепловой баланс ТЭС. Тепловая и технологическая схемы ТЭС. Главный корпус ТЭС..

3.2. Устройство и функционирование современных ТЭЦ

Производство тепловой энергии. Раздельное и совместное производство электрической и тепловой энергии. График тепловой нагрузки теплосети..

3.3. Паровая турбина

Основные элементы, принцип действия. Движение пара в турбине. Типы паровых турбин..

3.4. Котельные установки

Классификация котлов. Основные элементы барабанного котла. Газовоздушный и водопаровой тракты котла. Основные элементы прямоточного котла. Расчет КПД котла методом прямого баланса..

3.5. Производство электроэнергии на парогазовых установках

Газотурбинные установки: принципиальная схема ГТУ простого цикла; принципиальная схема ГТУ сложного цикла; основные характеристики компрессора, камеры сгорания и газовой турбины; преимущества и недостатки ГТУ. Парогазовые установки: принципиальная схема и расчет КПД ПГУ утилизационного типа; классификация ПГУ; принцип работы различных типов ПГУ; преимущества и недостатки ПГУ..

3.6. Производство энергии на АЭС

Физические основы ядерной энергетики. Ядерное топливо. Реакция деления. Энергия, выделяющаяся в результате реакции деления. Осколки деления. Сечение взаимодействия. Характеристики ядерных превращений. Критическая масса. Коэффициент размножения нейтронов. Развитие цепной реакции во времени. Роль запаздывающих нейтронов. Реактивность реактора. Отравление продуктами деления. Система управления реактором. Схема АЭС и основные типы энергетических реакторов. Тепловая схема двухконтурной АЭС с реактором ВВЭР-1000. Тепловая схема одноконтурной АЭС с реактором РБМК-1000. Основное оборудование и принцип работы. Конструкция реактора ВВЭР-1000. Воспроизводство топлива на АЭС. Реакции получения плутония-239 и урана-233. Коэффициент воспроизводства. Реакторы на быстрых нейтронах: БН-600, БРЕСТ. Преимущества и недостатки ядерной энергетики..

3.3. Темы практических занятий

1. Анализ цикла Ренкина с перегревом пара (с учетом потерь от необратимости);
2. Сравнительные расчеты эффективности различных способов транспортировки энергоресурсов (нефть, природный газ, уголь);
3. Анализ тепловой схемы ТЭС;
4. Анализ тепловой схемы утилизационной ПГУ;
5. Анализ тепловой схемы ТЭЦ;
6. Анализ тепловой схемы двухконтурной АЭС с реактором ВВЭР-1000;
7. Анализ регенеративного цикла ПТУ;
8. Анализ цикла Ренкина с перегревом пара (без учета потерь от необратимости).

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов раздела "Общая характеристика мирового энергопотребления"
2. Обсуждение материалов раздела "Термодинамические циклы, используемые в тепловой и атомной энергетике"
3. Обсуждение материалов раздела "Современные технологии производства электроэнергии"

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: | | | | | |
| тепловые схемы различных станций, их основное оборудование и принцип работы | ИД-3пк-3 | | | + | Контрольная работа/Основное оборудование и принцип работы двухконтурной АЭС с реактором ВВЭР-1000 Контрольная работа/Основное оборудование и принцип работы ПГУ утилизационного типа Контрольная работа/Основное оборудование и принцип работы ТЭС Контрольная работа/Раздельное и совместное производство электрической и тепловой энергии |
| современное состояние мировой энергетики, основные виды энергоресурсов | ИД-3пк-3 | + | | | Контрольная работа/Потребление энергоресурсов. Невозобновляемые и возобновляемые источники энергии |
| Уметь: | | | | | |
| использовать методы оценки основных видов энергоресурсов и преобразования их в электрическую и тепловую энергию | ИД-3пк-3 | + | | | Контрольная работа/Потребление энергоресурсов. Невозобновляемые и возобновляемые источники энергии |
| рассчитывать КПД различных энергетических установок | ИД-3пк-3 | | + | | Проверочная работа/Расчет КПД цикла Ренкина с перегревом пара Контрольная работа/Расчет циклов паросиловых установок |

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: Письменная работа

1. Основное оборудование и принцип работы двухконтурной АЭС с реактором ВВЭР-1000 (Контрольная работа)
2. Основное оборудование и принцип работы ПГУ утилизационного типа (Контрольная работа)
3. Основное оборудование и принцип работы ТЭС (Контрольная работа)
4. Потребление энергоресурсов. Невозобновляемые и возобновляемые источники энергии (Контрольная работа)
5. Раздельное и совместное производство электрической и тепловой энергии (Контрольная работа)
6. Расчет КПД цикла Ренкина с перегревом пара (Проверочная работа)
7. Расчет циклов паросиловых установок (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №7)

Итоговая оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих.

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. Основы современной энергетики : в 2 т. : учебник для вузов по направлениям "Теплоэнергетика", "Электроэнергетика", "Энергомашиностроение" / Общ. ред. Е. В. Аметистов . – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2016 . - ISBN 978-5-383-01042-6 . Основы современной энергетики. В 2-х т. Т.1. Современная теплоэнергетика / ред. А. Д. Трухний . – 2016 . – 512 с. - ISBN 978-5-383-01043-3 .;
2. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика : учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин . – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2017 . – 502 с. - ISBN 978-5-383-00939-0 .;
3. Трухний А.Д.- "Парогазовые установки электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012772.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

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. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|---|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | Т-408, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Т-408, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Т-408, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Помещения для самостоятельной работы | Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники | стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | Т-205, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Т-213, Подсобное помещение | |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы энергетики

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Потребление энергоресурсов. Невозобновляемые и возобновляемые источники энергии (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчет КПД цикла Ренкина с перегревом пара (Проверочная работа)
- КМ-3 Расчет циклов паросиловых установок (Контрольная работа)
- КМ-4 Основное оборудование и принцип работы ТЭС (Контрольная работа)
- КМ-5 Раздельное и совместное производство электрической и тепловой энергии (Контрольная работа)
- КМ-6 Основное оборудование и принцип работы ПГУ утилизационного типа (Контрольная работа)
- КМ-7 Основное оборудование и принцип работы двухконтурной АЭС с реактором ВВЭР-1000 (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 | КМ-7 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 5 | 9 | 11 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Общая характеристика мирового энергопотребления | | | | | | | | |
| 1.1 | Потребление энергоресурсов | | + | | | | | | |
| 1.2 | Характеристика энергоресурсов | | + | | | | | | |
| 1.3 | Невозобновляемые источники энергии. Нефть. Уголь. Природный газ. Ядерное топливо. Экологические последствия использования невозобновляемых источников энергии | | + | | | | | | |
| 1.4 | Возобновляемые источники энергии. Гидроэнергия. Энергия ветра. Солнечная энергия. Энергия биомассы. Преобразование энергии малых водных потоков и морская энергетика. Геотермальная энергия. Экологические последствия использования нетрадиционных ВИЭ | | + | | | | | | |
| 2 | Термодинамические циклы, используемые в тепловой и атомной энергетике | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------------|---|----|---|----|----|----|----|----|
| 2.1 | Термодинамические циклы, используемые в тепловой и атомной энергетике | | + | + | | | | |
| 3 | Современные технологии производства электроэнергии | | | | | | | |
| 3.1 | Технология производства и основное оборудование ТЭС | | | | + | + | + | + |
| 3.2 | Устройство и функционирование современных ТЭЦ | | | | + | + | + | + |
| 3.3 | Паровая турбина | | | | + | + | + | + |
| 3.4 | Котельные установки | | | | + | + | + | + |
| 3.5 | Производство электроэнергии на парогазовых установках | | | | + | + | + | + |
| 3.6 | Производство энергии на АЭС | | | | + | + | + | + |
| Вес КМ, %: | | 15 | 5 | 20 | 15 | 15 | 15 | 15 |