

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: Промышленная и коммунальная теплоэнергетика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

| | |
|---|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.09.09 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 8 семестр - 3; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 108 часов |
| Лекции | 8 семестр - 14 часов; |
| Практические занятия | 8 семестр - 28 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 8 семестр - 65,7 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 | 8 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

| | | |
|---|---|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Глазов В.С. |
| | Идентификатор | R781d247d-GlazovVS-1e208dd2 |

В.С. Глазов


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|---|---|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Горелов М.В. |
| | Идентификатор | Re923e979-GorelovMV-5a218dd2 |

М.В. Горелов

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

И.А. Щербатов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение и использование пакетов прикладных компьютерных программ для расчета и моделирования теплоэнергетических и теплотехнологических систем и процессов, протекающих в элементах энергогенерирующего и энергоиспользующего оборудования, а также в элементах конструкций зданий и сооружений

Задачи дисциплины

- изучение пакетов прикладных программ, применяемых для расчета, проектирования и моделирования теплоэнергетических и теплотехнологических объектов;
- приобретение навыков использования пакетов прикладных компьютерных программ для решения практических задач.

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 разработке отдельных разделов проектно-конструкторских расчетов теплотехнических и теплотехнологических систем на промышленных предприятиях и объектах жилищно-коммунальной сферы на основе нормативной документации с использованием современных программных средств | ИД-3ПК-2 выполняет тепловые и гидравлические расчеты технологических систем, процессов и оборудования | знать: - Особенности проведения вычислительных экспериментов и обработки полученных результатов в CFD пакетах; - Вычислительные методы решения задач гидродинамики и теплообмена в математических пакетах SmathStudio. уметь: - Корректно поставить и решить тепло-, гидро- и аэродинамическую задачу моделирования работы теплотехнологических систем и их элементов в математических и CFD пакетах; - Использовать на практике прикладное программное обеспечение предприятий, организаций и технических специалистов, применяемое для расчета и проектирования теплоэнергетических систем. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Промышленная и коммунальная теплоэнергетика (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 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 | Прикладное программное обеспечение | 12 | 8 | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | 8 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Прикладное программное обеспечение"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Прикладное программное обеспечение" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Инженерная вычислительная термодинамика"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Инженерная вычислительная термодинамика" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 3-79</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Виды и функциональное назначение прикладного программного обеспечения."</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Виды и функциональное назначение прикладного</p> | |
| 1.1 | Понятие прикладного программного обеспечения, его виды и классификация | 12 | | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 8 | | - |
| 2 | Инженерная вычислительная термодинамика | 18 | | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 10 | | - |
| 2.1 | Технология CFD в науке и инженерии | 18 | | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 10 | | - |
| 3 | Виды и функциональное назначение прикладного программного обеспечения. | 18 | | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 10 | | - |
| 3.1 | Прикладное | 18 | 2 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 10 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
| | программное обеспечение предприятий, организаций и технических специалистов | | | | | | | | | | | | программного обеспечения." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 5-25 |
| 4 | Прикладные программы для математического моделирования теплоэнергетических систем и комплексов | 20 | 4 | - | 6 | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Прикладные программы для математического моделирования теплоэнергетических систем и комплексов" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Прикладные программы для математического моделирования теплоэнергетических систем и комплексов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 75-119 |
| 4.1 | Прикладные программы для математического моделирования теплоэнергетических систем и комплексов | 20 | 4 | - | 6 | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Прикладное программное обеспечение для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Прикладное программное обеспечение для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 75-80 |
| 5 | Прикладное программное обеспечение для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике | 22 | 4 | - | 8 | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Прикладное программное обеспечение для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Прикладное программное обеспечение для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 75-80 |
| 5.1 | Прикладное программное обеспечение, использующее CFD технологию для численного моделирования сложных технических задач в | 22 | 4 | - | 8 | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Прикладное программное обеспечение для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 75-80 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|-------|----|---|----|---|---|---|---|-----|------|------|--|
| | теплоэнергетике и теплотехнике | | | | | | | | | | | | |
| | Зачет с оценкой | 18.0 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.7 | |
| | Всего за семестр | 108.0 | 14 | - | 28 | - | - | - | - | 0.3 | 48 | 17.7 | |
| | Итого за семестр | 108.0 | 14 | - | 28 | - | - | - | - | 0.3 | 65.7 | | |

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. Прикладное программное обеспечение

1.1. Понятие прикладного программного обеспечения, его виды и классификация

Системное и прикладное программное обеспечение. Классификация по типу и по сфере применения. Основные направления развития. Краткая характеристика и примеры основных видов прикладных программ. Программные средства общего назначения: Текстовые редакторы и системы компьютерной вёрстки. Графические редакторы. Системы управления базами данных.. Программные средства специального назначения: Экспертные системы (системы поддержки принятия решений). Мультимедиа приложения для создания и редактирования видео и звуковой информации. Гипертекстовые информационные и обучающие системы (Электронные словари, энциклопедии, справочные системы).. Программные средства учебного назначения. Программные средства профессионального уровня: системы автоматизированного проектирования, автоматизированные системы управления, автоматизированные системы управления технологическими процессами, автоматизированные системы управления научными исследованиями, геоинформационные системы. Пакеты прикладных программ для математического и имитационного моделирования..

2. Инженерная вычислительная термодинамика

2.1. Технология CFD в науке и инженерии

Что такое CFD? Примеры приложений CFD. Эксперимент и ECFD. Как работает ECFD?. Неопределенности и ошибки. Функциональная проверка расчетов. Практическая апробация расчетов.. Анимационные примеры нестационарного моделирования.

3. Виды и функциональное назначение прикладного программного обеспечения.

3.1. Прикладное программное обеспечение предприятий, организаций и технических специалистов

Программное обеспечение инфраструктуры предприятия. Программы для поддержки ПО предприятий. Системы управления базами данных, серверы электронной почты, управление локальной сетью и системами безопасности.. Программное обеспечение информационного работника.. Приложение для подготовки презентаций.. Программа управления проектами. Расширенный поиск информации в электронных изданиях. Работа с электронной почтой..

4. Прикладные программы для математического моделирования теплоэнергетических систем и комплексов

4.1. Прикладные программы для математического моделирования теплоэнергетических систем и комплексов

Математическое описание процессов в теплоэнергетических и теплотехнологических системах на основании нестационарных математических моделей с сосредоточенными параметрами.. Пакет SmathStudio и его применение для расчета технических систем. Возможности и ограничения. Использование библиотеки и вычислительных средств SmathStudio..

5. Прикладное программное обеспечение для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике

5.1. Прикладное программное обеспечение, использующее CFD технологию для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике

Программное обеспечение для моделирования процессов гидродинамики, тепло- и массообмена в теплоэнергетическом и теплотехнологическом оборудовании, в элементах конструкций зданий и сооружений. Его виды. Модели с распределенными параметрами.. Пакет прикладных программ OpenFoam. Назначение и области применения. Способы задания исходных данных. Задание моделей турбулентности. Определение тепловых, массовых потоков и гидродинамического трения на твердых поверхностях с помощью пристеночных функций. Способы решения задач на областях со сложной геометрией методом взаимопроникающих континуумов.. Способы расчета объектов, требующих объединения моделей с распределенными и сосредоточенными параметрами в одном пакете прикладных программ.

3.3. Темы практических занятий

1. Программа РИДАН - Подбор и расчет теплообменного оборудования;
2. Решение ОДУ в SimIntech;
3. Моделирование теплообмена средствами SmathStudio и OpenFoam;
4. Примеры и задачи по аналитическому и численному расчету процессов теплообмена в элементах теплоэнергетического и теплотехнологического оборудовании, а также зданий и сооружений;
5. Математическое моделирование в среде SimIntech;
6. Особенности работы в среде SmathStudio – Проверка и анализ расчетов, выполненных в CFD-пакетах;
7. Расчет лучистого теплообмена средствами SmathStudio&OpenFoam;
8. Основные функции и возможности OpenFoam.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Прикладное программное обеспечение"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Инженерная вычислительная термогидромеханика"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Виды и функциональное назначение прикладного программного обеспечения."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Прикладные программы для математического моделирования теплоэнергетических систем и комплексов"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Прикладное программное обеспечение для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике"

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: | | | | | | | |
| Вычислительные методы решения задач гидродинамики и теплообмена в математических пакетах SmathStudio | ИД-3ПК-2 | + | | | | | Тестирование/"РИДАН" - Расчет теплообменника Тестирование/Тест «ППС» - Виды и назначения прикладных программных средств |
| Особенности проведения вычислительных экспериментов и обработки полученных результатов в CFD пакетах | ИД-3ПК-2 | | + | | | | Тестирование/Интерфейс OpenFoam, создание объекта и сеточный генератор, операторы и функции, метод расчета и визуализация результата |
| Уметь: | | | | | | | |
| Использовать на практике прикладное программное обеспечение предприятий, организаций и технических специалистов, применяемое для расчета и проектирования теплоэнергетических систем | ИД-3ПК-2 | | + | + | | | Тестирование/Интерфейс OpenFoam, создание объекта и сеточный генератор, операторы и функции, метод расчета и визуализация результата |
| Корректно поставить и решить тепло-, гидро- и аэродинамическую задачу моделирования работы теплотехнологических систем и их элементов в математических и CFD пакетах | ИД-3ПК-2 | | | | + | + | Контрольная работа/Метод контрольного объема и его реализация в среде SmathStudio Контрольная работа/Решение ОДУ в среде SimIntech |

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: Компьютерное задание

1. Метод контрольного объема и его реализация в среде SmathStudio (Контрольная работа)
2. Решение ОДУ в среде SimIntech (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. "РИДАН" - Расчет теплообменника (Тестирование)
2. Интерфейс OpenFoam, создание объекта и сеточный генератор, операторы и функции, метод расчета и визуализация результата (Тестирование)
3. Тест «ППС» - Виды и назначения прикладных программных средств (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №8)

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. Макаров, Е. Г. Инженерные расчеты в Mathcad 15 / Е. Г. Макаров . – СПб. : Питер, 2011 . – 400 с. – (Учебный курс) . - ISBN 978-5-459-00357-4 .;
2. 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.;
3. А. М. Гумеров, В. А. Холоднов- "Пакет Mathcad: теория и практика" 1, Издательство: "Фэн Академии наук Республики Татарстан", Казань, 2013 - (112 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258795>;
4. А. М. Гумеров, В. А. Холоднов- "Пакет Mathcad: теория и практика" 2, Издательство: "Фэн Академии наук Республики Татарстан", Казань, 2013 - (84 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258796>.

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. SimInTech;
6. SmathStudio;

7. OpenFOAM.

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. 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 | В-104-3, Учебная аудитория каф. "ТМПУ" | парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | В-104-3, Учебная аудитория каф. "ТМПУ" | парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | В-104-3, Учебная аудитория каф. "ТМПУ" | парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор |
| 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 | В-104-5, Преподавательская каф. "ТМПУ" | стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, документы, журналы, книги, учебники, пособия |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | В-02, Архив | стеллаж для хранения книг, стол для работы с документами, стул |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Прикладные программные средства в теплоэнергетике

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 "РИДАН" - Расчет теплообменника (Тестирование)
- КМ-2 Тест «ППС» - Виды и назначения прикладных программных средств (Тестирование)
- КМ-3 Интерфейс OpenFoam, создание объекта и сеточный генератор, операторы и функции, метод расчета и визуализация результата (Тестирование)
- КМ-4 Метод контрольного объема и его реализация в среде SmathStudio (Контрольная работа)
- КМ-5 Решение ОДУ в среде SimIntech (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: | 3 | 7 | 9 | 12 | 15 |
| 1 | Прикладное программное обеспечение | | | | | | |
| 1.1 | Понятие прикладного программного обеспечения, его виды и классификация | | + | + | | | |
| 2 | Инженерная вычислительная термодинамика | | | | | | |
| 2.1 | Технология CFD в науке и инженерии | | | | + | | |
| 3 | Виды и функциональное назначение прикладного программного обеспечения. | | | | | | |
| 3.1 | Прикладное программное обеспечение предприятий, организаций и технических специалистов | | | | + | | |
| 4 | Прикладные программы для математического моделирования теплоэнергетических систем и комплексов | | | | | | |
| 4.1 | Прикладные программы для математического моделирования теплоэнергетических систем и комплексов | | | | | + | + |
| 5 | Прикладное программное обеспечение для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике | | | | | | |
| 5.1 | Прикладное программное обеспечение, использующее CFD технологию для численного моделирования сложных технических задач в теплоэнергетике и теплотехнике | | | | | + | + |
| Вес КМ, %: | | | 15 | 20 | 15 | 25 | 25 |