

**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**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ И НАЛАДКА ПАРОВЫХ КОТЛОВ**

|  |   |
|--|---|
| <b>Блок:</b>                             | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | <b>Б1.Ч.08.02.01</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b> | <b>3 семестр - 5;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | <b>180 часов</b>  |
| <b>Лекции</b>                            | <b>3 семестр - 32 часа;</b>                                     |
| <b>Практические занятия</b>              | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Лабораторные работы</b>               | <b>3 семестр - 32 часа;</b>                                     |
| <b>Консультации</b>                      | <b>3 семестр - 2 часа;</b>                                      |
| <b>Самостоятельная работа</b>            | <b>3 семестр - 113,5 часов;</b>                                 |
| <b>в том числе на КП/КР</b>              | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Иная контактная работа</b>            | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>включая:</b>                          |   |
| <b>Тестирование</b>                      |   |
| <b>Перекрестный опрос</b>                |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>         |   |
| <b>Экзамен</b>                           | <b>3 семестр - 0,5 часа;</b>                                    |

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                             |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                              |                             |
|   | Владелец  | Ионкин И.Л.                 |
|   | Идентификатор   | R21e82aec-IonkinIL-f6aeb706 |

(подпись)

И.Л. Ионкин

(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 представления о задачах и методах исследования и наладки основных процессов в паровых котлах, приобретение навыков выполнения экспериментальных работ на паровых котлах

### Задачи дисциплины

- изучение принципов организации и проведения испытаний на паровых котлах;
- получение навыков подготовки и проведения экспериментально-наладочных работ на котлах;
- получение навыков обработки, представления и анализа экспериментальных данных, подготовки научно-технических отчетов и разработки рекомендаций по режимам эксплуатации паровых котлов;
- получение навыков использования современного оборудования и приборов для проведения технических испытаний и научных исследований.

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 к научно-исследовательской деятельности в сфере энергетического машиностроения | ИД-1ПК-2 Выполняет моделирование и исследование процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности | знать:<br>- порядок организации экспериментально-наладочных исследований паровых котлов и применяемые при этом средства измерения.<br><br>уметь:<br>- использовать современное оборудование и программное обеспечение для проведения испытаний и моделирования процессов в паровых котлах. |
| ПК-2 Способен к научно-исследовательской деятельности в сфере энергетического машиностроения | ИД-3ПК-2 Составляет заключение по результатам научных исследований   | знать:<br>- методы испытаний и наладки паровых котлов.<br><br>уметь:<br>- анализировать полученные результаты, разрабатывать рекомендации по режимам эксплуатации паровых котлов.  |

## 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 5 зачетных единиц, 180 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     | Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле                        | 18                    | 3       | 6  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 12                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле"</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 "Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле" материалу.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 7-44<br/>[4], стр. 106-110</p> |
| 1.1   | Экспериментально-наладочные работы, их задачи и организация                            | 9                     |         | 3  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 |  |
| 1.2   | Оценка и учет случайных погрешностей   | 9                     |         | 3  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 |  |
| 2     | Средства для теплотехнических измерений, применяемые при наладке и исследовании работы | 42                    |         | 14   | 8   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 20                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Средства для теплотехнических измерений, применяемые при наладке и исследовании работы котлов"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для</p>  |

| котлов |   |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |   |  |
|--------|---|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----|---|--|
| 2.1    | Теплотехнические измерения                    | 22 | 8  | 4  | - | - | - | - | - | - | 10 | - | <p>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 "Средства для теплотехнических измерений, применяемые при наладке и исследовании работы котлов" материалу.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Средства для теплотехнических измерений, применяемые при наладке и исследовании работы котлов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 151-174, 198-253<br/>[4], стр. 48-76, 89-106</p>  |
| 2.2    | Измерения газового состава продуктов сгорания | 20 | 6  | 4  | - | - | - | - | - | - | 10 | - |  |
| 3      | Испытания паровых и водогрейных котлов        | 84 | 12 | 24 | - | - | - | - | - | - | 48 | - | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Повторение материала по разделу "Испытания паровых и водогрейных котлов"</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 "Испытания паровых и водогрейных котлов" материалу.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Испытания паровых и водогрейных котлов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 44-83, 115-173<br/>[2], стр. 10-22<br/>[3], р. 190-194, 242-245<br/>[4], №4: стр. 76-82</p> |
| 3.1    | Режимные и балансовые испытания               | 42 | 6  | 12 | - | - | - | - | - | - | 24 | - |  |
| 3.2    | Наладка экологических параметров котла        | 42 | 6  | 12 | - | - | - | - | - | - | 24 | - |  |

|  |                         |              |  |           |           |          |          |          |          |          |            |              |             |              |
|--|-------------------------|--------------|--|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|--------------|-------------|--------------|
|  |                         |              |  |           |           |          |          |          |          |          |            |              |             | [5], 190-245 |
|  | Экзамен                 | 36.0         |  | -         | -         | -        | -        | 2        | -        | -        | 0.5        | -            | 33.5        |              |
|  | <b>Всего за семестр</b> | <b>180.0</b> |  | <b>32</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>2</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.5</b> | <b>80</b>    | <b>33.5</b> |              |
|  | <b>Итого за семестр</b> | <b>180.0</b> |  | <b>32</b> | <b>32</b> | <b>-</b> | <b>2</b> |          | <b>-</b> |          | <b>0.5</b> | <b>113.5</b> |             |              |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле

##### 1.1. Экспериментально-наладочные работы, их задачи и организация

Классификация экспериментально-наладочных работ, их задачи и организация. Программы испытаний. Подготовка и проведение испытаний. Представление экспериментальных данных и подготовка научно-технических отчетов. Применение математического моделирования для исследования работы энергетического оборудования..

##### 1.2. Оценка и учет случайных погрешностей

Дрейф объекта при проведении экспериментов. Нестационарные режимы. Оценка и учет случайных погрешностей. Расчет погрешностей измерений. Обработка результатов экспериментов. Методическое обеспечение измерений и нормативная база..

#### 2. Средства для теплотехнических измерений, применяемые при наладке и исследовании работы котлов

##### 2.1. Теплотехнические измерения

Средства измерений. Метрологические характеристики средств измерений. Измерение температуры, контактные и бесконтактные методы. Тепловизионные измерения. Измерения тепловых потоков Измерение давления и перепада давления. Измерение расхода газов и жидкостей..

##### 2.2. Измерения газового состава продуктов сгорания

Измерения газового состава продуктов сгорания. Методы газового анализа и основанные на них приборы. Основные требования к отбору, транспортировке и подготовке газовой пробы. Обеспечение достоверности измерений. Выбор измерительных систем. Обзор рынка современных измерительных систем. Обеспечение достоверности измерений газового состава..

#### 3. Испытания паровых и водогрейных котлов

##### 3.1. Режимные и балансовые испытания

Режимные и балансовые испытания. Определение потерь и КПД котла. Воздушный баланс топочной камеры и котла, определение присосов в топке и газоходах котла. Определение оптимального положения факела в топке. Определение оптимальных избытков воздуха. Пуско-наладочные испытания..

##### 3.2. Наладка экологических параметров котла

Определение экологических характеристик котла. Наладка режимов нетрадиционного сжигания топлив. Разработка систем мониторинга выбросов вредных веществ в атмосферу. Использование методов моделирования для выполнения расчетных исследований..

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

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Испытания экономайзера и воздухоподогревателя котла №2. (6 часов);
2. Тепловизионное обследование котла №2. (4 часа);
3. Моделирование аэродинамических процессов в газоходах котлов. (6 часов);

4. Расчетные исследования параметров работы котла №2 (4 часа);
5. Определение экологических характеристик котла №2. (4 часа);
6. Определение влияния присосов на показатели работы котла №2 (4 часа);
7. Внутренний осмотр котла №4. (4 часа).

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле"
2. Консультации проводятся по разделу "Средства для теплотехнических измерений, применяемые при наладке и исследовании работы котлов"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Испытания паровых и водогрейных котлов"

### **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<br>(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>   |                  |   |   |   |   |
| порядок организации экспериментально-наладочных исследований паровых котлов и применяемые при этом средства измерения               | ИД-1ПК-2         | +   |   |   | Тестирование/Тест Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле. Учет погрешностей и обработка результатов  |
| методы испытаний и наладки паровых котлов   | ИД-3ПК-2         |   |   | + | Тестирование/Тест. Испытания паровых и водогрейных котлов. Защита лабораторных работ 3-4.   |
| <b>Уметь:</b>   |                  |   |   |   |   |
| использовать современное оборудование и программное обеспечение для проведения испытаний и моделирования процессов в паровых котлах | ИД-1ПК-2         |   | + |   | Тестирование/Тест Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле. Учет погрешностей и обработка результатов<br>Тестирование/Тест. Испытания паровых и водогрейных котлов. Защита лабораторных работ 3-4. |
| анализировать полученные результаты, разрабатывать рекомендации по режимам эксплуатации паровых котлов                              | ИД-3ПК-2         | +   |   | + | Перекрестный опрос/Защита лабораторных работ 5-6.<br>Тестирование/Тест. Средства для теплотехнических измерений, применяемые при наладке и исследовании работы котлов. Защита лабораторных работ 1-2.                     |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **3 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле. Учет погрешностей и обработка результатов (Тестирование)
2. Тест. Испытания паровых и водогрейных котлов. Защита лабораторных работ 3-4. (Тестирование)
3. Тест. Средства для теплотехнических измерений, применяемые при наладке и исследовании работы котлов. Защита лабораторных работ 1-2. (Тестирование)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ 5-6. (Перекрестный опрос)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Экзамен (Семестр №3)*

Прибавление баллов промежуточной аттестации и текущей

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Трёмбовля, В. И. Теплотехнические испытания котельных установок / В. И. Трёмбовля, Е. Д. Фингер, А. А. Авдеева . – 2-е изд., перераб. и доп . – Москва : Энергоатомиздат, 1991 . – 413 с.;
2. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / и др., М-во тяжелого, энерг. и трансп. машиностроения СССР ; Ред. Н. В. Кузнецов . – стер., изд 1973 г . – М. : Энергоатомиздат, 2007 . – 296 с.;
3. Росляков, П. В. Методы защиты окружающей среды : учебник для вузов по направлению 140500 "Энергомашиностроение" / П. В. Росляков . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 336 с. - ISBN 978-5-383-00056-4 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5309](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5309);
4. Контроль вредных выбросов ТЭС в атмосферу : учебное пособие для вузов по специальности 101300 "Котло- и реакторостроение" направления 651200 "Энергомашиностроение" и специальности 100500 "Тепловые электрические станции" направления 650800 "Теплоэнергетика"... / П. В. Росляков, и др. – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 228 с. - ISBN 5-7046-1043-9 .;
5. Росляков П.В. - "Методы защиты окружающей среды", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2007 - (336 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72236](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72236).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Ansys / CAE Fidesy;
5. Boiler Designer.

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

1. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
2. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

## 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   |
| 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

### Исследование и наладка паровых котлов

(название дисциплины)

#### 3 семестр

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

- КМ-1 Тест Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле. Учет погрешностей и обработка результатов (Тестирование)
- КМ-2 Тест. Средства для теплотехнических измерений, применяемые при наладке и исследовании работы котлов. Защита лабораторных работ 1-2. (Тестирование)
- КМ-3 Тест. Испытания паровых и водогрейных котлов. Защита лабораторных работ 3-4. (Тестирование)
- КМ-4 Защита лабораторных работ 5-6. (Перекрестный опрос)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 15   |
| 1             | Задачи и методы исследования основных процессов в паровом котле                               |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Экспериментально-наладочные работы, их задачи и организация                                   |            | +    |      |      |      |
| 1.2           | Оценка и учет случайных погрешностей  |            |      | +    |      | +    |
| 2             | Средства для теплотехнических измерений, применяемые при наладке и исследовании работы котлов |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Теплотехнические измерения  |            | +    |      | +    |      |
| 2.2           | Измерения газового состава продуктов сгорания   |            | +    |      | +    |      |
| 3             | Испытания паровых и водогрейных котлов  |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Режимные и балансовые испытания   |            |      | +    | +    | +    |
| 3.2           | Наладка экологических параметров котла  |            |      | +    | +    | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 25   | 25   | 25   | 25   |