

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Технология воды и топлива в энергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СИСТЕМЫ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА**  
**ТЭС И АЭС**


|   |   |
|---|---|
| <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.10</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 - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Практические занятия</b>   | <b>3 семестр - 32 часа;</b>                                     |
| <b>Лабораторные работы</b>  | <b>3 семестр - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Консультации</b>   | <b>3 семестр - 18 часов;</b>                                    |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                       | <b>3 семестр - 93,2 часа;</b>                                   |
| <b>в том числе на КП/КР</b>   | <b>3 семестр - 15,7 часов;</b>                                  |
| <b>Иная контактная работа</b>                                       | <b>3 семестр - 4 часа;</b>                                      |
| <b>включая:</b><br><b>Тестирование</b><br><b>Контрольная работа</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                                    |   |
| <b>Защита курсового проекта</b>                                     | <b>3 семестр - 0,3 часа;</b>                                    |
| <b>Экзамен</b>  | <b>3 семестр - 0,5 часа;</b>                                    |
|   | <b>всего - 0,8 часа</b>   |

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                               |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                               |
|   | Владелец  | Егошина О.В.                  |
|   | Идентификатор   | R4905e37a-YegoshinaOV-5d73426 |

(подпись)


О.В. Егошина

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                                |
|---|---|--------------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                                |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                                |
|   | Владелец  | Шацких Ю.В.                    |
|   | Идентификатор   | R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f |


(подпись)

Ю.В. Шацких

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |   |                            |
|---|---|----------------------------|
|  | <b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b> |                            |
|   | <b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>                       |                            |
|   | Владелец  | Орлов К.А.                 |
|   | Идентификатор   | R24178de8-OrlovKA-0ab64072 |

(подпись)

К.А. Орлов

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении основ систем химико-технологического мониторинга качества воды и пара, принципов их проектирования и эксплуатации на тепловых и атомных электростанциях

### Задачи дисциплины

- освоение принципов построения систем химико-технологического мониторинга на базе современных математических методов и технических средств на тепловых и атомных электростанциях;
- приобретение навыков проектирования и эксплуатации систем химико-технологического мониторинга качества воды и пара на тепловых и атомных электростанциях;
- обучение работе с техническими средствами систем управления водно-химическими режимами;
- приобретение навыков принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании и эксплуатации систем и средств химико-технологического мониторинга качества воды и пара.

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 участвовать в проведении химического мониторинга качества теплоносителя и в организации водно-химического режима энергетического оборудования | ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует понимание принципов построения систем химико-технологического мониторинга на объектах энергетики | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- принципы построения систем химико-технологического мониторинга, включая системы управления водными режимами на базе современных математических методов и средств применяемых на тепловых и атомных электростанциях;</li><li>- основы и средства математического моделирования водно-химических процессов;</li><li>- основы диагностических расчетов в системах химического контроля и управления водными режимами и работой водоподготовительных установок в теплоэнергетике; методы расчетов состава теплоносителя на основе материальных балансов и ионных равновесий.</li></ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- проводить самостоятельные исследования в области систем химико-технологического мониторинга качества теплоносителя, оценивать и представлять результаты выполненной работы;</li><li>- формулировать цели и задачи исследований при разработке систем химико-технологического мониторинга, выбирать и создавать критерии оценки</li></ul> |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения   |
|--------------------------------|--|---|
|                                |  | <p>объемов химического контроля в различных режимах работы энергетического оборудования; формулировать задания на проектирование систем мониторинга, предлагать мероприятия по улучшению эксплуатационных характеристик технических средств системы, повышению надежности работы энергетического оборудования в целом;</p> <p>- проводить инженерные расчеты в системах химического контроля и управления водными режимами на различных энергообъектах.</p> |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Технология воды и топлива в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать системы химического контроля, водно-химические режимы, принципиальные схемы тепловых и атомных энергетических объектов
- знать основы диагностических расчетов; методы расчетов на основе законов сохранения вещества, способы решения дифференциальных уравнений
- знать основы и средства математического моделирования
- уметь проектировать системы химического контроля, выбирать и обосновывать водно-химические режимы, использовать схемы тепловых и атомных энергетических объектов
- уметь проводить диагностические расчеты, методы на основе законов сохранения вещества, решать дифференциальные уравнения
- уметь применять средства математического моделирования

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     | Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга   | 13.9                  | 3       | 2  | 2   | 4  | -            | 0.4 | -   | -  | -  | 5.5               | -                                 | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение основных терминов и понятий по дисциплине "системы химико-технологического мониторинга", изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> |
| 1.1   | Системы химико-технологического мониторинга – основные положения. Комплекс технических средств систем химико-технологического мониторинга | 13.9                  |         | 2  | 2   | 4  | -            | 0.4 | -   | -  | -  | 5.5               | -                                 |   |

|     |  |      |   |   |    |   |     |   |   |   |      |   |   |
|-----|--|------|---|---|----|---|-----|---|---|---|------|---|---|
|     |  |      |   |   |    |   |     |   |   |   |      |   | [3], стр. 8-35, стр. 39-43<br>[4], стр. 43-44<br>[5], стр. 6-11   |
| 2   | Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга                        | 30.9 | 4 | 4 | 10 | - | 0.4 | - | - | - | 12.5 | - | <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b><br>Изучение материала по разделу "Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях   |
| 2.1 | Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга                        | 30.9 | 4 | 4 | 10 | - | 0.4 | - | - | - | 12.5 | - | <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.<br><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 40-76<br>[2], стр. 140-146<br>[4], стр. 4-6, стр. 15-26<br>[5], стр. 11-23 |
| 3   | Диагностика ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга | 26.9 | 4 | 2 | 10 | - | 0.4 | - | - | - | 10.5 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Диагностика ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга"   |
| 3.1 | Диагностика ионного состава теплоносителя  | 26.9 | 4 | 2 | 10 | - | 0.4 | - | - | - | 10.5 | - | <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b>  |

|     |  |      |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |  |   |
|-----|--|------|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|--|---|
|     |  |      |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |  | Изучение материалов по разделу<br>Диагностика ионного состава теплоносителя<br>в системах химико-технологического<br>мониторинга и подготовка к контрольной<br>работе<br><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Подготовка домашнего задания направлена<br>на отработку умений решения<br>профессиональных задач. Домашнее задание<br>выдается студентам по изученному в разделе<br>"Диагностика ионного состава<br>теплоносителя в системах химико-<br>технологического мониторинга" материалу.<br>Дополнительно студенту необходимо<br>изучить литературу и разобрать примеры<br>выполнения подобных заданий. Проверка<br>домашнего задания проводится по<br>представленным письменным работам.<br><b><u>Изучение материалов литературных<br/>источников:</u></b><br>[1], стр. 230-281<br>[4], стр. 6-15<br>[5], стр. 60-73 |
| 4   | Системы управления<br>водным режимом на<br>ТЭС и АЭС | 20.4 | 4 | 4 | 4 | - | 0.4 | - | - | - | 8 | - | <b><u>Самостоятельное изучение<br/>теоретического материала:</u></b> Изучение<br>дополнительного материала по разделу<br>"Системы управления водным режимом на<br>ТЭС и АЭС"   |   |
| 4.1 | Системы управления<br>водным режимом на<br>ТЭС и АЭС | 20.4 | 4 | 4 | 4 | - | 0.4 | - | - | - | 8 | - | <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b><br>Подготовка домашнего задания направлена<br>на отработку умений решения<br>профессиональных задач. Домашнее задание<br>выдается студентам по изученному в разделе<br>"Системы управления водным режимом на<br>ТЭС и АЭС" материалу. Дополнительно<br>студенту необходимо изучить литературу и<br>разобрать примеры выполнения подобных<br>заданий. Проверка домашнего задания<br>проводится по представленным письменным |   |

|     |   |      |   |   |   |   |     |   |   |   |     |   |  |   |
|-----|---|------|---|---|---|---|-----|---|---|---|-----|---|--|---|
|     |   |      |   |   |   |   |     |   |   |   |     |   |  | <p>работам.<br/> <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u><br/> [4], стр. 29-43<br/> [5], стр. 74-99</p> |
| 5   | Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга | 17.9 | 2 | 4 | 4 | - | 0.4 | - | - | - | 7.5 | - | <p><u><b>Подготовка к лабораторной работе:</b></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 "Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга" материалу.</p>   |   |
| 5.1 | Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга | 17.9 | 2 | 4 | 4 | - | 0.4 | - | - | - | 7.5 | - | <p><u><b>Подготовка домашнего задания:</b></u><br/> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u><b>Подготовка реферата:</b></u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты:</p> <p><u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Изучение дополнительного материала по разделу "Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга"</p> |   |



|  |                         |              |           |           |           |             |            |          |          |            |             |             |   |
|--|-------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|----------|----------|------------|-------------|-------------|---|
|  |                         |              |           |           |           |             |            |          |          |            |             |             | <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b><br>Изучение материалов по разделу<br>Эксплуатация систем химико-<br>технологического мониторинга и подготовка<br>к контрольной работе<br><b><u>Изучение материалов литературных<br/>источников:</u></b><br>[1], стр. 126-131, стр. 160-178<br>[3], стр. 18-22, стр. 37-39<br>[5], стр. 34-59 |
|  | Экзамен                 | 34.0         | -         | -         | -         | -           | -          | -        | -        | 0.5        | -           | 33.5        |   |
|  | Курсовой проект (КП)    | 36.0         | -         | -         | -         | 16          | -          | 4        | -        | 0.3        | 15.7        | -           |   |
|  | <b>Всего за семестр</b> | <b>180.0</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>32</b> | <b>16</b>   | <b>2.0</b> | <b>4</b> | <b>-</b> | <b>0.8</b> | <b>59.7</b> | <b>33.5</b> |   |
|  | <b>Итого за семестр</b> | <b>180.0</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>32</b> | <b>18.0</b> |            | <b>4</b> |          | <b>0.8</b> | <b>93.2</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. Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга

1.1. Системы химико-технологического мониторинга – основные положения. Комплекс технических средств систем химико-технологического мониторинга

Общие сведения о существующих системах химико-технологического мониторинга качества теплоносителя. Структура систем химико-технологического мониторинга. Перечень и назначение основных подсистем и основных компонентов СХТМ. Принципы построения и этапы создания систем химико-технологического мониторинга. Отличие систем химико-технологического мониторинга от систем химического контроля. СХТМ как объект проектирования. Виды работ, выполняемых при проектировании систем химико-технологического мониторинга. Оптимизация технологии проектирования систем мониторинга. Классификация объектов по информационной мощности. Режимы работы технических средств системы мониторинга. Принципы построения современных систем химико-технологического мониторинга. Функциональные группы технических средств. Технические характеристики средств СХТМ. Достоинства и недостатки современных анализаторов химического контроля. Основные методы, используемые для определения общего органического углерода. Принцип действия анализатора общего органического углерода. Фотометрические анализаторы определения кремне содержания, жесткости, особенности их эксплуатации. Разновидности кондуктометрических анализаторов с последующим расчетом рН, концентрации аммиака. Амперометрические анализаторы определения растворенных в воде газов. Общие сведения о программно-технических комплексах, используемых в системах химико-технологического мониторинга. Требования к видам обеспечения СХТМ..

#### 2. Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга

2.1. Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга

Технологические алгоритмы анализа состояния водного режима ТЭС. Оценка состояния водного режима с использованием индекса качества. Граничные условия при математическом описании индекса качества состояния водного режима. Уравнения взаимосвязи различных показателей качества водного режима. Влияние типовых возмущений на показатели качества водного режима. Косвенное определение концентрации свободной углекислоты путем дегазации пробы. Распределение концентрации примеси по тракту энергоблока в стационарных и нестационарных условиях. Статистическая обработка результатов анализа и косвенного определения показателя качества теплоносителя. Основные статистические величины, используемые для оценки результатов химического анализа.

#### 3. Диагностика ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга

3.1. Диагностика ионного состава теплоносителя

Общие закономерности составления моделей ионных равновесий водных растворов. Учет образования в водном растворе ионных пар. Алгоритм диагностики анионно-катионного состава теплоносителя. Оптимизация дозирования аммиака по поддержанию нормируемого значения рН. Алгоритм косвенного расчета ионных примесей в обрабатываемой продувочной воде парогенератора, регенерационных и отмывочных водах ионитных фильтров. Основные допущения при диагностике анионно-катионного состава теплоносителя. Косвенное определение анионов сильных кислот в пересчете на хлорид-ион. Косвенное определение концентрации гидразина и аммиака.

#### 4. Системы управления водным режимом на ТЭС и АЭС

##### 4.1. Системы управления водным режимом на ТЭС и АЭС

Функциональные задачи автоматических систем регулирования дозированием корректирующих реагентов. Общие сведения о свойствах корректирующих реагентов. Типовые схемы ввода гидразина и аммиака в основной цикл энергоблока. Типовые схемы ввода комплексных реагентов на основе органических соединений. Технологические схемы автоматического дозирования реагентов. Экспериментальное исследование статических и динамических свойств объекта дозирования корректирующих реагентов. Исследование влияния типовых нарушений водного режима на динамические свойства анализаторов химического контроля. Техническая реализация систем управления дозированием корректирующих реагентов..

#### 5. Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга

##### 5.1. Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга

Современное состояние систем химико-технологического мониторинга и перспективы их развития. Нормирование и системы химико-технологического мониторинга. Обоснование выбора приборной измерительной базы. Особенности эксплуатации систем химико-технологического мониторинга на различных энергообъектах ТЭС и АЭС. Результаты лабораторных и промышленных исследований систем мониторинга. Промышленная реализация систем химико-технологического мониторинга. Анализ промышленных данных эксплуатации систем мониторинга. Сравнение промышленных и лабораторных данных. Градуировка, калибровка и поверка технических средств систем мониторинга в условиях рабочей среды энергоблоков тепловых электростанций.

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

1. Математическое моделирование ионных равновесий в питательной воде применительно к энергоблокам с прямоточными котлами;
2. Корреляционный анализ. Определение уравнения регрессии;
3. Статическая оптимизация. Безусловная статическая оптимизация химико-технологических процессов;
4. Расчет концентраций примесей по тракту энергоблока с использованием статических математических моделей;
5. Определение активных оптимальных нагрузок для энергоблоков;
6. Математическое моделирование ионных равновесий в котловой воде применительно к энергоблокам с барабанными котлами;
7. Математическое моделирование ионных равновесий в обессоленной воде применительно к работе катионитных и анионитных фильтров;
8. Определение аналитической зависимости. Оценка результатов измерений по критериям значимости. Критерий Пирсона, Фишера и Стьюдента;
9. Расчет математической модели водной части парового барабанного котла при одноступенчатом испарении;
10. Расчет изменения концентрации примеси в котловой воде и в насыщенном паре при ступенчатом изменении ее содержания в питательной воде и при различных продувках;
11. Аналитическое исследование динамики распределения концентрации примеси и реагентов по тракту энергоблока;
12. Расчет устройства отбора проб воды и пара. Расчет количества охлаждающей воды;
13. Оценка адекватности математической модели;
14. Составление математических моделей на основе эмпирических формул. Метод линеаризации аппроксимационных формул. Метод наименьших квадратов;

15. Расчет математической модели водной части парового барабанного котла при двухступенчатом испарении;
16. Статистическая обработка результатов. Статистическая значимость коэффициентов корреляции.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Лабораторная работа 2 Изучение влияния расхода обрабатываемой воды на качество теплоносителя;
2. Лабораторная работа 1 Исследование влияния режима дозирования на качество теплоносителя;
3. Лабораторная работа 5 Аналитическое и экспериментальное определение концентрации аммиака на основе измерений электропроводности прямой и Н-катионированной пробы;
4. Лабораторная работа 3 Изучение влияния температуры анализируемой среды на рН сильно разбавленных щелочных растворов;
5. Лабораторная работа 4 Изучение влияния качества подпиточной воды на режим дозирования реагента;
6. Лабораторная работа 7 Изучение динамики системы дозирования корректирующего реагента в обрабатываемую воду;
7. Лабораторная работа 8 Изучение системы дозирования корректирующего реагента в автоматическом режиме работы установки;
8. Лабораторная работа 6 Изучение системы дозирования корректирующего реагента в ручном режиме работы установки.

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Диагностика ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Системы управления водным режимом на ТЭС и АЭС"
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга"

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Диагностика ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Системы управления водным режимом на ТЭС и АЭС"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга"

*Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)*

1. Консультации проводятся по разделу "Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга"
2. Консультации проводятся по разделу "Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга"
3. Консультации проводятся по разделу "Диагностика ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга"
4. Консультации проводятся по разделу "Системы управления водным режимом на ТЭС и АЭС"
5. Консультации проводятся по разделу "Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 3 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- 1.Разработка системы химико-технологического мониторинга нейтрально-кислородного водного режима паросилового блока с прямоточным котлом ТЭС. 2.Разработка системы химико-технологического мониторинга аммиачно-щелочного водного режима паросилового блока с барабанным котлом ТЭС. 3.Разработка системы химико-технологического мониторинга аммиачного водного режима парогазового блока с двухконтурным котлом ТЭС. 4.Разработка системы химико-технологического мониторинга аммиачно-щелочного водного режима с дозированием тринатрийфосфата в барабан котла парогазового блока с трехконтурным котлом ТЭС. 5.Разработка системы химико-технологического мониторинга морфолинового водного режима блока ВВЭР на АЭС. 6. Разработка системы химико-технологического мониторинга блока нейтрального водного режима РБМК на АЭС.

#### График выполнения курсового проекта

| Неделя                                  | 1 - 6 | 7 - 8 | 9 - 10 | 11 - 14 | Зачетная                 |
|---|-------|-------|--------|---------|--------------------------|
| Раздел курсового проекта                | 1     | 2     | 3      | 4       | Защита курсового проекта |
| Объем раздела, %                        | 25    | 25    | 25     | 25      | -                        |
| Выполненный объем нарастающим итогом, % | 25    | 50    | 75     | 100     | -                        |

| Номер раздела | Раздел курсового проекта  |
|---------------|---|
| 1             | Разработка системы химико-технологического мониторинга качества воды и пара |

|   |   |
|---|---|
| 2 | Разработка системы управления водно-химическим режимом  |
| 3 | Разработка математической модели состава воды по тракту энергоблока   |
| 4 | Разработка функциональных схем химико-технологического мониторинга, управления водно-химическим режимом, РПЗ и спецификации |

### 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 | 4 | 5 |   |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |
| основы диагностических расчетов в системах химического контроля и управления водными режимами и работой водоподготовительных установок в теплоэнергетике; методы расчетов состава теплоносителя на основе материальных балансов и ионных равновесий  | ИД-2ПК-1         |   | + |   |   |   | Тестирование/Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга                              |
| основы и средства математического моделирования водно-химических процессов   | ИД-2ПК-1         | +   |   |   |   |   | Тестирование/Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга                          |
| принципы построения систем химико-технологического мониторинга, включая системы управления водными режимами на базе современных математических методов и средств применяемых на тепловых и атомных электростанциях   | ИД-2ПК-1         |   |   |   | + |   | Тестирование/Системы управления водным режимом на ТЭС и АЭС   |
| <b>Уметь:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |
| проводить инженерные расчеты в системах химического контроля и управления водными режимами на различных энергообъектах   | ИД-2ПК-1         |   |   | + |   |   | Контрольная работа/Диагностика ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга |
| формулировать цели и задачи исследований при разработке систем химико-технологического мониторинга, выбирать и создавать критерии оценки объемов химического контроля в различных режимах работы энергетического оборудования; формулировать задания на проектирование систем мониторинга, предлагать мероприятия по улучшению эксплуатационных характеристик технических средств системы, повышению надежности работы энергетического | ИД-2ПК-1         | +   |   |   | + |   | Контрольная работа/Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга                                  |

|  |          |  |  |  |  |   |  |
|--|----------|--|--|--|--|---|--|
| оборудования в целом   |          |  |  |  |  |   |  |
| проводить самостоятельные исследования в области систем химико-технологического мониторинга качества теплоносителя, оценивать и представлять результаты выполненной работы | ИД-2ПК-1 |  |  |  |  | + | Контрольная работа/Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга |



## **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: Письменная работа

1. Диагностика ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга (Контрольная работа)
2. Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга (Тестирование)
3. Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга (Тестирование)
4. Системы управления водным режимом на ТЭС и АЭС (Тестирование)
5. Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №3)

Прибавление баллов промежуточной аттестации и текущей аттестации для получения итоговой оценки

Курсовой проект (КП) (Семестр №3)

Выставление итоговой оценки осуществляется путем прибавления баллов промежуточной аттестации и защиты курсовой работы

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. Ларин Б.М. , Бушуев Е.Н. - "Основы математического моделирования химико-технологических процессов обработки теплоносителя на ТЭС и АЭС", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (311 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72251](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72251);
2. Бушуев Е.Н.- "Основы математического моделирования химико-технологических процессов обработки теплоносителя на ТЭС и АЭС", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011584.html>;
3. Егошина, О. В. Системы химико-технологического мониторинга : учебное пособие по курсам "Химический контроль теплоносителей", "Принципы эффективного управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях" / О. В. Егошина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-1401-2 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5006](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5006);

4. Егошина, О. В. Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга : учебное пособие по курсу "Принципы эффективного управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / О. В. Егошина, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-1402-9 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5005](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5005);

5. Исследование систем дозирования корректирующих реагентов с применением автоматических анализаторов химического контроля : сборник лабораторных работ по курсу "Системы химико- технологического мониторинга" профиля "Технология воды и топлива в энергетике" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / О. В. Егошина, В. О. Яровой, М. П. Назаренко, И. А. Табаков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 76 с. - ISBN 978-5-7046-1824-9 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9900](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9900).

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

1. Windows / Операционная система семейства Linux;
2. Майнд Видеоконференции;
3. MasterSCADA;
4. SmathStudio;
5. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей);
6. OPC сервер MAPK-9000.

## **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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
9. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>
10. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
11. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
12. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
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 | В-411, Учебная                | стол преподавателя, стол |

|  |   |  |
|--|---|--|
| для проведения лекционных занятий и текущего контроля          | лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»  | компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер   |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»   | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер                  |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий          | В-418, Учебно-научная лаборатория "Системы химико-технологического мониторинга водного теплоносителя" | кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, лабораторный стенд, многофункциональный центр, оборудование для экспериментов, техническая аппаратура, компьютер персональный       |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации      | В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»   | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер                  |
| Помещения для самостоятельной работы                           | НТБ-303, 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-413/1, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"   | стул, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, холодильник  |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря       | В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"   | кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Системы химико-технологического мониторинга на ТЭС и АЭС

(название дисциплины)

#### 3 семестр

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

- КМ-1 Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга (Тестирование)
- КМ-2 Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга (Тестирование)
- КМ-3 Диагностика ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга (Контрольная работа)
- КМ-4 Системы управления водным режимом на ТЭС и АЭС (Тестирование)
- КМ-5 Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 7    | 10   | 12   | 14   |
| 1             | Основные понятия и термины систем химико-технологического мониторинга   |            |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Системы химико-технологического мониторинга – основные положения. Комплекс технических средств систем химико-технологического мониторинга |            | +    |      |      |      | +    |
| 2             | Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга   |            |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Инженерные расчеты в системах химико-технологического мониторинга   |            |      | +    |      |      |      |
| 3             | Диагностика ионного состава теплоносителя в системах химико-технологического мониторинга  |            |      |      |      |      |      |
| 3.1           | Диагностика ионного состава теплоносителя   |            |      |      | +    |      |      |
| 4             | Системы управления водным режимом на ТЭС и АЭС  |            |      |      |      |      |      |
| 4.1           | Системы управления водным режимом на ТЭС и АЭС  |            |      |      |      | +    | +    |
| 5             | Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга   |            |      |      |      |      |      |
| 5.1           | Эксплуатация систем химико-технологического мониторинга   |            |      |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 15   | 20   | 20   | 20   | 25   |

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Системы химико-технологического мониторинга на ТЭС и АЭС

(название дисциплины)

**3 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

- КМ-1 Разработка системы химико-технологического мониторинга качества воды и пара
- КМ-2 Разработка системы управления водно-химическим режимом
- КМ-3 Разработка математической модели состава воды по тракту энергоблока
- КМ-4 Оформление расчетно-пояснительной записки и графического материала

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

| Номер раздела | Раздел курсового проекта/курсовой работы  | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 6    | 8    | 10   | 14   |
| 1             | Разработка системы химико-технологического мониторинга качества воды и пара   |            | +    |      |      |      |
| 2             | Разработка системы управления водно-химическим режимом  |            |      | +    |      |      |
| 3             | Разработка математической модели состава воды по тракту энергоблока   |            |      |      | +    |      |
| 4             | Разработка функциональных схем химико-технологического мониторинга, управления водно-химическим режимом, РПЗ и спецификации |            |      |      |      | +    |
| Вес КМ, %:    |   |            | 25   | 25   | 25   | 25   |