

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о документе

ФИО: Минцаев Магомед Шаватович

Должность: Ректор

Дата подписания: 21.08.2026 15:25:49

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**имени академика М.Д. Миллионщикова**



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

### **«ВОДОПОДГОТОВКА»**

#### **Направление подготовки**

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

#### **Направленность (профили)**

«Энергообеспечение предприятий»

#### **Квалификация**

Бакалавр

Год начала подготовки – 2026

Грозный – 2026

### **1. Цель и задачи дисциплины:**

**Основная цель курса:** изучение технологии очистки теплоносителя и обеспечения оптимального водно-химического режима на ТЭС, АЭС и промышленных котельных установках и котельного оборудования в системе ЖКХ.

#### **Задачи дисциплины:**

знакомство с технологическими процессами при подготовке добавочной воды на ТЭС, АЭС промышленных котельных установках; обучение с современными методами исследования свойств теплоносителя; предоставление информации об организации оптимальных водно-химических режимов; обучение принятию и обоснованию конкретных технических решения при последующем проектировании и эксплуатации установок по очистке добавочной воды и обеспечению оптимального водно-химического режима на ТЭС, АЭС и промышленных котельных установках и котельного оборудования в системе ЖКХ.

### **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Учебная дисциплина «Водоподготовка» является обязательной дисциплиной в части формируемой участниками образовательных отношений в учебном плане ОП направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и предусмотрена для изучения в 7 семестре, базируется на знании общетехнических и специальных дисциплин: Химия, Физика, Математика, Механика, Техническая термодинамика, Гидрогазодинамика.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций.**

Таблица 1

| Код по ФГОС                                                                                                                                                                | Индикаторы достижения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУБ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Общепрофессиональные</b>                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>ОПК-3</b> Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах. | <p>ОПК-3.1. Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа;</p> <p>ОПК-3.2. Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем;</p> <p>ОПК-3.3. Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем;</p> <p>ОПК-3.6. Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы;</p> <p>ОПК-3.7. Применяет знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках.</p> | <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– нормативные и правовые документы в своей профессиональной деятельности;</li> <li>– основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации;</li> <li>– основы расчета водоподготовительных установок, основные показатели качества воды;</li> <li>– основные схемы водоподготовки на ТЭС и АЭС, источники загрязнения теплоносителя на котельных установках;</li> <li>– физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– участвовать в разработке проектной и рабочей технической документации, оформлении законченных проектно-конструкторских работ в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами;</li> <li>– применять современные технологии деаэрации воды и декарбонизации воды;</li> <li>– определять и регулировать водно-химические режимы (ВХР) теплотехнических объектов используя</li> </ul> |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>современные средства измерения и контроля;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– соблюдать экологическую безопасность при подготовке воды и осуществлять эко-защитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способностью анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по вопросам подготовки воды;</li> <li>– методами предварительной очистки воды от механических примесей и солеобразующих элементов;</li> <li>– принципиальными технологическими схемами коагуляционных установок;</li> <li>– принципиальными схемами очистки воды, установления водно-химического режима теплотехнического оборудования.</li> </ul> |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

| Вид учебной работы                                 |                              | Всего<br>часов/ зач.ед. |                 | Семестры      |                 |
|----------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
|                                                    |                              |                         |                 | 7             | 7               |
|                                                    |                              | ОФО                     | ЗФО             | ОФО           | ЗФО             |
| <b>Контактная работа (всего)</b>                   |                              | <b>68/1,9</b>           | <b>18/0,5</b>   | <b>68/1,9</b> | <b>18/0,5</b>   |
| В том числе:                                       |                              |                         |                 |               |                 |
| Лекции                                             |                              | 34/0,9                  | 8/0,2           | 34/0,9        | 8/0,2           |
| Практические занятия                               |                              | 17/0,5                  | 4/0,1           | 17/0,5        | 4/0,1           |
| Семинары                                           |                              |                         |                 |               |                 |
| Лабораторные работы                                |                              | 17/0,5                  | 6/0,17          | 17/0,5        | 6/0,17          |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>              |                              | <b>58/1,6</b>           | <b>117/3,25</b> | <b>58/1,6</b> | <b>117/3,25</b> |
| В том числе:                                       |                              |                         |                 |               |                 |
| Курсовая работа (проект)                           |                              |                         |                 |               |                 |
| Расчетно-графические работы                        |                              |                         |                 |               |                 |
| ИТР                                                |                              |                         |                 |               |                 |
| Рефераты                                           |                              |                         |                 |               |                 |
| Доклады                                            |                              |                         | 36/1            |               | 36/1            |
| Презентации                                        |                              |                         | 9/0,25          |               | 9/0,25          |
| <i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i> |                              |                         |                 |               |                 |
| Подготовка к лабораторным работам                  |                              | 36/1                    | 36/1            | 36/1          | 36/1            |
| Подготовка к практическим занятиям                 |                              | 22/0,6                  | 36/1            | 22/0,6        | 36/1            |
| Подготовка к зачету, экзамену                      |                              |                         |                 |               |                 |
| <b>Контроль</b>                                    |                              | <b>18/0,5</b>           | <b>9/0,25</b>   | <b>18/0,5</b> | <b>9/0,25</b>   |
| <b>Вид отчетности</b>                              |                              | Экзамен                 | Экзамен         | Экзамен       | Экзамен         |
| <b>Общая<br/>трудоемкость<br/>дисциплины</b>       | <b>ВСЕГО в часах</b>         | <b>144</b>              | <b>144</b>      | <b>144</b>    | <b>144</b>      |
|                                                    | <b>ВСЕГО в зач. единицах</b> | <b>4</b>                | <b>4</b>        | <b>4</b>      | <b>4</b>        |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 3

| №<br>п/п | Наименование раздела<br>дисциплины по семестрам                                          | Часы<br>лекционных<br>занятий |     | Часы<br>лабораторных<br>занятий |     | Часы<br>практических<br>(семинарских)<br>занятий |     | Всего часов |     |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|---------------------------------|-----|--------------------------------------------------|-----|-------------|-----|
|          |                                                                                          | ОФО                           | ЗФО | ОФО                             | ЗФО | ОФО                                              | ЗФО | ОФО         | ЗФО |
| 1        | Общая характеристика воды и водоподготовка.                                              | 1                             | 1   |                                 |     |                                                  |     | 1           | 1   |
| 2        | Предварительная очистка воды                                                             | 1                             |     | 2                               |     | 1                                                |     | 4           |     |
| 3        | Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения     | 2                             | 1   |                                 |     |                                                  | 1   | 2           | 2   |
| 4        | Обработка воды методом ионного обмена                                                    | 2                             | 1   |                                 | 2   |                                                  | 1   | 2           | 2   |
| 5        | Химическое обессоливание воды. Технология ионитного (химического) обессоливания воды.    | 2                             |     | 2                               |     |                                                  |     | 4           |     |
| 6        | Конструкции современных фильтров                                                         | 2                             |     |                                 |     | 4                                                |     | 6           |     |
| 7        | Термическое обессоливание воды                                                           | 2                             |     |                                 |     |                                                  |     | 2           |     |
| 8        | Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах. Электродиализ.          | 2                             | 1   | 2                               | 2   |                                                  | 1   | 4           | 2   |
| 9        | Деаэрация воды. Удаление из воды растворимых газов                                       | 2                             |     | 2                               |     | 2                                                |     | 6           |     |
| 10       | Магнитные методы обработки воды и обработка воды реагентами.                             | 2                             |     |                                 |     |                                                  |     | 2           |     |
| 11       | Водно-химический режим теплотехнического оборудования                                    | 2                             | 1   | 2                               | 2   | 4                                                | 1   | 8           | 2   |
| 12       | Нормы качества технологических вод. Химический контроль рабочей среды                    | 2                             |     | 2                               |     |                                                  |     | 4           |     |
| 13       | Условия образования отложений на теплоэнергетическом оборудовании и способы его удаления | 2                             |     | 2                               |     |                                                  |     | 4           |     |
| 14       | Процессы коррозии металлов                                                               | 2                             | 1   |                                 |     |                                                  |     | 2           | 1   |

|    |                                                                                                    |           |          |           |          |           |          |           |           |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 15 | Основы коррозионных процессов на оборудовании тепловых станций                                     | 2         |          |           |          |           |          | 2         |           |
| 16 | Физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе                                 | 2         | 1        | 2         |          | 3         |          | 7         | 1         |
| 17 | Образование отложений в барабанных котлах.<br>Промышленные сточные воды                            | 2         |          | 1         |          | 2         |          | 5         |           |
| 18 | Консервация оборудования.<br>Стояночная коррозия.<br>Обработка воды после консервации оборудования | 2         | 1        |           |          | 1         |          | 3         | 1         |
|    | <b>ИТОГО:</b>                                                                                      | <b>34</b> | <b>8</b> | <b>17</b> | <b>6</b> | <b>17</b> | <b>4</b> | <b>68</b> | <b>12</b> |

## 5. 2.1 Лекционные занятия

Таблица 4

| №<br>п/п | Наименование раздела<br>дисциплины                                                   | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 2                                                                                    | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1        | Общая характеристика воды и водоподготовка.                                          | Основные схемы водоподготовки на ТЭС. Примеси содержащиеся в природной воде. Классификация природной воды. Назначение воды на ТЭС. Потери пара и конденсата на ТЭС. Способы восполнения потерь. Качество обработанных вод. Источники загрязнения теплоносителя на ТЭС. Загрязнение природных водоемов стоками промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий. Производительность водоподготовительных установок. Три основные системы технического водоснабжения на ТЭС. Основные показатели качества воды. Жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток. Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод. |
| 2        | Предварительная очистка воды                                                         | Основы расчета водоподготовительных установок. Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод. Физико-химические основы коагуляции природной воды. Характеристика и условия применения коагулянтов. Изменение химического состава воды при коагуляции. Факторы, влияющие на эффективность процесса коагуляции. Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок. Контактная и объемная коагуляции. Электрокоагуляция. Химические реакции, протекающие при известковании воды. Применяемые реагенты. Процесс известкования.                                                                                                                                                                                   |
| 3        | Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения | Осветление воды фильтрованием. Пленочное и адгезионное фильтрование. Механизм задержания грубодисперсных примесей. Расчет дозы извести. Принцип работы осветлителя. Поведение взвешенного слоя в осветлителе. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения. Расчет осветлителей. Основы теории работы фильтрующего слоя. Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа.                                                                                                                                                                                                                              |
| 4        | Обработка воды методом ионного обмена                                                | Физико-химические процессы ионного обмена. Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках. Физические и химические характеристики материалов. Основные закономерности ионного обмена. Технология катионирования. Na-катионирование. H-катионирование. Процесс совместного H-OH-ионирования воды. Голодная регенерация.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| 1  | 2                                                                                     | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5  | Химическое обессоливание воды. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. | Химическое обессоливание воды. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. Реакции, происходящие при обессоливании воды и при регенерации анионита. Процессы последовательного Н-ОН-ионирования воды. Принципиальные схемы ионитного обессоливания воды с одной и несколькими ступенями (упрощенная, двухступенчатая, трехступенчатая) раздельного Н-ОН-ионирования.                                                                                                                            |
| 6  | Конструкции современных фильтров                                                      | Конструкции современных фильтров: прямоточных, противоточных, фильтров смешанного действия с регенерацией внутри и вне корпуса фильтра. Полный цикл работы ионитного фильтра. Способы регенерации и регенерационные растворы для ионитных фильтров. Прямой и обратный противоток. Эксплуатация ионитных фильтров (установок). Способы компоновки ионитных фильтров в схемы (коллекторная, блочная). Инновационные технологии ионного обмена. Условия повышения эффективности применения ионитных фильтров. |
| 7  | Термическое обессоливание воды                                                        | Технология дистилляции воды в испарителях различных типов. Область применения термического обессоливания воды. Принцип работы испарителей. Испарители кипящего типа. Испарители с вынесенной зоной кипения. Испарители мгновенного вскипания. Зависимость качества пара от продувки испарителей. Причины загрязнения пара: капельный унос, избирательный унос.                                                                                                                                             |
| 8  | Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах. Электродиализ.       | Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах. Электродиализ. Принципиальные схемы электродиализных аппаратов. Электродиализаторы. Характеристики электродиализных мембран. Обратный осмос. Конструкция и характеристики обратноосмотических мембран. Процессы, протекающие в установках. Аппараты и установки процессов обратного осмоса. Требования к качеству исходной воды, обрабатываемой мембранными способами.                                                                    |
| 9  | Деаэрация воды. Удаление из воды растворимых газов                                    | Характеристика растворенных в воде газов. Закон Генри-Дальтона. Процессы абсорбции и десорбции газов. Кинетика десорбции газов. Технология деаэрации воды. Технология декарбонизации воды. Конструкции декарбонизаторов. Химические методы удаления из воды коррозионноагрессивных газов. Термическая деаэрация. Классификация деаэраторов. Конструкции деаэраторов. Эффективность термической деаэрации.                                                                                                  |
| 10 | Магнитные методы обработки воды и обработка воды реагентами.                          | Магнитные методы обработки воды и обработка воды реагентами. Области применения магнитной обработки воды в теплоэнергетике. Обработка воды для получения неприкипающего шлама: обработка воды фосфатами, комплексообразующими веществами, антинакипинами. Магнитный метод обработки воды. Электромагнитные и магнитные фильтры для обезжелезивания воды. Обработка воды ультразвуком.                                                                                                                      |

| 1  | 2                                                                                        | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | Водно-химический режим теплотехнического оборудования                                    | Водно-химические режимы (ВХР) теплотехнических объектов. Водно-химический комплекс ТЭС. Основные задачи ВХР. Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки. Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 12 | Нормы качества технологических вод. Химический контроль рабочей среды                    | Нормы качества технологических вод: добавочной (обработанной) воды, прямой и обратной воды теплосети, котловой воды и пара паровых котлов. Методы поддержания ВХР. Химический контроль рабочей среды технологических контуров. Система химико-технологического мониторинга для теплоэнергетических объектов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 13 | Условия образования отложений на теплоэнергетическом оборудовании и способы его удаления | Состав, структура и физические свойства отложений. Условия образования твердой фазы на поверхностях теплоэнергетического оборудования. Условия возникновения щелочноземельных, ферро- и алюмосиликатных, железоокисных, железофосфатных и медноокисных накипей. Образование отложений легкорастворимых соединений. Образование отложений в паровом тракте и способы их удаления. Основные причины загрязнения пара. Методы предотвращения отложений на парообразующих поверхностях нагрева. Способы удаления отложений с поверхностей нагрева теплоэнергетического оборудования. Технологии химической промывки теплообменного оборудования. Способы удаления примесей в проточной части турбины. |
| 14 | Процессы коррозии металлов                                                               | Основы теории коррозии металлов. Виды коррозионных процессов. Природа коррозии и формы ее проявления. Влияние внутренних и внешних факторов на возникновение и скорость протекания коррозии. Химическая и электрохимическая коррозия. Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов. Виды коррозионных повреждений различных сталей и сплавов. Определение скорости коррозии. Характеристика основных методов защиты металла при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима.                                                                                                                                                        |
| 15 | Основы коррозионных процессов на оборудовании тепловых станций                           | Основы коррозионных процессов на оборудовании районных тепловых станций (РТС) и квартальных котельных. Причины и виды коррозионного повреждения металла парогенераторов. Основные виды коррозии металлов котлов и мероприятия по ее предотвращению. Коррозия труб пароперегревателей, паровых турбин, конденсаторов и способы ее предупреждения. Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Условия применения. Химические материалы. ВХР систем охлаждения конденсаторов. Коррозия оборудования теплосетей. Биокоррозия трубопроводов горячего водоснабжения. Пути повышения надежности ВХР.                                                                                           |

| 1  | 2                                                                                                  | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16 | Физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе                                 | Физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе.<br>Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе. Изменение свойств воды. Выделение твердой фазы в форме накипи и шлама. Нормирование водного режима барабанных котлов. Методы повышения чистоты насыщенного пара. Промывка насыщенного пара питательной водой. Назначение и организация непрерывной продувки и расчет ее величины. Паропромылочные и сепарационные устройства. |
| 17 | Образование отложений в барабанных котлах.<br>Промышленные сточные воды                            | Типы и условия образования отложений в прямоточных и барабанных котлах. Коррекционная обработка котловой и питательной воды. Способы фосфатной обработки котловой воды, амминирования и гидразинной обработки питательной воды. Применение комплексонов для обработки питательной воды. Классификация промышленных сточных вод. Особенности их очистки. Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов.                                                                 |
| 18 | Консервация оборудования.<br>Стояночная коррозия.<br>Обработка воды после консервации оборудования | Способы консервации теплоэнергетического оборудования. Стояночная коррозия. Консервация турбин и энергетических котлов горячим воздухом. Ингибиторы коррозии. Парокислородная очистка и пассивация поверхностей энергетического оборудования. Методы обработки вод после консервации оборудования и кислотной очистки. Пути сокращения промышленных стоков.                                                                                                                   |

### 5.3 Лабораторные занятия *(не предусмотрены)*

Таблица 6

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                                    | Наименование практических занятий                                                                                     |
|-------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Предварительная очистка воды                                       | Расчет показателей качества воды после предварительной очистки.                                                       |
| 2     | Конструкции современных фильтров                                   | Расчет осветлительных фильтров.                                                                                       |
| 3     |                                                                    | Расчет ионитных фильтров.                                                                                             |
| 4     | Деаэрация воды. Удаление из воды растворимых газов                 | Расчет растворимости газов в воде.                                                                                    |
| 5     | Водно-химический режим теплотехнического оборудования              | Ступенчатое испарение в барабане котла                                                                                |
| 6     |                                                                    | Методы поддержания ВХР. Химический контроль рабочей среды технологических контуров.                                   |
| 7     | Физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе | Выбор оборудования для очистки сточных вод.                                                                           |
| 8     |                                                                    | Нормирование водного режима барабанных котлов. Методы повышения чистоты насыщенного пара.                             |
| 9     |                                                                    | Классификация промышленных сточных вод. Особенности их очистки. Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов. |

## 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Таблица 7

| № п/п | Темы расчетно-графических заданий                                                                                                    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Расчет схемы подготовки добавочной воды на ТЭС (варианты заданий)                                                                    |
| 2     | Гидравлический расчет теплообменного аппарата                                                                                        |
| 3     | Аэродинамический расчет теплообменного аппарата                                                                                      |
| 4     | Комплексное проектирование водо-воздушного теплообменника системы аварийного охлаждения контура охлаждающей воды теплового двигателя |
| 5     | Расчет активности водородных ионов в водных растворах                                                                                |
| 6     | Определение pH конденсата греющего пара в теплообменниках                                                                            |
| 7     | Определение pH смеси растворов                                                                                                       |
| 8     | Определение жесткости воды                                                                                                           |
| 9     | Определение растворимости веществ в воде                                                                                             |
| 10    | Определение основных параметров работы осветлителя                                                                                   |
| 11    | Обработка воды реагентами осадителями. Определение расхода реагентов и качества известковой воды.                                    |
| 12    | Дозирование растворов и реагентов. Определение основных параметров размеров дозатора-вытеснителя, сифонного дозатора.                |
| 13    | Определение профиля иглы дозатора                                                                                                    |
| 14    | Обработка воды в системах оборотного водоснабжения                                                                                   |
| 15    | Определение параметров водно-химического режима                                                                                      |
| 16    | Обработка воды газами содержащими CO <sub>2</sub>                                                                                    |
| 17    | Обработка воды фосфатами.                                                                                                            |
| 18    | Осветление воды фильтрованием. Определение количества фильтров,                                                                      |

|    |                                                                                          |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | производительности и их параметров                                                       |
| 19 | Обработка воды методом ионного обмена.                                                   |
| 20 | Определение допустимой скорости фильтрования умягчаемой воды при изменении ее жесткости. |

### 6.3. Учебно-методическое и информационное обеспечение самостоятельной работы

1. Копылов А.С. Водоподготовка в энергетике [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Копылов А.С., Очков В.Ф., Лавыгин В.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2016.— 310 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55890.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Копылов А.С. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Копылов А.С., Очков В.Ф., Чудова Ю.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2016.— 222 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55940.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Аппараты магнитной обработки воды. Проектирование, моделирование и исследование [Электронный ресурс]: монография/ С.Н. Антонов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, АГРУС, 2014.— 220 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47283.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Шиян Л.Н. Химия воды. Водоподготовка [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шиян Л.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 83 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34732.html>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС [Электронный ресурс]: лабораторный практикум. Учебное пособие/ В.А. Чиж [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2012.— 159 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20204.html>.— ЭБС «IPRbooks»

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Вопросы к первой рубежной аттестации

1. Основные схемы водоподготовки на ТЭС.
2. Примеси содержащиеся в природной воде. Классификация природной воды. Назначение воды на ТЭС.
3. Потери пара и конденсата на ТЭС. Способы восполнения потерь. Качество обработанных вод.
4. Источники загрязнения теплоносителя на ТЭС. Загрязнение природных водоемов стоками промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий.
5. Производительность водоподготовительных установок. Три основные системы технического водоснабжения на ТЭС.
6. Основные показатели качества воды. Жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.
7. Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод.
8. Основы расчета водоподготовительных установок. Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод.
9. Физико-химические основы коагуляции природной воды. Характеристика и условия применения коагулянтов.
10. Изменение химического состава воды при коагуляции. Факторы, влияющие на эффективность процесса коагуляции.
11. Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок.
12. Контактная и объемная коагуляции. Электрокоагуляция.

13. Химические реакции, протекающие при известковании воды. Применяемые реагенты. Процесс известкования.
14. Осветление воды фильтрованием. Пленочное и адгезионное фильтрование.
15. Механизм задержания грубодисперсных примесей. Расчет дозы извести.
16. Принцип работы осветлителя. Поведение взвешенного слоя в осветлителе.
17. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения.
18. Расчет осветителей. Основы теории работы фильтрующего слоя.
19. Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа.
20. Физико-химические процессы ионного обмена. Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках.
21. Физические и химические характеристики материалов ионного обмена. Основные закономерности ионного обмена.
22. Технология катионирования. Na-катионирование. H-катионирование.
23. Процесс совместного H-OH-ионирования воды. Голодная регенерация.
24. Химическое обессоливание воды. Технология ионитного (химического) обессоливания воды.
25. Реакции, происходящие при обессоливании воды и при регенерации анионита.
26. Процессы последовательного H-OH-ионирования воды. Принципиальные схемы ионитного обессоливания воды с одной и несколькими ступенями (упрощенная, двухступенчатая, трехступенчатая) раздельного H-OH-ионирования.
27. Конструкции современных фильтров: прямоточных, противоточных, фильтров смешанного действия с регенерацией внутри и вне корпуса фильтра.
28. Полный цикл работы ионитного фильтра. Способы регенерации и регенерационные растворы для ионитных фильтров. Прямой и обратный противоток.
29. Эксплуатация ионитных фильтров (установок). Способы компоновки ионитных фильтров в схемы (коллекторная, блочная).
30. Инновационные технологии ионного обмена. Условия повышения эффективности применения ионитных фильтров.
31. Технология дистилляции воды в испарителях различных типов.
32. Область применения термического обессоливания воды. Принцип работы испарителей.
33. Испарители кипящего типа. Испарители с вынесенной зоной кипения.
34. Испарители мгновенного вскипания. Зависимость качества пара от продувки испарителей. Причины загрязнения пара: капельный унос, избирательный унос.
35. Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах. Электродиализ.
36. Принципиальные схемы электродиализных аппаратов. Электродиализаторы.
37. Характеристики электродиализных мембран. Обратный осмос. Конструкция и характеристики обратноосмотических мембран.
38. Процессы, протекающие в установках. Аппараты и установки процессов обратного осмоса.
39. Требования к качеству исходной воды, обрабатываемой мембранными способами.

## Образец билета к первой рубежной аттестации

|   |                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Министерство науки и высшего образования РФ<br>Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова<br>Институт энергетики<br>Кафедра «Теплотехника и гидравлика»<br><br><b>Билет №1</b> |
|   | <b><u>I рубежная аттестация</u></b>                                                                                                                                                                                           |
|   | Дисциплина: «Водоподготовка»                                                                                                                                                                                                  |
| 1 | Основные схемы водоподготовки на ТЭС.                                                                                                                                                                                         |
| 2 | Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод.                                                                                                                                                       |
| 3 | Технология дистилляции воды в испарителях различных типов.                                                                                                                                                                    |
|   | Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика» Т.Б.Эзирбаев                                                                                                                                                                        |

## Вопросы ко второй рубежной аттестации

1. Характеристика растворенных в воде газов. Закон Генри- Дальтона. Процессы абсорбции и десорбции газов.
2. Кинетика десорбции газов. Технология деаэрации воды. Технология декарбонизации воды.
3. Конструкции декарбонизаторов. Химические методы удаления из воды коррозионноагрессивных газов.
3. Термическая деаэрация. Классификация деаэраторов. Конструкции деаэраторов. Эффективность термической деаэрации.
4. Магнитные методы обработки воды и обработка воды реагентами. Области применения магнитной обработки воды в теплоэнергетике.
5. Обработка воды для получения неприкипающего шлама: обработка воды фосфатами, комплексообразующими веществами, антинакипинами.
6. Магнитный метод обработки воды. Электромагнитные и магнитные фильтры для обезжелезивания воды. Обработка воды ультразвуком.
7. Водно-химические режимы (ВХР) теплотехнических объектов. Водно-химический комплекс ТЭС.
8. Основные задачи ВХР. Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки.
9. Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте.
10. Нормы качества технологических вод: добавочной (обработанной) воды, прямой и обратной воды теплосети, котловой воды и пара паровых котлов.
11. Методы поддержания ВХР. Химический контроль рабочей среды технологических контуров.
12. Система химико-технологического мониторинга для теплоэнергетических объектов.
13. Состав, структура и физические свойства отложений. Условия образования твердой фазы на поверхностях теплоэнергетического оборудования.
14. Условия возникновения щелочноземельных, ферро- и алюмосиликатных , железоокисных, железофосфатных и медноокисных накипей.
15. Образование отложений легкорастворимых соединений. Образование отложений в паровом тракте и способы их удаления.
16. Основные причины загрязнения пара. Методы предотвращения отложений на парообразующих поверхностях нагрева.

17. Способы удаления отложений с поверхностей нагрева теплоэнергетического оборудования.
18. Технологии химической промывки теплообменного оборудования. Способы удаления примесей в проточной части турбины.
19. Основы коррозионных процессов на оборудовании районных тепловых станций (РТС) и квартальных котельных.
20. Причины и виды коррозионного повреждения металла парогенераторов. Основные виды коррозии металлов котлов и мероприятия по ее предотвращению.
21. Коррозия труб пароперегревателей, паровых турбин, конденсаторов и способы ее предупреждения.
22. Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Условия применения. Химические материалы.
23. ВХР систем охлаждения конденсаторов. Коррозия оборудования теплосетей.
24. Биокоррозия трубопроводов горячего водоснабжения. Пути повышения надежности ВХР.
25. Физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе.
26. Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе. Изменение свойств воды.
27. Выделение твердой фазы в форме накипи и шлама. Нормирование водного режима барабанных котлов.
28. Методы повышения чистоты насыщенного пара. Промывка насыщенного пара питательной водой.
29. Назначение и организация непрерывной продувки и расчет ее величины. Паропромылочные и сепарационные устройства.
30. Типы и условия образования отложений в прямоточных и барабанных котлах. Коррекционная обработка котловой и питательной воды.
31. Способы фосфатной обработки котловой воды, амминирования и гидразинной обработки питательной воды.
32. Применение комплексонов для обработки питательной воды.
33. Классификация промышленных сточных вод. Особенности их очистки. Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов.
34. Способы консервации теплоэнергетического оборудования. Стояночная коррозия.
35. Консервация турбин и энергетических котлов горячим воздухом. Ингибиторы коррозии.
36. Парокислородная очистка и пассивация поверхностей энергетического оборудования.
37. Методы обработки вод после консервации оборудования и кислотной очистки. Пути сокращения промышленных стоков.

### Образец билета ко второй рубежной аттестации

|                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Министерство науки и высшего образования РФ<br>Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова<br>Институт энергетики<br>Кафедра «Теплотехника и гидравлика» |                                                                                                        |
| <b>Билет №1</b>                                                                                                                                                                                        |                                                                                                        |
| <b><u>II рубежная аттестация</u></b>                                                                                                                                                                   |                                                                                                        |
| Дисциплина: «Водоподготовка»                                                                                                                                                                           |                                                                                                        |
| 1                                                                                                                                                                                                      | Характеристика растворенных в воде газов. Закон Генри- Дальтона. Процессы абсорбции и десорбции газов. |
| 2                                                                                                                                                                                                      | Основы коррозионных процессов на оборудовании районных тепловых станций (РТС) и квартальных котельных. |
| 3                                                                                                                                                                                                      | ВХР систем охлаждения конденсаторов. Коррозия оборудования теплосетей.                                 |
| Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика» <span style="float: right;">Т.Б.Эзирбаев</span>                                                                                                              |                                                                                                        |

---

## 7.2. Вопросы к зачету по дисциплине «Водоподготовка»

1. Примеси содержащиеся в природной воде. Классификация природной воды. Назначение воды на ТЭС. Потери пара и конденсата на ТЭС. Способы восполнения потерь. Качество обработанных вод.
2. Источники загрязнения теплоносителя на ТЭС. Загрязнение природных водоемов стоками промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий.
3. Производительность водоподготовительных установок. Три основные системы технического водоснабжения на ТЭС.
4. Основные показатели качества воды. Жесткость, щелочность, pH, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.
5. Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод. Основы расчета водоподготовительных установок. Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод.
6. Физико-химические основы коагуляции природной воды. Характеристика и условия применения коагулянтов. Изменение химического состава воды при коагуляции. Факторы, влияющие на эффективность процесса коагуляции.
7. Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок. Контактная и объемная коагуляции. Электрокоагуляция.
8. Химические реакции, протекающие при известковании воды. Применяемые реагенты. Процесс известкования. Осветление воды фильтрованием. Пленочное и адгезионное фильтрование.
9. Механизм задержания грубодисперсных примесей. Расчет дозы извести.
10. Принцип работы осветлителя. Поведение взвешенного слоя в осветлителе. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения.
11. Расчет осветителей. Основы теории работы фильтрующего слоя. Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа.
12. Физико-химические процессы ионного обмена. Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках. Физические и химические характеристики материалов ионного обмена. Основные закономерности ионного обмена
13. Технология катионирования. Na-катионирование. H-катионирование. Процесс совместного H-ОН-ионирования воды. Голодная регенерация.
14. Химическое обессоливание воды. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. Реакции, происходящие при обессоливании воды и при регенерации анионита.
15. Процессы последовательного H-ОН-ионирования воды. Принципиальные схемы ионитного обессоливания воды с одной и несколькими ступенями (упрощенная, двухступенчатая, трехступенчатая) раздельного H-ОН-ионирования
16. Конструкции современных фильтров: прямоточных, противоточных, фильтров смешанного действия с регенерацией внутри и вне корпуса фильтра.
17. Полный цикл работы ионитного фильтра. Способы регенерации и регенерационные растворы для ионитных фильтров. Прямой и обратный противоток.
18. Эксплуатация ионитных фильтров (установок). Способы компоновки ионитных фильтров в схемы (коллекторная, блочная).
19. Инновационные технологии ионного обмена. Условия повышения эффективности применения ионитных фильтров.
20. Технология дистилляции воды в испарителях различных типов.
21. Область применения термического обессоливания воды. Принцип работы испарителей. Испарители кипящего типа. Испарители с вынесенной зоной кипения.
22. Испарители мгновенного вскипания. Зависимость качества пара от продувки испарителей. Причины загрязнения пара: капельный унос, избирательный унос.
23. Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах. Электродиализ. Принципиальные схемы электродиализных аппаратов. Электродиализаторы.

24. Характеристики электродиализных мембран. Обратный осмос. Конструкция и характеристики обратноосмотических мембран.
25. Процессы, протекающие в установках. Аппараты и установки процессов обратного осмоса. Требования к качеству исходной воды, обрабатываемой мембранными способами.
26. Характеристика растворенных в воде газов. Закон Генри-Дальтона. Процессы абсорбции и десорбции газов. Кинетика десорбции газов. Технология деаэрации воды. Технология декарбонизации воды.
27. Конструкции декарбонизаторов. Химические методы удаления из воды коррозионноагрессивных газов.
28. Термическая деаэрация. Классификация деаэраторов. Конструкции деаэраторов. Эффективность термической деаэрации.
29. Магнитные методы обработки воды и обработка воды реагентами. Области применения магнитной обработки воды в теплоэнергетике.
30. Обработка воды для получения неприкипающего шлама: обработка воды фосфатами, комплексообразующими веществами, антинакипинами.
31. Магнитный метод обработки воды. Электромагнитные и магнитные фильтры для обезжелезивания воды. Обработка воды ультразвуком.
32. Водно-химические режимы (ВХР) теплотехнических объектов. Водно-химический комплекс ТЭС. Основные задачи ВХР. Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки.
33. Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте. Нормы качества технологических вод: добавочной (обработанной) воды, прямой и обратной воды теплосети, котловой воды и пара паровых котлов.
34. Методы поддержания ВХР. Химический контроль рабочей среды технологических контуров. Система химико-технологического мониторинга для теплоэнергетических объектов.
35. Состав, структура и физические свойства отложений. Условия образования твердой фазы на поверхностях теплоэнергетического оборудования.
36. Условия возникновения щелочноземельных, ферро- и алюмосиликатных, железоокисных, железofосфатных и медноокисных накипей.
37. Образование отложений легкорастворимых соединений. Образование отложений в паровом тракте и способы их удаления.
38. Основные причины загрязнения пара. Методы предотвращения отложений на парообразующих поверхностях нагрева.
39. Способы удаления отложений с поверхностей нагрева теплоэнергетического оборудования. Технологии химической промывки теплообменного оборудования. Способы удаления примесей в проточной части турбины.
40. Основы коррозионных процессов на оборудовании районных тепловых станций (РТС) и квартальных котельных.
41. Причины и виды коррозионного повреждения металла парогенераторов. Основные виды коррозии металлов котлов и мероприятия по ее предотвращению. Коррозия труб пароперегревателей, паровых турбин, конденсаторов и способы ее предупреждения.
42. Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Условия применения. Химические материалы.
43. ВХР систем охлаждения конденсаторов. Коррозия оборудования теплосетей. Биокоррозия трубопроводов горячего водоснабжения. Пути повышения надежности ВХР.
44. Физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе. Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе. Изменение свойств воды.
45. Выделение твердой фазы в форме накипи и шлама. Нормирование водного режима барабанных котлов. Методы повышения чистоты насыщенного пара. Промывка насыщенного пара питательной водой.
46. Назначение и организация непрерывной продувки и расчет ее величины. Паропромывочные и сепарационные устройства.
47. Типы и условия образования отложений в прямоточных и барабанных котлах. Коррекционная обработка котловой и питательной воды.

48. Способы фосфатной обработки котловой воды, амминирования и гидразинной обработки питательной воды.
49. Применение комплексонов для обработки питательной воды. Классификация промышленных сточных вод. Особенности их очистки. Методы очистки промышленных стоков от нефтепродуктов.
50. Способы консервации теплоэнергетического оборудования. Стояночная коррозия. Консервация турбин и энергетических котлов горячим воздухом. Ингибиторы коррозии.
51. Парокислородная очистка и пассивация поверхностей энергетического оборудования.
52. Методы обработки вод после консервации оборудования и кислотной очистки. Пути сокращения промышленных стоков

### Образец билета к экзамену по дисциплине «Водоподготовка»

|                                              |                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                              | Министерство науки и высшего образования РФ<br>Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова<br>Институт энергетики<br>Кафедра «Теплотехника и гидравлика» |
|                                              | Дисциплина <b>Водоподготовка</b><br><br>Семестр - 7                                                                                                                                                    |
|                                              | Группа <b><u>ТЭС-24, ЭОП-24</u></b>                                                                                                                                                                    |
|                                              | <b>Билет № 1</b> (к экзамену по дисциплине)                                                                                                                                                            |
| <b>1.</b>                                    | Физико-химические процессы ионного обмена. Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках.                                                                                     |
| <b>2.</b>                                    | Примеси содержащиеся в природной воде. Классификация природной воды. Назначение воды на ТЭС.                                                                                                           |
| <b>3.</b>                                    | Основные задачи ВХР. Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки.                                                                                                                        |
| <b>4.</b>                                    | Способы фосфатной обработки котловой воды, амминирования и гидразинной обработки питательной воды.                                                                                                     |
| Зав. кафедрой<br>«Теплотехника и гидравлика» |                                                                                                                                                                                                        |
| Т.Б.Эзирбаев                                 |                                                                                                                                                                                                        |

### 7.3 Текущий контроль

#### Вопросы к практическим занятиям

1. Эксплуатация ионитных фильтров (установок). Способы компоновки ионитных фильтров в схемы (коллекторная, блочная).

3. Производительность водоподготовительных установок. Три основные системы технического водоснабжения на ТЭС.
4. Основные показатели качества воды. Жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.
5. Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод. Основы расчета водоподготовительных установок. Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод.
6. Физико-химические основы коагуляции природной воды. Характеристика и условия применения коагулянтов. Изменение химического состава воды при коагуляции. Факторы, влияющие на эффективность процесса коагуляции.
7. Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок. Контактная и объемная коагуляции. Электрокоагуляция.
8. Химические реакции, протекающие при известковании воды. Применяемые реагенты. Процесс известкования. Осветление воды фильтрованием. Пленочное и адгезионное фильтрование.
9. Механизм задержания грубодисперсных примесей. Расчет дозы извести.
10. Принцип работы осветлителя. Поведение взвешенного слоя в осветлителе. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения.

7.4. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания.

**Таблица 7**

| Планируемые результаты освоения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Критерии оценивания результатов обучения |                                  |                                                        |                                       | Наименование оценочного средства                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | менее 41 баллов (неудовлетворительно)    | 41-60 баллов (удовлетворительно) | 61-80 баллов (хорошо)                                  | 81-100 баллов (отлично)               |                                                                                           |
| ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                          |                                  |                                                        |                                       |                                                                                           |
| <b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– нормативные и правовые документы в своей профессиональной деятельности;</li><li>– основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации;</li><li>– основы расчета водоподготовительных установок, основные показатели качества воды;</li><li>– основные схемы водоподготовки на ТЭС и АЭС, источники загрязнения теплоносителя на котельных установках;</li><li>– физико-химические основы поведения примесей в водном теплоносителе.</li></ul> | Фрагментарные знания                     | Неполные знания                  | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания | Сформированные систематические знания | Вопросы к рубежным аттестациям, устный опрос, РГР темы практических и лабораторных работ. |
| <b>уметь:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Частичные умения                         | Неполные умения                  | Умения полные, допускаются                             | Сформированные                        |                                                                                           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                             |                                      |                                                                 |                                               |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– участвовать в разработке проектной и рабочей технической документации, оформлении законченных проектно-конструкторских работ в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами;</li> <li>– применять современные технологии деаэрации воды и декарбонизации воды;</li> <li>– определять и регулировать водно-химические режимы (ВХР) теплотехнических объектов используя современные средства измерения и контроля;</li> <li>– соблюдать экологическую безопасность при подготовке воды и осуществлять эко-защитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению.</li> </ul> |                             |                                      | небольшие ошибки                                                | е<br>Умения                                   |  |
| <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способностью анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по вопросам подготовки воды;</li> <li>– методами предварительной очистки воды от механических примесей и солеобразующих элементов;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Частичное владение навыками | Несистематическое применение навыков | В систематическом применении навыков допускаются пробелы знаний | Успешное и систематическое применение навыков |  |

|                                                                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципиальными технологическими схемами коагуляционных установок;</li> <li>– принципиальными схемами очистки воды, установления водно-химического режима теплотехнического оборудования.</li> </ul> |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|

## **8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по зрению:**

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по слуху:**

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги

сурдопереводчика;

- для слепоглухих допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, **имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:**

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 9.1 Литература

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Копылов А.С. Водоподготовка в энергетике [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Копылов А.С., Очков В.Ф., Лавыгин В.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2016.— 310 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/55890.html">http://www.iprbookshop.ru/55890.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»                                                      |
| 2 | Копылов А.С. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программные расчеты [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Копылов А.С., Очков В.Ф., Чудова Ю.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2016.— 222 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/55940.html">http://www.iprbookshop.ru/55940.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»            |
| 3 | Аппараты магнитной обработки воды. Проектирование, моделирование и исследование [Электронный ресурс]: монография/ С.Н. Антонов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, АГРУС, 2014.— 220 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/47283.html">http://www.iprbookshop.ru/47283.html</a> .— ЭБС «IPRbooks» |
| 4 | Шиян Л.Н. Химия воды. Водоподготовка [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шиян Л.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 83 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/34732.html">http://www.iprbookshop.ru/34732.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»                                                                                |
| 5 | Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС [Электронный ресурс]: лабораторный практикум. Учебное пособие/ В.А. Чиж [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2012.— 159 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/20204.html">http://www.iprbookshop.ru/20204.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»                                                      |

#### в) Интернет-ресурсы

Интернет ресурс - [www.gstou.ru](http://www.gstou.ru), электронные библиотечные системы (ЭБС): «IPRbooks», «Консультант студента», «Ibooks», «Лань».

|    |                                                                               |
|----|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | <a href="http://gostvoda.ru">gostvoda.ru</a> »ochistka-vody-v-kotelnyh        |
| 2. | <a href="http://bwt.ru">bwt.ru</a> »Для промышленности»Теплоэнергетика»boiler |
| 3. | <a href="http://superfilter.ru">superfilter.ru</a> »vodopodgotovka.htm        |

|    |                                                          |
|----|----------------------------------------------------------|
| 4. | book-gu.ru>2013/03/water/                                |
| 5. | gazovik-teploenergo.ru>index.php?id=1272                 |
| 6. | proektant.org>                                           |
| 7. | akva-kompozit.ru>index.php...article/42...201...kotelnyh |

#### г) программное и коммуникационное обеспечение

Средства обеспечения освоения дисциплины

Расчетные компьютерные программы: MATHCAD, EXEL.

1. Электронный конспект лекций и электронно-обучающий комплекс по дисциплине «Физико-химические основы подготовки воды Водоподготовка»
2. Вопросы и тесты для компьютерного тестирования студентов.

### 9.2 Методические указания по освоению дисциплины (Приложение 1)

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Класс с персональными компьютерами для проведения практических занятий и виртуальных лабораторных работ. Учебная аудитория кафедры "Т и Г", №2-21, №1-19<sup>б</sup> снабженная мультимедийными средствами для представления презентаций и показа учебных фильмов.

### 11. Дополнения и изменения в рабочей программе на учебный год

Дополнения и изменения в рабочие программы вносятся ежегодно перед началом нового учебного года по форме. Изменения должны оформляться документально и вносятся во все учтенные экземпляры.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС и с учетом рекомендаций по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

#### Наличие оборудования и ТСО по дисциплине «Водоподготовка»

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Типовой комплект учебного оборудования: стенд гидравлический универсальный "Экспериментальная механика жидкости" ЭМЖ-09-14ЛР-01 (14 лабораторных работ)                                                                                                                                                   |
| 2   | Виртуальные лабораторные работы: «Лабораторный комплекс Гидравлика»; «Гидромашины и гидроприводы»; «Исследование открытого потока»; «Гидравлическое моделирование кольцевых, тупиковых, или комбинированных трубопроводных сетей». Программный лабораторный комплекс "Гидравлика" (45 лабораторных работ) |
| 3   | <b>Комплекты плакатов</b> (размер 560x800 мм): Изображение нанесено на пластиковую основу толщиной 4 мм и размером 560x800 мм. Изображение обладает водостойкими свойствами. Каждый плакат имеет элементы крепления к стене.                                                                              |
| 4   | Комплект плакатов «Гидравлика и гидропривод» (16 шт.)                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 4.1 | <b>Электронные плакаты</b> Демонстрационные комплексы на базе мультимедиа-проектора (комплект электронных плакатов на CD, мультимедиа-проектор BENQ, ноутбук, экран 1,5х1,5 м):                                                                                                                           |
| 5   | Гидравлика и гидропривод (171шт.)                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 6   | <b>Презентации:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1   | Основные схемы водоподготовки на ТЭС.                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2   | Примеси содержащиеся в природной воде. Классификация природной воды.                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3   | Основные показатели качества воды.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4   | Физико-химические основы коагуляции природной воды.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5   | Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок                                                                                                                                                                                                                                             |

|    |                                                                                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | Осветление воды фильтрованием.                                                       |
| 7  | Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения |
| 8  | Основные закономерности ионного обмена.                                              |
| 9  | Химическое обессоливание воды.                                                       |
| 10 | Термическое обессоливание воды                                                       |
| 11 | Магнитный метод обработки воды.                                                      |

## Приложение 1

### **Методические указания по освоению дисциплины «Водоподготовка»**

#### **1. Методические указания для обучающихся по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины.**

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины, ее структурой и содержанием разделов (модулей), фондом оценочных средств, ознакомиться с учебно-методическим и информационным обеспечением дисциплины.

Дисциплина «Водоподготовка» состоит из 18 связанных между собой тем, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Водоподготовка» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические/семинарские занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим/практическим занятиям, тестам/рефератам/докладам/эссе, и иным формам письменных работ, выполнение анализа кейсов, индивидуальная консультация с преподавателем).
3. Интерактивные формы проведения занятий (коллоквиум, лекция-дискуссия, групповое решение кейса и др. формы).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому практическому/ семинарскому занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения. Многие проблемы, изучаемые в курсе, носят дискуссионный характер, что предполагает интерактивный характер проведения занятий на конкретных примерах.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10 – 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10 - 15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в библиотеке (по 1 часу).
4. При подготовке к практическому/ семинарскому занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, - предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1 - 2 практические ситуации (лаб. работы).

#### **2. Методические указания по работе обучающихся во время проведения лекций.**

Лекции дают обучающимся систематизированные знания по дисциплине, концентрируют их внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Лекции обычно

излагаются в традиционном или в проблемном стиле. Для студентов в большинстве случаев в проблемном стиле. Проблемный стиль позволяет стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся и их интерес к дисциплине, формировать творческое мышление, прибегать к противопоставлениям и сравнениям, делать обобщения, активизировать внимание обучающихся путем постановки проблемных вопросов, поощрять дискуссию.

Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть того или иного явления, или процессов, выводы и практические рекомендации.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает преподаватель, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, необходимо использовать не только основную литературу, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал преподаватель. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

### **3. Методические указания обучающимся по подготовке к практическим/семинарским занятиям.**

На практических/семинарских занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике семинарских занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Ознакомление с планом практического/семинарского занятия, который отражает содержаниепредложенной темы;

2. Проработать конспект лекций;

3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особоевнимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса;

4. Ответить на вопросы плана практического/семинарского занятия;

5. Выполнить домашнее задание;

6. Проработать тестовые задания и задачи;

7. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и иные задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

### **3. Методические указания обучающимся по организации самостоятельной работы.**

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине «Водоподготовка» - это углубление и расширение знаний в области технологии очистки теплоносителя и обеспечения оптимального

водно-химического режима на ТЭС, АЭС и промышленных котельных установках и котельного оборудования в системе ЖКХ.

формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к практическому занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Практическое занятие - это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять и задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При подготовке к контрольной работе обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

#### Виды СРС и критерии оценок

(по балльно-рейтинговой системе ГГНТУ, СРС оценивается в 15 баллов)

1. Реферат
2. Доклад
3. Эссе
4. Участие в мероприятиях

Темы для самостоятельной работы прописаны в рабочей программе дисциплины. Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

**Составитель:**

Доцент кафедры

«Теплотехника и гидравлика»

/ \_\_\_\_\_

/ М.Х. Умарова /

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. выпускающей каф.

«Теплотехника и гидравлика»

/ \_\_\_\_\_

/ Т.Б.Эзирбаев/

Директор ДУМР

/ \_\_\_\_\_

/ М.А. Магомаева /