

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Технология воды и топлива в энергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ИОНИТЫ И ИОНООБМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВОДОПОДГОТОВКЕ


| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.05 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 2 семестр - 4; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 144 часа |
| Лекции | 2 семестр - 32 часа; |
| Практические занятия | 2 семестр - 16 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 2 семестр - 2 часа; |
| Самостоятельная работа | 2 семестр - 93,5 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: | |
| Тестирование | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 2 семестр - 0,5 часа; |

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Громов С.Л. |
| | Идентификатор | Rb7dd97ab-GromovSL-e5b96e3b |

(подпись)


С.Л. Громов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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


(подпись)

Ю.В. Шацких

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

К.А. Орлов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: определение круга задач водоподготовки решение которых невозможно без применения ионного обмена; изучение методов выбора ионообменных смол и разработки рациональных технологических схем водоподготовки для тепловых и атомных станций овладение алгоритмами проведения оценочных и детальных технологических расчетов с использованием современных программ компьютерного моделирования ионообменных процессов и оборудования формирование базы знаний для изучения курса «Проектирование водоподготовительных систем»

Задачи дисциплины

- изучение основных областей применения ионного обмена в современных условиях его (ионного обмена) возможностей и ограничений достоинств и недостатков;
- формирование представлений о комплексе и взаимосвязи свойств ионитов;
- определение критических параметров ионитов для конкретной области применения;
- изучение влияния свойств ионитов на показатели экономической эффективности и эксплуатационной надежности водоподготовительных установок;
- формирование представлений об основных закономерностях работы слоев ионитов и подходах к конструированию ионообменных фильтров периодического действия;
- формирование навыков оптимизации технологических схем ионного обмена для задач водоподготовки в энергетике;
- анализ основных технологий периодической регенерации ионитов достоинств и недостатков технологий проточной и противоточной регенерации;
- формирование понимания неразрывности взаимосвязи технологического процесса и его аппаратного оформления для оптимизации эксплуатационных показателей;
- выработка навыков поиска решений проблем, которые могут возникать при эксплуатации ионообменных материалов и оборудования;
- освоение алгоритма упрощенного (оценочного) технологического расчета процессов ионного обмена и приобретение навыков использования программы CADIX для компьютерного моделирования периодических процессов ионного обмена.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|--|---|
| ПК-2 Способность участвовать в проектировании водоподготовительных и водоочистительных установок и систем с использованием серийного оборудования | ИД-1 _{ПК-2} Выбирает современные технологии подготовки воды и топлива для использования в энергетических установках | знать: - базовые критерии для сравнения технологий противоточной регенерации и основные требования к конструктиву современных ионообменных фильтров; - основные возможности и ограничения для существующих методов водоподготовки использующих технологии ионного обмена и принципиальные отличия между технологиями проточной и противоточной регенерации; - взаимосвязь между свойствами ионитов и их эксплуатационными показателями а также основные процедуры для контроля качества ионитов перед загрузкой и в процессе эксплуатации; |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--------------------------------|--|--|
| | | <p>- терминологию в области ионного обмена а также основные типы ионитов и их базовые свойства.</p> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать конструкции основного технологического оборудования на соответствие требованиям поставленной задачи проводить оценочные технологические расчеты процессов ионного обмена и технологические расчеты процессов ионного обмена с использованием программы CADIX; - выбирать оптимальную технологию регенерации ионитов для конкретных условий эксплуатации; - выбирать экономически эффективную технологическую схему ионного обмена для водоподготовки в энергетике для конкретных условий эксплуатации; - анализировать свойства ионитов и технологий их применения проводить выбор оптимального ионита путем сравнения характеристик в зависимости от условий поставленной задач. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать программу бакалавриата по направлению "Технологии воды и топлива"

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|--|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | Иониты и их свойства | 18 | 2 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Иониты и их свойства" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 104-132 [2], 78-117 [3], 104-132 | |
| 1.1 | Иониты и их свойства | 18 | | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | | |
| 2 | Иониты: изготовление и принципы выбора | 24 | | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Иониты: изготовление и принципы выбора" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 104-119 [3], 104-119 |
| 2.1 | Иониты: изготовление и принципы выбора | 24 | | 12 | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 | - | |
| 3 | Технологии регенерации ионов | 22 | | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Технологии регенерации ионов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 119-157 [2], 78-117 [3], 119-137 |
| 3.1 | Технологии регенерации ионов | 22 | | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 | - | |
| 4 | Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации | 44 | | 2 | - | 16 | - | - | - | - | - | - | 26 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|--------------|--|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|------------|-------------|-----------|-------------|---|
| 4.1 | Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации | 44 | | 2 | - | 16 | - | - | - | - | - | 26 | - | <u>источников:</u> [1], 5-12, 119-157 [2], 14-35, 78-117 [3], 5-12, 119-157 |
| | Экзамен | 36.0 | | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 144.0 | | 32 | - | 16 | - | 2 | - | - | 0.5 | 60 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | | 32 | - | 16 | 2 | - | - | 0.5 | 93.5 | | | |

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

3.2 Краткое содержание разделов

1. Иониты и их свойства

1.1. Иониты и их свойства

Определения ионного обмена и ионитов. Области применения. Структура и виды ионитов. Основные свойства ионитов. Кинетика процессов ионного обмена. Работа слоя загрузки. Понятия прямоточной и противоточной регенераций. Рабочий цикл в периодических процессах ионного обмена. Взаимосвязи между характеристиками и рабочими качествами ионитов. Динамическая и рабочая обменная емкость.

2. Иониты: изготовление и принципы выбора

2.1. Иониты: изготовление и принципы выбора

Задачи в энергетике: умягчение, удаление щелочности, снижение содержания органики, деминерализация, конденсатоочистка. Органика в воде: природная и техногенная. Способы удаления органики из воды. Представление об органопоглотителях и их роли в водоподготовке. Механизмы удаления органики ионитами. Удаление органики из обессоленной воды. Представление о миграции зоны обмена. Понятия «острого фронта», «проскока» и «утечки» лимитируемых примесей в обработанную воду. Назначение слабо- и сильнофункциональных ионитов. Сравнение гелевых и макропористых, стиролдивинилбензолных и акриловых. Анализ информации из технических паспортов и практических руководств по применению ионитов.

3. Технологии регенерации ионитов

3.1. Технологии регенерации ионитов

Технологии регенерации ионитов: прямоточные и противоточные – достоинства и недостатки. История возникновения и развития противоточных технологий. Их достоинства и недостатки. Основные принципы противоточной регенерации. Особенности реализации технологий ШВЕБЕБЕТТ и АПКОРЕ. Практические рекомендации по регенерации ионитов. Параметры оптимизации.

4. Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации

4.1. Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации

Общие подходы к применению ионного обмена. Принципы построения схемы: «коллекторная» и «блочная» («цепочки»). Области применения. Варианты возможных схемных решений. Показатели качества обработанной воды. Сравнение действующих требований к качеству деминерализованной воды в разных странах. Частичная и глубокая деминерализация. Доочистка обратноосмотического пермеата. Концепции ионообменных загрузок в непрерывной электродеионизации. Принципы организации хранения и распределения воды. Рекомендации по проведению расчетов процессов обессоливания ионным обменом. Алгоритм оценочного расчета процессов ионообменного умягчения и обессоливания. Возможности UPCORE и единство аппаратурно-технологических решений. Получение глубоко обессоленной воды сочетанием методов обратного осмоса и противоточного ионного обмена. Соответствие аппаратурного оформления требованиям реализуемой технологии. Сравнение распредустройств. Статические и динамические нагрузки при эксплуатации. Примеры реализации и краткое сравнение возможностей прямотока, противотока и ФСД в условиях финишной очистки глубоко обессоленной воды. Программы компьютерного моделирования технологических расчетов ионного обмена. Интерфейсы CADIX и ее применение для технологических расчетов.

3.3. Темы практических занятий

1. Оценочные расчеты процессов ионного обмена;
2. Интерфейсы CADIX;
3. Применение CADIX для технологических расчетов ионного обмена.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Консультации проводятся по разделу "Иониты и их свойства"
2. Консультации проводятся по разделу "Иониты: изготовление и принципы выбора"
3. Консультации проводятся по разделу "Технологии регенерации ионитов"
4. Консультации проводятся по разделу "Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации" и выполняемому индивидуальному расчетному заданию

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|---|------------------|---|---|---|---|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Знать: | | | | | | |
| терминологию в области ионного обмена а также основные типы ионитов и их базовые свойства | ИД-1ПК-2 | + | | | | Тестирование/Иониты и их свойства |
| взаимосвязь между свойствами ионитов и их эксплуатационными показателями а также основные процедуры для контроля качества ионитов перед загрузкой и в процессе эксплуатации | ИД-1ПК-2 | + | + | | | Тестирование/Иониты: изготовление и принципы выбора |
| основные возможности и ограничения для существующих методов водоподготовки использующих технологии ионного обмена и принципиальные отличия между технологиями прямоточной и противоточной регенерации | ИД-1ПК-2 | + | + | + | | Тестирование/Технологии регенерации ионитов |
| базовые критерии для сравнения технологий противоточной регенерации и основные требования к конструктиву современных ионообменных фильтров | ИД-1ПК-2 | + | + | + | + | Тестирование/Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации |
| Уметь: | | | | | | |
| анализировать свойства ионитов и технологий их применения проводить выбор оптимального ионита путем сравнения характеристик в зависимости от условий поставленной задач | ИД-1ПК-2 | + | | | | Тестирование/Иониты и их свойства |
| выбирать экономически эффективную технологическую схему ионного обмена для водоподготовки в энергетике для конкретных условий эксплуатации | ИД-1ПК-2 | + | + | + | | Тестирование/Технологии регенерации ионитов |
| выбирать оптимальную технологию регенерации ионитов для конкретных условий эксплуатации | ИД-1ПК-2 | + | + | | | Тестирование/Иониты: изготовление и принципы выбора |
| анализировать конструкции основного технологического оборудования на соответствие требованиям поставленной задачи проводить оценочные технологические расчеты | ИД-1ПК-2 | + | + | + | + | Тестирование/Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| процессов ионного обмена и технологические расчеты процессов ионного обмена с использованием программы CADIX | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Иониты и их свойства (Тестирование)
2. Иониты: изготовление и принципы выбора (Тестирование)
3. Технологии регенерации ионитов (Тестирование)
4. Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

в соответствии с действующей редакцией БАРС

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Копылов, А. С. Водоподготовка в энергетике : учебное пособие для вузов по специальностям "Тепловые электрические станции" и "Технология воды и топлива на тепловых и атомных электрических станциях" направления "Теплоэнергетика" / А. С. Копылов, В. М. Лавыгин, В. Ф. Очков . – 2-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2006 . – 309 с. - ISBN 5-903072-45-3 .;
2. Стерман, Л. С. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС : учебник для вузов по специальности "Тепловые электрические станции" / Л. С. Стерман, В. Н. Покровский . – М. : Энергоатомиздат, 1991 . – 328 с. - ISBN 5-283-00041-9 .;
3. Копылов А.С. , Лавыгин В.М. , Очков В.Ф. - "Водоподготовка в энергетике", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (310 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72208.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office;
2. Windows;
3. CADIX;
4. WAVE.

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

1. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, | Оснащение |
|---------------|------------------|-----------|
|---------------|------------------|-----------|

| | наименование | |
|---|---|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ» | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ» | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ» | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-303, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | В-413/1, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ" | стул, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, холодильник |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ" | кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Иониты и ионообменные технологии в водоподготовке**

(название дисциплины)

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

КМ-1 Иониты и их свойства (Тестирование)

КМ-2 Иониты: изготовление и принципы выбора (Тестирование)

КМ-3 Технологии регенерации ионитов (Тестирование)

КМ-4 Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Иониты и их свойства | | | | | |
| 1.1 | Иониты и их свойства | | + | + | + | + |
| 2 | Иониты: изготовление и принципы выбора | | | | | |
| 2.1 | Иониты: изготовление и принципы выбора | | | + | + | + |
| 3 | Технологии регенерации ионитов | | | | | |
| 3.1 | Технологии регенерации ионитов | | | | + | + |
| 4 | Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации | | | | | |
| 4.1 | Технологические схемы процессов ионного обмена и аппараты для их реализации | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 10 | 15 | 25 | 50 |