

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Теплоэнергетика и теплотехника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Водоподготовка в энергетике**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бутакова М.В.
	Идентификатор	R4001fca1-GaidukovaMV-7d8b3c2

(подпись)

М.В.

Бутакова

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28B

(подпись)

А.Н. Рогалев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28B

(подпись)

А.Н. Рогалев

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники

ИД-2 Знает устройство, принцип работы и определяет показатели функционирования оборудования тепловых и атомных электростанций

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Водоподготовка в энергетике (Лабораторная работа)

2. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды (Тестирование)

3. Обессоливание (Тестирование)

4. Предварительная очистка воды (Тестирование)

5. Удаление из воды растворимых газов (Тестирование)

### БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	6	10	13	15
Введение. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды						
Введение. Использование воды на ТЭС	+			+		
Технологические показатели качества воды	+					
Типы и характеристики природных вод	+					
Предварительная очистка воды						
Предварительная очистка воды			+	+		
Обессоливание						
Обработка воды методом ионного обмена			+	+	+	+

Мембранные методы очистки воды		+	+	+	+
Удаление из воды растворимых газов					
Удаление из воды растворимых газов		+	+	+	+
Экологические аспекты различных технологий обработки воды					
Экологические аспекты различных технологий обработки воды			+		
Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2ПК-1 Знает устройство, принцип работы и определяет показатели функционирования оборудования тепловых и атомных электростанций	<p>Знать:</p> <p>основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки при подготовке добавочной воды</p> <p>основные физико-химические процессы при подготовке добавочной воды на ТЭС</p> <p>основные определения, закономерности, технологии и виды оборудования, применяемые в водоподготовке в энергетике</p> <p>Уметь:</p> <p>принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации установок подготовки добавочной воды на ТЭС</p>	<p>Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды (Тестирование)</p> <p>Предварительная очистка воды (Тестирование)</p> <p>Обессоливание (Тестирование)</p> <p>Удаление из воды растворимых газов (Тестирование)</p> <p>Водоподготовка в энергетике (Лабораторная работа)</p>

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование выполняется на компьютере с использованием программного обеспечения "ТВТ Shell" и модуля "Проверка знаний по курсу "Водоподготовка". Время выполнения теста - 20 минут. При оценке используется система штрафных баллов - за каждую ошибку начисляется один штрафной балл. За ошибку принимается или выбор неправильного варианта ответа, или не выбор правильного варианта ответа, или ввод неправильной расчетной величины. За отказ от отдельного задания в тесте начисляется 4 штрафных балла.

#### Краткое содержание задания:

Проверка знаний происходит по трем тестам: Тест 1 "Концентрации", Тест 2 "Использование воды на ТЭС", Тест 3 "Примеси и показатели качества природных вод"

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки при подготовке добавочной воды	1.Что такое массовая доля? 2.Что такое нормальность раствора? 3.Расчет производительности ВПУ для ГРЭС. Исходные данные: количество энергоблоков, шт., паропроизводительность котла одного блока, т/ч. Основное и резервное топливо – газ. Рассчитать и ввести производительность ВПУ. 4.Примеси, содержащиеся в природных водах 5.Примеси, содержащиеся в природных водах
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

### КМ-2. Предварительная очистка воды

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование выполняется на компьютере с использованием программного обеспечения "ТВТ Shell" и модуля "Проверка знаний по курсу "Водоподготовка". Время выполнения теста - 20 минут. При оценке используется система штрафных баллов - за каждую ошибку начисляется один штрафной балл. За ошибку принимается или выбор неправильного варианта ответа, или не выбор правильного варианта ответа, или ввод неправильной расчетной величины. За отказ от отдельного задания в тесте начисляется 4 штрафных балла.

**Краткое содержание задания:**

Проверка знаний происходит по трем тестам: Тест №4 «Коагуляция», Тест №5 «Коагуляция и известкование», Тест №6 «Осветлительные фильтры»,

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные физико-химические процессы при подготовке добавочной воды на ТЭС	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Расчет процессов при очистке воды от коллоидных примесей</li><li>2. Расчет процессов при очистке воды от коллоидных примесей</li><li>3. Физико-химические основы известкования</li><li>4. Расчет процессов при очистке воды от коллоидных примесей</li><li>5. Расчет осветлительных фильтров</li><li>6. Осветлительные фильтры</li></ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если количество набранных баллов при выполнении теста составляет не менее 90% от максимального.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если количество набранных баллов при выполнении теста составляет не менее 75% от максимального.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если количество набранных баллов при выполнении теста составляет не менее 60% от максимального.

**КМ-3. Обессоливание**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование выполняется на компьютере с использованием программного обеспечения "ТВТ Shell" и модуля "Проверка знаний по курсу "Водоподготовка". Время выполнения теста - 20 минут. При оценке используется система штрафных баллов - за каждую ошибку начисляется один штрафной балл. За ошибку принимается или выбор неправильного варианта ответа, или не выбор

правильного варианта ответа, или ввод неправильной расчетной величины. За отказ от отдельного задания в тесте начисляется 4 штрафных балла.

### Краткое содержание задания:

Проверка знаний происходит по трем тестам: Тест №7 «Основы ионного обмена», Тест №8 «Оборудование ионного обмена», Тест №9 «Технологии ионного обмена»,

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные определения, закономерности, технологии и виды оборудования, применяемые в водоподготовке в энергетике	1.Какие материалы называются катионитами? 2.Какие реагенты могут быть использованы для регенерации ОН-анионитного фильтра 1-й ступени?  3.Из каких основных элементов состоит ионитные фильтры первой и второй ступени ВПУ?  4.Для чего предназначено верхнее распределительное устройство ионитных фильтров?
Уметь: принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации установок подготовки добавочной воды на ТЭС	1.Для удаления каких примесей предназначается ионный обмен? 1) примеси в ионной форме 2) органические вещества 3) ГДП 4) коллоидные примеси

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если количество набранных баллов при выполнении теста составляет не менее 90% от максимального.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если количество набранных баллов при выполнении теста составляет не менее 75% от максимального.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если количество набранных баллов при выполнении теста составляет не менее 60% от максимального.*

### КМ-4. Удаление из воды растворимых газов

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование выполняется на компьютере с использованием программного обеспечения "ТВТ Shell" и модуля "Проверка знаний по курсу "Водоподготовка". Время выполнения теста - 20 минут. При оценке используется система штрафных баллов - за каждую ошибку начисляется один штрафной



балл. За ошибку принимается или выбор неправильного варианта ответа, или не выбор правильного варианта ответа, или ввод неправильной расчетной величины. За отказ от отдельного задания в тесте начисляется 4 штрафных балла.

**Краткое содержание задания:**

Проверка знаний происходит по двум тестам: Тест 10 "Мембранные методы очистки воды", Тест 11 "Удаление из воды растворенных газов"

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации установок подготовки добавочной воды на ТЭС</p>	<p>1. Почему в декарбонизаторе нельзя снизить содержание остаточного свободного углекислого газа до нулевого значения? 1) из-за содержания в воздухе углекислого газа с определенным парциальным давлением (на основании закона Генри) 2) в связи с цилиндрической формой декарбонизатора 3) из-за перехода CO<sub>2</sub> в воду из насадки, состоящей из колец Рашига</p> <p>2. На каком уровне находится концентрация CO<sub>2</sub> (мг/дм<sup>3</sup>), в воде, покидающей декарбонизатор и поступающей на фильтры НП, где и контролируется в пробе п/о вх? 1) 0,1 – 0,2 2) 0,5 – 1,0 3) 1 – 5</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если количество набранных баллов при выполнении теста составляет не менее 90% от максимального.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если количество набранных баллов при выполнении теста составляет не менее 75% от максимального

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если количество набранных баллов при выполнении теста составляет не менее 60% от максимального.

**КМ-5. Водоподготовка в энергетике**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторных работ проводится в устной форме по подготовленному отчету. В контрольное мероприятие включены: Лабораторная работа "Оптимизация работы цепочки ионитных фильтров",

"Оптимизация работы Н-катионитного фильтра", Лабораторная работа "Очистка воды в фильтре смешанного действия.", Лабораторная работа "Предварительная обработка в осветлителе для коагуляции и известкования", Лабораторная работа "Эксплуатация однокамерного осветлительного фильтра"

**Краткое содержание задания:**

Лабораторная работа выполняется на компьютере с использованием программного обеспечения "TVT Labs". Студент должен предоставить отчет о проведении лабораторной работы с обязательным указанием цели, задач, технологической схемы использованного оборудования с пояснением, основное содержание работы, включающее расчеты, индивидуальное задание, если предусмотрено преподавателем.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации установок подготовки добавочной воды на ТЭС	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Указать концентрацию регенерационного раствора щелочи ФСД.</li><li>2. Указать в каких единицах выражается удельный расход реагента?</li><li>3. Написать порядок проведения регенерации ионитов после окончания рабочего цикла ФСД с выносной регенерацией.</li><li>4. По заданному качеству осветленной воды (общая жесткость, карбонатная жесткость, общая щелочность, содержание углекислоты) и заданному значению щелочности в фильтрате Н-катионитного фильтра с "голодной" регенерацией определите общую жесткость и содержание углекислоты на выходе Н-катионитного фильтра.</li><li>5. Показать на схеме куда подается вода в осветлителе?</li></ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Параметры, влияющие на качество очистки воды методом коагуляции.
2. Выбор коагулянта при совместных процессах коагуляции и известкования воды

### Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа на вопросы зачетного билета. Время на выполнение зачетного задания – 90 минут.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-1</sub> Знает устройство, принцип работы и определяет показатели функционирования оборудования тепловых и атомных электростанций

### Вопросы, задания

- 1.1. Параметры, влияющие на качество очистки воды методом коагуляции.
2. Методика выбора оптимальных значений pH и дозы коагулянта при очистке воды методом коагуляции.
3. Уравнения химических реакций, протекающих при очистке воды методом коагуляции.
4. Строение двойного электрического слоя коллоидной частицы.
5. Изменение показателей качества воды при коагуляции.
6. Уравнения химических реакций, протекающих при известковании воды.
7. Выбор коагулянта при совместных процессах коагуляции и известкования воды.
8. Параметры, влияющие на качество очистки воды методом известкования.
9. Принципиальная схема осветлителя.
10. Принципиальная схема установки по очистке воды методами коагуляции и известкования.
11. Механизм задержания примесей фильтрующим слоем в насыпном осветлительном фильтре.
12. Механизм задержания примесей в намывном осветлительном фильтре.
13. Требования, предъявляемые к фильтрующему материалу осветлительного фильтра.
14. Технология очистки воды в насыпном осветлительном фильтре.
15. Технология очистки воды в намывном осветлительном фильтре.
16. Методика технологического расчета насыпного осветлительного фильтра.
17. Изменение показателей качества воды при эксплуатации насыпного осветлительного фильтра.
18. Механизм ионного обмена на примере очистки воды методом H-катионирования.
19. Ионный обмен при равновесии.
20. Ионный обмен при смещении равновесия.
21. Технология очистки воды методом Na-катионирования.
22. Технология очистки воды методом H-катионирования.
23. Технология очистки воды методом OH-ионирования.
24. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам в ионообменных фильтрах.

25. Требования, предъявляемые к регенерационным растворам, применяемым при регенерации фильтрующих материалов в ионообменных фильтрах.
26. Принципиальная схема очистки воды в ионообменных фильтрах.
27. Расчет технологического процесса очистки воды в ионообменных фильтрах.
28. Выбор параметров технологического процесса очистки воды в ионообменных фильтрах.
29. Технология очистки воды в фильтрах смешанного действия с внутренней регенерацией.
30. Технология очистки воды в фильтрах смешанного действия с выносной регенерацией.
31. Расчет технологического процесса очистки воды в фильтрах смешанного действия с внутренней регенерацией.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое массовая доля

Ответы:

- 1) отношение массы растворенного вещества к массе раствора 2) отношение массы растворенного вещества к массе растворителя 3) отношение массы растворителя к массе раствора 4) отношение массы растворителя к массе растворенного вещества

Верный ответ: Верный ответ: 1

2. В каких единицах измеряется молярная концентрация эквивалентов?

Ответы:

- 1) ммоль/кг 2) мг/дм<sup>3</sup> 3) мг-экв/дм<sup>3</sup> 4) г/100 г 5) % 6) мг/л 7) ммоль экв/л 8) н 9) ммоль/л 10) ммоль/дм<sup>3</sup> 11) кг/кг

Верный ответ: Верный ответ: 3,7,8

3. Что такое молярность?

Ответы:

- 1) количество молей растворенного вещества в единице объема раствора 2) масса растворенного вещества в единице объема раствора 3) количество молей растворенного вещества в единице массы раствора 4) масса растворенного вещества в единице массы раствора 5) количество молей растворителя в единице массы раствора 6) масса растворителя в единице массы раствора 7) количество молей растворенного вещества на единицу объема растворителя 8) количество молей растворенного вещества на единицу массы растворителя

Верный ответ: Верный ответ: 1

4. Дайте определение жесткости воды

Ответы:

- 1) содержание катионов кальция и магния, выраженное в миллиграмм-эквивалентах в кубическом дециметре 2) содержание катионов, находящихся в воде, выраженное в миллиграмм-эквивалентах в кубическом дециметре 3) содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными кислотами 4) содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными основаниями

Верный ответ: Верный ответ: 1

5. Как изменяется концентрация CO<sub>2</sub> в воде при коагуляции?

Ответы:

- 1) увеличивается 2) незначительно увеличивается 3) остается неизменной 4) незначительно уменьшается 5) уменьшается

Верный ответ: 1) увеличивается 2) незначительно увеличивается 3) остается неизменной 4) незначительно уменьшается 5) уменьшается

6. Какой фильтрующий материал используется на осветлительных фильтрах установки предварительной очистки воды?

Ответы:

7.Какой фильтрующий материал используется на осветлительных фильтрах установки предварительной очистки воды?

Верный ответ: Верный ответ: 1

7.Какие материалы называются катионитами?

Ответы:

1) способные к ионному обмену положительно-заряженных ионов 2) способные к ионному обмену отрицательно-заряженных ионов

Верный ответ: Верный ответ: 1

8.Для чего в схеме обессоливания установлен ФСД?

Ответы:

1) удаление Na 2) удаление CO<sub>2</sub> 3) улавливание проскочивших катионов и анионов 4) глубокое обескремнивание

Верный ответ: Верный ответ: 3,4

9.Операция взрыхления проводится, чтобы:

Ответы:

Операция взрыхления проводится, чтобы:

Верный ответ: Верный ответ: 2

10.Какие показатели контролируются при работе декарбонизатора обессоливающей установки

Ответы:

1) щелочность 2) жесткость 3) свободная углекислота 4) кислотность 5) стабильность 6) рН 7) прозрачность 8) удельная электропроводность 9) хлориды

Верный ответ: Верный ответ: 3

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач. Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки. Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию преподавателя решил другую задачу из того же раздела дисциплины. Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы

билета; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела программы.