

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Спецвопросы организации водно-химического режима  
теплоэнергетических установок**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Петрова Т.И.
	Идентификатор	R83612c6f-PetrovaTI-024a9341

(подпись)

Т.И. Петрова

(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)

## 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:

- ПК-1 Способен участвовать в проведении химического мониторинга качества теплоносителя и в организации водно-химического режима энергетического оборудования
- ИД-3 Обосновывает выбор методов организации водно-химических режимов теплоэнергетических установок, способов предотвращения образования отложений в пароводяном тракте и снижения интенсивности коррозионных процессов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа (Проверочная работа)
2. Тест 1 (Проверочная работа)
3. Тест 1 (Проверочная работа)
4. Тест 2 (Проверочная работа)
5. Тест 3 (Проверочная работа)

## БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	4	11	15	7
Основные виды коррозионных повреждений на обычных ТЭС и ТЭС с ПГУ						
Основные виды коррозионных повреждений на обычных ТЭС и ТЭС с ПГУ	+	+				
Поведение органических примесей в пароводяном тракте ТЭС и АЭС и влияние их на работу оборудования						
Поведение органических примесей в пароводяном тракте ТЭС и АЭС и влияние их на работу оборудования		+				
Образование отложений в котлах и парогенераторах и способы снижения скорости протекания этого процесса						
Образование отложений в котлах и парогенераторах и способы снижения скорости протекания этого процесса			+			+
Поведение примесей в проточной части паровых турбин						
Поведение примесей в проточной части паровых турбин				+		+

Нормирование качества воды и пара на тепловых и атомных электростанциях					
Нормирование качества воды и пара на тепловых и атомных электростанциях					+
Вес КМ:	10	15	25	25	25

\$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-3ПК-1 Обосновывает выбор методов организации водно-химических режимов теплоэнергетических установок, способов предотвращения образования отложений в пароводяном тракте и снижения интенсивности коррозионных процессов	Знать: методы проведения расчётов по оценке скорости образования отложений на теплопередающих поверхностях современные методы и средства поддержания качества воды и пара в зависимости от режима эксплуатации оборудования основные способы организации водно-химических режимов в зависимости от типа оборудования влияние качества теплоносителя на процессы коррозии и образования отложений на теплопередающих поверхностях оборудования и в	Тест 1 (Проверочная работа) Тест 1 (Проверочная работа) Контрольная работа (Проверочная работа) Тест 3 (Проверочная работа) Тест 2 (Проверочная работа)

		<p>проточной части паровых турбин</p> <p>Уметь:</p> <p>формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с современными методами и средствами по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению надежности работы энергетического оборудования</p>	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Тест 1

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится на практическом занятии, продолжительность выполнения работы 90 минут. На всю группу дается один вариант. Проводится в текстовом редакторе через интернет. Количество тестовых вопросов 10.

#### Краткое содержание задания:

В работе проверяются знания на основные способы организации водно-химических режимов в зависимости от типа оборудования

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: современные методы и средства поддержания качества воды и пара в зависимости от режима эксплуатации оборудования	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что такое коррозия под напряжением</li><li>2.Какие факторы влияют на развитие усталостной коррозии</li><li>3.Основные зоны повреждения в котлах при кислотно-фосфатной коррозии</li></ol>
---	---

#### 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: 80*

*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: 70*

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

### КМ-2. Тест 1

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится на практическом занятии, продолжительность выполнения работы 90 минут. На всю группу дается один вариант. Проводится в текстовом редакторе через интернет. Количество тестовых вопросов 10.

#### Краткое содержание задания:

В работе проверяются знания на основные способы организации водно-химических режимов в зависимости от типа оборудования

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные способы организации водно-химических режимов в зависимости от типа оборудования	1.Какие органические примеси поступают с присосами охлаждающей воды 2.Какие органические примеси поступают в пароводяной тракт пр работе водоподготовительного оборудования 3.Как уксусная кислота влияет на видимый коэффициент распределения хлоридов
---	---

**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: 80*

*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: 70*

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

**КМ-3. Контрольная работа**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится на практическом занятии, продолжительность выполнения работы 90 минут. На всю группу дается 13 вариантов. Проводится в текстовом редакторе через интернет. Количество контрольных вопросов 3.

**Краткое содержание задания:**

Работа ориентирована на проверку способностей проведения расчётов по оценке скорости образования отложений на теплопередающих поверхностях

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы проведения расчётов по оценке скорости образования отложений на теплопередающих поверхностях	1.Основные методы предотвращения образования отложений кальция и магния в барабанных котлах 2.Причины образования отложений продуктов коррозии железа и меди на теплопередающих поверхностях котлов 3.Поведение примесей в проточной части паровых турбин, работающих на перегретом паре, и образование отложений
--	---

**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: 70

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: 50

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

### КМ-4. Тест 3

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится на практическом занятии, продолжительность выполнения работы 90 минут. На всю группу дается один вариант. Проводится в текстовом редакторе через интернет. Количество тестовых вопросов 10.

#### Краткое содержание задания:

В работе проверяются знания о влиянии качества теплоносителя на процессы коррозии и образования отложений на теплопередающих поверхностях оборудования и в проточной части паровых турбин

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: влияние качества теплоносителя на процессы коррозии и образования отложений на теплопередающих поверхностях оборудования и в проточной части паровых турбин	1. Где преимущественно отлагаются соединения кремниевой кислоты 2. Где преимущественно отлагаются оксиды меди
--	--

#### 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: 80

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: 70

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

## КМ-5. Тест 2

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится на практическом занятии, продолжительность выполнения работы 90 минут. На всю группу дается один вариант. Проводится в текстовом редакторе через интернет. Количество тестовых вопросов 10.

### Краткое содержание задания:

Работа ориентирована на способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с современными методами и средствами по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению надежности работы энергетического оборудования

### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с современными методами и средствами по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению надежности работы энергетического оборудования	1.Как влияет дозирование Трилона Б на отложения солей жёсткости 2.Какое соединение кальция находится во взвешенном состоянии при дозировании в котловую воду $\text{Na}_3\text{PO}_4$
--	--

### 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: 80*

*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: 70*

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Обосновывает выбор методов организации водно-химических режимов теплоэнергетических установок, способов предотвращения образования отложений в пароводяном тракте и снижения интенсивности коррозионных процессов

#### **Вопросы, задания**

1. Коррозия под напряжением: основные причины возникновения и факторы, влияющие на её развитие
2. Типы систем охлаждения конденсаторов турбин. Прямоточная система охлаждения
3. Водно-химический режим тепловых сетей
4. В воду дозируется  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  в концентрации 5 мг/дм<sup>3</sup>. В воде содержатся хлориды, сульфаты и нитраты в концентрациях соответственно 0,1; 0,3 и 0,2 мг/дм<sup>3</sup>. Рассчитать соотношение между Na и  $\text{PO}_4$
5. Водно-химические режимы систем охлаждения электрогенераторов с водяным охлаждением
6. Пути поступления органических примесей в пароводяной тракт ТЭС и АЭС
7. Эрозионно-коррозионный износ энергетического оборудования: причины возникновения и основные факторы, влияющие на этот процесс
8. Поведение примесей в турбинах, работающих на перегретом паре
9. Факторы, влияющие на возникновение и развитие кислотно-фосфатной коррозии в котлах
10. Рассчитать рН жидких пленок на поверхности турбинных лопаток при температуре 150°C, если в паре содержится: уксусная кислота в концентрации 20 мкг/дм<sup>3</sup>, степень концентрирования  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в жидкой пленке = 180,  $K_d = 1,7 \times 10^{-5}$

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Какие факторы влияют на развитие усталостной коррозии?

Ответы:

Развитие электрохимической коррозии

Только наличие язв на поверхности металла

Качество котловой воды, химические промывки, режим работы

Только место расположения трубы

Верный ответ: Качество котловой воды, химические промывки, режим работы

2. Основные области развития усталостной коррозии

Ответы:

Барабан котла

Экранные трубы в котле с огневой стороны топки

Экранные трубы в котле с тыльной стороны топки

Питательный трубопровод

Верный ответ: Экранные трубы в котле с тыльной стороны топки

3. Как выглядит повреждение, вызванное усталостной коррозией

Ответы:

Точки, располагающиеся по всей поверхности трубы

Трещины, располагающиеся вдоль оси трубы

Трещины, располагающиеся вдоль оси трубы, заполненные оксидами

Язвы, располагающиеся по всей поверхности трубы

Верный ответ: Трещины, располагающиеся вдоль оси трубы, заполненные оксидами

4.Что такое кислотно-фосфатная коррозия?

Ответы:

:Разрыв защитной плёнки под влиянием ионов  $Fe^{2+}$

Разрушение металла под влиянием изменения тепловой нагрузки

Разрушение металла и защитной плёнки в результате её химического растворения

Разрыв защитной плёнки в результате взаимодействия с ионами  $OH^-$

Верный ответ: Разрушение металла и защитной плёнки в результате её химического растворения

5.Влияет ли наличие отложений на внутренней поверхности труб на развитие кислотно-фосфатной коррозии

Ответы:

Влияет

Влияет в зонах с нарушением теплового и гидравлического режимов движения теплоносителя

Влияет при местном перегреве труб

Не влияет

Верный ответ: Влияет

6.Как выглядят повреждения металла, вызванные кислотно-фосфатной коррозией

Ответы:

Язвы в виде точек, которые равномерно распределены по поверхности трубы

Впадины, не заполненные отложениями

Трещины с тонкими кромками и наличие впадин, заполненных отложениями

Трещины вдоль трубы на тыльной стороне

Верный ответ: Трещины с тонкими кромками и наличие впадин, заполненных отложениями

7.Почему температура влияет на процессы ЭКИ

Ответы:

Изменяется скорость образования магнетита на поверхности металла

Изменяется ионное произведение воды

Изменяется состав и соотношение оксидов, образующихся на поверхности металла

Изменяется растворимость магнетита

Изменяется скорость коррозии металлов и образования отложений

Верный ответ: Изменяется растворимость магнетита

8.В каких областях КУ (НД, СД, ВД, трубопровод питательной воды) наиболее интенсивно протекает ЭКИ

Ответы:

Трубопровод питательной воды

СД и ВД

НД и СД

НД и ВД

Верный ответ: НД и СД

9.Основные процессы, протекающие при эрозионно-коррозионном износе (ЭКИ)

Ответы:

Водородное растрескивание и наличие твёрдой фазы в потоке теплоносителя

Разрушение металла при взаимодействии движущейся среды с металлом и коррозии под напряжением

Протекание коррозионных процессов и взаимодействие потока с защитной плёнкой на поверхности металла.

- Разрушение металла в процессе электрохимической коррозии и образования отложений  
Механическое разрушение защитного слоя и образование отложений  
Верный ответ: Протекание коррозионных процессов и взаимодействие потока с защитной плёнкой на поверхности металла
10. Как и почему влияет увеличение pH на ЭКИ при постоянной температуре  
Ответы:  
ЭКИ не изменяется, т.к. не разрушается защитная плёнка  
ЭКИ уменьшается, т.к. снижается растворимость магнетита  
ЭКИ увеличивается, т.к. возрастает скорость коррозии  
ЭКИ увеличивается, т.к. не образуется защитной плёнки.  
ЭКИ снижается, т.к. уменьшается скорость коррозии  
Верный ответ: ЭКИ уменьшается, т.к. снижается растворимость магнетита
11. Чем отличаются процессы эрозии-коррозии от электрохимической коррозии  
Ответы:  
При электрохимической коррозии не разрушается защитная плёнка  
Развитие электрохимической коррозии не зависит от pH, а эрозии коррозии – зависит  
Одновременное протекание коррозионных процессов и взаимодействие потока с металлом и защитной плёнкой на поверхности металла  
Верный ответ: Одновременное протекание коррозионных процессов и взаимодействие потока с металлом и защитной плёнкой на поверхности металла
12. Какие конструкционные материалы менее подвержены ЭКИ  
Ответы:  
Углеродистая сталь  
Хромистые стали  
Сплавы на основе меди  
Верный ответ: Хромистые стали
13. Зачем дозируют гидразин перед ПНД, которые изготовлены из латуни  
Ответы:  
Для снижения концентрации CO<sub>2</sub>  
Для снижения скорости коррозии латуни  
Для удаления кислорода  
Верный ответ: Для снижения скорости коррозии латуни
14. Почему при постоянной температуре при увеличении pH скорость ЭКИ в воде снижается  
Ответы:  
Снижается скорость электрохимической коррозии  
На поверхности образуется FeO  
Снижается растворимость магнетита  
Верный ответ: Снижается растворимость магнетита
15. Как влияют плёнкообразующие комплексные реагенты на скорость эрозионно-коррозионного износа (ЭКИ) и почему  
Ответы:  
Увеличивают скорость ЭКИ, т.к. увеличивается скорость потока у поверхности  
Уменьшают скорость ЭКИ, т.к. увеличивается pH  
Не влияют скорость ЭКИ, т.к. не изменяется состояние поверхности металла  
Уменьшают скорость ЭКИ, т.к. на поверхности металла образуется защитная плёнка, состоящая из плёнкообразующего амина  
Увеличивают скорость ЭКИ за счёт снижения pH в зоне парообразования  
Верный ответ: Уменьшают скорость ЭКИ, т.к. на поверхности металла образуется защитная плёнка, состоящая из плёнкообразующего амина

## ***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: 70*

*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: 50*

*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 определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.