

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Комплект контрольно-оценочных средств

по МДК.01.01 Водоподготовка

(код и название дисциплины)

**программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое
оборудование**

(код и название специальности)

Санкт-Петербург
2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Паспорт КОС МДК
2. Спецификация оценочных средств
3. Варианты оценочных средств

1. ПАСПОРТ

КОС по МДК.01.01 Водоподготовка

(код и название дисциплины)

1.1. Общие положения

Контрольно-оценочные средства (КОС) предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу МДК.01.01 Водоподготовка.

КОС включают контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации в форме экзамена (5 семестр).

КОС разработаны в соответствии с:

образовательной программой СПО по специальности 13.02.02
Теплоснабжение и теплотехническое оборудование;
программы МДК.01.01 Водоподготовка.

1.2. Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Наименование элемента умений/знаний	Основные показатели оценки результатов
У1	выполнять обслуживание и эксплуатацию теплотехнического оборудования и систем теплоснабжения	Грамотное применение полученных навыков при выполнении практических и лабораторных работ
З1	методы подготовки воды для теплоэнергетического оборудования котельных и тепловых сетей	Грамотное толкование методов при решении поставленных задач
ПО1	безопасной эксплуатации теплотехнического оборудования и систем теплоснабжения, систем автоматики и защиты теплотехнического оборудования и систем теплоснабжения	Грамотное владение и применение полученных знаний и умений в процессе выполнения лабораторных и практических работ
ПО2	контроле состояния и работы приборов по отпуску тепловой энергии	Грамотное владение и применение полученных знаний и умений в процессе выполнения лабораторных и практических работ

1.3. Распределение оценивания результатов обучения по видам контроля

Код и наименование элемента умений или знаний	Виды аттестации	
	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
У1 выполнять обслуживание и эксплуатацию теплотехнического оборудования и систем теплоснабжения	Оценка выполнения практических и лабораторных работ	Экзамен (5 семестр)
З1 методы подготовки воды для теплоэнергетического оборудования котельных и тепловых сетей	Опрос	Экзамен (5 семестр)
ПО1 безопасной эксплуатации теплотехнического оборудования и систем теплоснабжения, систем автоматики и защиты теплотехнического оборудования и систем теплоснабжения	Оценка выполнения практических и лабораторных работ	Экзамен (5 семестр)
ПО2 контроле состояния и работы приборов по отпуску тепловой энергии	Оценка выполнения практических и лабораторных работ	Экзамен (5 семестр)

1.4. Распределение типов оценочных средств по элементам знаний и умений текущего контроля

Содержание учебного материала по программе УД/МДК	Тип контрольного задания			
	У1	З1	ПО1	ПО2
Тема 1. Качество природных вод	18			
Тема 2. Отложения в котельных агрегатах	17	3	17	
Тема 3. Загрязнения пара и способы борьбы с ним	17			
Тема 4. Коррозия теплосилового оборудования	18		17	
Тема 5. Удаление из воды грубодисперсных и коллоидных примесей	17	3		17
Тема 6. Обработка воды методом ионного обмена	17	3		17

1.5. Распределение типов оценочных средств по элементам знаний и умений контролируемых на промежуточной аттестации

Содержание учебного материала по программе УД/МДК	Тип контрольного задания			
	У1	З1	ПО1	ПО2
Тема 1. Качество природных вод	24	24	24	24
Тема 2. Отложения в котельных агрегатах	24	24	24	24
Тема 3. Загрязнения пара и способы борьбы с ним	24	24	24	24
Тема 4. Коррозия теплосилового оборудования	24	24	24	24
Тема 5. Удаление из воды грубодисперсных и коллоидных примесей	24	24	24	24
Тема 6. Обработка воды методом ионного обмена	24	24	24	24

2. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

2.1. Назначение

Спецификацией устанавливаются требования к содержанию и оформлению вариантов оценочного средства: практические работы, лабораторные работы, опрос, экзамен.

Опрос, практические и лабораторные работы предназначены для текущего контроля, экзамен (5 семестр) - для промежуточной аттестации и оценки знаний и умений студентов по программе МДК.01.01 Водоподготовка образовательной программы СПО по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

2.2. **Контингент аттестуемых:** студенты 3 курса.

2.3. Форма и условия аттестации:

Аттестация проводится в форме экзамена (5 семестр) по завершению освоения учебного материала учебной дисциплины, при положительных результатах текущего контроля. Текущий контроль проходит после каждой темы учебной дисциплины.

2.4. Время выполнения:

На выполнение текущего контроля отводится:

практическая работа – 90 мин.

тест – 20 мин.

На экзамен 20 мин. на человека

2.5.

2.6. **Рекомендуемая литература для разработки оценочных средств и подготовки обучающихся к аттестации.**

Библиографическое описание издания (автор, заглавие, вид, место и год издания, кол. стр.)	Основная/ дополнительная литература	Книгообеспеченность	
		Кол-во. экз. в библ. СПбГЭУ	Электронные ресурсы
МДК 01.01 Водоподготовка			
Ксенофонтов, Б. С. Основы водоподготовки и водоотведения : учебное пособие / Б. С. Ксенофонтов. — Москва : ИНФРА-М, 2026. — 256 с. + Доп. материалы. — (Среднее профессиональное	осн		https://znanium.ru/catalog/product/2233821

образование).			
Парамонов, А. М. Основы водоподготовки в теплоэнергетике : учебное пособие / А. М. Парамонов. - Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 120 с.	осн		https:// znanium.ru/ catalog/ product/ 2172503
Алексеев, Л. С. Контроль качества воды : учебник для СПО / Алексеев Л. С. – 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2026. - 159 с. - (Среднее профессиональное образование).	осн		https:// znanium.ru/ catalog/ product/ 2215366
Ксенофонтов, Б. С. Водоподготовка и водоотведение : учебное пособие / Б. С. Ксенофонтов. — Москва : ИНФРА-М, 2026. — 298 с.	доп		https:// znanium.ru/ catalog/ product/ 2230634
Орлов, В. А. Водоснабжение : учебник /для СПО / Орлов В. А. - Москва : ИНФРА-М, 2026. - 443 с. - (Среднее профессиональное образование).	доп		https:// znanium.ru/ catalog/ product/ 2225232
Жмаков, Г. Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения : учебник для СПО / Жмаков Г. Н. — Москва : ИНФРА-М, 2026. — 237 с.	доп		https:// znanium.ru/ catalog/ product/ 2215383

3.ВАРИАНТЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Примерный перечень вопросов по МДК.01.01 Водоподготовка (Текущий контроль)

Раздел 1. Качество природных вод.

1.По каким показателям определяется жесткостью воды?

Варианты ответов:

- 1- по сумме концентраций катионов Ca^{2+} и Mg^{2+}
- 2- по общему содержанию веществ, обуславливающих при диссоциации или в результате гидролиза повышенной концентрации ионов OH^-
- 3- по загрязненности воды органическими веществами
- 4-по суммарному количеству нелетучих веществ, присутствующих в воде в коллоидном и молекулярно-дисперсном состоянии
- 5 - по концентрации кремниевой кислоты в пересчете на двуокись кремния, находящуюся в исходной воде

2. Щелочность воды определяется по:

Варианты ответов:

- 1- по сумме концентраций катионов Ca^{2+} и Mg^{2+}
- 2- по общему содержанию веществ, обуславливающих при диссоциации или в результате гидролиза повышенной концентрации ионов OH^-
- 3-по загрязненности воды органическими веществами
- 4-по суммарному количеству нелетучих веществ, присутствующих в воде в коллоидном и молекулярно-дисперсном состоянии

5–по концентрации кремниевой кислоты в пересчете на двуокись кремния, находящуюся в исходной воде

3. По солесодержанию природные воды бывают:

Варианты ответов:

- 1- грубодисперсные и коллоидно-дисперсные
- 2- минеральные и органические
- 3- пресные и соленые
- 4 - атмосферные, поверхностные
- 5– грунтовые и технические

4. Методом шрифта и креста определяют показатель воды:

Варианты ответов:

- 1- сухой остаток
- 2- окисляемость
- 3- прозрачность
- 4 - pH воды
- 5 – содержание кислорода

5.Щелочные природные воды характеризуются:

Варианты ответов:

- 1- $J_0 > Щ_0$
- 2 - $J_0 < Щ_0$
- 3- $J_0 = Щ_0$
- 4- $J_k = J_0$
- 5 – $pH < 7,0$

Отложения в котельных установках

1. Накипью в котельных установках называют:

Варианты ответов:

- 1 – концентрацию кремниевой кислоты, находящейся в исходной воде
- 2- плотные отложения, возникающие на поверхности нагрева или охлаждения
- 3- рыхлые отложения
- 4 - количество вещества, содержащееся в определенном объеме
- 5 - суммарное количество нелетучих веществ, присутствующих в воде в коллоидном и молекулярно-дисперсном состоянии

2. Какие способы удаления образовавшихся отложений применяются в котельных установках?

Варианты ответов:

- 1- деаэрация питательной воды
- 2- щелочение котловой воды
- 3- механические и химические
- 4 - обработка воды комплексонами
- 5 – химическое обессоливание воды

3.Образование щелочноземельных отложений в котельном агрегате обусловлено наличием в воде:

Вариантов ответа

- 1- высокой концентрации труднорастворимых соединений
- 2- окислов железа или фосфатов железа
- 3- соединений меди
- 4 - агрессивных газов
- 5 - щелочи

4. Способы удаления образовавшихся отложений:

Варианты ответов:

- 1- деаэрация питательной воды
- 2- щелочение котловой воды
- 3- механические и химические

- 4 - обработка воды комплексонами
- 5 – химическое обессоливание воды

5. Главным условием возникновения межкристаллитной коррозии является:

Варианты ответов?

- 1- наличие в котловой воде кислорода
- 2- возникновение высоких растягивающих напряжений в металле
- 3- высокое содержание накипеобразователей
- 4 - присосы охлаждающей воды в конденсаторе
- 5 – высокая температура

Загрязнения пара и способы борьбы с ним.

1. С какой целью применяют в котельных установках периодическую продувку:

Варианты ответов:

- 1- для поддержания определенной концентрации котловой воды
- 2- для снижения общей жесткости воды
- 3- для удаления агрессивных газов
- 4 – для снижения pH воды
- 5 – для удаления из котельного агрегата шлама

2. Как называется вывод из котельного агрегата части котловой воды и замена ее питательной?

Варианты ответов:

- 1- продувкой
- 2- сепарацией
- 3- испарением
- 4 - обессоливанием
- 5 – регенерацией

3. Периодическая продувка предназначена для:

Варианты ответов:

- 1- поддержания определенной концентрации котловой воды
- 2- снижения общей жесткости
- 3- удаления агрессивных газов
- 4 - снижения pH воды
- 5- удаления из котельного агрегата шлама

4. Вывод из котельного агрегата части котловой воды и замена ее питательной называется:

Варианты ответов:

- 1- продувкой
- 2- сепарацией
- 3- испарением
- 4 - обессоливанием
- 5 – регенерацией

5. Разрушение металла под воздействием окружающей среды называется:

Варианты ответов:

- 1- продувкой
- 2- окислением
- 3- деаэрацией
- 4 - катионированием
- 5 - коррозией

Коррозия теплосилового оборудования и методы борьбы с ней.

1. Для предохранения котельного агрегата от стояночной коррозии производят:

Варианты ответов:

- 1- периодическую продувку
- 2- умягчение котловой воды
- 3- деаэрацию

4 - консервацию

5 - опрессовку

2. Чем обусловлена пароводяная коррозия?

Варианты ответов:

1- высоким давлением и температурой теплоносителя

2- наличием в воде растворенных газов

3- наличием в воде взвешенных веществ

4 - высоких растягивающих напряжений в металле

5 - разрушением металла в результате химического взаимодействия с водяными парами

3. Как называется водно-химический режим, при котором в водоконденсатный тракт энергоблока вводится только газообразный кислород?

Варианты ответов:

1- высокощелочной

2- комплексонный

3- щелочной

4- нейтральный

5 - газовый

4. Как называется удаление из воды растворенных агрессивных газов?

Варианты ответов:

1- умягчением

2- деаэрацией

3- известкованием

4 - коагуляцией

5-регенерацией

5. При каких параметрах применяется вакуумная деаэрация воды?

Варианты ответов:

1- при $t > 373\text{K}$

2- при $t < 373\text{K}$

3- $\text{pH} > 9,0$

4 - $\text{Ж}_{\text{П.В}} < 10 \text{ мкг-экв/кг}$

5 – при любых условиях

Удаление из воды грубодисперсных и коллоидных примесей.

1. Как называется процесс осветления воды?

Варианты ответов:

1- процесс удаления из воды грубодисперсных и коллоидных примесей

2- процесс укрупнения коллоидных частиц

3- процесс обмена катионов

4 - процесс непрерывной продувки шлама

5 – процесс сепарации пара

2. Как называется процесс укрупнения коллоидных частиц, завершающийся выпадением вещества в осадок?

Варианты ответов:

1- осветлением

2- Na-катионированием

3-обескислороживанием

4 - фосфатированием

5 - коагуляцией

3. Каким способом осуществляется удаление грубодисперсных загрязнений?

Варианты ответов:

1- химическим обессоливанием

2- умягчением

3- катионированием

4 - анионированием

5 - осаждением и фильтрованием

4. Как по давлению различают деаэраторы?

Варианты ответов?

1- пленочные, струйные, капельные

2- смешивающего типа и перегретого пара

3- непрерывного и периодического действия

4 - вакуумные, атмосферные и повышенного давления

5 – водоструйные и пароструйные

5. Фильтрованием называют:

Варианты ответов?

1- процесс осветления воды путем пропуска ее через пористый материал

2- процесс удаления агрессивных газов

3- процесс обработки воды комплексонами

4 - снижение жесткости исходной воды

5 – снижение щелочности исходной воды

Обработка воды методом ионного обмена.

1.Количество грамм-эквивалентов катионов, поглощаемых 1 м³ катионита, называется:

Варианты ответов:

1- рабочей обменной емкостью

2- коэффициентом набухания катионита

3- насыпной массой катионита

4 – влажностью товарного катионита

5- термостойкостью

2.Каким образом производится регенерация Na-катионита?

Варианты ответов:

1-раствором щелочи

2- раствором поваренной соли

3- сульфатом аммония

4 - раствором серной кислоты

5- воздухом

3. Какой первой технологической операцией при регенерации ионитных фильтров является?

Варианты ответов:

1- промывка катионита раствором кислоты

2- дренирование фильтра

3- отмывка фильтра

4 - пропуск реагента

5- взрывление

4.Каким образом осуществляется удаление грубодисперсных загрязнений?

Варианты ответов:

1- химическим обессоливанием

2- умягчением

3- катионированием

4 - анионированием

5 - осаждением и фильтрованием

5. Обработка воды методом Н-катионирования предназначена для:

Варианты ответов:

1-для удаления катионов из воды

2-для удаления катионов из воды с заменой их на ионы водорода

3- для замены коагуляторов в воде

4-для умягчения воды

5-для удаления Ca^{2+} и Mg^{2+}

Ответы по тестам: раздел 1(1,1,2,1,5) раздел2 (2,3,1,3,1) раздел 3 (5,5,5,5,5) раздел 4 (5,5,5,,2,5)
раздел 5 (1,5,5.4,1)

Шкала оценки

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка уровня подготовки	
	Балл (отметка)	Вербальный аналог
90 – 100%	5	Отлично
80 – 89%	4	Хорошо
70 – 79%	3	удовлетворительно
менее 70%	2	неудовлетворительно

Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Физические и химические свойства воды.
2. Природные воды и показатели качества.
3. Вещества, загрязняющие воды, примеси.
4. Виды отложений. Виды накипи.
- 5.Магнитная обработка воды.
6. Понятие о качестве пара, примеси, примеси пара. Вещества, загрязняющие пар
- 7.Щелочноземельные отложения в котлах.
8. Методы удаления отложений с поверхности нагрева.
- 9.Понятие о качестве пара, примеси, примеси пара. Вещества, загрязняющие пар.
- 10.Факторы, определяющие качество пара.
- 11..Продувка, виды, цели.
- 12.Методы получения чистого пара.
- 13.Изучить периодическую чистку котельного оборудования.
- 14.Коррозия теплосилового оборудования и методы борьбы с ней.
15. Удаление из воды коррозионно - агрессивных газов. Деаэраторы.
- 16.Анализировать коррозию паровых котлов, трубопроводов.
- 18.Определить коррозию при стоянке оборудования.
19. Деаэраторы вакуумного типа.
20. Деаэраторы атмосферного типа..
21. Процесс удаления углекислоты из воды.
- 22.Основные методы осветления воды.
- 23.Сущность процесса коагуляции.
- 24.Выбор схемы химводоочистки.
- 25.Натрий –катионные установки.

Практические и лабораторные работы

Составление уравнений электролитической диссоциации для растворов, солей, кислот, щелочей

Цель: ознакомиться с объемным методом определения концентрации растворов и научиться пересчитывать концентрации из одной размерности в другую;закрепить пройденный материал; успешно использовать приобретенные умения в реальной жизни.

Студент должен уметь: классифицировать качество природных вод, знать:основные физические и химические свойства воды,основные показатели качества природной воды.

В химических лабораториях, котельных и ТЭЦ чаще всего объемный метод анализа используется для определения жесткости, щелочности, кислотности и содержания хлоридов, которые служат для контроля работы водоподготовки и водно-химического режима котлов низкого и среднего давления. В качестве титрованных растворов применяются нормальные или кратные им (децинормальные, санинормальные) растворы трилона Б, кислоты, едкого натра, азотной кислоты и др. Индикаторами служат хром темно-синий, метилоранж, фенолфталеин, дифенилкарбазид. Для приготовления титрованных растворов служат так называемые фиксаля (запаянные стеклянные ампулы, содержащие определенное количество титранта). При отсутствии фиксаля можно пользоваться навесками соответствующего вещества, но в этом случае необходимо устанавливать титр приготовленного раствора, так как не каждое вещество может быть точно взвешено, так как может изменяться количество примесей, в том числе кристаллизационной воды.

Навеска, равная граммоллю титранта (или содержимое ампулы фиксаля), помещается в мерную литровую колбу, куда до метки доливается дистиллированная вода. При этом получается нормальный (молярный) раствор, в одном литре которого содержится один граммоль растворенного титранта. Применение децинормальных и санинормальных растворов дает возможность упростить расчеты. В водоподготовке чаще всего концентрация растворов выражается: массовыми процентами (СМ.П., %), объемной концентрацией (СО.К., мг/л, мкг/л, г/л), количеством грамм-молекул (СМ, г-моль/л, мг-моль/л) или грамм-эквивалентов (СЭ, г-экв/л, мг-экв/л, мкг-экв/л), содержащимся в 1 литре раствора.

Концентрация в процентах определяется по формуле:

$$C_{M.P.} = 0,1g/(V_p \cdot \rho_p), \%(1)$$

где: V_p — объем раствора, л; g — массовое количество вещества, растворенное в объеме, г; ρ_p — плотность раствора, кг/л.

Этот способ применяется главным образом для выражения концентрации растворов реагентов, употребляемых на водоподготовительных установках.

Объемная концентрация определяется по соотношению:

$$C_{O.K.} = g/V_p, (2)$$

Молярная (нормальная) концентрация определяется по формуле:

$$C_M = C_{O.K.}/M = g/(V_p \cdot M), (3)$$

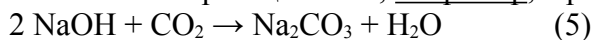
где M — молекулярная масса вещества, г/г-моль.

Эквивалентная масса (\mathcal{E} , г/г-экв, мг/мг-экв) данного вещества — это его количество, соответствующее в данной реакции одному атому водорода (или другого одновалентного элемента) или переходу одного электрона (в окислительно-восстановительных реакциях).

$$\mathcal{E} = M/n, (4)$$

где n — валентность вещества в данной реакции.

Валентность вещества зависит от типа реакции. Так, например, в реакции



валентность CO_2 равна 2, а эквивалент углекислоты равен $(12 + 2 \cdot 16)/2 = 22$ мг/мг-экв.

В реакции $\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3$ валентность CO_2 равна 1, а эквивалент — 44 мг/мг-экв.

Для проведения расчетов и ответов перед лабораторными работами и во время коллоквиума необходимо запомнить наизусть атомные массы чаще всего встречающихся элементов (табл. 1).

Таблица 1 - Атомные массы элементов, чаще всего встречающихся в веществах, используемых в расчетах водоподготовительных установок (округленные значения)

№ п/п	Наименование элемента	Атомная масса	№ п/п	Наименование элемента	Атомная масса
1	Водород Н	1	9	Фосфор Р	31
2	Углерод С	12	10	Сера S	32
3	Азот N	14	11	Хлор Cl	35,5
4	Кислород О	16	12	Калий К	39
5	Натрий Na	23	13	Кальций Ca	40

6	Магний Mg	24	14	Железо Fe	56
7	Алюминий Al	27	15	Медь Cu	64
8	Кремний Si	28	16	Серебро Ag	107

Округление дает возможность практически для всех приведенных элементов производить вычисления с ошибкой, не превышающей 1 %.

Показатели воды

Цель работы: изучить требования к качеству воды теплотехнических установок, научиться определять жесткость, щелочность и содержание хлоридов.

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни.

Студент должен уметь определять технологические показатели качества воды, знать основные показатели качества природной воды.

Показатели качества воды. Воду, находящуюся постоянно в природном круговороте, условно делят на атмосферную, поверхностную, подземную (грунтовую) и морскую. Каждая из этих видов воды имеет свои качественные показатели, от которых зависит возможность ее использования в тех или иных целях. Однако обычная пресная вода (поверхностная) всегда содержит примеси солей и растворенные газы.

По химическому составу примеси природных вод делят на минеральные и органические. Минеральные примеси обуславливаются содержанием в воде различных солей, кислот, оснований, находящихся преимущественно в диссоциированной форме, т.е. в виде катионов и анионов. К этой же группе примесей относятся и растворенные газы N_2 , O_2 , CO_2 , NH_3 , CH_4 , H_2S . Органические примеси состоят из гумусовых веществ, вымываемых из почв, а также органических веществ различных типов, поступающих из всевозможных стоков (сельскохозяйственных, промышленных). Природные воды характеризуются высоким содержанием катионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} со следами NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Al^{3+} . Среди анионов в составе примесей основными являются HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , $HSiO_3^-$, NO_3^- , CO_3^{2-} . При этом натрий и калий практически не образуют труднорастворимых соединений, в то время как кальций и магний являются важнейшими примесями в процессе загрязнения теплопередающих поверхностей. Они вступают в реакцию с анионами и образуют соли с низкими коэффициентами растворимости. Котловой водой называется вода, находящаяся внутри котла (во всех его элементах). Рассмотренные виды воды существенно различаются по качеству, которое оценивают по таким показателям, как жесткость, содержание хлоридов, щелочность, фосфатное число, концентрация водородных ионов, содержание кислорода, масла и других нефтепродуктов и различных примесей.

Жесткость - это одна из основных характеристик качества воды. Самым распространенным показателем является общая жесткость ЖО - сумма всех растворимых в воде солей кальция (кальциевая жесткость) и магния (магниевая жесткость), выраженная в миллиграмм-эквивалентах на литр (мг-экв/л).

Для пересчета выраженных в единице мг/л концентраций кальция и магния в единице мг-экв/л их значения делят на эквивалентные массы этих катионов, т.е. используют следующие соотношения:

$$1 \text{ мг-экв/л жесткости} = 20,04 \text{ мг/л } Ca^{2+},$$

$$1 \text{ мг-экв/л жесткости} = 12,16 \text{ мг/л } Mg^{2+},$$

где 20,04 и 12,16 - эквивалентные массы кальция и магния.

Таким образом, общая жесткость может быть представлена суммой карбонатной ЖК и некарбонатной ЖНК составляющих или кальциевой ЖСа и магниевой ЖМg жесткостью:

$$ЖО = ЖК + ЖНК = ЖСа + ЖМg. \quad (6)$$

С повышением общей минерализации воды возрастает магниевая составляющая, а кальциевая уменьшается. Карбонатная жесткость обуславливается присутствием в воде бикарбонатов кальция и магния: $Ca(HCO_3)_2$ и $Mg(HCO_3)_2$.

Карбонатную жесткость иногда называют временной, так как в процессе работы котла она уменьшается. Это вызывается тем, что бикарбонаты при нагреве воды разлагаются и образуют нерастворимые соли, которые скапливаются на поверхности нагрева (накипь). Например, растворенный в воде бикарбонат кальция при нагревании и кипении воды распадается на карбонат кальция CaCO_3 и угольную кислоту H_2CO_3 . Карбонат кальция выпадает в осадок. Некарбонатная жесткость обуславливается другими солями кальция и магния, которые при нагреве воды химически не изменяются и остаются растворенными. Эти соли жесткости выпадают лишь в зоне испарения, когда концентрация их превысит предел растворимости. К этой группе относятся соли, образующиеся в результате взаимодействия Ca и Mg с сильными кислотами (хлориды, сульфаты, силикаты, нитраты). Некарбонатную жесткость иногда называют постоянной (остаточной).

Пример: На титрование 100 мл пробы воды пошло 12 мл трилона Б

Жобщ. = $12 \times 0,1 = 1,2$ мг экв/л.

Определение щелочности воды (по фенолфталеину). Этот метод основан на нейтрализации кислотой котловой воды, которая содержит щелочи, окрашивающие фенолфталеин в малиново-красный цвет. Реакция кончается в момент добавки последней капли кислоты, когда малиновая окраска исчезает и вода принимает свою первоначальную окраску (до введения в нее фенолфталеина).

В колбу наливают 100 мл испытуемой воды, туда же вводят 2-3 капли фенолфталеина, вода окрашивается в малиново-красный цвет. Затем по каплям пробу воды титруют раствором серной кислоты до исчезновения окраски.

Пример: На титрование 100 мл котловой воды пошло 5 мл кислоты.

Щелочность воды равна = 5 мг экв/л.

Щелочное число котловой воды равняется количеству миллилитров кислоты, затраченному на титрование 100 мл котловой воды, умноженному на 40.

Пример: На титрование 100 мл котловой воды пошло 5 мл кислоты.

Щелочное число воды = $5 \times 40 = 200$ мг/л.

Определение содержания хлоридов в воде. Метод основан на способности солей ртути давать с хлор-ионом малодиссоциированное соединение (HgCl_2) и связывании избытка ионов ртути (Hg^{2+}) дифенилкарбазоном в комплексные соединения, окрашенные в розово-фиолетовый цвет.

Концентрацию хлор-иона от 0,1 до 10 мг/л определяют с помощью 0,0025N раствора азотнокислой ртути, а концентрации хлор-иона от 10 мг и выше - с помощью ее децинормального раствора.

Конденсат - в колбу наливают 100 мл конденсата и добавляют щепотку индикатора - вода синее. Потом по каплям наливают раствор азотной кислоты до перехода синей окраски в желтую и еще 10 капель этой кислоты. Затем медленно, сильно взбалтывая, титруют 0,0025N раствором азотнокислой ртути до перехода желтой окраски в розово-фиолетовый. Содержание хлоридов численно равно количеству миллилитров раствора азотнокислой ртути, пошедшему на титрование 100 мл пробы, умноженному на 0,08875 и на 10.

Пример: на титрование 100 мл конденсата пошло 0,25 мл раствора азотнокислой ртути. Содержание хлоридов равно:

$A = 0,25 \times 0,8875 = 0,22$ мг/л хлор-иона.

Котловая вода. В колбу наливают 10 мл котловой воды и добавляют 90 мл дистиллята, к пробе добавляют щепотку индикаторной смеси, вода окрашивается в синий цвет, затем по капле добавляют: раствор азотной кислоты до перехода синей окраски в желтую и еще 10 капель этой кислоты. Затем медленно титруют 0,1N раствором азотнокислой ртути и сильно взбалтывают до перехода желтой окраски в розово-фиолетовую.

Содержание хлоридов численно равно количеству мл раствора азотнокислой ртути, пошедшему на титрование 10 мл котловой воды, умноженному на 3,55 и на 100. Если на титрование взято 100 мл испытуемой воды, то результат анализа умножают на 10.

Щелочноземельные отложения в котлах, теплообменниках

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни; ознакомиться механизмом отложения щелочноземельные отложения в котлах.

Студент должен уметь: предотвращать образование отложения щелочноземельные отложения в котлах, знать механизм отложения щелочноземельных отложений в котлах.

Причины образования отложений в теплообменных аппаратах.

Различные примеси, содержащиеся в нагреваемой и испаряемой воде, могут выделяться в твердую фазу на внутренних поверхностях парогенераторов, испарителей, паропреобразователей и конденсаторов паровых турбин в виде накипи, а внутри водяной массы в виде взвешенного шлама. Нельзя, однако, провести четкую границу между накипью и шламом, так как вещества, отлагающиеся на поверхности нагрева в форме накипи, могут с течением времени превращаться в шлам и наоборот, шлам при некоторых условиях может прикипать к поверхности нагрева, образуя накипь. Из элементов парогенератора загрязнению внутренних поверхностей больше всего подвержены обогреваемые экранные трубы. Образование отложений на внутренних поверхностях парообразующих труб влечет за собой ухудшение теплопередачи и как следствие опасный перегрев металла труб. Радиационные поверхности нагрева современных парогенераторов интенсивно обогреваются топочным факелом. Плотность теплового потока в них достигает 600–700 кВт/м², а местные тепловые потоки могут быть еще выше. Поэтому даже кратковременное ухудшение коэффициента теплоотдачи от стенки к кипящей воде приводит к столь значительному росту температуры стенки трубы (500–600 °С и выше), что прочность металла может оказаться недостаточной, чтобы выдержать возникшие в нем напряжения. Следствием этого являются повреждения металла, характеризующиеся появлением отдулин, а нередко и разрывом труб. При резких температурных колебаниях в стенках парообразующих труб, которые могут иметь место в процессе эксплуатации парогенератора, накипь отслаивается от стенок в виде хрупких и плотных чешуек, которые заносятся потоком циркулирующей воды в места с замедленной циркуляцией. Там происходит осаждение их в виде беспорядочного скопления кусочков различных величин и формы, сцементированных шламом в более или менее плотные образования. Если в парогенераторе барабанного типа имеются горизонтальные или слабонаклонные участки парообразующих труб с вялой циркуляцией, то в них обычно происходит скопление отложений рыхлого шлама.

Сужение сечения для прохода воды или полная закупорка парообразующих труб приводят к нарушению циркуляции. В так называемой переходной зоне прямого парогенератора до критического давления, где испаряются последние остатки влаги, и осуществляется небольшой перегрев пара, образуется отложения соединений кальция, магния и продуктов коррозии. Поскольку прямооточный парогенератор является эффективной ловушкой труднорастворимых соединений кальция, магния, железа и меди. То при повышенном содержании их в питательной воде они быстро накапливаются в трубной части, что значительно сокращает продолжительность рабочей кампании парогенератора. Для того чтобы обеспечить минимальные отложения как в зонах максимальных тепловых нагрузок парообразующих труб, как и в проточной части турбин, необходимо строго поддерживать эксплуатационные нормы допустимого содержания в питательной воде тех или иных примесей. С этой целью добавочная питательная вода подвергается глубокой химической очистки либо дистилляции на водоподготовительных установках.

Улучшение качества конденсатов и питательной воды заметно ослабляет процесс образования эксплуатационных отложений на поверхности паросилового оборудования, но полностью его не устраняет. Следовательно, в целях обеспечения должной чистоты поверхности нагрева необходимо наряду с одноразовой предпусковой очисткой проводить также периодические эксплуатационные очистки основного и вспомогательного оборудования и при том не только при наличии систематических грубых нарушений установленного водного режима и при недостаточной эффективности проводимых на ТЭС противокоррозионных мероприятий, но и в условиях нормальной эксплуатации ТЭС. Проведение эксплуатационных очисток особенно необходимо на энергоблоках с прямооточными парогенераторами.

Железосодержащие силикатные отложения

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни; ознакомиться с образованием железосодержащих силикатных отложений в котле.

Студент должен уметь: предотвращать образование железосодержащих силикатных отложений в котле, знать механизм отложения железосодержащих силикатных отложений в котле.

Металлы и сплавы, употребляемые для изготовления теплоэнергетического оборудования, обладают способностью вступать во взаимодействие с соприкасающейся с ними средой (вода, пар, газы), содержащей те или иные коррозионноагрессивные примеси (кислород, угольная и другие кислоты, щелочи и др.). Существенным для нарушения нормальной работы парового котла является взаимодействие растворенных в воде веществ с обмыванием его металлом, в результате чего происходит разрушение металла, которое при известных размерах приводит к авариям и выходу из строя отдельных элементов котла. Такие разрушения металла окружающей средой называются коррозией. Коррозия всегда начинается с поверхности металла и постепенно распространяется в глубь. В настоящее время различают две основные группы коррозионных явлений: химическая и электрохимическая коррозия. К химической коррозии относятся разрушения металла в результате его непосредственного химического взаимодействия с окружающей средой. В теплосиловом хозяйстве примерами химической коррозии являются: окисление наружной поверхности нагрева горячими дымовыми газами, коррозия стали перегретым паром (так называемая пароводяная коррозия), разъедание металла смазочными материалами и др. Электрохимическая коррозия, как показывает ее название, связана не только с химическими процессами, но и с передвижением электронов во взаимодействующих средах, т.е. с появлением электрического тока. Эти процессы происходят при взаимодействии металла с растворами электролитов, что и имеет место в паровом котле, в котором циркулирует котловая вода, представляющая собой раствор распавшихся на ионы солей и щелочей. Электрохимическая коррозия протекает также при контактировании металла с воздухом (при обычной температуре), содержащем всегда пары воды, которые конденсируясь на поверхности металла в виде тончайшей пленки влаги, создают условия для протекания электрохимической коррозии. Разрушение металла начинается, по существу, с растворения железа, заключающегося в том, что атомы железа теряют часть своих электронов, оставляя их в металле, и превращаются, таким образом, в положительно заряженные ионы железа, переходящие в водный раствор. Этот процесс не происходит равномерно по всей поверхности омываемого водой металла. Дело в том, что химически чистые металлы обычно недостаточно прочны и поэтому в технике применяют преимущественно их сплавы с другими веществами, как известно, чугун и сталь являются сплавами железа с углеродом. Помимо этого, к конструкции стали добавляют в небольших количествах для улучшения ее качества кремний, марганец, хром, никель и др. По форме проявления коррозии различают: коррозию равномерную, когда разрушение металла происходит примерно на одинаковую глубину по всей поверхности металла и коррозию местную. Последняя имеет три основные разновидности: 1) язвенная коррозия, при которой разъедание металла развивается в глубину на ограниченной площади поверхности, приближающейся к точечным изъявлениям, что особенно опасно для котельного оборудования (образование в результате такой коррозии сквозных свищей); 2) избирательная коррозия, когда разрушается одна из составных частей сплава; например, в трубах конденсаторов турбин, изготовленных из латуни (сплав меди с цинком), при охлаждении происходит удаление из латуни цинка, в результате чего латунь делается хрупкой; 3) межкристаллитная коррозия, возникающая преимущественно в недостаточно плотных заклепочных и вальцовочных соединениях паровых котлов при агрессивных свойствах котловой воды с одновременными чрезмерными механическими напряжениями в этих участках металла. Этот вид коррозии характеризуется появлением трещин, идущих по границам кристаллов металла, что делает металл хрупким.

Методы удаления отложений с поверхности нагрева

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни; ознакомиться с методами удаления отложений с поверхности нагрева.

Студент должен: уметь классифицировать методы удаления отложений с поверхности нагрева, знать основные физические и химические процессы удаления отложений с поверхности нагрева.

Внутренняя очистка поверхностей котлов производится для удаления солей, выпадающих из воды и отлагающихся на стенках барабанов, коллекторов и труб. Выпадение солей происходит при нагревании и испарении воды, причем в некоторых случаях выпадающие соли равномерно покрывают внутренние стенки котла плотной и трудноотделимой коркой, которая называется накипью. В котлах встречается твердая, вязкая и рыхлая накипь. Наиболее опасной является вязкая накипь, обладающая низкой теплопроводностью. Наличие слоя накипи затрудняет теплопередачу от газов к воде. В некоторых случаях слой накипи толщиной 0,2 мм может вызвать недопустимый перегрев стенок труб и образование выпучи или пережога металла.

На внутренней поверхности экранных труб котлов высокого давления, особенно в зоне максимальных тепловых напряжений, появляются отложения накипи, которые могут привести к появлению свищей и к развитию интенсивной подшламовой коррозии, чаще всего около сварных соединений. Отложения образуются в результате нарушения водного режима. Для устранения накипи питательную воду подвергают химической очистке. Если по каким-либо причинам в котле появляются отложения накипи, то в период капитального ремонта, а для котлов паропроизводительностью менее 0,7 т/ч — согласно утвержденному графику — производят механическую или химическую очистку внутренней поверхности барабанов, труб и других элементов котла.

Перед механической очисткой барабана необходимо проверить температур внутри него, обеспечить приток воздуха, снять и удалить сепарационное устройство. Чтобы применить наиболее эффективный способ очистки поверхностей котла, необходимо определить характер накипи, ее толщину и твердость. После выпуска воды из котла следует удалить еще не успевший сцементироваться рыхлый слой накипи. В процессе очистки интенсивно охлаждают рабочее место в барабанах при помощи специальной переносной вентиляционной установки. В первую очередь производится очистка внутренних поверхностей стенок барабанов и коллекторов от отложений приспособлениями — накидными головками, приводимыми в действие через гибкие валы от электродвигателя или воздушной турбинки. Головку накладывают на очищаемую поверхность и плавно нажимают на нее. При этом необходимо строго следить, чтобы ось головки была параллельна обрабатываемой поверхности. Головки для очистки накипи подбирают в зависимости от диаметров труб и степени загрязнения. Диаметр головки в сложенном виде должен быть на 3—4 мм меньше свободного от отложений диаметра трубы и в свету. При небольших отложениях очистка труб производится равномерной подачей гибкого вала с головкой вперед, а в случае прочных отложений — возвратно-поступательной подачей. Для предотвращения поломок головок и обрывов гибких валов на броне ставится контрольная отметка трубы, далее которой гибкий вал пропускать не следует. Очистку труб шарошками во всех случаях необходимо производить с одновременной обмывкой водой места очистки. При этом производится и охлаждение шарошек, и смыв накипи, забивающей пространство между зубьями шарошек. Переставлять головку из одной трубы в другую необходимо только при остановленном электрическом или пневматическом приводе.

Удаление накипи с применением ручного инструмента производится в местах, недоступных для очистки механическим инструментом (в углах соединения перегородок, возле выступающих концов труб и т.д.)

Химический способ очистки поверхности нагрева

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни; ознакомиться с химическими методами удаления отложений с поверхности нагрева.

Студент должен: уметь проводить химический способ очистки поверхности нагрева, знать основные химические способы очистки поверхности нагрева от отложений.

Химические технологии, помогающие в удалении отложений котлового камня. Очистка нагревательной поверхности от отложений в котле химическим способом достигается путем

полного растворения отложений либо только их размягчением и отслоением от поверхности, а затем удалением сильной струей воды. На практике, как правило, эти два метода применяются в комплексе, вначале используют растворы, которые преобразуют отложения (если не полностью, то, по крайней мере, частично) в растворимые соли и вызывают тем самым нарушение их структуры и отслоение от поверхности. Затем оставшиеся, раздробленные с нарушенной структурой отложения отрываются с помощью сопел, работающих под давлением (рекомендуемое рабочее давление в наконечнике сопла составляет около 1000 бар). Основными реагентами при химической очистке могут быть минеральные кислоты, органические кислоты, комплексоны, щелочи, либо препараты, представляющие собой смесь вышеуказанных веществ. Соответственно, возможны методы очистки котлов: щелочные, комплексоны и кислотные, последние в свою очередь могут быть с применением ингибированных органических кислот, ингибированных неорганических кислот или смеси органических и неорганических кислот с ингибиторами коррозии.

Технические и технологические мероприятия при химической очистке котла

Непосредственно сам изолированный процесс химической очистки котла, уже после получения формального разрешения на процедуру очистки, согласно утвержденной технологии, состоит из следующих последовательных существенных операций: защита контрольно-измерительного оборудования; вымывание водной струей отложений, слабо связанных с поверхностью и их удаление за пределы котла (несколько часовая операция); промывание раствором соляной кислоты с добавлением ингибитора коррозии, с подогревом или без подогрева ванны, в зависимости от технологии (от нескольких часов и больше в зависимости от толщины отложений); повторная промывка котла водой (для остановки кислотной реакции и получения чистой поверхности - минимум несколько часов); удаление остатков растворенных и нерастворенных отложений водной струей за пределы котла (минимум несколько часов); нейтрализация и пассивация поверхности котла (от нескольких часов и больше). Непосредственно процесс химической очистки с применением кислотной ванны производится с принудительной циркуляцией промывных растворов, что обеспечивает более высокую эффективность и сокращает время процедуры. Вспомогательное оборудование, так называемый насосный агрегат для промывки состоит из химического насоса, соответствующей мощности (целесообразно в течение часа пятикратно промыть емкость котла), вспомогательного бака (емкостью 0,2-2 м³), а также армированных резиновых шлангов. Напорный шланг (от насоса) соединяется с самой низкой частью котла, например с нижним коллектором, а насос обратной воды с наиболее высокой точкой и производится водный тест, с целью проверки герметичности. Чтобы не допустить пенообразования в котле, вследствие быстро выделяемого диоксида углерода, к раствору добавляется незначительное количество так называемого пеногасителя. Это сотые доли % от объема, а оказывают крайне полезное воздействие в предотвращении хлопотного пенообразования и выливания пены на наружные элементы котла и насосный агрегат. Циркуляция раствора производится до тех пор, пока контрольный анализ не покажет, что концентрация реагентов поддерживается на постоянном уровне. Если паровые котлы загрязнены отложениями силикатной, сульфатной или магнетитовой природы, которые слабо растворяются в серной кислоте, либо не растворяются в целом, после процедуры удаления струей воды слабо связанных с поверхностью отложений и перед нейтрализацией и пассивацией котла необходимо выполнить процедуру щелочной варки. Процедура осуществляется с применением карбоната натрия и добавлением фосфата натрия, преобразующего нерастворимые в соляной кислоте соли в растворимые в ней карбонаты и фосфаты. Процедура щелочной варки котла продолжается 2-3 суток без получения пара с частыми, около 0,5 ч, простоями. После этого этапа котел вновь подвергается окислению раствором HCl с ингибитором коррозии, согласно вышеприведенной схеме, и заканчивает процесс процедура нейтрализации и пассивации котла. Раствор, образовавшийся после очистки, т.е. сточные воды необходимо слить в несколько приемов во вспомогательный бак и произвести в нем коррекцию сточных вод до $6,5 < \text{pH} < 9$. Последним шагом является визуальное подтверждение очистки котла. В процессе осуществления процедуры ведется «Журнал операций», в котором фиксируются все произведенные действия и анализы.

Методы получения чистого пара

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни; ознакомиться с методами получения чистого пара.

Студент должен уметь классифицировать методы получения чистого пара, знать основные методы получения чистого пара.

Химическое обескислороживание.

Сульфитирование: $2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{SO}_4$.

Достоинство: хорошо растворим в воде, безвреден. Недостаток - увеличение содержания питательной воды на 12 мг на 1 мг растворенного кислорода.

Чтобы это повышение не было слишком большим, сульфитирование питательной воды применяется для связывания остатков кислорода после термических деаэраторов, т.е. дообескислороживание воды. В этом случае при температуре воды выше 100 °С реакция окисления сульфита натрия протекает с высокой скоростью при его минимальном избытке не более 2 мг/л. Ввод Na_2SO_3 должен осуществляться непрерывно и автоматически в питательную магистраль пропорционально расходу воды и концентрации растворенного в ней кислорода с помощью шайбового или мембранного дозатора.

Периодическая чистка котельного оборудования

Цель: закрепить пройденный материал; успешно использовать приобретенные умения в реальной жизни; ознакомиться с периодической чисткой котельного оборудования.

Студент должен: уметь осуществлять периодическую чистку котельного оборудования, знать методику периодической чистки котельного оборудования.

Требования к технологии и схеме очистки

Появления неплотностей при химической очистке котла. Схема очистки должна обеспечивать эффективность очистки поверхностей нагрева, полноту удаления растворов, шлама и взвеси из котла. Очистку котлов по циркуляционной схеме следует проводить со скоростями движения моющего раствора и воды, обеспечивающими указанные условия. При этом должны учитываться конструктивные особенности котла, местонахождение конвективных пакетов в водяном тракте котла и наличие большого количества горизонтальных труб малого диаметра с многократными изгибами на 90 и 180°. Выбор моющего раствора производится в зависимости от степени загрязненности очищаемых поверхностей нагрева котла, характера и состава отложений. Для разработки технологического режима очистки образцы вырезанных из котла труб с отложениями обрабатываются в лабораторных условиях выбранным раствором с поддержанием оптимальных показателей моющего раствора. В качестве моющего реагента используется в основном соляная кислота. Это объясняется ее высокими моющими свойствами, позволяющими очистить от любого типа отложения поверхности нагрева даже с высокой удельной загрязненностью, а также не дефицитностью реагента. В зависимости от количества отложений очистку ведут в одну (при загрязненности до 1500 г/м²) или в две стадии (при большей загрязненности) раствором с концентрацией от 4 до 7%. Серная кислота применяется для очистки поверхностей нагрева от железистоокисных отложений с содержанием в них кальция не более 10%. При этом концентрация серной кислоты по условиям моющих растворов должна обеспечивать качественную очистку поверхностей с учетом состава и количества отложений, имеющихся в экранных трубах котла и подлежащих удалению. Необходимо оценивать коррозионные повреждения металла труб поверхностей нагрева и выбрать условия очистки моющим раствором с добавлением эффективных ингибиторов для снижения коррозии металла труб в ходе очистки до допустимых значений и ограничения обеспечения ее надежного ингибирования при циркуляции растворов. Концентрация ингибитора в растворе очистки должна быть не более 5%. При количестве отложений менее 1000 г/м² достаточно одной стадии кислотной обработки, при загрязненности до 1500 г/м² требуется две стадии. Когда очистке подвергаются только вертикальные трубы (экранные поверхности нагрева), допустимо использование метода травления (без циркуляции) раствором серной кислоты с концентрацией до 10%. При количестве отложений до 1000 г/м² требуется одна кислотная стадия,

при большей загрязненности две стадии. В качестве моющего раствора для удаления железистых (в которых кальция менее 10%) отложений в количестве не более 800- 1000 г/м² можно рекомендовать также смесь разбавленного раствора серной кислоты (концентрация менее 2%) с гидрофторидом аммония (такой же концентрации). Такая смесь характеризуется повышенной по сравнению с серной кислотой скоростью растворения отложений. Особенностью этого метода очистки является необходимость периодически добавлять серную кислоту для поддержания pH раствора на оптимальном уровне 3,0-3,5 и для предотвращения образования соединений гидроксида железа. К недостаткам методов с использованием серной кислоты можно отнести образование большого количества взвеси в моющем растворе в процессе очистки и меньшую по сравнению с соляной кислотой скорость растворения отложений. При загрязненности поверхностей нагрева отложениями карбонатно-железистого состава в количестве до 1000 г /м² могут использоваться сульфаминовая кислота в две стадии. При использовании всех кислот необходимо введение в раствор ингибиторов коррозии, защищающих металл котла от коррозии в условиях применения данной кислоты (концентрация кислоты, температура раствора, наличие движения моющего раствора). Для химических очисток используется, как правило, ингибированная соляная кислота, в которую на заводе-поставщике введен один из ингибиторов коррозии ПБ-5, КИ-1, В-1 (В-2). При приготовлении моющего раствора этой кислоты дополнительно должен вводиться ингибитор уротропин. При загрязненности выше 1500 г/м² или при наличии в отложениях кремниевой кислоты или сульфатов более 10% рекомендуется проведение щелочения перед кислотной обработкой или между кислотными стадиями. Щелочение проводят обычно между кислотными стадиями раствором едкого натра или смеси его с кальцинированной содой. Добавление к едкому натру кальцинированной соды в количестве 1-2% повышает эффект разрыхления и удаления сульфатных отложений. При наличии отложений в количестве 3000-4000 г/м² очистка поверхностей нагрева может потребовать последовательного чередования нескольких кислотных и щелочных обработок. Для интенсификации удаления твердых железистых отложений, которые расположены в нижнем слое, и при наличии в отложениях более 8-10% кремневых соединений целесообразно добавление в кислотный раствор фторсодержащих реагентов (фторид, гидрофторид аммония или натрия), добавляемых в раствор кислоты через 3-4 ч после начала обработки. Во всех этих случаях предпочтение должно отдаваться соляной кислоте. Для после промывочной пассивации котла в тех случаях, когда она необходима используется одна из следующих обработок: обработка очищенных поверхностей нагрева 0,3-0,5%-ным раствором силиката натрия при температуре раствора 50-60°С в течение 3-4 ч при циркуляции раствора, что обеспечит защиту от коррозии поверхностей котла после слива раствора во влажных условиях в течение 20-25 суток и в сухой атмосфере в течение 30-40 суток.

Коррозия паровых котлов и трубопроводов

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни; ознакомиться с коррозией паровых котлов.

Студент должен: уметь анализировать коррозию паровых котлов, трубопроводов, знать коррозию паровых котлов, трубопроводов.

Коррозия является одним из видов разрушения металла паровых котлов. Различают два вида коррозионных процессов: химические и электрохимические. В первом случае происходит процесс химического взаимодействия металла сокружающей средой, во втором - коррозия является результатом действия гальванических (коррозионных) пар, возникающих на поверхности металла при контакте его с водной средой. Коррозия металла носит общий и локальный характер. При коррозии общей вся соприкасающаяся с агрессивной средой поверхность нагрева подвергается разъеданию, равномерно уменьшаясь с внутренней или наружной стороны труб. В случае локальной коррозии разрушение металла происходит на отдельных участках поверхности. Локальная коррозия в котлах может быть язвенной, точечной, межкристаллитной и транскристаллитной. При протекании локальной коррозии оборудование значительно быстрее выходит из строя, чем при общей равномерной коррозии, несмотря на меньшие по абсолютному значению потери металла. Коррозии подвержены обе стороны поверхности: внутренняя — со

стороны рабочей среды (воды, пара, воздуха) и наружная — со стороны дымовых газов (теплоносителя). Так как видов коррозии, наблюдаемых в эксплуатации, множество, то в методических целях сделана попытка их систематизации. Продукты коррозии конструкционных материалов (оксиды железа, меди) частично остаются на прородившем металле, а частично переходят в воду и в определенных условиях откладываются на других элементах оборудования. Эти отложения зачастую представляют значительные термические сопротивления, вследствие чего температура металла под ними может подниматься до недопустимого уровня. В практике эксплуатации теплосилового оборудования электростанций наиболее часто встречается коррозия, вызываемая электрохимическими процессами, состоящими в том, что на участках, именуемых анодами, металл будет переходить в раствор в виде двухвалентного иона Fe^{2+} . Остающиеся в металле свободные электроны «e» будут по металлу перемещаться на участки с более положительным потенциалом, которые называются катодами. Для протекания электрохимического процесса коррозии необходимо, чтобы свободные (нескомпенсированные) электроны непрерывно удалялись с катодных участков. В противном случае происходит выравнивание потенциалов электродов, и процесс коррозии прекращается. Уменьшение начальной разности потенциалов электродов гальванического коррозионного элемента, приводящие к уменьшению интенсивности коррозии, называется поляризацией. Электродные процессы, уменьшающие поляризацию, то есть интенсифицирующие коррозию, называются деполяризацией, а вещества, способствующие деполяризации, деполяризаторами. Роль деполяризаторов могут выполнять окислители различного рода, то есть вещества, способные присоединять электрон. В условиях водного режима котельных установок роль деполяризаторов чаще всего выполняют растворённые в воде кислород (кислородная деполяризация) или ионы водорода (водородная деполяризация). Чаще всего эти катодные процессы протекают параллельно, если для этого существуют необходимые условия (гальванических элементов). В таких системах, как и в обычных гальванических элементах из анода и катода в растворе электролита происходит движение катионов к катоду и анионов к аноду, что делает электрическую цепь элемента замкнутой. Следовательно, для протекания электрохимического коррозионного процесса необходимо возникновение гальванической пары, то есть двух участков на поверхности металлов с различными потенциалами, а так же электролита, в который погружены эти участки металла и деполяризаторов. Если невыполнено хотя бы одно из этих условий, то возможность протекания процессов коррозии исключается. Результатом электрохимической коррозии с кислородной деполяризацией является образование гидроксида железа $Fe(OH)_2$, которая растворённым в воде кислородом переводится в гидроокись железа. Скорость коррозии может быть выражена массой металла, разрушенного за 1 год (8760 ч) на 1 м² его поверхности. Ее можно также выразить глубиной проникания коррозионных повреждений в толщу металла мм/год. Среди различных видов электрохимической коррозии наибольшую опасность для паровых котлов представляет межкристаллитная коррозия, отличительной особенностью которой является то, что металл разрушается по границам кристаллитов (зёрен). Эти разрушения проявляются вначале в виде весьма мелких не видимых невооруженным глазом трещин, проходящих по границам кристаллитов. Межкристаллитная коррозия возникает при одновременном действии следующих трех факторов: высоких растягивающих напряжений в металле; неплотностей в заклепочных швах и вальцовочных соединениях; агрессивных свойств котловой воды. Если один из этих факторов отсутствует, то межкристаллитная коррозия маловероятна.

Коррозия при стоянке оборудования

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни, ознакомиться с коррозией при стоянке оборудования..

Студент должен: уметь определять коррозию при стоянке оборудования, знать основные физические и химические процессы коррозии при стоянке оборудования.

Консервация паровых котлов.

При любых остановках котлов со снижением давления среды до атмосферного и возможностью попадания в него кислорода воздуха и конденсации влаги протекает стояночная

коррозия. Средняя скорость коррозии при температуре 20°C составляет 0,05 г/(м²·ч). При останове котлов для защиты от стояночной коррозии проводится их консервация. При останове на срок до 15 ч прямоточных котлов или до 1 суток барабанных котлов рекомендуется проводить консервацию методом избыточного давления, а на срок до 5 суток - путем сухого останова. При простое от 5 до 60 суток рекомендуется гидразинно-аммиачная консервация или использование контактных ингибиторов. При останове на срок более 60 суток применяются контактные ингибиторы. Избыточное давление (0,15...0,20 МПа) в котле при кратковременном останове создается деаэрированной водой. Для лучшего эффекта в воду можно добавить щелочь (NaOH до 2 кг/м³). Консервацию сухим способом осуществляют, заполняя котел инертным газом (азотом). При этом воздух должен быть вытеснен полностью из котла. Консервация котла при остановке на длительный срок может проводиться путем прокачки по замкнутому контуру (включая деаэратор и питательные насосы) раствора гидразина (до 200 мг/кг) и аммиака (рН = 0,5...11). В этот контур не включаются ПНД и конденсатор, содержащие латунные трубки. Контактные ингибиторы образуют на поверхности защитную пленку, сохраняющуюся длительное время в условиях капитальных или текущих ремонтов. Защитная пленка создается путем прокачивания в течение 1 2 ч через котел раствора ингибитора при температуре не выше 100°C. Затем этот раствор сливают в специальный бак для хранения до повторного использования. При некоторых водных режимах на поверхности металла создается устойчивая защитная пленка, и в этом случае консервация не требуется. При любом водном режиме защитную пленку можно создать сразу же после останова котла путем подачи в котел аммиачного раствора трилона Б перегретым паром (350...370°C, давление 1,0...1,3 МПа) от постороннего источника (из линии собственных нужд станции) по специальным трубопроводам. Паровой раствор частично отмывает поверхности котла с образованием комплексонов железа, которые подвергаются термическому разложению на поверхностях котла. Консервация заканчивается при увеличении значения рН в сбросном паре до 9, после чего котел обеспаривается, дренируется и вскрывается.

Деаэраторы вакуумного типа

Цель: закрепить пройденный материал; успешно использовать приобретенные умения в реальной жизни; ознакомиться с деаэраторами вакуумного типа.

Студент должен: уметь обслуживать деаэраторы вакуумного типа, знать устройство и принцип действия деаэратора вакуумного типа.

Деаэрация воды.

Деаэрация питательной и подпиточной воды – одна из обязательных стадий процесса водоподготовки. Сущность этого процесса в том, чтобы снизить и довести до допустимых пределов содержание в воде агрессивных газов – кислорода и угольной кислоты. Это снижение может быть достигнуто как термическим, так и химическим путем. Широкое распространение получила термическая деаэрация. Для современных котельных установок деаэрация при температуре воды больше 100°C является основным методом удаления из воды коррозионно-агрессивных газов. Для потребителей, которые требуют воду с температурой ниже 100°C, используют деаэрацию воды под вакуумом. Сущность этого способа состоит в том, в деаэраторе создается и постоянно поддерживается вакуум. Величина зависит от температуры деаэрированной воды, которую желают получить; чем ниже температура, тем больше вакуум. Барботажный дозатор состоит из малогабаритной колонки и бака - аккумулятора, снабженного барботажным устройством. В колонке расположены две дырчатые тарелки. Вода поступает на верхнюю тарелку, предварительно перемешиваясь в специальном устройстве с подаваемым конденсатом. Из колонки вода сливается в бак, в котором уровень ее поддерживается на определенной высоте (благодаря переливной трубе) для создания над уровнем воды постоянной паровой подушки. Необходимый пар подается через штуцер при давлении 1,2 – 1,3 атм обычно из сепараторов непрерывной продувки. На дне бака в конце, противоположном по отношению к деаэраторной колонке, расположено барботажное устройство, с помощью которого вода подвергается вторичному нагреву. Барботажное устройство состоит из паровой колонки, в которую подводится через трубу пар давлением 1,5 – 1,7 атм. Паровая коробка снабжена дырчатой крышкой, через которую пар барботирует в воду. Через отверстие в коробке вода поступает в шахту, ограниченную стенками и

где и вскипает. Вскипание происходит из-за некоторого ее перегрева по отношению к температуре насыщения, соответствующей давлению пара в баке- аккумуляторе.

В питательную сеть вода поступает через штуцер. Пар же, пройдя через барботажное устройство и слой воды в баке, движется над ее поверхностью по направлению к колонке. Выпар, т. е. парогазовая смесь, удаляется через штуцер, подвергается вторичному нагреву. Вакуумная деаэрационная установка представляет собой вакуумную колонку(деаэратор) и аккумуляторный бак, находящийся под атмосферным давлением.Вакуумная, колонка имеет две ступени дегазации: струйную и барботажную.Подогретая вода поступает на верхнюю тарелку, которая секционирована с таким расчётом, что при минимальных нагрузках работает только часть отверстий ввнутреннем секторе. При увеличении нагрузки в работу включаются дополнительныеряды отверстий, это позволяет избежать гидравлических перекосов по воде и пару приколебаниях нагрузки. Под барботажный лист подаётся пар или перегретая вода (120—140 °С), при вскипании которой образуется паровая подушка и происходит процесс паровогобарботаж.Вакуумные деаэраторы укомплектованы охладителями выпара, водоводяными эжекторами, системой автоматического регулирования и контроля и соответствующими регулирующими клапанами. Дегазация воды химическим способом осуществляется путём сульфитирования, т. е. введения в нагретую (до 80 °С) питательную воду раствора сульфита натрия Na_2SO_3 . Этот способ по сравнению с термической дегазацией более дорогой и поэтому не получил широкого распространения. Все котлы паропроизводительностью 0,7 т/ч и более должны быть оборудованы установками для докотловойобработки воды.Вакуум в нем создается водоструйным эжектором. Подпиточная вода послехимоводоочистки подогревается в водоводяном подогревателе горячей водой из прямойлинии с температурой 130—150°С. Выделившийся пар барботирует поток деаэрируемойводы и направляется в охладитель выпара. Температура водыпосле деаэратора 70°С.Для обеспечения необходимой вакуумметрической высоты всасывания подпиточных насосов (обычно их устанавливают два) низ бака – аккумулятора должен быть расположен выше оси насосов не менее чем на 2 – 3 м. Водоструйные эжекторы, количество которых зависит от производительности установки, располагают на высоте 4,5 – 5 м от низа бака –газоотделителя.

Деаэраторы атмосферного типа

Цель: закрепить пройденный материал, успешное использование приобретенных умений в реальной жизни, ознакомиться с устройством и принципом действия деаэратора атмосферного типа.

Студент должен: уметь обслуживать деаэраторы атмосферного типа, знать устройство и принцип действия деаэраторов атмосферного типа.

Атмосферные деаэраторы работают с небольшим избытком внутреннего давления над атмосферным (приблизительно 0,02 МПа), необходимым для самотечной эвакуации выделяющихся газов в атмосферу. Преимуществом атмосферных деаэраторов является минимальная толщина стенки корпуса (экономия металла). В настоящее время атмосферные деаэраторы применяются главным образом для добавочной воды ТЭС, питательной воды испарителей и подпиточной воды тепловых сетей. Деаэраторы повышенного давления применяются для обработки питательной воды энергетических котлов с начальным давлением пара 10 МПа и выше. Применение деаэраторов типа ДП на ТЭС позволяет при более высокой температуре регенеративного подогрева воды ограничиться в тепловой схеме небольшим количеством последовательно включенных ПВД (не более трех), что способствует повышению надежности и удешевлению установки и благоприятно сказывается при эксплуатации ввиду меньшего сброса температуры питательной воды при отключении ПВД. По способу создания поверхности контакта фаз деаэраторы подразделяются наструйные, пленочные и барботажные. Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭС) нормируется содержание в воде растворенного кислорода (таблица).

Таблица - Содержание в воде растворенного кислорода

Вода

Содержание растворенного

кислорода, мкг/кг

Питательная вода энергетических котлов на рабочее давление до 10 МПа	20
То же более 10 МПа	10
Питательная вода испарителей и паропреобразователей	20
Подпиточная вода тепловых сетей	50

Свободная углекислота в воде после деаэрата должна отсутствовать, а показатель рН (при 25 °С) питательной воды должен поддерживаться в пределах $9,1 \pm 0,1$.

На рис. показана общая схема деаэрационной установки. Основными элементами деаэрата являются его колонка, где происходит основной подогрев и деаэрация воды, и аккумуляторный бак для хранения запаса деаэрированной воды. В верхней части деаэрационной колонки располагается водораспределитель для смешения потоков поступающей воды и равномерного распределения ее по сечению. Горячие потоки воды, подверженные вскипанию при вводе в деаэратор, и дополнительный пар подаются на промежуточные ступени колонки. В нижней части колонки размещается парораспределитель для равномерного распределения поступающего в нее греющего пара.

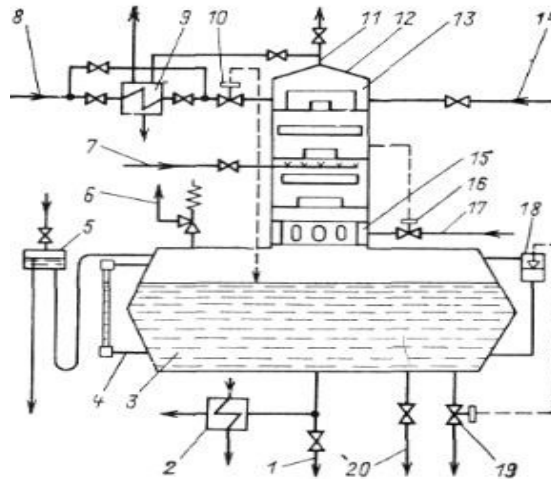


Рис. Схема деаэрационной установки:

1 - деаэрированная вода к питательному насосу; 2 - холодильник отбора проб питательной воды; 3 - аккумуляторный бак деаэрата; 4 - водоуказательное стекло; 5 - гидравлический затвор и перелив (при деаэраторе атмосферного давления); 6 - предохранительный клапан (при деаэраторе повышенного давления); 7 - горячие дренажи из ПВД; 8 - добавочная вода; 9 - охладитель выпара; 10 - регулятор уровня воды в деаэраторе; 11 - линия выпара; 12 - колонка деаэрата; 13 - водораспределитель; 14 - основной конденсат; 15 - парораспределитель; 16 - регулятор давления пара в деаэраторе; 17 - греющий пар; 18 - регулятор перелива (у деаэрата повышенного давления); 19 - клапан регулятора перелива; 20 - слив воды из деаэрата.

Конструкции водо- и парораспределителей могут быть различные. Между ними размещается активная зона колонки, которая в зависимости от типа деаэрата выполняется также по-разному. Здесь происходит подогрев воды и ее деаэрация (массообмен). В самой верхней части колонки имеется штуцер, к которому присоединяется линия выпара. Выпаром называется смесь выделившихся из воды газов и небольшого количества пара, подлежащая эвакуации из деаэрата. Выпар обеспечивает вентиляцию колонки и для нормальной работы деаэрата его расход (по пару) должен составлять не менее 1-2 кг, а при наличии в исходной воде значительного количества свободной или связанной углекислоты - 2 - 3 кг на 1 т деаэрируемой воды. Для уменьшения потерь теплоты и теплоносителя выпар деаэрата поступает в охладитель выпара, где большая часть содержащегося в нем пара конденсируется и возвращается в цикл ТЭС. Теплота конденсации выпара используется для подогрева одного из потоков поступающей в деаэратор воды, температура которой на входе в охладитель выпара не должна превышать 60 - 70

°C. В противном случае не будет обеспечена эффективная конденсация пара, поскольку его охладитель имеет свободный выход в атмосферу и давление в его корпусе лишь немного превышает атмосферное.

Процесс удаления углекислоты из воды

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни; ознакомиться с процессами удаления углекислоты из воды.

Студент должен: уметь осуществлять процесс удаления углекислоты из воды; знать основные процессы удаления углекислоты из воды

Газами, удаление которых чаще всего необходимо в процессе водоподготовки, являются; углекислота, кислород и сероводород. Все эти три газа относятся к коррозионно-агрессивным газам, обуславливающим или усиливающим процессы коррозии металлов. Углекислота, кроме того, агрессивна и по отношению к бетону. Комплекс мероприятий, связанных с удалением из воды растворенных в ней газов, называется дегазацией воды. Существуют химические и физические методы дегазации воды. Сущность первых заключается в применении определенных реагентов, которые связывают растворенные в воде газы. Сущность физических методов удаления из воды растворенных газов заключается в следующем: вода, содержащая удаляемый газ, приводится в соприкосновение с воздухом, если парциальное давление удаляемого газа в воздухе близко к нулю; либо создаются условия, при которых растворимость газов в воде становится близкой к нулю.

При помощи первого приема, т.е. при помощи аэрации из воды обычно удаляется свободная углекислота, поскольку парциальное давление этого газа в атмосферном воздухе близко к нулю. При помощи второго приема, т.е. при помощи деаэрации из воды обычно удаляется растворенная углекислота, поскольку парциальное давление этого газа в атмосферном воздухе близко к нулю.

Конструкция и принцип работы катионного фильтра

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни; ознакомиться с конструкцией и принципом работы катионного фильтра

Студент должен: уметь осуществлять процесс работы катионного фильтра; знать конструкцию и принцип работы катионного фильтра.

По теории электролитической диссоциации молекулы некоторых веществ находящихся в водном растворе распадаются на положительно и отрицательно заряженные ионы – катионы и анионы. При прохождении такого раствора через фильтр, содержащий трудно растворимый материал (катионит), способный к поглощению катионов раствора, в том числе Ca и Mg, и выделяющий вместо них из своего состава катионы Na или H, происходит водоумягчение. Вода почти полностью освобождается от Ca и Mg, и ее жесткость понижается до 0,1°.

Na– катионирование. При этом способе растворенные в воде соли кальция и магния при фильтрации через катионитовый материал обмениваются Ca и Mg на Na; в итоге получаются только натриевые соли, обладающие большей растворимостью. Формула катионитового материала условно обозначается буквой R. Катионитовыми материалами являются: глауконит, сульфоуголь и синтетические смолы. Наибольшим распространением в настоящее время пользуется сульфоуголь, который получается после обработки бурого или каменного угля дымящейся серной кислотой. Емкостью катионитового материала называется предел его обменной способности, после чего в результате израсходования катионов Na их требуется восстанавливать путем регенерации. Емкость измеряется тонна – градусами (т-град) накипеобразователей, считая на 1м³ катионитового материала. Тонна – градусы получаются в результате перемножения расхода очищаемой воды, выраженного в тоннах, на жесткость этой воды в градусах жесткости. Регенерация производится 5 – 10%-ным раствором поваренной соли, пропускаемым через катионитовый материал. Характеристикой особенностью Na– катионирования является отсутствие солей, выпадающих в осадок. Анионы солей жесткости целиком направляются в котел. Это обстоятельство вызывает необходимость повышения количества продувочной воды. Умягчение воды при Na–

катионировании получается достаточно глубокое, жесткость питательной воды может, доводится до 0° (практически $0,05\text{--}01^\circ$), щелочность же не отличается от карбонатной жесткости исходной воды. К недостаткам Na – катионирования следует отнести получение повышенной щелочности в тех случаях, когда имеется значительное количество солей временной жесткости в исходной воде. Ограничивается одним Na – катионированием возможно при карбонатной жесткости воды, не превышающей $3\text{--}6^\circ$. В противном случае приходится значительно увеличивать количество продувочной воды, что будет создавать уже большие тепловые потери. Обычно количество продувочной воды не превышает $5\text{--}10\%$ от общего ее расхода, идущего на питание котла.

H – Na – катионирование. Если катионитовый фильтр, наполненный сульфоглем, регенерировать не раствором поваренной соли, а раствором серной кислоты, то обмен будет происходить между катионами Ca и Mg , находящимися в очищаемой воде, и катионами H сульфогля. Вода, подготовленная таким образом, также имея ничтожно малую жесткость, одновременно получает кислую и таким образом, непригодна для питания паровых котлов, причем кислотность воды равна некарбонатной жесткости воды. Комбинируя совместно Na и H – катионитовое водоумягчение, можно получить хорошие результаты. Жесткость воды, приготовленной $\text{H}\text{--Na}$ – катионитовым способом, не превышает $0,1^\circ$ при щелочности $4\text{--}5^\circ$.

Конструкция и принцип работы анионитного фильтра

Цель: закрепить пройденный материал; успешное использование приобретенных умений в реальной жизни; ознакомиться конструкцией и принципом работы анионитного фильтра

Студент должен: уметь осуществлять процесс работы анионитного фильтра; знать конструкцию и принцип работы анионитного фильтра.

Конструкция и принцип работы анионитных фильтров аналогичны катионитным фильтрам. В качестве анионита (фильтрующего материала) в настоящее время на современных водоподготовительных установках применяются: синтетические смолы АН-31 АВ-17

Кодификатор (примерный перечень) оценочных средств для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенций

<i>№ п/п Код оценочного средства</i>	<i>Тип оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного средства в фонде</i>
1.	Деловая и/или ролевая игра	Совместная деятельность группы обучающихся и преподавателя под управлением преподавателя с целью решения учебных и профессионально-ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение анализировать и решать типичные профессиональные задачи	Тема (проблема), концепция, роли и ожидаемый результат
2.	Кейс-задача	Учебный материал подается студентам в виде проблем (кейсов), в которых обучающимся предлагается осмыслить реальную профессиональную ситуацию для решения данной проблемы. Знания приобретаются в результате активной и творческой работы: самостоятельного осуществления целеполагания, сбора необходимой информации, ее анализа с разных точек зрения, выдвижения гипотезы, выводов, заключения, самоконтроля процесса получения знаний и его результатов.	Задания для решения кейс - задачи
3.	Опрос	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам / разделам дисциплины или профессионального модуля
4.	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
5.	Круглый стол, дискуссия, диспут, дебаты	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения	Перечень дискуссионных тем для проведения круглого стола, дискуссии, диспута, дебатов
6.	Портфолио	Целевая подборка работ студента, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения в одной или нескольких учебных дисциплин, в профессиональном модуле.	Структура портфолио

7.	Проект	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Тема групповых и/или индивидуальных проектов
8.	Рабочая тетрадь	Дидактический комплекс, предназначенный для самостоятельной работы обучающегося и позволяющий оценивать уровень усвоения им учебного материала	Образец рабочей тетради
9.	Разноуровневые учебные задачи и задания	Различают задачи и задания: а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определённого раздела дисциплины; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей; в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения	Комплект разноуровневых задач и заданий
10.	Расчетно-графическая работа	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы
11.	Реферат	Продукт самостоятельной работы	Темы рефератов

		студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	
12.	Доклад, сообщение	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной темы.	Темы докладов, сообщений
13.	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объёма знаний обучающегося по определённому разделу, теме, проблеме и т. п.	Вопросы по темам / разделам дисциплины
14.	Творческое задание	Частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся	Темы групповых и/или индивидуальных творческих заданий
15.	Тест	Средство контроля, направленное на проверку уровня освоения контролируемого теоретического и практического материала по дидактическим единицам дисциплины или профессионального модуля. Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающихся	Фонд тестовых заданий
16.	Эссе	Средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленной проблемы, самостоятельно проводить анализ этой проблемы.	Тематика эссе
17.	Практические работы (практическое задание)	Это задания, с помощью которых у учащихся формируются и развиваются правильные практические действия.	Виды: наблюдение, измерение, опыт, конструирование и др. задания для практических

			работ
18.	Лабораторные работы	Это проведение учащимися по заданию преподавателя опытов с использованием приборов, применением инструментов и других технических приспособлений.	Задания для лабораторных работ
19.	Тренажёр	Техническое средство, которое может быть использовано для контроля приобретённых студентом профессиональных навыков и умений по управлению конкретным материальным объектом	Комплект заданий для работы на тренажёре
20.	Отчеты по практикам	Средство контроля, позволяющая обучающемуся продемонстрировать обобщенные знания, умения и практический опыт, приобретенные за время прохождения учебной и производственной практик. Отчеты по практикам позволяют контролировать в целом усвоение ОК и ПК обозначенных в ППСЗ.	Виды работ и задания на учебную и производственную практику
21.	Контент-анализ документации	Анализ и оценка в соответствии с критериями документов (журналов теоретического и производственного обучения, характеристик, творческих работ, дневников и отчетов по практике, ВКР и др.), свидетельствующих об уровне компетентности обучающегося.	Перечень документов подлежащих анализу, критерии оценки
22.	Наблюдение	Инструмент сбора информации для установления фактов	Цель, объекты наблюдения, образец листа для фиксирования результатов наблюдения
23.	Задание на ВКР (дипломный проект, дипломная работа)	Перечень основных вопросов, которые должны быть раскрыты в работе, а также указания на основные информационные источники.	ВКР по специальности СПО
24.	Экзамен	Средство контроля усвоения учебного материала дисциплины, организованное в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по темам МДК