

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ЭИТУС  
канд. техн. наук, доц. Белюсов А.В.  
« 20 » 05 / 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)

**Физическая химия. Основы водоподготовки**

Направление подготовки (специальность):

**13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направленность программы (профиль, специализация):

**Энергообеспечение предприятий**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Институт: Энергетики, информационных технологий и управляющих систем



Кафедра: Энергетики теплотехнологии

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 143;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составители: канд. техн. наук, доц.  
ст.преп.

 (Ю.В. Васильченко)  
 (Е.А. Беловодский)

Рабочая программа обсуждена на заседании энергетики  
теплотехнологии

« 22 » 04 20 21 г., протокол № 8


Заведующий кафедрой  
Энергетики теплотехнологии  
канд. техн. наук, доцент

 (Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » 05 20 21 г., протокол № 9

Председатель  
канд. техн. наук, доцент

 (А.Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции по типам задач профессиональной деятельности (производственно-технологический)	ПК-4 Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	ПК-4.1 Анализирует функции, а также параметры и характеристики рабочих процессов объектов профессиональной деятельности и определяет их место и назначение в технологической схеме производства продукции	<b>Знать:</b> Основные свойства и характеристики природной и оборотной воды и требования к качеству питьевой воды. содержание расчетов и методы подбора ВПУ и основных методов водоподготовки <b>Уметь:</b> Рассчитывать концентрацию и основные показатели качества воды, а также пользоваться методиками и расчетными уравнениями в том числе, нормами гидравлического расчета котельных агрегатов <b>Владеть:</b> навыками проектирования простых циркуляционных контуров ПГ, составления материальных и тепловых балансов ВПУ

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Компетенция ПК-4** Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Гидрогазодинамика
2	Тепломеханическое оборудование промышленных предприятий
3	Компьютерные технологии в теплоэнергетике
4	Основы конструирования теплотехнического оборудования
5	Котельные установки и парогенераторы
6	Системы автоматизированного проектирования теплоэнергетического оборудования
7	Физико-химические основы водоподготовки

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	72	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	91	36	55
лекции	34	17	17
лабораторные	17	17	-
практические	34	-	34
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	89	36	53
Курсовой проект	–	–	-
Курсовая работа	–	–	-
Расчетно-графическое задание	-	-	-
Индивидуальное домашнее задание	18	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	58	36	53
Зачёт, экзамен	36	18	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 3 Семестр 5,6

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Введение. Применение воды в теплоэнергетике. Показатели качества воды</b>					
	Общие сведения о воде. Анализы воды и их проверка. Роль примесей воды при её использовании в энергетике.	3	2		3
	Вода, как исходное технологическое сырьё для котельной установки, теплоноситель и охлаждающая среда для теплотехнологических агрегатов предприятий. Источники загрязнения и методы обработки воды на ТЭС и АЭС.	3	3		7
	Характеристика качества стационарных конденсатов. Физико-химические показатели качества воды.	3	3	6	10
	Технологические показатели качества воды. Нормирование чистоты воды для котельных установок	2	2	2	10
<b>2. Основные схемы обработки питательной воды. Очистка высокоминерализованных сточных вод</b>					
	Очистка воды методами коагуляции и известкования. Очистка воды фильтрованием. Обработка воды методами ионного обмена и схемы ионитовых установок.	5	5	6	8
	Термическое обессоливание воды. Удаление из воды растворенных газов. Обработка воды систем охлаждения.	4	4		7
	Электродиализ. Комплексная очистка высокоминерализованных сточных вод	2	2		8
	Примеси сточных вод теплоэнергетических предприятий и их влияние на окружающую среду. Обратный осмос.	2	2		7
<b>3. Водоподготовительное оборудование. Методология проектирования и инженерных расчетов в водоподготовке</b>					
	Оборудование предочистки. Оборудование технологических схем ионирования.	2	3		6
	Сведения о пуске, наладке, эксплуатации водоподготовительных установок (ВПУ)	2	2		5
	Основы проектирования систем водоочистки. Проектирование установок очистки конденсата	3	3		10
	Проектирование схем ВПУ.	3	3	3	9
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>89</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 6				
1	Общие сведения о воде. Анализы воды и их проверка. Роль примесей воды при её использовании в энергетике.	Расчет различных видов жесткости воды.	2	2
2	Характеристика качества станционных конденсатов. Физико-химические показатели качества воды.	Расчет «окисляемости» воды, динамической емкости катионита, определение щелочности.	2	2
3	Технологические показатели качества воды. Нормирование чистоты воды для котельных установок	Расчет механических фильтров	2	2
4	Очистка воды методами коагуляции и известкования. Очистка воды фильтрованием. Обработка воды методами ионного обмена и схемы ионитовых установок.	Расчет ионных фильтров	2	2
5	Термическое обессоливание воды. Удаление из воды растворенных газов. Обработка воды систем охлаждения.	Расчет декарбонизатора с насадкой из колец Рашига	2	2
6	Электродиализ. Комплексная очистка высокоминерализованных сточных вод	Расчет электродиализной установки	2	2
7	Оборудование предочистки. Оборудование технологических схем ионирования.	Расчет фильтров смешанного действия  Расчет обессоливающей установки с блочным включением фильтров (расчет «цепочек»)	2	2
8	Основы проектирования систем водоочистки.	Расчет установки химического обессоливания с параллельным включением фильтров	3	3
ИТОГО:			17	17
			ВСЕГО:	34

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 5				
1	Характеристика качества станционных конденсатов. Физико-химические показатели качества воды.	Определение жесткости воды (общей и карбонатной)	4	4
2	Технологические показатели качества воды. Нормирование чистоты воды для котельных установок	Определение концентрации комплексона в воде.	4	4
		Определение щелочности	3	3
3	Очистка воды методами коагуляции и известкования. Очистка воды фильтрованием. Обработка воды методами ионного обмена и схемы ионитовых установок. Проектирование схем ВПУ	Определение содержания железа в питательной (водопроводной) воде	4	4
		Определение прозрачности воды	2	2
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:				34

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

– учебным планом не предусмотрены

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом предусмотрено выполнение индивидуального домашнего задания. Тема индивидуального домашнего задания:

Гидравлический расчет простого циркуляционного контура парогенератора.

Цель индивидуального домашнего задания: изучение студентами методики и приобретение навыков гидравлического расчета простого контура барабанных парогенераторов различных типов, работающих на органическом топливе в соответствии с НГР котельных агрегатов.

индивидуальное домашнее задание включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Расчетно-пояснительная записка состоит из следующих разделов:

1. Подготовка исходных данных
2. Гидравлический расчет:
  - а) расчет циркуляционного контура;

- б) расчет действительных значений полезного напора и скорости циркуляции;
- г) проверка исходных данных;
- д) проверка наличия опасных режимов циркуляции.

Графическая часть представляет собой один лист формата А4, содержащий схему контура циркуляции

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **5.1. Реализация компетенций**

**1.Компетенция ПК-4** Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-4.1 Анализирует функции, а также параметры и характеристики рабочих процессов объектов профессиональной деятельности и определяет их место и назначение в технологической схеме производства продукции	устный опрос и собеседование по контрольным вопросам ЭКЗАМЕН

### **5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации**

#### **5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
-------	---------------------------------	---------------------------------------



1	<p>Общие сведения о воде. Анализы воды и их проверка. Роль примесей воды при её использовании в энергетике.</p> <p>Вода, как исходное технологическое сырьё для котельной установки, теплоноситель и охлаждающая среда для теплотехнологических агрегатов предприятий.</p> <p>Источники загрязнения и методы обработки воды на ТЭС и АЭС.</p> <p>Характеристика качества станционных конденсатов. Физико-химические показатели качества воды.</p> <p>Технологические показатели качества воды.</p> <p>Нормирование чистоты воды для котельных установок</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Поступление примесей в воду</li> <li>- Классификация, характеристика вод и их примесей</li> <li>- Характеристика ионизированных примесей</li> <li>- Кремнесодержащие соединения и органические примеси</li> <li>- Закономерности изменения количественного состава примесей по районам и сезонам для поверхностных и подземных вод</li> <li>- Технологические, качественные показатели воды</li> <li>- Биологические показатели качества воды</li> <li>- Применение воды в теплоэнергетике</li> <li>- Принципиальные схемы обращения воды в тракте</li> <li>- Источники загрязнения</li> <li>- Влияние примесей воды на надежность работы теплоэнергетического оборудования</li> <li>- Выбор водоисточников и производительности ВПУ</li> <li>- Классификация и выбор технологических процессов обработки воды</li> <li>- Взвешенные примеси</li> <li>- Мутность и прозрачность</li> <li>- Запах</li> <li>- Вкус и привкус</li> <li>- Цветность</li> <li>- Минерализация</li> <li>- Электропроводимость</li> <li>- Жесткость</li> <li>- Щелочность</li> <li>- Органические вещества</li> <li>- Окисляемость перманганатная</li> <li>- Окисляемость бихроматная</li> <li>- Биохимическая потребность в кислороде</li> <li>- Общий органический углерод</li> <li>- Растворенный кислород</li> <li>- Водородный показатель (рН)</li> <li>- Тяжелые металлы.</li> </ul>
2	<p>Очистка воды методами коагуляции и известкования. Очистка воды фильтрованием.</p> <p>Обработка воды методами ионного обмена и схемы ионитовых установок.</p> <p>Термическое обессоливание воды.</p> <p>Удаление из воды растворенных газов.</p> <p>Обработка воды систем охлаждения.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Очистка воды методом коагуляции</li> <li>- Осаждение методом известкования и содоизвесткования</li> <li>- Фильтрование воды на механических фильтрах</li> <li>- Физико-химические основы ионного обмена</li> <li>- Ионообменные материалы и их характеристики</li> <li>- Технология ионного обмена</li> <li>- Малосточные схемы ионитных водоподготовок</li> <li>- Автоматизация водоподготовительных установок</li> <li>- Перспективные технологии водоочистки</li> <li>- Основные принципиальные схемы ВПУ</li> <li>- Технологический расчет фильтров</li> <li>- Очистка воды от растворенных газов</li> <li>- Удаление свободной углекислоты</li> <li>- Удаление кислорода физико-химическими методами</li> <li>- Деаэрация в деаэраторах атмосферного и пониженного давления</li> </ul>
3	<p>Электродиализ.</p> <p>Комплексная очистка высокоминерализованных сточных вод.</p> <p>Примеси сточных вод теплоэнергетических предприятий и их влияние на окружающую среду.</p> <p>Обратный осмос.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Очистка высокоминерализованных вод</li> <li>- Обратный осмос</li> <li>- Электродиализ</li> <li>- Условия применения обратного осмоса</li> <li>- Методы организации процесса электродиализа</li> <li>- Технологические особенности мембран и аппаратов</li> <li>- Конструкции и схемы</li> <li>- Условия применения метода электродиализа</li> <li>- Основные технологические параметры электрохимических методов</li> <li>- Электрохимическое обеззараживание воды</li> <li>- Электрокоагуляция</li> <li>- Электрофлотация</li> </ul>
4	<p>Оборудование предочистки.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Предварительная очистка воды и физико-химические процессы</li> <li>- Фильтрующие зернистые материалы для осветления и сорбции воды</li> </ul>

	Оборудование технологических схем ионирования. Сведения о пуске, наладке, эксплуатации водоподготовительных установок (ВПУ)	- Активные угли и другие углеродные сорбенты - Цеолиты - Антрациты - Характеристики фильтрующих материалов -Иониты и их свойства - Расчет механических фильтров - Расчет ионитных фильтров -Пуск, наладка и эксплуатация ВПУ
5	Основы проектирования систем водоочистки. Проектирование установок очистки конденсата. Проектирование схем ВПУ.	-Основы проектирования водоподготовительных установок -Выбор источника водоснабжения -Выбор схемы водоподготовки в зависимости от качества исходной воды и типа парогенератора -Показатели качества воды после отдельных стадий ее обработки -Определение производительности ВПУ -Принципы компоновки аппаратуры ВПУ -Исходные положения для технико-экономических расчетов при проектировании ВПУ

### 5.2.2 Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

– учебным планом не предусмотрены

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Для оценки сформированности компетенции ПК-4:

#### Задача

Анализ сырой воды следующий (в мг/л):  $\text{Na}^+ = 73,6$ ;  $\text{Ca}^{2+} = 74,7$ ;  $\text{Mg}^{2+} = 19,5$ ;  $\text{NH}_4^+ = 3,8$ ;  $\text{SO}_4^{2-} = 231,8$ ;  $\text{Cl}^- = 59,0$ ;  $\text{NO}_2^- = 0,03$ ;  $\text{NO}_3^- = 0,98$ ; жесткость  $J_0 = 5,33$  мг-экв/л, щелочность  $\text{Щ}_0 = 2,24$  мг-экв/л. Проверить точность выполнения анализа.

#### Задача

Жесткость питательной воды составляет 10 мкг-экв/л. Какую концентрацию  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (г/л) необходимо создать в этой воде, чтобы при приведенной величине жесткости выпал осадок  $\text{CaCO}_3$ , если считать, что жесткость является кальциевой и температура воды равна  $25^\circ\text{C}$ ?

#### Задача

Карбонатная щелочность известкованной воды составляет 0,4 мг-экв/л. Определить избыток в воде  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , если общая щелочность воды равна 0,7 мг-экв/л.

### Задача

При анализе речной воды установлено следующее содержание в ней ионов, мг/л:  $\text{Na}^+ = 52,2$ ;  $\text{Ca}^{2+} = 57,4$ ;  $\text{Mg}^{2+} = 18$ ;  $\text{SO}_4^{2-} = 161$ ;  $\text{Cl}^- = 35$ ; бикарбонатов в пересчете на  $\text{CO}_3^{2-} = 68,4$ . Выразить состав воды в мг-экв/л.

### Задача

В трубопровод, по которому протекает  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  воды, содержащей 1 мг-экв/л хлор-иона, дозируется 5%-й раствор поваренной соли с плотностью 1,04 в количестве 2 л/мин. Определить: а) прирост концентрации; б) суммарную концентрацию хлор-иона в воде в мг-экв/л.

### Задача

Котел паропроизводительностью 200 т/ч питают водой, кальциевая жесткость которой 10 мг-экв/л. Определить суточное количество (кг) вносимого в котел шлама в предположении, что кальций выпадает в форме гидроксилата. Продувка котла равна 3%.

### Задача

Соединения железа, попадая в котел, выпадают в осадок и образуют так называемые железистоокисные отложения, способные прикипать к поверхности труб, генерирующих пар. Считается, что содержание Fe в питательной воде котлов среднего давления не должно превышать 0,07 мг/л. Определить количество  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , которое может быть нанесено в котел паропроизводительностью 150 т/ч, при давлении 3,8 МПа (39 ат) за период работы 7500 ч и при указанной концентрации железа в питательной воде. Коэффициент накопления загрязнений  $K_z$  принять равным единице, а величину продувки 4%.

**Промежуточная аттестация** осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме экзамена.

### Индивидуальное домашнее задание.

**Тема индивидуального - домашнего задания:** Гидравлический расчет простого циркуляционного контура парогенератора

**Цель индивидуального - домашнего задания:** изучение студентами методики и приобретение навыков гидравлического расчета простого контура барабанных парогенераторов различных типов, работающих на органическом топливе в соответствии с НГР котельных агрегатов

**Структура и требования к оформлению задания.** Индивидуальное домашнее задание включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Расчетно-пояснительная записка оформляется на листах формата А4 (с одной стороны листа). Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- сведения о студенте, выполняющем работу: фамилия, инициалы, группа;
- задание на выполнение расчетно-графического задания, подписанное студентом и преподавателем;
- подготовка исходных данных
- расчет циркуляционного контура
- расчет действительных значений полезного напора и скорости циркуляции;
- проверка исходных данных
- проверка наличия опасных режимов циркуляции
- выводы и заключение.

В записке даются краткие указания, обоснования и соответствующие пояснения по выбираемым величинам, помещаются сводные таблицы данных расчета.

Графическая часть представляет собой один лист формата А4, содержащий схему простого циркуляционного контура.

Отметка о допуске работы к защите получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки и графической части (согласно заданию на выполнение расчетно-графического задания).

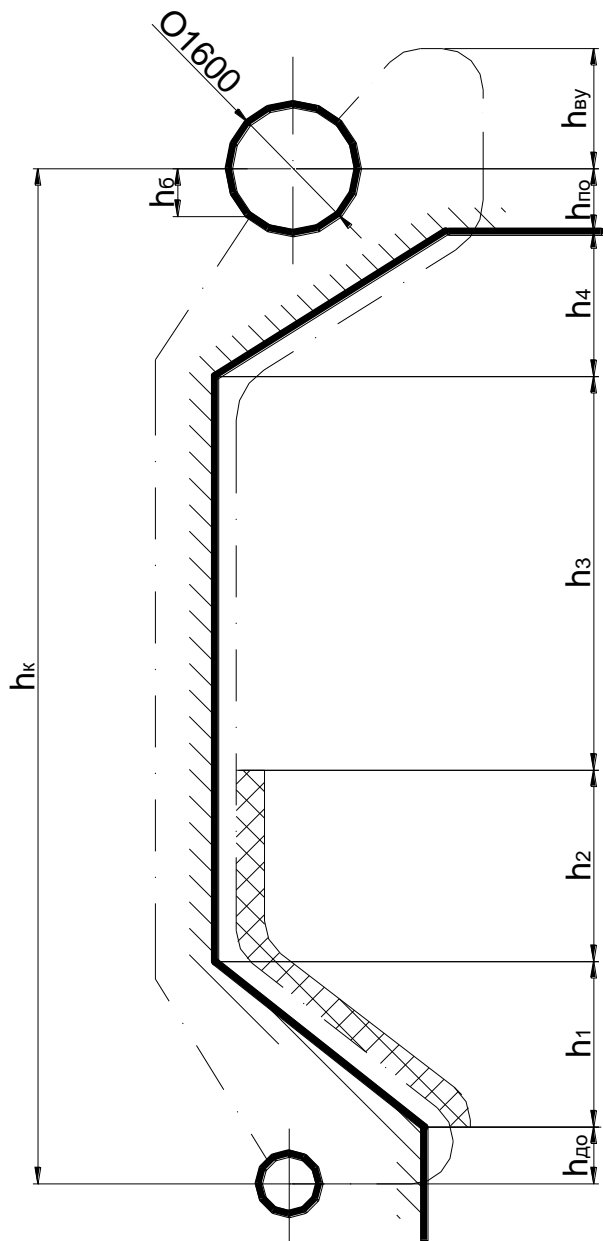
Защита работы происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которой проверяется знание студентом назначения и методики выполненных расчетов, способность анализировать результаты, полученные в ходе расчетов.

#### *Типовой вариант задания*

Произвести гидравлический расчет простого контура циркуляции парогенератора для следующих условий работы:

#### **Исходные данные**

### Контур 4. Задний экран газомазутного ПГ.



<b>4.2</b>	11	1340	21	0,064	0,005	60	1,2	170	0	55	0	Мазут
Вар.	$P,$ $Mпа$	$l_{эк},$ $кДж/кг$	$h_k,$ $м$	$d_n,$ $м$	$s_n,$ $м$	$n_n,$ $шт$	$\sigma_n$	$q_n$	$q_\phi$	$q_{от}$	$q_{оп}$	Топл.
								$кДж/м^2 с$				
Сем.	Расчетно-графическое задание по дисциплине Физико-химические основы водоподготовки											
Группа												
Студ.	Расчет простого контура циркуляции парогенератора										БГТУ им.Шухова каф ЭТ	
Препод.												
Зав.каф.												

Оценка	Критерии оценивания
5	Задание выполнено полностью согласно выданному заданию. Расчеты, представленные в расчетно-пояснительной записке, выполнены безошибочно, корректно определены термодинамические характеристики рабочей среды, геометрические характеристики элементов контура, тепловые и гидравлические характеристики поверхностей нагрева, сформулированы полные, обоснованные и аргументированные выводы. Графическая часть выполнена правильно, аккуратно, в соответствии с требованиями нормативных документов. Оформление работы полностью соответствует предъявляемым требованиям. В процессе защиты работы студентом демонстрируется понимание цели и задач расчета, знание методики расчета, расчетных зависимостей, способность анализировать результаты, полученные в ходе расчетов.
4	Задание выполнено полностью согласно выданному заданию. Расчеты, представленные в расчетно-пояснительной записке, выполнены безошибочно, определены термодинамические характеристики рабочей среды, геометрические характеристики элементов контура, тепловые и гидравлические характеристики поверхностей нагрева, сформулированы выводы. Графическая часть выполнена правильно, аккуратно, в соответствии с требованиями нормативных документов. Оформление работы в целом соответствует предъявляемым требованиям. В процессе защиты работы студентом демонстрируется понимание цели и задач расчета, знание в целом методики расчета, основных расчетных зависимостей, допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов, полученных в ходе расчетов.
3	Задание выполнено полностью согласно выданному заданию. Расчеты, представленные в расчетно-пояснительной записке, содержат незначительные ошибки при определении термодинамических характеристик рабочей среды, геометрических характеристик элементов контура, тепловых и гидравлических характеристик поверхностей нагрева, сформулированы выводы. Графическая часть выполнена правильно, но содержит незначительные недочеты. Оформление работы в целом соответствует предъявляемым требованиям. В процессе защиты работы студентом демонстрируется понимание цели и задач расчета, знание в целом методики расчета, допускаются незначительные неточности при описании основных расчетных зависимостей, анализ результатов, полученных в ходе расчетов, проводится только при помощи преподавателя.
2	Задание выполнено не полностью и/или не соответствует выданному заданию. Расчеты, представленные в расчетно-пояснительной записке, содержат существенные ошибки, неправильно определены термодинамические характеристики рабочей среды, геометрические характеристики элементов контура, тепловые и гидравлические характеристики поверхностей нагрева, не сформулированы выводы. Графическая часть выполнена неправильно, неаккуратно, не содержит важную информацию. Оформление работы не соответствует предъявляемым требованиям. В процессе защиты работы студентом не демонстрируется понимание цели и задач расчета, студент не знает методику расчета, допускаются ошибки при описании основных расчетных зависимостей.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена

**Оценка сформированности компетенции ПК-4** Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства

**Критериями оценивания достижений показателей являются:**

Знания	<p>Знание основных источников, научно-технической информации и нормативных документов, регламентирующих требования к качеству питательной и подпиточной воды и критерии для оценки состояния теплотехнологического оборудования с точки зрения коррозии, накипе- и солеотложений;</p> <p><b>Знание</b> способов выражения концентрации растворов и нормы качества питательной, подпиточной, сетевой воды и пара</p>
Умения	<p>Умение самостоятельно осуществлять поиск справочных данных,</p> <p>Умение осуществлять определение физических характеристик рабочего тела, соответствующих его параметрам состояния,</p> <p>Умение обеспечение достижения экономичного и надежного водного режима энергообъектов путем изыскания и внедрения соответствующих способов подготовки воды и организации внутрикотловых процессов;</p> <p>Умение анализировать особенности водно-химического режима, с отражением действующих норм на качество питательной воды, пара, возвратного конденсата</p>
Навыки	<p>Владение навыками пользования учебной, нормативной, справочной и методической литературой;</p> <p>Владение навыками представления о физико-химических процессах водоподготовки, образования отложений и коррозионных повреждениях металла, которые протекают в водяных и паровых трактах современного теплоэнергетического оборудования, тепловых сетях, и необходимыми сведениями о практических способах их предотвращения;</p> <p>Владение навыками методик по определению важнейших показателей качества воды и отложений</p>

**Оценка сформированности компетенции ПК-4 по показателю Знания**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание основных источников, научно-технической информации и нормативных документов, регламентирующих требования к	Не знает основных источников, научно-технической информации и нормативных документов, регламентирующих	Знает основных источников, научно-технической информации и нормативных документов, регламентирующих	Знает основных источников, научно-технической информации и нормативных документов, регламентирующих	Знает в полном объеме и на высоком уровне основных источников, научно-технической информации

качеству питательной и подпиточной воды и критерии для оценки состояния теплотехнологического оборудования с точки зрения коррозии, накипе- и солеотложений;	требования к качеству питательной и подпиточной воды и критерии для оценки состояния теплотехнологического оборудования с точки зрения коррозии, накипе- и солеотложений;	требования к качеству питательной и подпиточной воды и критерии для оценки состояния теплотехнологического оборудования с точки зрения коррозии, накипе- и солеотложений, но совершает ошибки,	требования к качеству питательной и подпиточной воды и критерии для оценки состояния теплотехнологического оборудования с точки зрения коррозии, накипе- и солеотложений; в полном объеме и на хорошем уровне	и нормативных документов, регламентирующих требования к качеству питательной и подпиточной воды и критерии для оценки состояния теплотехнологического оборудования с точки зрения коррозии, накипе- и солеотложений;
Знания способов выражения концентрации растворов и нормы качества питательной, подпиточной, сетевой воды и пара	Не знает способов выражения концентрации растворов и нормы качества питательной, подпиточной, сетевой воды и пара	Знает способы выражения концентрации растворов и нормы качества питательной, подпиточной, сетевой воды и пара, но совершает ошибки	Знает способы выражения концентрации растворов и нормы качества питательной, подпиточной, сетевой воды и пара, в полном объеме и на хорошем уровне	Знает в полном объеме и на высоком уровне способы выражения концентрации и растворов и нормы качества питательной, подпиточной, сетевой воды и пара

**Оценка сформированности компетенции ПК-4 по показателю Умения**



Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение самостоятельно осуществлять поиск справочных данных	Не умеет самостоятельно осуществлять поиск справочных данных	Умеет самостоятельно осуществлять поиск справочных данных, но допускает ошибки	Умеет самостоятельно осуществлять поиск справочных данных в полном объеме и на хорошем уровне	Умеет в полном объеме и на высоком уровне самостоятельно осуществлять поиск справочных данных
Умение осуществлять определение физических характеристик рабочего тела, соответствующих его параметрам состояния	Не умеет осуществлять определение физических характеристик рабочего тела, соответствующих его параметрам состояния	Умеет осуществлять определение физических характеристик рабочего тела, соответствующих его параметрам состояния, но допускает ошибки	Умеет осуществлять определение физических характеристик рабочего тела, соответствующих его параметрам состояния в полном объеме и на хорошем уровне	Умеет в полном объеме и на высоком уровне осуществлять определение физических характеристик рабочего тела, соответствующих его параметрам состояния
Умение обеспечение достижения экономичного и надежного водного режима энергообъектов путем изыскания и внедрения соответствующих способов	Не умеет обеспечивать достижение экономичного и надежного водного режима энергообъектов путем изыскания и внедрения	Умеет обеспечивать достижение экономичного и надежного водного режима энергообъектов путем изыскания и внедрения	Умеет обеспечивать достижение экономичного и надежного водного режима энергообъектов путем изыскания и внедрения	Умеет в полном объеме и на высоком уровне обеспечивать достижение экономичного и надежного водного режима

подготовки воды и организации внутрикотловых процессов;	соответствующим способам подготовки воды и организации внутрикотловых процессов;	соответствующим способам подготовки воды и организации внутрикотловых процессов, но допускает ошибки	соответствующим способам подготовки воды и организации внутрикотловых процессов в полном объеме и на хорошем уровне	энергообъекто в путем изыскания и внедрения соответствующих способов подготовки воды и организации внутрикотловых процессов
Умение анализировать особенности водно-химического режима, с отражением действующих норм на качество питательной воды, пара, возвратного конденсата	Не умеет анализировать особенности водно-химического режима, с отражением действующих норм на качество питательной воды, пара, возвратного конденсата	Умеет анализировать особенности водно-химического режима, с отражением действующих норм на качество питательной воды, пара, возвратного конденсата, но допускает ошибки	Умеет анализировать особенности водно-химического режима, с отражением действующих норм на качество питательной воды, пара, возвратного конденсата в полном объеме и на хорошем уровне	Умеет в полном объеме и на высоком уровне анализировать особенности водно-химического режима, с отражением действующих норм на качество питательной воды, пара, возвратного конденсата

### Оценка сформированности компетенции ПК-4 по показателю **Навыки**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками пользования учебной, нормативной, справочной и методической литературой;	Не владеет навыками пользования учебной, нормативной, справочной и методической литературой;	Владеет навыками пользования учебной, нормативной, справочной и методической литературой, но совершает ошибки	Владеет навыками пользования учебной, нормативной, справочной и методической литературой; в полном объеме и на	Владеет в полном объеме и на высоком уровне навыками пользования учебной, нормативной, справочной и

			хорошем уровне	методической литературой;
Владение навыками представления о физико-химических процессах водоподготовки, образования отложений и коррозионных повреждениях металла, которые протекают в водяных и паровых трактах современного теплоэнергетического оборудования, тепловых сетях, и необходимыми сведениями о практических способах их предотвращения;	Не владеет навыками представления о физико-химических процессах водоподготовки, образования отложений и коррозионных повреждениях металла, которые протекают в водяных и паровых трактах современного теплоэнергетического оборудования, тепловых сетях, и необходимыми сведениями о практических способах их предотвращения	Владеет навыками представления о физико-химических процессах водоподготовки, образования отложений и коррозионных повреждениях металла, которые протекают в водяных и паровых трактах современного теплоэнергетического оборудования, тепловых сетях, и необходимыми сведениями о практических способах их предотвращения, но допускает ошибки	Владеет навыками представления о физико-химических процессах водоподготовки, образования отложений и коррозионных повреждениях металла, которые протекают в водяных и паровых трактах современного теплоэнергетического оборудования, тепловых сетях, и необходимыми сведениями о практических способах их предотвращения в полном объеме и на хорошем уровне	Владеет в полном объеме и на высоком уровне навыками представления о физико-химических процессах водоподготовки, образования отложений и коррозионных повреждениях металла, которые протекают в водяных и паровых трактах современного теплоэнергетического оборудования, тепловых сетях, и необходимыми сведениями о практических способах их предотвращения;
Владение методиками по определению важнейших показателей качества воды и	Не владеет методиками по определению важнейших показателей	Владеет методиками по определению важнейших показателей	Владеет методиками по определению важнейших показателей	Владеет в полном объеме и на высоком уровне методиками

отложений	качества воды и отложений	качества воды и отложений, но допускает ошибки	качества воды и отложений в полном объеме и на хорошем уровне	по определению важнейших показателей качества воды и отложений
-----------	---------------------------	------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лаборатория энергетического комплекса промышленных предприятий	вентиляторы; газовые счетчики ЛК401
2	компьютерный класс кафедры энергетики теплотехнологии	Компьютеры, аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером). ЛК423
3	котельное оборудование транспортабельных котельных установок ТКУ-1,2 и 5,0 БГТУ им. В.Г.Шухова	дифманометры; стенд для определения гидравлических сопротивлений; установка для изучения газодинамики псевдоожигенного слоя. Котельная БГТУ им. В.Г. Шухова
4	учебная лаборатория термодинамики и энергетического комплекса промышленных предприятий	центробежный вентилятор; ваттметр; трубка Пито-Прандтля; дифманометр; ЛК408

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.
2. Водоподготовка. Процессы и аппараты. /Под ред. О.И. Мартыновой. М.: Атомиздат. 1977. -352с
3. Лапотышкина Н.П., Сазонов Р.П. Водоподготовка и воднохимический режим тепловых сетей. М.: Энергоиздат. 1982. -201 с.
4. Лившиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. 2-е изд. М.: Энергия. 1976. -238с.
5. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: Справочник /Ю.М. Кострикин, И.А. Мещерский, О.В. Коровина М.: Энергоатомиздат, 1990. -254с.:

6. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. Учеб. пособие. : Изд-во МЭИ, 2003
7. Водоподготовка и вводно-химические режимы в теплоэнергетике: Учеб. пособие/ Э.П. Гужулев, В.В. Шалай, В.И. Гриценко, М.А. Таран. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 384 с.
8. Водоподготовка и водный режим котельных установок. Учеб. пособие/ Ю.В. Васильченко, Е.А. Кравченко, В.П. Кожевников. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011 – 190 с.
9. Водоподготовка: Процессы и аппараты; Учебное пособие для вузов./ А.А. Громогласов, А.С. Копылов, А.П. Пильщиков; Под ред. О.И. Мартыновой. - М.: Энергоатомиздат, 1990. 272 с.: ил.
10. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат. 2001.
11. Рухлинский В.В., Васильев Б.П., Васильченко Ю.В. Расчет простого циркуляционного парогенератора. Методические указания. Белгород. Изд-во БелГТАСМ, 2000, 22 с.

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

[http://www. twirpx.com/file/1051206/](http://www.twirpx.com/file/1051206/)

## **7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

Рабочая программа утверждена на 2021 /2022 учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № 8 заседания кафедры от «22» апреля 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.В. Васильченко

Директор института \_\_\_\_\_ А.В. Белоусов