

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

"БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И.Луковникова

\_\_\_\_\_ 05 июня \_\_\_\_\_ 20 23 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.02 Водоподготовка**

Закреплена за кафедрой **Энергетики**

Учебный план bs130301\_23\_ПТЭ.plx

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Виды контроля на курсах:

Экзамен 1

**Распределение часов дисциплины по курсам**

Курс Вид занятий	1		Итого	
	уп	рп		
Лекции	4	4	4	4
Практические	2	2	2	2
В том числе инт.	2	2	2	2
В том числе в форме практ.подготовки	2	2	2	2
Итого ауд.	6	6	6	6
Контактная работа	6	6	6	6
Сам. работа	165	165	165	165
Часы на контроль	9	9	9	9
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):  
*асс., Кижин Вадим Владиславович* \_\_\_\_\_  
Рабочая программа дисциплины

### **Водоподготовка**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

составлена на основании учебного плана:

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
утвержденного приказом ректора от 17.02.2023 № 72.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

### **Энергетики**

Протокол от 21.04.2023г. № 10  
Срок действия программы: 2023-2026 уч.г.

Зав. кафедрой Булатов Ю.Н.

Председатель МКФ

старший преподаватель Латушкина С.В.                      24.04.2023 г. №9

Ответственный за реализацию ОПОП \_\_\_\_\_ Булатов Ю.Н.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Сотник Т.Ф.  
(подпись)

№ регистрации \_\_\_\_\_ 30 \_\_\_\_\_  
(методический отдел)

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель МКФ

\_\_\_\_\_ 2024 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры  
**Энергетики**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2024 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель МКФ

\_\_\_\_\_ 2025 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры  
**Энергетики**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель МКФ

\_\_\_\_\_ 2026 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры  
**Энергетики**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2026 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

Председатель МКФ

\_\_\_\_\_ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры  
**Энергетики**

Внесены изменения/дополнения (Приложение \_\_\_\_\_)

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1	Дать бакалаврам знания о физико-химических основах процессов образования отложений, коррозии и др.; которые протекают в водопаровом и газовом трактах источников теплоснабжения.
-----	--

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.02
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.
2.1.2	Химия
2.1.3	Физика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Источники теплоснабжения
2.2.2	Котельные установки и парогенераторы

**3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)****ПК-3: Способен к ведению заданного режима работы оборудования ТЭС**

Индикатор 1 | ПК-3.1. Соблюдает заданный режим работы оборудования ТЭС

**ПК-5: Способен к планированию работ по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС**

Индикатор 1 | ПК-5.1. Осуществляет планирование работ по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	основные технологические схемы водоподготовки при эксплуатации теплоэнергетических объектов; теоретические основы водоподготовки, физико-химических процессах при эксплуатации теплоэнергетического оборудования, принципов действия и областей применения различных способов обработки воды;
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	производить выбор и расчет основных элементов схем цикла водоподготовки на производстве; рассчитывать физико-химические показатели качества воды и режимов работы оборудования;
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	методиками расчета основных элементов технологических схем водоподготовки при эксплуатации теплоэнергетических объектов; методиками выбора технологий химии воды и водоподготовки при эксплуатации теплоэнергетического оборудования.

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Вид занятия	Наименование разделов и тем	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел	<b>Раздел 1. Водоподготовка при работе теплотехнологического оборудования на ТЭС</b>						
1.1	Лек	Основные понятия и определения. Показатели качества воды. Условия образования отложений при работе технологического оборудования. Методы подготовки воды при работе ТЭС.	1	4	ПК-3 ПК-5	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1 Э2 Э3	1	Лекция-презентация ПК 3.1, ПК 5.1
1.2	Пр	Расчет различных видов концентраций растворов и показателей качества воды. Исследование условий образования отложения для конкретного состава воды по заданию.	1	2	ПК-3 ПК-5	Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3	1	Работа в малых группах ПК 3.1, ПК 5.1

1.3	Ср	Подготовка к практическим занятиям и экзамену	1	165	ПК-3 ПК-5	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	ПК 3.1, ПК 5.1
1.4	Экзамен		1	9	ПК-3 ПК-5	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3. 1 Э1 Э2 Э3	0	ПК 3.1, ПК 5.1

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология коллективного взаимодействия (работа в малых группах) (самостоятельное изучение обучающимися нового материала посредством сотрудничества в малых группах, дает возможность всем участникам участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения)

Технология дистанционного обучения (получение образовательных услуг без посещения университета, с помощью современных систем телекомму-никации (электронная почта, Интернет и др.))

Традиционная (репродуктивная) технология (преподаватель знакомит обучающихся с порядком выполнения задания, наблюдает за выполнением и при необходимости корректирует работу обучающихся)

Образовательные технологии с использованием активных методов обучения (лекция-визуализация)

### 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

#### 6.1. Контрольные вопросы и задания

Вопросы для текущего контроля:

1. Предмет водоподготовки. Природные воды как исходное технологическое сырье для водоподготовительных установок ТЭС.
2. Краткая характеристика водного баланса ТЭС разного типа.
3. Гидрохимическая карта рек России по временам года.
4. Показатели воды, характеризующие общее количество примесей: прозрачность, солесодержание, сухой остаток, прокаленный остаток.
5. Показатели, характеризующие отдельные группы примесей: жесткость, щелочность, кремнесодержание, окисляемость.
6. Технологические показатели воды: рН и рОН.
7. Углекислотное равновесие.
8. Состав и свойства накипей и шламов.
9. Возможность и обязательность образования отложений. Скорость образования отложений.
10. Методы борьбы с отложениями в барабанных котлах.
11. Предотвращение образования отложений в прямоточных котельных агрегатах.
12. Предотвращение образования в конденсаторах паровых турбин.
13. Предотвращение образования отложений в тепловых сетях.
14. Удаление образовавшихся отложений.
15. Растворимость различных веществ в паре в зависимости от давления и температуры.
16. Капельный и избирательный унос.
17. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов (удельные нагрузки парового объема и зеркала испарения, нагрузки котла) на величину уноса.
18. Зависимость коэффициента уноса кремниевой кислоты от рН котловой воды.
19. Сепарационные устройства и продувка котельных агрегатов.
20. Сущность и форма проявления коррозии металлов.
21. Влияние O<sub>2</sub> на интенсивность коррозионных процессов.
22. Влияние CO<sub>2</sub> на скорость коррозионных процессов.
23. Стояночные коррозия и способы борьбы с ней.
24. Методы борьбы с коррозией питательного и паро-конденсатного тракта.
25. Методы борьбы с межкристаллитной и пароводяной коррозией.
26. Сущность обработки природных вод и конденсатов методов ионного обмена.
27. Na – катионирование.
28. H – катионирование.
29. NH<sub>4</sub> – катионирование.
30. Анионирование.
31. Сущность процессов коагуляции.
32. Сущность процессов обратного осмоса и электродиализа.

#### 6.2. Темы письменных работ

Не предусмотрено учебным планом.

#### 6.3. Фонд оценочных средств

Экзаменационные вопросы.

Водоподготовка при работе теплотехнологического оборудования на ТЭС

1. Предмет водоподготовки. Природные воды как исходное технологическое сырье для водоподготовительных установок ТЭС.
2. Краткая характеристика водного баланса ТЭС разного типа.
3. Гидрохимическая карта рек России по временам года.
4. Показатели воды, характеризующие общее количество примесей: прозрачность, солесодержание, сухой остаток, прокаленный остаток.
5. Показатели, характеризующие отдельные группы примесей: жесткость, щелочность, кремнесодержание, окисляемость.
6. Технологические показатели воды: рН и рОН.
7. Углекислотное равновесие.
8. Состав и свойства накипей и шламов.
9. Возможность и обязательность образования отложений. Скорость образования отложений.
10. Методы борьбы с отложениями в барабанных котлах.
11. Предотвращение образования отложений в прямоточных котельных агрегатах.
12. Предотвращение образования в конденсаторах паровых турбин.
13. Предотвращение образования отложений в тепловых сетях.
14. Удаление образовавшихся отложений.
15. Растворимость различных веществ в паре в зависимости от давления и температуры.
16. Капельный и избирательный унос.
17. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов (удельные нагрузки парового объема и зеркала испарения, нагрузки котла) на величину уноса.
18. Зависимость коэффициента уноса кремниевой кислоты от рН котловой воды.
19. Сепарационные устройства и продувка котельных агрегатов.
20. Сущность и форма проявления коррозии металлов.
21. Влияние O<sub>2</sub> на интенсивность коррозионных процессов.
22. Влияние CO<sub>2</sub> на скорость коррозионных процессов.
23. Стояночные коррозия и способы борьбы с ней.
24. Методы борьбы с коррозией питательного и паро-конденсатного тракта.
25. Методы борьбы с межкристаллитной и пароводяной коррозией.
26. Сущность обработки природных вод и конденсатов методов ионного обмена.
27. Na – катионирование.
28. H – катионирование.
29. NH<sub>4</sub> – катионирование.
30. Анионирование.
31. Сущность процессов коагуляции.
32. Сущность процессов обратного осмоса и электродиализа.

#### 6.4. Перечень видов оценочных средств

Экзаменационные вопросы.

### 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### 7.1. Рекомендуемая литература

##### 7.1.1. Основная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
ЛП.1 1	Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф.	Водоподготовка в энергетике: Учеб. пособие для вузов	Москва: МЭИ, 2003	90	
ЛП.2	Белан Ф.И.	Водоподготовка: Учебник	Москва: Энергия, 1979	21	
ЛП.3	Фрог Б.Н., Первов А.Г.	Водоподготовка: Учебник для вузов	Москва: АСВ, 2015	1	<a href="http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Фрог%20Б.Н.Водоподготовка.Учебник.%202015.pdf">http://ecat.brstu.ru/catalog/Ресурсы%20свободного%20доступа/Фрог%20Б.Н.Водоподготовка.Учебник.%202015.pdf</a>

##### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
ЛП.1	Белан Ф.И.	Водоподготовка: Расчеты, примеры, задачи	Москва: Энергия, 1980	9	

##### 7.1.3. Методические разработки

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес

	Авторы,	Заглавие	Издательство,	Кол-во	Эл. адрес
Л3. 1	Елсуков В.К., Паршин Е.А., Тартыкова Е.В.	Водоподготовка: Программа, задания и метод. указания	Братск: БрГУ, 2004	62	

## 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронный каталог библиотеки БрГУ	<a href="http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&amp;C21COM=F&amp;I21DBN=BOOK&amp;P21DBN=BOOK&amp;S21CNR=&amp;Z21ID">http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&amp;C21COM=F&amp;I21DBN=BOOK&amp;P21DBN=BOOK&amp;S21CNR=&amp;Z21ID</a>	
Э2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online"	<a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>	
Э3	Электронная библиотека БрГУ	<a href="http://ecat.brstu.ru/catalog">http://ecat.brstu.ru/catalog</a>	

### 7.3.1 Перечень программного обеспечения

7.3.1.1	Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN No Level
7.3.1.2	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
7.3.1.3	Adobe Acrobat Reader DC
7.3.1.4	doPDF
7.3.1.5	КОМПАС - 3D Учебная версия
7.3.1.6	КОМПАС-3D V13

### 7.3.2 Перечень информационных справочных систем

7.3.2.1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
7.3.2.2	Электронная библиотека БрГУ
7.3.2.3	Электронный каталог библиотеки БрГУ
7.3.2.4	«Университетская библиотека online»
7.3.2.5	Издательство "Лань" электронно-библиотечная система
7.3.2.6	Справочно-правовая система «Консультант Плюс»

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория	Назначение	Оснащение аудитории	Вид занятия
1218	Учебная аудитория	Меловая доска – 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест) - 34 шт. Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	Лек
1349	Учебная аудитория (дисплейный класс)	Основное оборудование: - интерактивная доска SMARTBoard 6801 со встроенным проектором Unifi 35 (диаг. 77"/195,6 см) - 1 шт. - МФУ Canon LaserBase MF3228 - 1 шт. - монитор TFT 19 LG1953S-SF: 15 шт. - системный блок P4-640, 1945gz, 2*256Mb, 200Gb, Ccombo, FDD, ATX 350W, kb/mous: - 10 шт. - сканер CANOSCAN LIDE220 - 1 шт. - монитор TFT 17" LD L1753S-SF Silver 1280*1024, 1000:1, 300cd/m2. 8ms: 10 шт. - системный блок CPU 5000/RAM 2Gb/HDD: 15 шт. Дополнительно: - маркерная доска- 1 шт. Учебная мебель: - комплект мебели (посадочных мест/АРМ) - 41/25 шт.; - комплект мебели (посадочных мест/АРМ) для преподавателя - 1 шт. (системный блок P4-640, 1945gz, 2*256Mb, 200Gb, Ccombo, FDD, ATX 350W, kb/mous + монитор TFT 19 LG1953S-SF 1 шт.)	Пр
1346	Учебная аудитория (дисплейный класс)	Основное оборудование: Системный блок CPU 5000/RAM 2Gb/HDD250Gb/2Gb- 16 шт. Монитор TFT 19" LG L1953S-SF- 16 шт. Интерактивная доска SMARTBoard 680I (77"/195,6 см) - 1 шт. Проектор мультимедийный торговой марки "CASIO" модель XJ-UT310WN с настенным креплением CASIO YM-80 - 1 шт. Принтер HP LaserJet P3005 - 1 шт. Коммутатор D-link DES1026G - 1 шт. Учебная мебель: Комплект мебели (посадочных мест/АРМ) – 32/16 шт.	Пр

		Комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя – 1 шт.	
1345	Учебная аудитория (дисплейный класс)	Основное оборудование: - доска интерактивная Smart Board SB680; - Системный блок i5-2500/H67/4Gb/500Gb – 15 шт.; - Монитор TFT19 Samsung E1920 - 15 шт.; - принтер HP LaserJet 1000 Series; - проектор Unifri35 (Vixuiti) SmartTechnologies; - коммутатор D-Link DES-1050G. Дополнительно: - маркерная доска - 1 шт. Учебная мебель: - комплект мебели (посадочных мест/АРМ) - 32/15 шт. - комплект мебели (посадочных мест) для преподавателя - 1 шт.	Пр
134	Учебная аудитория (дисплейный класс)	1. Учебная мебель. 2. ПК (системный блок AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 5000+ 2.66 GHz, RAM 2GB, монитор LG 19") - 18. 3. Принтер лазерный HP Laser Pro 400. 4. Интерактивная доска SMARTBoard 680I со встроенным XGA проектором Unifi 35 (77"/195,6 см). 5. Сканер Canon CanoScan Lide 220.	Пр
1343	Учебная аудитория (дисплейный класс)	Основное оборудование: -комплект серверного оборудования для построения технической архитектуры комплекса терминальных решений в составе терминального сервера, терминальных рабочих мест и периферии в составе: - терминальный сервер Dell PowerEdge RX740XD; - тонких клиентов SmartClient Mini PC (Intel CPU J1900 1.99GHzx4, 4GB) - 15шт. - монитор Forgame Liquid Crystal Dispay MK27FC 27" 1800R 1920x1080 144 Hz -15 шт. - вебкамера Logitech C920 PRO, принтер HP LaserJet 1150; - доска интерактивная сенсорная Smart Board SB480 - 1 шт. Дополнительно: - маркерная доска - 1 шт.; Учебная мебель: - комплект мебели (посадочных мест/АРМ) -20/15 шт.	Пр

#### 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина Водоподготовка направлена на изучение показателей качества воды; таких процессов, как образования отложений, электролиза, коррозии, которые протекают в водопаровом и газовом трактах источников теплоснабжения. Изучение дисциплины Водоподготовка предусматривает: лекции, практические занятия, самостоятельную работу, экзамен. В процессе изучения дисциплины рекомендуется на пером этапе ознакомиться с основными определениями и понятиями водоподготовки, основными показателями качества воды, способами выражения концентрации и далее более подробно рассматривать основные уравнения и зависимости, применяемые для описания процессов, происходящих в водопаравом и газовом трактах источников теплоснабжения.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление навыков применения методов анализа основных процессов, протекающих в установках, оценки основных свойств жидких сред, показателей качества воды в котельных установках а также условий образования отложений в них.

Самостоятельную работу необходимо начинать с изучения теоретического материала.

В процессе консультации с преподавателем необходимо выяснить все непонятные моменты.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературы.