

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Арженовский Алексей Григорьевич

Должность: Директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 01.04.2026 10:40:31

Уникальный программный ключ:

3097687b78f557fe8e27037e8e64c5f15ba7ab904

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**

**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**

**(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)**

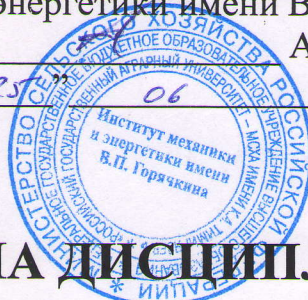
Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института механики  
и энергетики имени В.П. Горячкина

А.Г. Арженовский

“ 25 ” 06 2025 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.01.01 Основы водоподготовки

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность: Инжиниринг теплоэнергетических систем

Курс 3

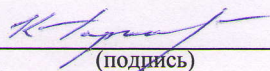
Семестр 5

Форма обучения: Очная

Год начала подготовки: 2025

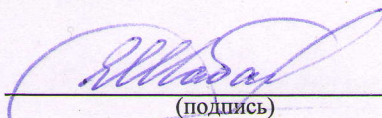
Москва, 2025

Разработчики: Гарькавый К.А., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

«19» 06 2025 г.

Рецензент: Шабаев Е.А., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

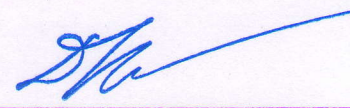
«19» 06 2025 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО,  
по направлению подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Программа обсуждена на заседании кафедры  
электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко  
протокол № 5 «20» 06 2025 г.

И.о. заведующего кафедрой

Нормов Д.А., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

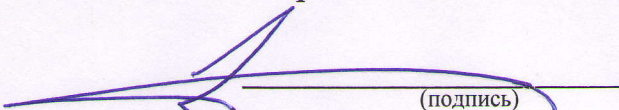
  
(подпись)

«20» 06 2025 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической  
комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

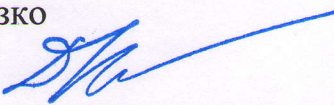
  
(подпись)

«25» 06 2025 г.

Протокол № 6 «25» 06 2025 г.

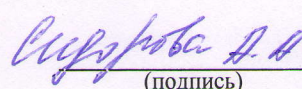
И.о. заведующего выпускающей кафедрой  
электроснабжения и теплоэнергетики им. академика И.А. Будзко

Нормов Д.А., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

Заведующий отделом комплектования ЦНБ



  
(подпись)

Б1.В.01.01

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	4
1. Цель освоения дисциплины	4
2. Место дисциплины в учебном процессе	4
3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	5
4. Структура и содержание дисциплины	7
4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ	7
4.2 Содержание дисциплины	7
4.3 Лекции/практические занятия	10
5. Образовательные технологии	14
6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины	16
6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности	16
6.1.1. Расчетно-графическая работа (РГР)	16
6.1.2. Текущее тестирование	16
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания	20
6.2.1. Критерии оценки выполнения тестов:	20
6.2.2. Критерии оценки выполнения и защиты лабораторных работ	20
6.2.3. Критерии оценки выполнения расчетно-графической работы	21
6.2.4. Критерии оценивания промежуточного контроля	21
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	26
7.1 Основная литература	26
7.2 Дополнительная литература	26
7.3 Нормативные правовые акты	26
7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	26
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	27
9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	27
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	27
11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины	28
12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине	30

**Аннотация**  
**рабочей программы учебной дисциплины**  
**Б1.В.01.01. – Основы водоподготовки**  
**для подготовки бакалавров по направлению**  
**13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**  
**направленности – Инжиниринг теплоэнергетических систем**

**Целью освоения дисциплины** «Основы водоподготовки» является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области водоподготовки, организации монтажа, наладка, эксплуатации энергетического и теплотехнологического оборудования.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в вариативную часть профессионального модуля по направленности (профилю) «Инжиниринг теплоэнергетических систем» направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируется следующая компетенция (индикатор достижения компетенции): ПКос-1.1; ПКос-1.2.

**Краткое содержание дисциплины:**

Введение. Примеси природных и контурных вод. Показатели качества воды.

Предварительная очистка воды методами коагуляции и осаждения. Расчеты оборудования предочистки с осветлителями. Осветление воды методами фильтрования. Расчеты насыпных фильтров. Обработка воды методами ионного обмена. Расчеты ионообменной технологии. Мембранная технология водообработки. Расчеты обратного осмоса. Электрохимические методы обработки воды.

Очистка воды от растворенных газов. Удаление из воды коррозионно-активных газов. Отложения в котлоагрегатах и теплообменниках, их предотвращение и удаление. Термическая водоподготовка. Стоки их обезвреживания. Обработка охлаждающей воды.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 144/4 (часы/зач. ед.)

**Промежуточный контроль:** зачет с оценкой.

## 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы водоподготовки» является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области водоподготовки, организации монтажа, наладка, эксплуатации энергетического и теплотехнологического оборудования.

## 2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Основы водоподготовки» включена в вариативную часть профессионального модуля по направленности (профилю) «Инжиниринг теплоэнергетических систем» Дисциплина «Основы водоподготовки» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

Предшествующими курсами на которых непосредственно базируется дисциплина «Основы водоподготовки» являются: математика (1,2 курсы 1 - 3 семестры), физика (1 и 2 курсы 2, 3 и 4 семестры), химия (1 курс 2 семестр).

Дисциплина «Основы водоподготовки» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: тепломассообменное оборудование предприятий (4 курс, 7 семестр), источники и системы теплоснабжения предприятий (3-4 курсы 6 и 7 семестры).

Особенностью дисциплины является не только ее теоретическое, но прикладное значение при подготовке бакалавров данного профиля.

Рабочая программа дисциплины «Основы водоподготовки» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Код и содержание индикатора достижения компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-1	Способен осуществлять технические решения, направленные на повышение эффективности систем энергообеспечения предприятий с использованием цифровых технологий	ПКос-1.1 Демонстрирует знания режимов, методов и средств повышения эффективности работы основного энергетического и теплотехнологического оборудования	основные показатели качества воды, способы, методы и технологические схемы очистки воды для основного энергетического и тепло технологического оборудования.	определять способ и последовательность выполнения работ по подготовке воды для тепло технологического оборудования, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Excel, Mathcad, Google и др.)	навыками выполнения работ по подготовке воды для тепло технологического оборудования.
			ПКос-1.2 Осуществляет выполнение работ по повышению эффективности энергетического и теплотехнологического оборудования	требования к качеству подготовке воды для тепло-технологического оборудования.	осуществлять контроль качества воды для энергетического и тепло технологического оборудования, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Excel, Mathcad, Google и др.)	навыками организации работ по эксплуатации технологического оборудования подготовки воды для тепло технологического оборудования

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часов), их распределение по видам работ в семестре представлено в таблице 2.

Таблица 2

##### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость
	5 семестр, час
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>68,35</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>68,35</b>
<i>в том числе:</i>	
<i>лекции (Л)</i>	34
<i>лабораторные работы</i>	16
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	18
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>75,65</b>
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям)</i>	75,65
<i>Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>	4
Вид промежуточного контроля:	Зачет с оценкой

##### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

##### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ПКР	
Введение						
Раздел 1. Основные показатели качества воды.	12	4	2	2	–	4
Раздел 2. Способы улучшения и технологические схемы очистки воды	58	18	8	10	–	22
Раздел 3. Подготовка воды для теплосиловых установок.	73,65	12	6	6	–	49,65
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35	–	–	–	0,35	–
<b>Всего за 5 семестр</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>0,35</b>	<b>75,65</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>0,35</b>	<b>75,65</b>

<i>Раздел</i>	<i>Тема</i>	<i>Перечень рассматриваемых вопросов</i>
1. Основные показатели качества воды.	Введение Примеси природных и контурных вод.	Использование воды в теплоэнергетике. Типичные схемы обращения воды в теплоэнергетических установках. Загрязнение водного теплоносителя в теплоэнергетических установках. Водоподготовка и ее влияние на окружающую среду. Поступление примесей в воды. Классификация и характеристика примесей природных вод.
	Показатели качества воды	Характеристика качества контурных вод Показатели качества воды Выбор источника и производительности водоподготовки
2. Способы улучшения и технологические схемы очистки воды	Предварительная очистка воды методами коагуляции и осаждения	Общие положения. Коагуляция коллоидных примесей воды. Обработка воды реагентами-осадителями
	Расчеты оборудования предочистки с осветлителями	Оборудование предочистки с осветлителями и его эксплуатация
	Осветление воды методами фильтрации	Общие положения. Технология осветления воды на насыпных фильтрах. Обработка конденсатов электромагнитными фильтрами.
	Расчеты насыпных фильтров	Очистка конденсатов на намывных фильтрах
	Обработка воды методами ионного обмена	Общие сведения об ионитах и закономерностях ионообменных процессов. Технологические характеристики ионитов. Технология ионного обмена. Оборудование ионитной части водоподготовительных установок. Технологические схемы ионитных установок. Эксплуатация ионитных фильтров. Малосточные схемы ионитных водоподготовок. Автоматизация водоподготовительных установок
	Расчеты ионообменной технологии.	Оборудование ионитной части водоподготовительных установок. Технологические схемы ионитных установок.
	Мембранная технология водообработки	Общие положения. Технология обратного осмоса и ультрафильтрации. Технология электродиализа
	Расчеты обратного осмоса	Технология обратного осмоса. Мембранный методы опреснение и обессоливание воды.
	Электрохимические методы обработки воды.	Классификация электрохимических методов. Электрокоагуляция. Электродиализ.
3. Подготовка воды для тепло-силовых установок.	Очистка воды от растворенных газов	Общие положения. Технология удаления $\text{CO}_2$ в декарбонизаторе. Технология удаления газов в деаэраторах. Химические методы связывания $\text{O}_2$ и $\text{CO}_2$
	Удаление из воды коррозионно-активных газов	Виды и места проявления коррозии в котлах. Устройство оборудования. Химическое обескислороживание воды.
	Отложения в котлоагрегатах и теплообменниках, их предотвращение и удаление	Состав, свойства и количество отложений. Образование отложений в паровых котельных агрегатах. Образование отложений в прямоточных котельных агрегатах. Методы борьбы с отложениями в котельных агрегатах с естественной циркуляцией. Предот-

		вращение образования отложений в прямоточных котельных агрегатах. Предотвращение образований отложений в конденсаторах паровых турбин. Предотвращение образований отложений в тепловых сетях. Удаление образовавшихся отложений
	Термическая водоподготовка	Общие положения. Включение испарителей в тепловую схему электростанций. Определение производительности испарительных установок. Конструкции испарителей. Очистка пара в испарителях и паропреобразователях. Тепловой расчет испарителей. Малосточные технологии с термической водоподготовкой
	Стоки их обезвреживания	Общие положения. Сточные воды систем охлаждения. Сточные воды водоподготовительных установок. Воды систем гидрозолоудаления. Стоки, загрязненные нефтепродуктами. Стоки от химических очисток и консервации оборудования. Обмывочные воды регенеративных воздухоподогревателей мазутных котлов. Поверхностные сточные воды
	Обработка охлаждающей воды	Системы охлаждения и стабильность охлаждающей воды. Предотвращение образования минеральных отложений. Предотвращение биологических обрастаний

### 4.3 Лекции/практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Тема 1. «Основные показатели качества воды».	Введение Лекция № 1 Примеси природных и кон-турных вод.	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Лабораторная работа № 1 Основ-ные физические свойства жидкостей	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита лабо-раторной работы	2
		Лекция № 2 Показатели качества воды	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Практическое занятие № 1 Основные показатели качества воды	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита прак-тической работы	2
2	Тема 2. Способы улучшения и техноло-гические схемы очи-стки воды	Лекция № 3 Предварительная очистка во-ды методами коагуляции и осаждения	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Лабораторная работа № 2 Изучение технологии предва-рительной очистки воды ме-тодами коагуляции и осажде-ния и конструкций фильтров	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита лабо-раторной работы	2
		Лекция № 4 Расчеты оборудования предо-чистки с осветлителями	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Практическое занятие № 2 Расчеты оборудования предо-чистки с осветлителями	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита прак-тической работы	2
		Лекция № 5 Осветление воды методами фильтрования	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Лабораторная работа № 3 Изучение технологии и конст-рукций насыпных фильтров	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита лабо-раторной работы	2
		Лекция № 6 Расчеты насыпных фильтров	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Практическое занятие № 3 Расчеты насыпных фильтров	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита прак-тической работы	2
		Лекция № 7 Обработка воды методами ионного обмена	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Лабораторная работа № 4	ПКос-1(ПКос-	защита лабо-	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Изучение технологии ионного обмена и конструкций фильтров	1.1, ПКос-1.2)	рапорной работы	
		Лекция № 8 Расчеты ионообменной технологии.	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Практическое занятие № 4 Расчеты ионообменной технологии.	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита практической работы	2
		Лекция № 9 Мембранная технология водообработки	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Лабораторная работа № 5 Изучение мембранная технология водообработки и конструкций фильтров	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита лабораторной работы	2
		Лекция № 10 Расчеты системы обратного осмоса	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Практическое занятие № 5 Расчеты системы обратного осмоса	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита практической работы	2
		Лекция № 11 Электрохимические методы обработки воды.	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Лабораторная работа № 6 Изучение технологии электрохимические методы обработки воды	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита лабораторной работы	2
3	Тема 3. Подготовка воды для теплосило-вых установок.	Лекция № 12 Очистка воды от растворенных газов	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Практическое занятие №6 Тепловой расчет деаэратора с перегревом воды	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита практической работы	2
		Лекция № 13 Удаление из воды коррозионно-активных газов	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Лабораторная работа № 7 Методы борьбы с коррозией питательного и пароконденсатного тракта	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита лабораторной работы	4
		Лекция № 14 Отложения в котлоагрегатах и теплообменниках, их предотвращение и удаление	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Практическое занятие №7 Оценка эффективности ультразвукового метода защиты теплообменных поверхностей	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита практической работы	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		от образования накипи			
		Лекция № 15 Термическая водоподготовка	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Лабораторная работа № 8 Изучение методов и установок термической обработки воды	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита лабораторной работы	2
		Лекция № 16 Стоки их обезвреживания	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2
		Практическое занятие №8 Изучение озонаторной установки, расчет ее основных параметров и степени очистки воды	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)	защита практической работы	2
		Лекция № 17 Обработка охлаждающей воды	ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)		2

Таблица 5

### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>1. Основные показатели качества воды.</b>		
1.	Введение Примеси природных и контурных вод.	Использование воды в теплоэнергетике. Типичные схемы обращения воды в теплоэнергетических установках. Загрязнение водного теплоносителя в теплоэнергетических установках. Водоподготовка и ее влияние на окружающую среду. Поступление примесей в воды. Классификация и характеристика примесей природных вод. ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
2	Показатели качества воды	Характеристика качества контурных вод Показатели качества воды Выбор источника и производительности водоподготовки. ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
<b>Раздел 2. 2. Способы улучшения и технологические схемы очистки воды</b>		
3	Предварительная очистка воды методами коагуляции и осаждения	Общие положения. Коагуляция коллоидных примесей воды. Обработка воды реагентами-осадителями. ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
4	Расчеты оборудования предочистки с осветлителями	Оборудование предочистки с осветлителями и его эксплуатация ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
5	Осветление воды методами фильтрования	Общие положения. Технология осветления воды на насыпных фильтрах. Обработка конденсатов электромагнитными фильтрами. ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
6	Расчеты насыпных фильтров	Очистка конденсатов на намывных фильтрах ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
7	Обработка воды методами ионного обмена	Общие сведения об ионитах и закономерностях ионообменных процессов. Технологические характеристики ионитов. Технология ионного обмена. Оборудование ионитной части водоподготовительных установок. Технологические схемы

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
		ионитных установок. Эксплуатация ионитных фильтров. Малосточные схемы ионитных водоподготовок. Автоматизация водоподготовительных установок ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
8	Расчеты ионообменной технологии.	Оборудование ионитной части водоподготовительных установок. Технологические схемы ионитных установок. ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
9	Мембранная технология водообработки	Общие положения. Технология обратного осмоса и ультрафильтрации. Технология электродиализа ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
10	Расчеты обратного осмоса	Технология обратного осмоса. Мембранный методы опреснение и обессоливание воды. ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
11	Электрохимические методы обработки воды.	Классификация электрохимических методов. Электрокоагуляция. Электродиализ. ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
<b>Раздел 3. Подготовка воды для теплосиловых установок.</b>		
12	Очистка воды от растворенных газов	Общие положения. Технология удаления CO <sub>2</sub> в декарбонизаторе. Технология удаления газов в деаэраторах. Химические методы связывания O <sub>2</sub> и CO <sub>2</sub> ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
13	Удаление из воды коррозионно-активных газов	Виды и места проявления коррозии в котлах. Устройство оборудования. Химическое обескислороживание воды. ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
14	Отложения в котлоагрегатах и теплообменниках, их предотвращение и удаление	Состав, свойства и количество отложений. Образование отложений в паровых котельных агрегатах. Образование отложений в прямоточных котельных агрегатах. Методы борьбы с отложениями в котельных агрегатах с естественной циркуляцией. Предотвращение образования отложений в прямоточных котельных агрегатах. Предотвращение образований отложений в конденсаторах паровых турбин. Предотвращение образований отложений в тепловых сетях. Удаление образовавшихся отложений ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
15	Термическая водоподготовка	Общие положения. Включение испарителей в тепловую схему электростанций. Определение производительности испарительных установок. Конструкции испарителей. Очистка пара в испарителях и паропреобразователях. Тепловой расчет испарителей. Малосточные технологии с термической водоподготовкой ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
16	Стоки их обезвреживания	Общие положения. Сточные воды систем охлаждения. Сточные воды водоподготовительных установок. Воды систем гидрозолоудаления. Стоки, загрязненные нефтепродуктами. Стоки от химических очисток и консервации оборудования. Обмывочные воды регенеративных воздухоподогревателей мазутных котлов. Поверхностные сточные воды ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)
17	Обработка охлаждающей воды	Системы охлаждения и стабильность охлаждающей воды. Предотвращение образования минеральных отложений. Предотвращение биологических обрастаний ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Основы водоподготовки» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются инновационные технологии.

Согласно учебному плану и графику учебного процесса для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения:

- *основные формы теоретического обучения:* лекции, консультации, зачет.
- *основные формы практического обучения:* практические работы.
- *дополнительные формы организации обучения:* расчетно-графическая работа.
- *информационные:* иллюстрация слайд-презентаций, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами при подготовке к лекциями и практическим работам;
- *активного обучения:* консультации по сложным, непонятным вопросам; опережающая самостоятельная работа студентов по изучению нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий; работа в команде при выполнении практических работ;
- *интерактивное обучение:* посещение специализированных выставок (экскурсии).

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средства обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям.

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1	Введение Примеси природных и контурных вод.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Технология активного обучения
2	Показатели качества воды	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических заданий. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов.
3	Предварительная очистка воды методами коагуляции и осаждения	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Технология активного обучения
4	Расчеты оборудования предочистки с осветлителями	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических заданий. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов.
5	Осветление воды методами фильтрования	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Технология активного обучения

6	Расчеты насыпных фильтров	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических заданий. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов.
7	Обработка воды методами ионного обмена	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Технология активного обучения
8	Расчеты ионообменной технологии.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических заданий. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов.
9	Мембранная технология водообработки	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Технология активного обучения
10	Расчеты обратного осмоса	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических заданий. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов.
11	Электрохимические методы обработки воды.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Технология активного обучения
12	Очистка воды от растворенных газов	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических заданий. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов.
13	Удаление из воды коррозионно-активных газов	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Технология активного обучения
14	Отложения в котлоагрегатах и теплообменниках, их предотвращение и удаление	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических заданий. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов.
15	Термическая водоподготовка	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Технология активного обучения
16	Стоки их обезвреживания	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения

		ПЗ	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении практических заданий. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов.
17	Обработка охлаждающей воды	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция. Технология активного обучения

## **6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

### **6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

#### **6.1.1. Расчетно-графическая работа (РГР)**

При изучении дисциплины «Основы водоподготовки» учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графической работы.

Задачей расчетно-графической работы является закрепление теоретических знаний, развитие практических навыков самостоятельного решения конкретных инженерных задач по основам водоподготовки. Формируемые при выполнении РГР индикаторы достижения компетенций: ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)

Расчетно-графическая работа выполняется студентом во внеурочное время с использованием информационных и программных материалов.

Тема расчетно-графической работы: «Расчет цеха водоподготовки». Расчетно-графическая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части, которые должны быть оформлены в соответствии с требованиями ЕСКД.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- выбор исходных данных по варианту: функциональной схемы водоподготовительной установки; параметры качества и расхода воды.
- основы расчета осветлителей
- расчет механических осветлительных фильтров
- расчет Na-катионных двухступенчатых фильтров
- расчет обратноосмотической мембраны фильтра обратного осмоса
- список используемой литературы.

Графическая часть РГР изображается на листах формата А4:

- функциональная схема цеха водоподготовки.

Исходные данные для расчета выбираются в соответствии с индивидуальным заданием на выполнение расчетно-графической работы.

Контроль за выполнением расчетно-графической работы осуществляется ее проверкой с индивидуальным опросом при защите.

При оценке расчетно-графической работы во время защиты учитывается:

- степень самостоятельности выполнения работы;
- актуальность и глубина разработки темы;
- знание современных подходов на исследуемую проблему;
- качество оформления;
- четкость изложения доклада на защите;
- правильность ответов на вопросы.

#### **6.1.2. Текущее тестирование**

Текущее тестирование необходимо для оценки текущей успеваемости и усвояемости изучаемого студентами материала разделов дисциплины. Формируемые компетенции: ПКос-1(ПКос-1.1, ПКос-1.2)

Примеры тестовых заданий для текущего контроля знаний:

Вопросы	Ответы
1. Жесткостью воды называется:	<p>A - сумма концентраций катионов <math>\text{Ca}^{2+}</math> и <math>\text{Mg}^{2+}</math></p> <p>B - общее содержание веществ, обуславливающих при диссоциации или в результате повышенной концентрации ионов <math>\text{OH}^-</math></p> <p>C - загрязненность воды органическими веществами</p> <p>D - суммарное количество нелетучих веществ, присутствующих в воде в коллоидном и молекулярно-дисперсном состоянии</p> <p>E – концентрация кремниевой кислоты в пересчете на двуокись кремния, находящуюся в исходной воде</p>
2. Щелочностью воды называется:	<p>A - сумма концентраций катионов <math>\text{Ca}^{2+}</math> и <math>\text{Mg}^{2+}</math></p> <p>B - общее содержание веществ, обуславливающих при диссоциации или в результате повышенной концентрации ионов <math>\text{OH}^-</math></p> <p>C - загрязненность воды органическими веществами</p> <p>D - суммарное количество нелетучих веществ, присутствующих в воде в коллоидном и молекулярно-дисперсном состоянии</p> <p>E - концентрация кремниевой кислоты в пересчете на двуокись кремния, находящуюся в исходной воде</p>
3. Щелочные природные воды характеризуются:	<p>A - <math>\text{Жо} &gt; \text{Що}</math></p> <p>B - <math>\text{Жо} &lt; \text{Що}</math></p> <p>C - <math>\text{Жо} = \text{Що}</math></p> <p>D - <math>\text{Жк} = \text{Жо}</math></p> <p>E – <math>\text{pH} &lt; 7,0</math></p>
4. Для предохранения котельного агрегата от стояночной коррозии производят:	<p>A - периодическую продувку</p> <p>B - умягчение котловой воды</p> <p>C - деаэрацию</p> <p>D - консервацию</p> <p>E - опрессовку</p>

### Примеры контрольных вопросов при защите лабораторной работы:

*Контрольные вопросы при защите лабораторной работы № 1 Основные физические свойства жидкостей*

Из каких этапов состоят круговороты природных и производственно-бытовых вод?

Какие основные катионы и анионы поступают в природные воды и за счет чего?

В чем качественное отличие поверхностных и подземных вод?

Какие признаки лежат в основе различных классификаций природных вод?

Каковы причины строгого нормирования содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в водах теплоэнергетических установок?

В чем сущность «углекислотного» равновесия и связанных с ним понятий стабильности и нестабильности воды?

Почему концентрации кремнесодержащих веществ и органических примесей характеризуются условными величинами?

*Контрольные вопросы при защите лабораторной работы № 2 Изучение технологии предварительной очистки воды методами коагуляции и осаждения и конструкций фильтров*

Какие два признака характерны для частиц коллоидных размеров?

Почему коллоидные системы являются стабильными?

Какие показатели качества воды изменяются в процессе коагуляции?

Напишите основные химические реакции процесса известкования воды.

Почему с ростом температуры от 10 - 20°C до 30 - 40°C качество известкованной воды должно улучшаться?

Какие факторы влияют на отличие производственных показателей качества известкованной воды от расчетных?

С помощью каких реагентов, кроме известкового молока, можно улучшить показатели качества обработанной в осветлителе воды?

Нарисуйте принципиальную схему осветлителя с основными потоками воды, реагентов и шлама.

Как организовано хранение и приготовление растворов реагентов, используемых при работе осветлителей?

*Контрольные вопросы при защите лабораторной работы № 3 Изучение технологии и конструкций насыпных фильтров*

Назовите и поясните механизмы фильтрования, наблюдаемые при работе осветлительных фильтров различных типов.

Принимая диаметры зерна фильтрующего материала: а) 1.0 мм, б) 0.4 мм и в) 0.04 мм, а размер удаляемых ГДП - 10 мкм, оцените расчетом для каждого из типов загрузки механизм фильтрования.

Назовите стадии, из которых состоит процесс выведения ГДП при объемном фильтровании.

Какие требования предъявляются к фильтрующим материалам?

Какими методами удаляются задержанные примеси из насыпных фильтров?

В чем состоит отличие принципов действия ЭМФ от фильтров, загруженных дробленым антрацитом?

Какие показатели контролируются при работе намывных фильтров?

*Контрольные вопросы при защите лабораторной работы № 4 Изучение технологии ионного обмена и конструкций фильтров*

Какие исходные материалы используются при синтезе ионитов полимеризационного типа?

Какой знак несет матрица анионита с фиксированными потенциалообразующими ионами?

Напишите ряды селективности для типичных катионов и анионов природных вод при их участии в ионообменных реакциях.

Какие параметры ионообменной технологии можно получить из выходной кривой ионитного фильтра?

Назовите преимущества и недостатки процесса натрий-катионирования при его организации в одну и две ступени.

Напишите уравнения регенерации для натрий-катионитного фильтра.

Нарисуйте выходную кривую Н-катионитного фильтра и поясните ее характерные особенности.

В чем состоят отличия параллельно-точной и противоточной технологий ионного обмена и конструкции фильтров.

Какие типы анионитов используются в 2-х ступенчатой схеме химического обессоливания?

В чем состоит отличие фильтров ФИСДНр и ФИСДВр?

Какие схемы соединения ионитных фильтров реализуются в обессоливающих установках?

Какие основные принципы реализуются в малосточных схемах ионитной обработки воды?

Какие элементы автоматизированной схемы ВПУ должны быть снабжены исполнительными механизмами?

*Контрольные вопросы при защите лабораторной работы № 5 Изучение мембранная технология водообработки и конструкций фильтров*

Какие процессы очистки воды условно относятся к безреагентным?

Перечислите преимущества мембранных методов очистки воды.

Рассчитайте осмотическое давление 0.1 н раствора NaCl при 20°C?

Поясните строение и механизм обратноосмотического процесса в полупроницаемой мембране.

Какие основные показатели характеризуют свойства полупроницаемых мембран?

Какие основные типы установок обратного осмоса используются в промышленности?

Приведите типы катодных и анодных реакций для электродиализных установок.

С каким видом потерь в электродиализных установках связано понятие коэффициента выхода по току?

Какие факторы ограничивают возможность получения глубоко обессоленной воды в технологии электродиализа?

Какие приемы ограничения образования осадков в камерах электродиализных аппаратов Вам известны?

В чем состоит назначение рамок и гофрированных сеток в конструкции электродиализного аппарата?

Какие требования предъявляют к воде, поступающей на электродиализаторы?

Одинаков ли напор воды, подаваемой для обработки в аппараты для обратного осмоса и электродиализа?

*Контрольные вопросы при защите лабораторной работы № 6 Изучение технологии электрохимические методы обработки воды*

Сущность метода электродиализа.

Области применения и перспективы использования в процессах водоподготовки, очистки сточных вод, концентрирования электролитов.

Устройство электродиализатора. Назначение отдельных конструктивных элементов.

Основные технологические параметры электродиализа (плотность тока, выход по току, напряжение, производительность, удельные энергозатраты).

Характеристика составляющих баланса напряжения на электродиализаторе, изменение их величин в ходе процесса.

Примеры технологических схем обработки растворов, базирующихся на аппаратах электродиализа.

Требования к растворам, поступающим на электродиализ.

Основные достоинства и недостатки метода электродиализа.

*Контрольные вопросы при защите лабораторной работы № 7 Методы борьбы с коррозией питательного и пароконденсатного тракта*

С какими целями организуется очистка воды от растворенных газов?

Напишите зависимость, связывающую растворимость газа в воде с его параметрами, и проанализируйте условия, приводящие к уменьшению растворимости газа в воде.

Какие принципы очистки воды от растворенных газов Вам известны?

Как изменится концентрация CO<sub>2</sub>, если в декарбонизатор подать природную воду из поверхностного источника?

Что произойдет, если в декарбонизатор подавать вместо воздуха такие газы, как N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>?

Какие типы деаэраторов Вам известны?

Почему эффект удаления O<sub>2</sub> в деаэраторах выше, чем при удалении CO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub>?

Охарактеризуйте значение выпара для работы деаэрационных установок.

Какие реагенты используются для химического связывания растворенных в воде O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>?

В чем состоит различие в использовании сульфита натрия и гидразина для химического обескислороживания?

Какие причины могут ограничивать реализацию процесса аминирования?

*Контрольные вопросы при защите лабораторной работы № 8 Изучение методов и установок термической обработки воды*

Каково назначение испарительных установок на ТЭС?

Поясните принцип работы испарителей мгновенного вскипания.

За счет чего происходит загрязнение солями вторичного пара?

Поясните процесс промывки пара в слое воды.

Какие методы предварительной обработки воды используются для предотвращения отложений в испарителях?

За счет чего достигается эффективность применения на ТЭС малосточной технологии?

## **6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для допуска к зачету с оценкой по дисциплине «Основы водоподготовки» необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий в себя посещение лекций, практических занятий, лабораторных работ, выполнение и защиту лабораторных работ и расчетно-графической работы.

Оценка текущей работы и промежуточный контроль студентов осуществляется на основе традиционной системы контроля и оценки успеваемости. Традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов представлена критериями выставления оценок по четырех балльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### **6.2.1. Критерии оценки выполнения тестов:**

При текущем тестировании каждый тест состоит из 16 Критерии оценивания:

- правильные ответы на 7 и менее заданий – «неудовлетворительно»,
- правильные ответы на 8 – 10 заданий – «удовлетворительно»,
- правильные ответы на 11 – 13 заданий – «хорошо»,
- правильные ответы на 14 – 16 заданий – «отлично».

### **6.2.2. Критерии оценки выполнения и защиты лабораторных работ**

К защите лабораторной работы представляется отчет с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом, выводами. Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае: отсутствия необходимых расчетных формул, обозначений и т.п.; отсутствия необходимого графического материала; некорректной обработки результатов измерений.

Защита отчета по лабораторной работе проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя по традиционной системе оценки системе. В случае получения при защите лабораторной работы неудовлетворительной оценки, работа подлежит повторной защите.

Таблица 7

**Критерии оценивания защиты лабораторных работ**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
Высокий уровень «5» (отлично)	«отлично» – студент излагает содержание вопроса логически верно, аргументировано, умеет делать выводы; знает, правильно формулирует и применяет основные формулы и расчетные зависимости по теме лабораторной работы.
Средний уровень «4» (хорошо)	«хорошо» – студент излагает содержание вопроса логически верно и по существу, умеет делать выводы и приводит примеры из практики, но допускает некоторые неточности и незначительные ошибки или описки, что в целом не вызывает сомнений в освоении темы лабораторной работы.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	«удовлетворительно» – студент не в полной мере владеет навыками логично и аргументировано излагать содержание материала, имеет общие знания основного содержания темы

	работы без освоения некоторых существенных положений, допускает неточности, однако умеет применять знания и умения по теме работы
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	<b>«неудовлетворительно»</b> – студент не освоил значительную часть содержания материала лабораторной работы; допускает существенные ошибки в изложении материала; не умеет выделить главное и сделать выводы.

### 6.2.3. Критерии оценки выполнения расчетно-графической работы

Студенты самостоятельно выполняют РГР и представляют пояснительную записку в печатном виде на листах формата А4 графическую часть на листах формата А3. Расчетно-графическая работа не может быть принята и подлежит доработке в случае: некорректные результаты расчетов; отсутствия необходимого графического материала. Выполнение РГР является обязательным элементом, влияющим на допуск, к сдаче зачета по дисциплине. При получении неудовлетворительной оценки по расчетно-графической работе она подлежит исправлению и повторной защите.

Таблица 8

#### Критерии оценивания расчетно-графической работы

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5»	<b>«отлично»</b> – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил РГР; логично, последовательно и аргументировано изложил ход решения поставленной перед ним задачи.
Средний уровень «4»	<b>«хорошо»</b> – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил РГР; логично, последовательно и аргументировано изложил ход решения поставленной перед ним задачи, но в решении имеются незначительные ошибки и неточности.
Пороговый уровень «3»	<b>«удовлетворительно»</b> – студент самостоятельно и в полном объеме выполнил РГР; однако в решении имеются ошибки и неточности, отсутствует пояснения методики решения, небрежное оформление работы.
Минимальный уровень «2»	<b>«неудовлетворительно»</b> – студент не выполнил РГР.

### 6.2.4. Критерии оценивания промежуточного контроля

К зачету с оценкой допускается студент, полностью выполнивший все виды учебной и самостоятельной работы и сдавший отчетные материалы.

Зачет с оценкой проводится в устной форме в виде доклада студента по каждому вопросу с представлением на листе ответа: уравнений, формул, расчетных схем, графиков и т.п. и ответов (если потребуется) на дополнительные вопросы преподавателя.

Качество освоения дисциплины, уровень сформированности заявленных общекультурных и профессиональных компетенций, знания и умения студента оцениваются в соответствии с традиционной системой контроля и оценки успеваемости:

Таблица 9

#### Критерии оценивания результатов промежуточного контроля

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	<b>«отлично»</b> – студент излагает содержание вопроса логически верно, аргументировано, умеет делать выводы; знает, правильно формулирует и применяет основные формулы и расчетные зависимости; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
Средний уровень «4» (хорошо)	<b>«хорошо»</b> – студент излагает содержание вопроса логически верно и по существу, умеет делать выводы и приводит примеры из

	практики, но допускает некоторые неточности и незначительные ошибки или опiski, что в целом не вызывает сомнений в освоении дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	«удовлетворительно» – студент не в полной мере владеет навыками логично и аргументировано излагать содержание материала, имеет общие знания основного содержания дисциплины без освоения некоторых существенных положений, допускает неточности и затрудняется в теоретических выводах, однако умеет применять знания и умения в практических работах, владеет навыками работы со справочной и учебной литературой, умеет пользоваться нормативными документами. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	«неудовлетворительно» – студент не освоил значительную часть содержания дисциплины; допускает существенные ошибки в изложении материала; практические навыки не сформированы; не умеет выделить главное и сделать выводы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

### *Вопросы для подготовки к зачету с оценкой по дисциплине*

#### **Раздел 1. Основные показатели качества воды**

1. Из каких этапов состоят круговороты природных и производственно-бытовых вод?
2. Какие основные катионы и анионы поступают в природные воды и за счет чего?
3. В чем качественное отличие поверхностных и подземных вод?
4. Какие признаки лежат в основе различных классификаций природных вод?
5. Каковы причины строгого нормирования содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в водах теплоэнергетических установок?
6. В чем сущность «углекислотного» равновесия и связанных с ним понятий стабильности и нестабильности воды?
7. Почему концентрации кремнесодержащих веществ и органических примесей характеризуются условными величинами?

#### **Раздел 2. Способы улучшения и технологические схемы очистки воды**

8. Какие два признака характерны для частиц коллоидных размеров?
9. Почему коллоидные системы являются стабильными?
10. Какие показатели качества воды изменяются в процессе коагуляции?
11. Напишите основные химические реакции процесса известкования воды.
12. Почему с ростом температуры от 10 - 20°C до 30 - 40°C качество известкованной воды должно улучшаться?
13. Какие факторы влияют на отличие производственных показателей качества известкованной воды от расчетных?
14. С помощью каких реагентов, кроме известкового молока, можно улучшить показатели качества обработанной в осветлителе воды?
15. Нарисуйте принципиальную схему осветлителя с основными потоками воды, реагентов и шлама.
16. Как организовано хранение и приготовление растворов реагентов, используемых при работе осветлителей?
17. Назовите и поясните механизмы фильтрования, наблюдаемые при работе осветлительных фильтров различных типов.
18. Принимая диаметры зерна фильтрующего материала: а) 1.0 мм, б) 0.4 мм и в) 0.04 мм, а размер удаляемых ГДП - 10 мкм, оцените расчетом для каждого из типов загрузки механизм фильтрования.

19. Назовите стадии, из которых состоит процесс выведения ГДП при объемном фильтровании.
20. Какие требования предъявляются к фильтрующим материалам?
21. Какими методами удаляются задержанные примеси из насыпных фильтров?
22. В чем состоит отличие принципов действия ЭМФ от фильтров, загруженных дробленным антрацитом?
23. Какие показатели контролируются при работе намывных фильтров?
24. Какие исходные материалы используются при синтезе ионитов полимеризационного типа?
25. Какой знак несет матрица анионита с фиксированными потенциалообразующими ионами?
26. Напишите ряды селективности для типичных катионов и анионов природных вод при их участии в ионообменных реакциях.
27. Какие параметры ионообменной технологии можно получить из выходной кривой ионитного фильтра?
28. Назовите преимущества и недостатки процесса натрий-катионирования при его организации в одну и две ступени.
29. Напишите уравнения регенерации для натрий-катионитного фильтра.
30. Нарисуйте выходную кривую Н-катионитного фильтра и поясните ее характерные особенности.
31. В чем состоят отличия параллельно-точной и противоточной технологий ионного обмена и конструкции фильтров.
32. Какие типы анионитов используются в 2-х ступенчатой схеме химического обессоливания?
33. В чем состоит отличие фильтров ФИСДНр и ФИСДВр?
34. Какие схемы соединения ионитных фильтров реализуются в обессоливающих установках?
35. Какие основные принципы реализуются в малосточных схемах ионитной обработки воды?
36. Какие элементы автоматизированной схемы ВПУ должны быть снабжены исполнительными механизмами?
37. Какие процессы очистки воды условно относятся к безреагентным?
38. Перечислите преимущества мембранных методов очистки воды.
39. Рассчитайте осмотическое давление 0.1 н раствора NaCl при 20°C?
40. Поясните строение и механизм обратноосмотического процесса в полупроницаемой мембране.
41. Какие основные показатели характеризуют свойства полупроницаемых мембран?
42. Какие основные типы установок обратного осмоса используются в промышленности?
43. Приведите типы катодных и анодных реакций для электродиализных установок.
44. С каким видом потерь в электродиализных установках связано понятие коэффициента выхода по току?
45. Какие факторы ограничивают возможность получения глубоко обессоленной воды в технологии электродиализа?
46. Какие приемы ограничения образования осадков в камерах электродиализных аппаратов Вам известны?
47. В чем состоит назначение рамок и гофрированных сеток в конструкции электродиализного аппарата?
48. Какие требования предъявляют к воде, поступающей на электродиализаторы?
49. Одинаков ли напор воды, подаваемой для обработки в аппараты для обратного осмоса и электродиализа?
50. Сущность метода электродиализа.

51. Области применения и перспективы использования в процессах водоподготовки, очистки сточных вод, концентрирования электролитов.

52. Устройство электродиализатора. Назначение отдельных конструктивных элементов.

53. Основные технологические параметры электродиализа (плотность тока, выход по току, напряжение, производительность, удельные энергозатраты).

54. Характеристика составляющих баланса напряжения на электродиализаторе, изменение их величин в ходе процесса.

55. Примеры технологических схем обработки растворов, базирующихся на аппаратах электродиализа.

56. Требования к растворам, поступающим на электродиализ.

57. Основные достоинства и недостатки метода электродиализа.

### **Раздел 3. Подготовка воды для теплосиловых установок.**

58. С какими целями организуется очистка воды от растворенных газов?

59. Напишите зависимость, связывающую растворимость газа в воде с его параметрами, и проанализируйте условия, приводящие к уменьшению растворимости газа в воде.

60. Какие принципы очистки воды от растворенных газов Вам известны?

61. Как изменится концентрация  $\text{CO}_2$ , если в декарбонизатор подать природную воду из поверхностного источника?

62. Что произойдет, если в декарбонизатор подавать вместо воздуха такие газы, как  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ?

63. Какие типы деаэраторов Вам известны?

64. Почему эффект удаления  $\text{O}_2$  в деаэраторах выше, чем при удалении  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ ?

65. Охарактеризуйте значение выпара для работы деаэрационных установок.

66. Какие реагенты используются для химического связывания растворенных в воде  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ ?

67. В чем состоит различие в использовании сульфита натрия и гидразина для химического обескислороживания?

68. Какие причины могут ограничивать реализацию процесса аминирования?

69. В чем состоит принципиальное отличие прямоточных и оборотных (с градирнями) систем по качеству охлаждающей конденсаторы воды?

70. Перечислите составляющие, входящие в материальный баланс СОО с градирнями.

71. Какие факторы влияют на предельно допустимую карбонатную жесткость охлаждающей воды в СОО?

72. Какие эффекты стабилизации охлаждающей воды наблюдаются при ее подкислении?

73. Какие компоненты дымовых газов обеспечивают стабилизацию охлаждающей воды при их использовании?

74. К каким негативным результатам приводят биообрастания конденсаторов?

75. Какие реагенты применяют для борьбы с биологическими отложениями?

76. Поясните особенности технологии хлорирования охлаждающей воды.

77. Как соотносится обработка охлаждающей воды с защитой водных бассейнов от вредных примесей?

78. Какие, кроме реагентных, методы борьбы с отложениями и обрастаниями Вам известны?

79. Перечислите возможные приемы удаления сформировавшихся в конденсаторе отложений.

80. Каково назначение испарительных установок на ТЭС?

81. Поясните принцип работы испарителей мгновенного вскипания.

82. За счет чего происходит загрязнение солями вторичного пара?

83. Поясните процесс промывки пара в слое воды.

84. Какие методы предварительной обработки воды используются для предотвращения отложений в испарителях?
85. За счет чего достигается эффективность применения на ТЭС малосточной технологии?
86. Перечислите типы сточных вод, которые могут возникать при эксплуатации теплоэнергетических систем.
87. Приведите определение понятия ПДК вредных веществ.
88. Перечислите основные показатели сточных вод, подлежащих контролю.
89. Чем опасны воды прямоточных систем охлаждения?
90. Приведите и проанализируйте зависимость, связывающую кратность концентрирования в СОО с расходами испаряющейся и продувочной вод.
91. Что определяет повышенную минерализацию сточных вод ионитных ВПУ?
92. В каких направлениях ведется совершенствование экологических и экономических схем ВПУ?
93. Какой основной принцип должен реализовываться при создании экологических схем ГЗУ?
94. Перечислите основные элементы, входящие в полную комплексную схему очистки вод от нефтепродуктов.
95. Какие основные технологические процессы включаются в схему обезвреживания сточных вод от химических очисток?

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Блинникова, В.Д. Гидрохимия : учебно-методический комплекс / В. Д. Блинникова, Н. Л. Багнавец, А. Л. Кауфман ; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. - 129 с.

2. Иванова, И. В. Физико-химические основы водоподготовки : учебное пособие / И. В. Иванова, А. А. Куликов. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2023. — 132 с. — ISBN 978-5-9239-1440-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/393887>

3. Водоподготовка в энергетике : учебник / С. Л. Громов, Е. К. Долгов, К. А. Орлов, В. Ф. Очков. — Москва : НИУ МЭИ, 2021. — 576 с. — ISBN 978-5-7046-2439-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362513> (дата обращения: 18.12.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Никаноров, А.М. Гидрохимия: [Книга] : Учебник для вузов по спец. "Гидрология суши" / А.М. Никаноров. - СПб. : Гидрометеиздат, 1989. - 352 с.

2. Власова, Т. А. Гидрохимия главных рек Коми АССР / Т.А. Власова ; под ред.: А.А. Антоновой, Н. Н. Ветошкиной. - Сыктывкар : Коми науч.центр УрО АН СССР, 1988. - 151 с.

3. Иванова, И. В. Физико-химические основы водоподготовки. Определение общей щелочности и жесткости воды : учебное пособие / И. В. Иванова. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015. — 32 с. — ISBN 978-5-9239-0794-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/71869>

4. Черемисинов, А. Ю. Водоснабжение малых сельскохозяйственных предприятий переработки : учебное пособие / А. Ю. Черемисинов, О. Г. Ревенков, И. П. Земленухин ; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. - М. : [б. и.], 2001. - 82 с.

5. Журба, М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : [Книга] : Учебное пособие. В 3-х томах: Том 1 / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. 1. - 2-е изд., доп. и перераб. - М. : Издательство АСВ, 2003. - 288 с.

6. Михайлова, И. Ю. Водоподготовка ионообменным, баромембранным и электродиализными методами : учебно-методическое пособие / И. Ю. Михайлова, С. В. Шишкина. — Киров : ВятГУ, 2018. — 40 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/339917>

### 7.3 Нормативные правовые акты

1. ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая. Общие требования к организации методам контроля качества».

2. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».

3. СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников» .

### 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Улюкина Е.А., Мартынова Н.К. Физико-химические основы водоподготовки в энергетике: учебно-методическое пособие. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2013. – 54 с.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- 1 ООО «Агроводком» официальный дилер крупнейших производителей насосного оборудования России. <http://www.agrovodcom.ru> (открытый доступ).
2. NASOS.info – отраслевой портал посвященный рынку насосов. <http://nasos.info> (открытый доступ).
3. <http://rucont.ru> Электронно-библиотечная система(открытый доступ).
4. <http://www2.viniti.ru> Базы данных ВИНТИ РАН (открытый доступ).
5. <http://www.techgidravlika.ru> Информационно-справочная система (открытый доступ).
6. <http://znanium.com/> Электронно-библиотечная система (открытый доступ).
7. <http://e.lanbook.com/> Электронно-библиотечная система (открытый доступ).

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Раздел 1. Основные показатели качества воды.	MS Word MS Power Point MS Excel	Оформительская Презентация Расчетная	Microsoft Autodesk	2010 2009
2	Раздел 2. Способы улучшения и технологические схемы очистки воды	MS Word MS Power Point MS Excel	Оформительская Презентация Расчетная	Microsoft Autodesk	2010 2009
3	Раздел 3. Подготовка воды для теплосиловых установок.	MS Word MS Power Point MS Excel	Оформительская Презентация Расчетная	Microsoft Autodesk	2010 2009

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
23 корпус, 7 аудитория	1.Экран ClassicLyra (Инв.№ 410134000001609) 2. Проектор BenQMX711 (Инв. № 410134000001611)

	3. Доска настенная 3-элементная (Инв. № 210136000005980)
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных WI-FI, Интернет-доступом.	
Общежитие № 4, № 5 и № 11, комната для самоподготовки.	

## 11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Содержание материала и график изучения дисциплины приведены в рабочей учебной программе, для успешного выполнения которой студентам рекомендуется пользоваться учебниками и учебно-методическими пособиями из библиотечного фонда университета, а также методическими пособиями по выполнению практических работ, хранящимися на кафедре.

Студентам необходимо:

- внимательно ознакомиться с содержанием тематического плана дисциплины, приводимом в нём списком рекомендуемой литературы, приобрести в библиотеке университета требующиеся учебники и учебные пособия;
- получить консультацию у преподавателей кафедры, ведущих дисциплину «Основы водоподготовки», по всем возникающим учебно-методическим вопросам;
- используя методические пособия, строго по темам дисциплины приступить к изучению рекомендуемой литературы;
- прорабатывать каждую тему сразу после её изложения на лекции;
- перед выполнением практических работ ознакомиться с методическими указаниями по их выполнению;
- для допуска к зачету с оценкой студенту необходимо выполнить и успешно сдать все отчеты по практическим занятиям и реферат;

В конспекте лекций следует избегать подробной записи. Конспект не должен превращаться в единственный источник информации, он должен подводить студента к самостоятельному обдумыванию материала, к работе с учебной литературой. Независимо от того, есть учебник или нет, лекции записывать необходимо.

*Правила ведения записей и оформление конспекта:*

- начинать с даты занятий, названия темы, целей и плана лекции, рекомендованной литературы;
- вести конспект опрятно, содержательно, четко, разборчиво, грамотно;
- научиться выделять и записывать основные научные положения и факты, формулы и правила, выводы и обобщения; не перегружать записи отдельными фактами;
- выделять разделы и подразделы, темы и подтемы;
- применять доступные пониманию сокращения слов и фраз;
- записывать рекомендованную литературу;
- желательно выделять цветом названия темы, основные положения, выводы; записи вести на страницах с большими полями.

Последующая работа над лекцией заключается в повторении ее содержания по конспекту (а еще лучше с привлечением дополнительных источников информации) вскоре после

ее прослушивания, т.к. забывание материала, воспринятого любым способом, идет особенно интенсивно сразу же после восприятия.

*Работа над конспектом лекции осуществляется по этапам:*

- повторить изученный материал по конспекту;
- непонятные положения отметить на полях и уточнить;
- неоконченные фразы, пропущенные слова и другие недочеты в записях устранить, пользуясь материалами из учебника и других источников;
- завершить техническое оформление конспекта (подчеркивания, выделение главного, выделение разделов, подразделов и т.п.).

При подготовке к практическому занятию студент должен изучить рекомендованный к данной теме материал по учебнику и практикуму, подготовить отчет, который должен содержать наименование работы, цель работы, схемы (при необходимости), расчетные формулы, таблицы для записи полученных результатов (при необходимости). На практических занятиях студент обязан обдуманно выполнять задания, анализировать полученные результаты.

Окончательно оформленные отчеты по практическим работам защищаются студентами в индивидуальном порядке в часы консультаций преподавателя, в день выполнения работы или ближайшее время.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший лекции, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему и отчитаться перед преподавателем. Пропущенные практические занятия и лабораторные работы должны быть выполнены студентом самостоятельно и представлены преподавателю.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

### **Методические рекомендации для чтения лекций**

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий. Они должны дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых вопросах.

Объем читаемых лекций определяется графиком плана. Каждая лекция должна делиться на три части: введение, основная часть (учебные вопросы) и заключение.

Лекции должны иметь логическую связь с ранее изученным материалом и быть ориентированы на последующее применение излагаемого материала.

Для этой цели во введении к лекции преподаватель формулирует тему, учебные вопросы, отражающие содержание лекции и четко определяет цель данной лекции. Начиная изложение рассматриваемого материала, преподаватель устанавливает логическую связь данной лекции с предыдущим материалом и изучаемыми ранее дисциплинами. Введение должно занимать не более 10 минут, но должно полностью подготовить студента к восприятию излагаемого далее основного содержания.

Планируемый к изложению в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируясь техническими средствами обучения. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе.

В заключительной части лекций преподаватель должен подвести итог и сформулировать общие выводы, вытекающие из содержания основной части лекции, и еще раз обратить внимание на тот объем материала, который подлежит самостоятельному изучению.

### **Методические указания для проведения практических занятий**

Практические занятия проводятся с целью закрепления теоретического материала, изложенного на лекциях, а также для развития у студентов навыков практического решения единых учебно-инженерных задач.

Практические занятия рекомендуется делить на три части: вводную, основную и заключительную.

Во вводной части преподаватель должен назвать тему занятия, определить ее цель и сформулировать вопросы, отражающие содержание занятия. Преподаватель должен указать взаимосвязь практического занятия с предыдущими занятиями по данной дисциплине, при необходимости пояснить инженерную направленность темы и ее связь с другими дисциплинами.

Основная часть практического занятия должна быть посвящена закреплению теоретических положений, изложенных в лекциях, путем решения практических задач. Преподаватель должен разобрать со студентами методику решения типовых примеров, указав при этом, какие материалы теоретического курса используются при этом.

Часть времени преподаватель должен отвести для объяснения студентам содержания, этапов решения заданий при выполнении самостоятельной работы.

В заключительной части практического занятия преподаватель должен сформулировать краткие выводы по содержанию вопросов, рассмотренных на занятии, обратив внимание студентов на тот объем материала, который рекомендуется для самостоятельного изучения. Подробно остановиться на литературе, рекомендованной для самостоятельной работы.

## РЕЦЕНЗИЯ

### на рабочую программу дисциплины Б1.В.01.01 «Основы водоподготовки» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, направленность – Инжиниринг теплоэнергетических систем (квалификация выпускника – бакалавр)

Шабаевым Евгением Адимовичем, кандидатом технических наук, доцентом, и.о. заведующего кафедрой автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Основы водоподготовки» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, направленность – Инжиниринг теплоэнергетических систем для подготовки бакалавров разработанной в ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, на кафедре электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко (разработчик – Гарькавый Константин Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Основы водоподготовки» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина включена в вариативную часть профессионального модуля по направленности «Инжиниринг теплоэнергетических систем» направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Основы водоподготовки» закреплены следующие индикаторы достижения компетенции: ПКос-1.1; ПКос-1.2. Дисциплина «Основы водоподготовки» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Основы водоподготовки» составляет 4 зачётных единицы (144 часов).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Основы водоподготовки» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника и возможность дублирования в содержании отсутствует.

8. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

9. Программа дисциплины Дисциплина «Основы водоподготовки» предполагает занятия в интерактивной форме.

10. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

11. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

## Методические указания для проведения лабораторных работ

Лабораторные работы являются одним из важнейших элементов закрепления пройденного материала, а также приобретения практических навыков студентами.

Лабораторные работы целесообразнее проводить с подгруппой. Необходимо заранее известить студентов о теме будущего лабораторного занятия, указать на необходимость самостоятельного ознакомления с:

- целью лабораторной работы;
- теоретическим материалом, необходимым для выполнения данной работы;
- порядком выполнения работы и снятием экспериментальных данных;
- методикой обработки полученных в процессе лабораторной работы результатов;
- подумать о выводах, которые необходимо сделать в конце работы.

На лабораторную работу студент должен прийти с подготовленным конспектом лабораторной работы.

Все лабораторные работы должны быть оформлены в отдельном «Журнале для лабораторных работ». Это может быть отдельная тетрадь, в которой студент на основе методических рекомендаций для проведения лабораторной работы, разработанных кафедрой, готовит свой персональный конспект, либо отдельный разработанный и изданный кафедрой макет конспекта лабораторной работы.

При достаточной технической оснащенности учебной лаборатории кафедры студенты выполняют лабораторную работу, предварительно разбившись по «бригадам», включающим в себя по 4 – 5 студентов. Если же нет такой технической возможности, то лабораторная работа выполняется сразу всей подгруппой или  $\frac{1}{2}$  подгруппы. При этом преподаватель распределяет между студентами обязанности по выполнению лабораторной работы, стараясь задействовать в работе как можно больше студентов.

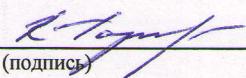
Перед проведением лабораторной работы преподаватель или ассистирующий ему инженер (лаборант) учебной лаборатории проводит инструктаж по технике безопасности.

После снятия опытных данных студенты обрабатывают результаты эксперимента, строят графики (если они предусмотрены в работе), делают выводы по работе.

После выполнения лабораторной работы целесообразно проводить ее «защиту». Это позволяет студентам еще раз повторить и осмыслить пройденный материал, а преподавателю оценить степень усвоения пройденного студентами материала.

**Программу разработал**

Гарькавый К.А., к.т.н., доцент

  
(подпись)

## РЕЦЕНЗИЯ

### на рабочую программу дисциплины Б1.В.01.01 «Основы водоподготовки» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, направленность – Инжиниринг теплоэнергетических систем (квалификация выпускника – бакалавр)

Шабаевым Евгением Адимовичем, кандидатом технических наук, доцентом, и.о. заведующего кафедрой автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Основы водоподготовки» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, направленность – Инжиниринг теплоэнергетических систем для подготовки бакалавров разработанной в ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, на кафедре электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко (разработчик – Гарькавый Константин Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Основы водоподготовки» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина включена в вариативную часть профессионального модуля по направленности «Инжиниринг теплоэнергетических систем» направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Основы водоподготовки» закреплены следующие индикаторы достижения компетенции: ПКос-1.1; ПКос-1.2. Дисциплина «Основы водоподготовки» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Основы водоподготовки» составляет 4 зачётных единицы (144 часов).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Основы водоподготовки» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника и возможность дублирования в содержании отсутствует.

8. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

9. Программа дисциплины Дисциплина «Основы водоподготовки» предполагает занятия в интерактивной форме.

10. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

11. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины профессионального модуля по направленности (профилю) «Инжиниринг теплоэнергетических систем» направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

13. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

14. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 3 источника, дополнительной литературой – 6 наименования, Интернет-ресурсы – 7 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

15. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Основы водоподготовки» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

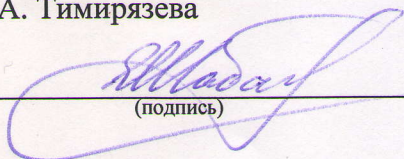
16. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения дают представление о специфике обучения по дисциплине «Основы водоподготовки».

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Основы водоподготовки» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность «Инжиниринг теплоэнергетических систем» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Гарькавым К.А., кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент:

Шабает Е.А., кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородин ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева

  
(подпись)

« 19 » 06 2025 г.