

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 16.11.2023 13:59:48  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 28 » января 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**  
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**  
(Начало подготовки – 2021 год)

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики**

Специализация:

**Химическая технология теплоносителей  
и радиоэкология ядерных энергетических установок**

Квалификация

**Инженер**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии**

Санкт-Петербург

2021

Б1.В.07.01

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Ст. преп.		Акатов А.А.
Ст. преп.		Коряковский Ю.С.

Рабочая программа дисциплины «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок» обсуждена на заседании кафедры инженерной радиоэкологии и радиохимической технологии  
протокол от «12» января 2021 № 1  
И.о. заведующего кафедрой

А.В. Румянцев

Одобрено учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета  
протокол от «25» января 2021 № 4

Председатель

А.П. Сусла

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология материалов современной энергетики»		И.В. Юдин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины .....	5
4. Содержание дисциплины .....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	7
4.3. Занятия семинарского типа.....	12
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	12
4.3.2. Лабораторные работы .....	13
4.4. Самостоятельная работа обучающихся .....	15
4.5 Темы курсовых проектов.....	16
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	16
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	16
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	17
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	18
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	18
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	18
10.1. Информационные технологии .....	18
10.2. Программное обеспечение .....	19
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	19
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	19
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	19
Приложение № 1. Фонд оценочных средств .....	20

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

В результате освоения образовательной программы специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
<b>ПК-7</b> Способен к безопасному проведению, контролю, разработке и усовершенствованию технологических процессов подготовки и регенерации теплоносителей энергетических установок различного типа (включая ядерные), обеспечивающих оптимальное использование ресурса конструкционных материалов и оборудования установки	<b>ПК-7.3</b> Управление, контроль, разработка и совершенствование процессов подготовки и очистки теплоносителя на ядерных и иных энергетических установках	<b>Знать:</b> важнейшие примеси природных вод, водных и неводных теплоносителей их источники, показатели качества воды (ЗН-1); основные способы подготовки и очистки теплоносителя на энергетических установках, их основы, ограничения, используемое оборудование (ЗН-2); действующие и перспективные водно-химические режимы ядерных энергетических установок, роль и устройство систем спецводоочистки (ЗН-3). <b>Уметь:</b> совершенствовать имеющиеся или разрабатывать новые схемы подготовки или очистки теплоносителя, исходя из требований к его качеству (У-1). <b>Владеть:</b> навыками контроля и управления качеством теплоносителя в соответствии с установленными регламентами (Н-1).

<sup>1</sup> Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

<sup>2</sup> Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчиком РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

<sup>3</sup> Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок» (Б1.В.07.01) относится к дисциплинам специализации (части, формируемой участниками образовательных отношений) и изучается на 4 курсе, в 8 семестре, и на 5 курсе, в 9 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Радиохимия», «Методы аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики», «Материалы и оборудование ядерных энергетических установок». Полученные в процессе изучения дисциплины «Основы проектирования радиационно опасных производств» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении преддипломной практики, выполнении выпускной квалификационной работы и в дальнейшей трудовой деятельности.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов	Семестр	
		8	9
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	9 / 324	4 / 144	3 / 108
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	174	48	126
занятия лекционного типа	32	32	–
занятия семинарского типа, в т.ч.	142	16	126
семинары, практические занятия (в т.ч. практическая подготовка)	16 (4)	16 (4)	–
лабораторные работы	126	–	126
курсовое проектирование (КП)	–	–	–
КСР	–	–	–
другие виды контактной работы	–	–	–
<b>Самостоятельная работа</b>	114	24	90
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	–	–	–
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (36), зачет	Экзамен (36)	Зачет

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Основные понятия и определения учебной дисциплины	1	–	–	–	ПК-7	ПК-7.3
2.	Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок	1	2	–	12	ПК-7	ПК-7.3
3.	Источники и виды загрязнений водных теплоносителей, основные примеси природных и контурных вод. Показатели качества воды.	4	2	–	12	ПК-7	ПК-7.3
4.	Коррозионные процессы и поведение продуктов коррозии в контурах энергетических установок	2	–	36	–	ПК-7	ПК-7.3
5.	Радиоактивное загрязнение и радиоллиз водного теплоносителя ЯЭУ	1	–	–	–	ПК-7	ПК-7.3
6.	Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках	1	1	–	6	ПК-7	ПК-7.3
7.	Осветление воды методами коагуляции и механического фильтрования	2	–	18	–	ПК-7	ПК-7.3
8.	Обработка воды методами ионного обмена	4	–	36	–	ПК-7	ПК-7.3
9.	Мембранные технологии в водоподготовке и очистке водных сред	2	–	–	–	ПК-7	ПК-7.3
10.	Дистилляционная очистка воды и водных сред. Очистка водного теплоносителя от газовых примесей.	2	–	–	–	ПК-7	ПК-7.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
11.	Понятие «водно-химический режим энергетической установки». Классификация водно-химических режимов.	1	1	–	–	ПК-7	ПК-7.3
12.	Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР. Перспективные водно-химические режимы	2	–	–	18	ПК-7	ПК-7.3
13.	Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа РБМК	1	2	–	–	ПК-7	ПК-7.3
14.	Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа ВВЭР	1	2	–	–	ПК-7	ПК-7.3
15.	Блочные обессоливающие установки	1	–	–	–	ПК-7	ПК-7.3
16.	Пассивация и консервация энергетического оборудования	2	1	36	–	ПК-7	ПК-7.3
17.	Водно-химические режимы паровых котлов, водогрейных котлов и тепловых сетей	2	1	–	12	ПК-7	ПК-7.3
18.	Технология неводных теплоносителей	1	2	–	36	ПК-7	ПК-7.3
19.	Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике	1	2	–	18	ПК-7	ПК-7.3
	<b>ИТОГО</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>126</b>	<b>114</b>		

#### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>4</sup>
----------------------	--	-------------------	----------------------------------

<sup>4</sup> **Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения** (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажеров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>4</sup>
1.	<b>Основные понятия и определения учебной дисциплины</b> Содержание термина «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок (ХТО ЭУ)». Основные химико-технологические процессы, выполняемые на энергетическом объекте при различных режимах его эксплуатации. Критерии эффективности ХТО ЭУ.	1	ЛВ, ДОТ
2.	<b>Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок.</b> Физические, ядерно-физические характеристики, химическая активность по отношению к конструкционным материалам, технологичность, доступность, безопасность в обращении. Использование различных типов теплоносителей в ядерной энергетике.	1	ЛПК, ДОТ
3.	<b>Источники и виды загрязнений водных теплоносителей, основные примеси природных и контурных вод. Показатели качества воды.</b> Классификация загрязнителей технологических сред энергетических установок. Источники химического и радиоактивного загрязнения теплоносителя реакторных контуров АЭС различного типа.	4	Л, ДОТ
4.	<b>Коррозионные процессы и поведение продуктов коррозии в контурах энергетических установок</b> Классификация видов коррозии. Общая (равномерная) коррозия. Локальная коррозия. Химическая коррозия. Электрохимическая коррозия. Пассивность металла. Диаграммы «электрохимический потенциал – величина рН» (диаграммы Пурбэ). Факторы, определяющие направление и скорость коррозионных процессов. Продукты коррозии: фазовый и химический состав, дисперсный состав, зарядовые характеристики. Моделирование процессов массопереноса продуктов коррозии в контурах энергетических установок. Модели кристаллизации-растворения, коллоидно-химическая модель. Модели формирования коррозионных	2	Л, ДОТ

компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>4</sup>
	отложений на теплопередающих и нетеплопередающих поверхностях, учитывающие взаимодействие продуктов коррозии с участием термоЭДС и гальваноЭДС. Управление переносом продуктов коррозии и их отложением на внутриконтурных поверхностях. Особенности поведения продуктов коррозии в переходно-мощностные режимы эксплуатации энергетических установок. Хайд-аут эффект.		
5.	<b>Радиоактивное загрязнение и радиолитическое разложение водного теплоносителя ЯЭУ</b> Наведенная активность коррозионного происхождения. Продукты деления ядерного топлива. Продукты активации теплоносителя, примесей и технологических добавок, присутствующих в теплоносителе. Формы нахождения радионуклидов в теплоносителе. Поведение радионуклидов в контурах. Механизм процесса радиолитического разложения воды. Реакции с участием радикалов и вторичных электронов. Радиационный выход. Молекулярные продукты радиолитического разложения. Радиационно-химическое поведение примесей и технологических добавок. Явление «кислотной ямы». Факторы, определяющие глубину и скорость протекания радиолитических процессов в реакторных контурах энергетических установок. Подавление радиолитического разложения водного теплоносителя.	1	Л, ДОТ
6.	<b>Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках</b> Дистилляция, коагуляция и осветление, очистка на механических фильтрах, очистка на ионитных фильтрах, мембранные методы очистки.	1	ЛПК, ДОТ
7.	<b>Осветление воды методами коагуляции и механического фильтрования</b> Коагуляция как технологический процесс, основные коагулянты, рекомендуемые параметры ведения процесса и оборудование. Фильтрование: основы процесса, фильтрующие загрузки, устройство и принцип действия насыпных и намывных фильтров, электромагнитных фильтров; другие варианты организации процесса фильтрования.	2	ЛВ, ДОТ
8.	<b>Обработка воды методами ионного обмена</b> Синтетические иониты, физико-химические особенности процесса ионного обмена. Технологические характеристики ионитов.	4	ЛВ, ДОТ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>4</sup>
	Устройство и принцип действия ионообменных фильтров. Na-катионирование, H-катионирование, OH-анионирование. Устройство и принцип действия ионообменных фильтров.		
9.	<b>Мембранные технологии в водоподготовке и очистке водных сред</b> Физико-химические основы технологии обратного осмоса (гиперфльтрации), устройство и характеристики обратноосмотических элементов.	2	ЛВ, ДОТ
10.	<b>Дистилляционная очистка воды и водных сред. Очистка водного теплоносителя от газовых примесей</b> Распределение веществ (примесей) между водой и паром. Очистка водного теплоносителя от газовых примесей и загрязнений. Дистилляционная очистка воды и жидких отходов: физико-химические основы технологии, устройство выпарных аппаратов, причины и борьба с уносом загрязнений в пар.	2	ЛВ, ДОТ
11.	<b>Понятие «водно-химический режим энергетической установки». Классификация водно-химических режимов.</b> Понятие «Водно-химический режим». Принципы нормирования качества водного теплоносителя. Сравнительное сопоставление ВХР различных типов энергетических установок. Новые водно-химические режимы и перспективы их использования в отечественной и зарубежной энергетике.	1	Л, ДОТ
12.	<b>Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР. Перспективные водно-химические режимы</b> Нейтральный бескоррекционный ВХР. Аммиачно-калиевый ВХР с борным регулированием. Особенности протекания коррозионных и радиолитических процессов в реакторах кипящего типа и с водой под давлением. ВХР второго контура. Совершенствование ВХР АЭС с реакторами типа ВВЭР. Нейтральный кислородный ВХР. Комплексонный ВХР. Водно-химические режимы с использованием аминов. Цинковый ВХР.	2	Л, ДОТ
13.	<b>Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа РБМК</b> Очистка реакторной воды. Установка переработки трапных вод. Очистка водных сред	1	ЛВ, ДОТ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>4</sup>
	вспомогательных систем и контуров. Производительность и эффективность установок спецводоочистки.		
14.	<b>Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа ВВЭР</b> Очистка реакторной воды. Очистка продувочной воды парогенераторов. Переработка трапных вод. Производительность и эффективность установок спецводоочистки.	1	ЛВ, ДОТ
15.	<b>Блочные обессоливающие установки</b> Назначение, принцип действия, устройство, особенности эксплуатации блочных обессоливающих установок. Использование фильтров смешанного действия в БОУ. Регенерация БОУ. Перспективные технологии глубокого обессоливания воды.	1	Л, ДОТ
16.	<b>Пассивация и консервация энергетического оборудования</b> Классификация методов пассивации и консервации. Оксидирование сталей. Малоотходные технологии пассивации контурного оборудования. Использование технологий пассивации и консервации при проведении ремонтно-регламентных работ на АЭС.	2	Л, ДОТ
17.	<b>Водно-химические режимы паровых котлов, водогрейных котлов и тепловых сетей</b> Особенности нормирования качества водного теплоносителя в паровых и водогрейных котлах. Требования к качеству воды тепловых сетей. Предотвращение отложений продуктов коррозии и солей жесткости на внутриконтурных поверхностях теплоэнергетического оборудования и на стенках трубопроводов. Системы поддержания качества водных сред на нормируемом уровне.	2	Л, ДОТ
18.	<b>Технология неводных теплоносителей</b> Жидкометаллические теплоносители (ЖМТ). Использование ЖМТ в атомной энергетике. Технология натриевого теплоносителя: нормирование качества, очистка натрия при заполнении и эксплуатации контуров, обеспечение пожарной безопасности, обращение с отработавшим натриевым теплоносителем. Газовые теплоносители. Опыт применения и перспективы использования газовых теплоносителей в атомной энергетике. Высокотемпературные реакторы с гелиевым	1	ПЛ, ДОТ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>4</sup>
	теплоносителем: принципиальные схемы, функциональные возможности. Технология гелиевого теплоносителя. Органические теплоносители. Использование в атомной энергетике. Фаулинг-процесс. Очистка органического теплоносителя от примесей и от продуктов терморadiационного крекинга.		
19.	<b>Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике</b> Источники экологически опасных веществ (токсикантов) на предприятиях атомной и тепловой энергетике. Масштабы экологических проблем, возникающих при эксплуатации энергетических объектов. Технологии решения экологических проблем: состояние, перспективы развития. Примеры реализации конкретных инженерных решений при осуществлении природоохранных мероприятий на энергетических объектах.	1	Л, ДОТ
	<b>ИТОГО:</b>	<b>32</b>	

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
2.	Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок	2	–	МШ, ДОТ
3.	Источники и виды загрязнений водных теплоносителей, основные примеси природных и контурных вод. Показатели качества воды.	2	1	РД, ДОТ
6.	Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках	1	1	
11.	Понятие «водно-химический режим энергетической установки». Классификация водно-химических режимов.	1	1	РД, ДОТ
13.	Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа РБМК	2	–	–

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
14.	Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа ВВЭР	2	–	–
16.	Пассивация и консервация энергетического оборудования	1	–	–
17.	Водно-химические режимы паровых котлов, водогрейных котлов и тепловых сетей	1	–	–
18.	Технология неводных теплоносителей	2	1	МШ, ДОТ
19.	Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике	2	–	–
	<b>ИТОГО</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	

#### 4.3.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы (всего)	Примечания
4	Очистка воды от продуктов коррозии. Содержание занятий: определение эффективности очистки воды от мелкодисперсных железооксидных и/или железогидроксидных продуктов коррозии с использованием ионитных фильтров.	36	
7	Очистка воды от продуктов коррозии и других мелкодисперсных примесей с помощью коагуляции и механического фильтрования. Содержание занятий: определение эффективности очистки воды от продуктов коррозии и других мелкодисперсных примесей с посредством коагулянтов и/или осветления на механических фильтрах.	18	
8	Изучение физико-химических	36	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы (всего)	Примечания
	<p>характеристик ионообменных материалов.</p> <p>Определение динамических характеристик ионообменных процессов.</p> <p>Содержание занятий: установление вида ионита и его формы, определение насыпной плотности ионита, определение влажности ионита, определение набухаемости ионита, определение статической обменной ёмкости катионита/анионита (различными способами) и др..</p> <p>Определение рабочей динамической обменной ёмкости (РДОЕ) и полной динамической обменной ёмкости (ПДОЕ) для катионитов/анионитов.</p> <p>Проведение регенерации ионита.</p> <p>Определение длительности фильтроцикла.</p>		
16	<p>Консервационная и пассивационная защита углеродистых сталей от коррозии.</p> <p>Содержание занятий: выдержка образцов в коррозионной среде, определение скорости коррозии, определение коэффициента защиты металла от коррозии в консервирующем растворе и др.</p>	36	
	<b>ИТОГО</b>	<b>126</b>	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2.	<p><b>Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок</b> Сравнительное сопоставление ВХР различных типов ЯЭУ ВХР вспомогательных водных систем и контуров ЯЭУ. Водно-химические режимы водогрейных котлов и системы их поддержания Водно-химические режимы и подготовка воды на тепловых сетях</p>	12	Устный опрос
3.	<p><b>Источники и виды загрязнений водных теплоносителей, основные примеси природных и контурных вод. Показатели качества воды.</b> Коррозия реакторных и контурных материалов в водном теплоносителе. Характеристика продуктов коррозии: состав, свойства, поведение в контурах. Формирование радиационной обстановки в контурах атомных энергетических установок. Внутриконтурный перенос радионуклидов теплоносителем. Радиолиз водного теплоносителя. Влияние водного режима на протекание радиолиза теплоносителя. Распределение веществ (примесей) между водой и паром.</p>	12	
6.	<p><b>Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках</b> Устройство систем конденсатоочистки (блочных обессоливающих установок). Устройство и принцип действия механических фильтров. Устройство и принцип действия ионообменных фильтров. Высокотемпературная фильтрационная очистка водного теплоносителя. Очистка водного теплоносителя от газовых примесей и загрязнений. Очистка водного теплоносителя с помощью электромагнитных фильтров.</p>	6	
12.	<p><b>Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР. Перспективные водно-химические режимы</b> Перспективные водно-химические режимы. Этаноламиновый режим. Подготовка водного теплоносителя к заполнению контуров ЯЭУ. Очистка реакторной воды АЭС с реактором ВВЭР.</p>	18	
17.	<p><b>Водно-химические режимы паровых котлов,</b></p>	12	

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
	<b>водогрейных котлов и тепловых сетей.</b> Послемонтажная, предпусковая, эксплуатационная антикоррозионная обработка внутриконтурных поверхностей. Водно-химические режимы водогрейных котлов и системы их поддержания Водно-химические режимы и подготовка воды на тепловых сетях		
18.	<b>Технология неводных теплоносителей</b> Специфические проблемы эксплуатации ЯЭУ, связанные с использованием жидких металлов в качестве теплоносителя. Очистка защитного газа на ЯЭУ с ЖМТ. Очистка органического теплоносителя методом дистилляции. Использование гелиевого теплоносителя в контурах ЯЭУ. Принципиальная схема АЭС с гелиевым теплоносителем.	36	
19.	<b>Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике</b> Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике. Перспективные природоохранные технологии в тепловой и атомной энергетике.	18	
	<b>ИТОГО</b>	<b>114</b>	

#### 4.5 Темы курсовых проектов

Не предусмотрено.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>.

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена (в 8 семестре) и зачета (в 9 семестре).

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций, и комплектуется теоретическими вопросами (для проверки знаний).



При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу – до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

**Вариант № 1**

1. Понятие «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок».
2. Очистка защитного газа на ЯЭУ с ЖМТ.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Формирование умений и навыков проверяется преимущественно в процессе выполнения лабораторных работ и защите отчетов по лабораторным работам, по результатам которых выставляется зачёт в 9 семестре.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно»<sup>5</sup>.

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

### **а) печатные издания**

7.1 Соколов, Б.А. Вспомогательное оборудование котлов. Водоподготовка : учебное пособие для образовательных учреждений, реализующих программы профессиональной подготовки / Б. А. Соколов. – Москва : Академия, 2009. – 64 с. – ISBN 978-5-7695-4971-7.

7.2 Далидович, В.В. Расчет основного технологического оборудования процессов водообработки : учебное пособие / В. В. Далидович, Л. В. Григорьева, В. В. Самонин ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ) , 2018.

Ч. 1. – 2018. – 70 с.

7.3 Далидович, В.В. Расчет основного технологического оборудования процессов водообработки : учебное пособие / В. В. Далидович, Л. В. Григорьева, В. В. Самонин ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химии и технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ) , 2018.

Ч. 2. – 2018. – 52 с.

7.4 Яблокова, М.А. Водоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий (с основами гидравлики) : учебное пособие / М. А. Яблокова, Е. А. Пономаренко ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерного проектирования. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 171 с.

### **б) электронные издания**

7.5 Шачнева, Е. Ю. Водоподготовка и химия воды : учебно-методическое пособие / Е. Ю. Шачнева. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 104 с. – ISBN 978-5-8114-4961-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 25.12.2020). – Режим доступа: по подписке.

7.6 Яблокова, М.А. Водоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий (с основами гидравлики) : учебное пособие / М. А. Яблокова, Е. А. Пономаренко ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерного проектирования. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2016. – 171 с. // СПбГТИ.

<sup>5</sup> Для промежуточной аттестации в форме зачёта – «зачтено».

Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 25.09.2020). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

7.7 Яблокова, М.А. Технология водоподготовки : учебное пособие / М. А. Яблокова, Е. А. Пономаренко ; Минобрнауки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра инженерного проектирования. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2017. – 125 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 25.09.2020). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины**

8.1 Учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<http://media.technolog.edu.ru>

8.2 Сайты профильных организаций:

АО «ВНИИАЭС» – <http://www.vniiaes.ru>

АО «СвердНИИхиммаш» – <http://www.sverd.ru>

ООО «Водные технологии «Атомэнергопрома» – <https://www.runwater.ru>

8.3 Электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Все виды занятий по дисциплине «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463).

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **10.1. Информационные технологии**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

## **10.2. Программное обеспечение<sup>6</sup>**

Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point).

## **10.3. Базы данных и информационные справочные системы**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс» (для ознакомления с действующими редакциями нормативно-правовых документов).

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы<sup>7</sup>**

Для проведения лекционных и практических занятий, а также курсового проектирования используются учебные аудитории, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лекционных занятий используются компьютерные презентации, видеоматериалы и учебные фильмы, демонстрируемые на экране при помощи персонального компьютера (ноутбука), мультимедийного проектора и аудиоколонок.

Лаборатории, укомплектованные специализированной мебелью, оснащены необходимым лабораторным оборудованием: комплектом радиометрической аппаратуры, включающим сцинтилляционные счетчики бета-частиц со свинцовыми домиками и пересчетными устройствами, а также стандартным набором лабораторного оборудования / посуды. Помещения, в которых выполняются лабораторные работы, включены в необходимые разрешительные документы (лицензию, санитарно-эпидемиологическое заключение), санкционирующие обращение с источниками ионизирующего излучения в открытом виде. Лаборатории оборудованы средствами контроля радиоактивного загрязнения (рук, спецодежды, рабочих поверхностей), аварийным постом и емкостями для сбора твердых и жидких радиоактивных отходов.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду СПбГТИ(ТУ).

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащены специализированной мебелью и техническими средствами.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

---

<sup>6</sup> В разделе отображаются комплекты лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для обеспечения дисциплины

<sup>7</sup> В разделе отображается состав помещений, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой по дисциплине, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования**

Индекс компетенции	Содержание <sup>8</sup>	Этап формирования <sup>9</sup>
ПК-7	Способен к безопасному проведению, контролю, разработке и усовершенствованию технологических процессов подготовки и регенерации теплоносителей энергетических установок различного типа (включая ядерные), обеспечивающих оптимальное использование ресурса конструкционных материалов и оборудования установки	промежуточный

<sup>8</sup> **Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

<sup>9</sup> Этап формирования компетенции выбирается по п. 2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-7.3</b> Управление, контроль, разработка и совершенствование процессов подготовки и очистки теплоносителя на ядерных и иных энергетических установках	Перечисляет и характеризует важнейшие примеси природных вод, водных и неводных теплоносителей их источники, показатели качества воды (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №1-8, 19, 30, 31, 35, 39 к экзамену	Перечисляет только отдельные показатели качества воды, примеси природных вод, водных и неводных теплоносителей из рассмотренных в рамках дисциплины, кратко и с ошибками описывает их источники и роль, но только после наводящих вопросов	Перечисляет практически все показатели качества воды, примеси природных вод, водных и неводных теплоносителей из рассмотренных в рамках дисциплины, правильно описывает их источники и роль, но только после наводящих вопросов	Перечисляет все показатели качества воды, примеси природных вод, водных и неводных теплоносителей из рассмотренных в рамках дисциплины, правильно описывает их источники и роль
	Описывает основные способы подготовки и очистки теплоносителя на энергетических установках, их основы, ограничения, используемое оборудование (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы №9-18, 29, 32-34, 36-38, 40 к экзамену	Затрудняется в описании основных способов подготовки и очистки теплоносителя на энергетических установках, их основ, ограничений, используемого оборудования, допускает грубые ошибки, которые исправляет после конкретных замечаний	Описывает основные способы подготовки и очистки теплоносителя на энергетических установках, их основы, ограничения, используемое оборудование, но с небольшими ошибками, которые исправляет после наводящих вопросов	Правильно и самостоятельно описывает основные способы подготовки и очистки теплоносителя на энергетических установках, их основы, ограничения, используемое оборудование, отвечает на уточняющие вопросы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Рассказывает о действующих и перспективных водно-химических режимах ядерных энергетических установок, роли и устройстве систем спецводоочистки (ЗН-3)	Правильные ответы на вопросы №20-28 к экзамену	Приводит только общие сведения о действующих и перспективных водно-химических режимах ядерных энергетических установок, роли и устройстве систем спецводоочистки, не может раскрыть их более подробно даже после наводящих вопросов	Уверенно рассказывает о действующих и перспективных водно-химических режимах ядерных энергетических установок, роли и устройстве систем спецводоочистки, но допускает ошибки, которые исправляет после наводящих вопросов	Уверенно и правильно рассказывает о действующих и перспективных водно-химических режимах ядерных энергетических установок, роли и устройстве систем спецводоочистки
	Проявляет умение совершенствовать имеющиеся или разрабатывать новые схемы подготовки или очистки теплоносителя, исходя из требований к его качеству (У-1)	Защита отчетов по лаб. работам на зачёте Правильные ответы на вопросы №1-40 к экзамену	На основе полученных при изучении дисциплины знаний может предложить новую или усовершенствовать имеющуюся схему подготовки или очистки теплоносителя, исходя из требований к его качеству, но только после всеобъемлющих консультаций и критических замечаний преподавателя	На основе полученных при изучении дисциплины знаний может предложить новую или усовершенствовать имеющуюся схему подготовки или очистки теплоносителя, исходя из требований к его качеству, допускает небольшие ошибки, которые исправляет после краткой консультации с преподавателем	На основе полученных при изучении дисциплины знаний самостоятельно может предложить эффективную и непротиворечивую схему (или усовершенствование имеющейся схемы) подготовки или очистки теплоносителя

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Демонстрирует навыки контроля и управления качеством теплоносителя в соответствии с установленными регламентами (Н-1)	Защита отчетов по лаб. работам на зачёте Правильные ответы на вопросы №1-40 к экзамену	Демонстрирует навыки выбора и интерпретации показаний средств контроля и управления качеством теплоносителя в соответствии с установленными регламентами, но с грубыми ошибками, которые исправляет только после развернутых замечаний преподавателя	Демонстрирует навыки выбора и интерпретации показаний средств контроля и управления качеством теплоносителя в соответствии с установленными регламентами с незначительными ошибками, которые исправляет после наводящих вопросов или кратких замечаний преподавателя	Уверенно демонстрирует навыки выбора и интерпретации показаний средств контроля и управления качеством теплоносителя в соответствии с установленными регламентами

**3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**  
**а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-7:**

1. Понятие «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок».
2. Примеси природных вод: общая характеристика, влияние на физико-химические процессы в контурах энергетических установок.
3. Показатели качества воды.
4. Примеси контурных вод: общая характеристика, источники, влияние на физико-химические процессы в контурах энергетических установок.
5. Коррозия реакторных и контурных материалов в водном теплоносителе. Основные закономерности протекания коррозионных процессов. Диаграмма Пурбэ.
6. Характеристика продуктов коррозии: состав, свойства, поведение в контурах.
7. Радиоактивное загрязнение водного теплоносителя ЯЭУ.
8. Радиоллиз водного теплоносителя.
9. Классификация и сравнительное сопоставление способов очистки водного теплоносителя.
10. Осветление воды методами фильтрации. Устройство и принцип действия насыпных и намывных фильтров.
11. Очистка водного теплоносителя с помощью электромагнитных фильтров.
12. Обработка воды методами ионного обмена. Синтетические иониты, физико-химические особенности процесса ионного обмена.
13. Обработка воды методами ионного обмена. Технологические характеристики ионитов. Устройство и принцип действия ионообменных фильтров.
14. Обработка воды методами ионного обмена. На-катионирование, Н-катионирование, ОН-анионирование. Устройство и принцип действия ионообменных фильтров.
15. Мембранная технология водоподготовки. Физико-химические основы технологии обратного осмоса (гиперфильтрации), устройство и характеристики обратноосмотических элементов.
16. Дистилляционная очистка воды и жидких отходов: физико-химические основы технологии, устройство выпарных аппаратов, причины и борьба с уносом загрязнений в пар.
17. Распределение веществ (примесей) между водой и паром.
18. Очистка водного теплоносителя от газовых примесей и загрязнений.
19. Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок.
20. Понятие "Водно-химический режим". Сравнительное сопоставление ВХР различных типов ЯЭУ. Перспективные водно-химические режимы.
21. ВХР АЭС с реакторами типа ВВЭР.
22. ВХР АЭС с реакторами типа РБМК.
23. Характеристика систем СВО на АЭС с реактором РБМК.
24. Характеристика систем СВО на АЭС с реактором ВВЭР.
25. Очистка реакторной воды АЭС с реактором ВВЭР (СВО-2).
26. Байпасная очистка теплоносителя контура многократной принудительной циркуляции АЭС с реактором РБМК (СВО-1).
27. Очистка парогенераторной воды АЭС с реактором ВВЭР (СВО-5).
28. Устройство систем конденсатоочистки (блочных обессоливающих установок).
29. Принципиальные тепловые схемы ЯЭУ с жидкометаллическим теплоносителем. Расположение систем очистки теплоносителя в контурах ЯЭУ с ЖМТ.
30. Источники поступления примесей в ЖМТ. Нормирование и контроль чистоты ЖМТ.
31. Специфические проблемы эксплуатации ЯЭУ, связанные с использованием жидких металлов в качестве теплоносителя.



32. Общая характеристика методов очистки жидкометаллического теплоносителя. Производительность систем очистки ЖМТ.
33. Очистка жидкометаллического теплоносителя с использованием холодных и горячих ловушек.
34. Очистка защитного газа на ЯЭУ с ЖМТ.
35. Особенности использования органического теплоносителя в контурах ЯЭУ. Терморadiационный крекинг. Фаулинг-процесс. Нормирование качества органического теплоносителя.
36. Очистка органического теплоносителя методом дистилляции.
37. Очистка органического теплоносителя фильтрационным методом.
38. Сравнительная характеристика газовых теплоносителей. Использование гелиевого теплоносителя в контурах ЯЭУ. Принципиальная схема АЭС с гелиевым теплоносителем.
39. Загрязнение гелиевого теплоносителя. Нормирование качества теплоносителя в высокотемпературных реакторах (гелиевые реакторы).
40. Очистка гелиевого теплоносителя.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

#### **4. Темы курсовых проектов**

Не предусмотрено.

#### **5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена (в 8 семестре), а также зачёта (в 9 семестре).

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»), на зачёте – «зачтено», «не зачтено». При этом «зачтено» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.