

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 20.06.2022 12:26:50
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0fed81a034



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

УТВЕРЖДАЮ

Врио проректора по учебной
и методической работе

_____ Б.В. Пекаревский

«_____» _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

(начало подготовки – 2017 год)

Специальность

18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Специализация:

№ 3 Технология теплоносителей и радиозэкология ядерных энергетических установок

Квалификация

Инженер

Форма обучения

Очная

Факультет **инженерно-технологический**

Кафедра **инженерной радиозэкологии и радиохимической технологии**

Санкт-Петербург

2021

Б1.Б.27.01

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАЗРАБОТЧИКИ ПРОГРАММЫ

Старший преподаватель _____ А.А. Акатов

Рабочая программа дисциплины «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок» обсуждена на заседании кафедры инженерной радиозологии и радиохимической технологии
протокол от «__» _____ 2021 г. № __

И.о. зав. кафедрой ИРРТ _____ А.В. Румянцев

Рабочая программа дисциплины «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок» одобрена учебно-методической комиссией инженерно-технологического факультета
протокол от «__» _____ 2021 г. № __

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 | 10 |
| 4.3.1 | Семинары, практические занятия | 10 |
| 4.3.2 | Лабораторные занятия | 11 |
| 4.4 | Самостоятельная работа студентов | 12 |
| 5 | Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине..... | 13 |
| 6 | Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации | 13 |
| 7 | Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины..... | 14 |
| 8 | Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины | 15 |
| 9 | Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины..... | 15 |
| 10 | Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. | 15 |
| 11 | Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине. | 16 |
| 12 | Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья. | 16 |
| | Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок»..... | 17 |
| | Приложение № 2. Примеры тестов..... | 26 |

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

| <i>Коды компетенции</i> | Результаты освоения ООП (содержание компетенций) | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|-------------------------|--|--|
| ОПК-1 | способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности | выпускник должен <i>знать</i> источники радиационных рисков на действующих, проектируемых или выводящихся из эксплуатации ядерных энергетических установок (ЯЭУ); <i>владеть</i> способами и алгоритмами безопасного использования открытых и закрытых источников ионизирующего излучения <i>уметь</i> разрабатывать рабочие программы и локальные нормативные документы по использованию радиоактивных веществ |
| ПК-3 | способностью анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию | выпускник должен <i>знать</i> используемые на практике технологические процессы с использованием радиоактивных веществ с учетом их особенностей и радиационной опасности, <i>владеть</i> способами и алгоритмами безопасного использования открытых и закрытых источников ионизирующего излучения, оценки получаемой дозы за счет внешнего и внутреннего облучения; <i>уметь</i> разрабатывать конкретные программы; безопасного использования радиоактивных веществ для решения поставленных задач; |
| ПК-9 | способностью к разработке планов и программ проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач | выпускник должен <i>знать</i> нормативные документы по радиационной безопасности и охране окружающей среды; <i>владеть</i> способами и алгоритмами безопасного использования открытых и закрытых источников ионизирующего излучения; <i>уметь</i> разрабатывать конкретные программы, рабочие инструкции и др. локальные нормативные документы по использованию радиоактивных веществ; |
| ПСК-3.1 | способностью к безопасному проведению, контролю, разработке и усовершенствованию технологических процессов подготовки и регенерации теплоносителей ядерных энергетических установок различного типа, обеспечивающими надежную и долговременную защиту окружающей среды от воздействия радиации | выпускник должен <i>знать</i> нормативные документы по безопасному проведению, контролю, разработке и усовершенствованию технологических процессов подготовки и регенерации теплоносителей ядерных энергетических установок различного типа <i>владеть</i> способами и алгоритмами безопасного использования открытых и закрытых источников ионизирующего излучения <i>уметь</i> разрабатывать конкретные программы, рабочие инструкции и др. локальные нормативные документы по обеспечению надежной и долговременной защиты окружающей среды от воздействия радиации использования радиоактивных веществ |

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок» (Б1.Б.27.01) относится к дисциплинам специализации базовой части программы 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», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Физическая химия», «Радиохимия» и могут быть основой для формирования компетенций при изучении дисциплин «Технология основных материалов современной энергетики, «Принципы, методы и технические средства управления радиоактивными отходами».

Полученные знания необходимы студентам при изучении последующих учебных дисциплин, подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы и при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач в будущей профессиональной деятельности.

3 Объем дисциплины

| Вид учебной работы | Всего, академических часов | Семестр | |
|--|----------------------------------|-----------|-------|
| | | 8 | 9 |
| Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов) | 9/324 | 3/108 | 6/216 |
| Контактная работа с преподавателем: | 174 | 48 | 126 |
| занятия лекционного типа | 32 | 32 | - |
| занятия семинарского типа, в т.ч. | 142 | 16 | 126 |
| семинары, практические занятия | 16 | 16 | - |
| лабораторные работы | 126 | - | 126 |
| курсовое проектирование (КР или КП) | - | - | - |
| КСР | - | - | - |
| другие виды контактной работы | - | - | - |
| Самостоятельная работа | 114 | 24 | 90 |
| Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе) | - | - | - |
| Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен) | Экз. (36), зач. | Экз. (36) | Зач. |

4 Содержание дисциплины

4.1 Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Занятия лекционного типа, акад. часы | Занятия семинарского типа, академ. часы | | Самостоятельная работа, акад. часы | Формируемые компетенции |
|-------|--|--------------------------------------|---|---------------------|------------------------------------|-------------------------|
| | | | Семинары и/или практические занятия | Лабораторные работы | | |
| 1 | Основные определения и понятия учебной дисциплины | 1 | - | - | - | ОПК-1 |
| 2 | Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок | 1 | 1 | - | 12 | ПСК-3.1 |
| 3 | Понятие «водно-химический режим энергетической установки» Классификация водно-химических режимов | 2 | 1 | - | - | ПК-3 |
| 4 | Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР | 2 | 1 | - | 18 | ПСК-3.1 |
| 5 | Перспективные водно-химические режимы | 1 | 1 | - | - | ПСК-3.1 |
| 6 | Источники и виды загрязнений теплоносителей | 2 | 1 | - | 12 | ПК-3; ПК-9 |
| 7 | Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках | 3 | 1 | 54 | 18 | ПК-9 |
| 8 | Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа РБМК | 1 | 1 | - | - | ПСК-3.1 |
| 9 | Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа ВВЭР | 1 | 1 | - | - | ПСК-3.1 |
| 10 | Блочные обессоливающие установки | 1 | - | - | - | ПК-9 |
| 11 | Коррозионные процессы, протекающие в контурах энергетических установок | 3 | 1 | 36 | 18 | ПК-9 |
| 12 | Закономерности поведения продуктов коррозии в контурах энергетических установок | 2 | 1 | - | - | ПК-3 |
| 13 | Распределение веществ между водой и паром | 2 | 1 | - | - | ПК-3; ПК-9; |
| 14 | Радиолиз водного теплоносителя | 2 | 1 | - | - | ПК-3 |
| 15 | Пассивация и консервация энергетического оборудования | 2 | 1 | 36 | - | ПК-3 |
| 16 | Водно-химические режимы паровых котлов, водогрейных котлов и тепловых сетей | 2 | 1 | - | - | ПСК-3.1 |
| 17 | Технология неводных теплоносителей | 3 | 1 | - | 18 | ПК-3, ПСК-3.1 |
| 18 | Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике | 1 | 1 | - | 18 | ОПК-1; ПК-3; |
| | ИТОГО | 32 | 16 | 126 | 114 | |

4.2 Занятия лекционного типа

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|--|-------------------|---------------------|
| 1 | <p>Основные определения и понятия учебной дисциплины 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.</p> | 1 | Слайд-презентация |
| 2 | <p>Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок Физические, ядерно-физические характеристики, химическая активность по отношению к конструкционным материалам, технологичность, доступность, безопасность в обращении. Использование различных типов теплоносителей в ядерной энергетике.</p> | 1 | Слайд-презентация |
| 3 | <p>Понятие «Водно-химический режим энергетической установки» Классификация водно-химических режимов 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.</p> | 2 | Слайд-презентация |
| 4 | <p>Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР 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</p> | 2 | Слайд-презентация |
| 5 | <p>Перспективные водно-химические режимы Нейтральный кислородный ВХР. Комплексный ВХР. Водно-химические режимы с использованием аминов. Цинковый ВХР.</p> | 1 | Слайд-презентация |
| 6 | <p>Источники и виды загрязнений теплоносителей Классификация загрязнителей технологических сред энергетических установок. Источники химического и радиоактивного загрязнения теплоносителя реакторных контуров АЭС различного типа. 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.</p> | 2 | Слайд-презентация |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|--|-------------------|---------------------|
| 7 | <p>Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках Дистилляция, коагуляция и осветление, очистка на механических фильтрах, очистка на ионитных фильтрах, раздельное и смешанное ионирование, мембранные методы очистки, магнитная и электромагнитная фильтрация. Очистка конденсата и других низкосолевых водных сред на энергетических установках. Методы удаления газовых и</p> | 3 | Слайд-презентация |
| 8 | <p>Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа РБМК Очистка реакторной воды. Установка переработки трапных вод. Очистка водных сред вспомогательных систем и контуров. Производительность и эффективность установок спецводоочистки</p> | 1 | Слайд-презентация |
| 9 | <p>Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа ВВЭР Очистка реакторной воды. Очистка продувочной воды парогенераторов. Переработка трапных вод. Производительность и эффективность установок</p> | 1 | Слайд-презентация |
| 10 | <p>Блочные обессоливающие установки Назначение, принцип действия, устройство, особенности эксплуатации блочных обессоливающих установок. Использование фильтров смешанного действия в БОУ. Регенерация БОУ. Перспективные технологии глубокого</p> | 1 | Слайд-презентация |
| 11 | <p>Коррозионные процессы, протекающие в контурах энергетических установок 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</p> | 3 | Слайд-презентация |
| 12 | <p>Закономерности поведения продуктов коррозии в контурах энергетических установок Моделирование процессов массопереноса продуктов коррозии в контурах энергетических установок. Модели кристаллизации-растворения, коллоидно-химическая модель. Модели формирования коррозионных 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 переходномощностные режимы эксплуатации энергетических установок. Хайд-аут эффект.</p> | 2 | Слайд-презентация |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|--|-------------------|---------------------|
| 13 | <p>Распределение веществ между водой и паром Механизм процесса радиолиза воды. Реакции с участием радикалов и вторичных электронов. Радиационный выход. Молекулярные продукты радиолиза. Радиационно-химическое поведение примесей и технологических добавок. Явление «кислотной ямы». Факторы, определяющие глубину и скорость протекания радиолитических процессов в реакторных контурах энергетических установок. Подавление радиолиза водного теплоносителя.</p> | 2 | Слайд-презентация |
| 14 | <p>Радиолиз водного теплоносителя Механизм процесса радиолиза воды. Реакции с участием радикалов и вторичных электронов. Радиационный выход. Молекулярные продукты радиолиза. Радиационно-химическое поведение примесей и технологических добавок. Явление «кислотной ямы». Факторы, определяющие глубину и скорость протекания радиолитических процессов в реакторных контурах энергетических установок. Подавление радиолиза водного теплоносителя.</p> | 2 | Слайд-презентация |
| 15 | <p>Пассивация и консервация энергетического оборудования Классификация методов пассивации и консервации. Оксидирование сталей. Малоотходные технологии пассивации контурного оборудования. Использование технологий пассивации и консервации при проведении ремонтно-регламентных работ на АЭС.</p> | 2 | Слайд-презентация |
| 16 | <p>Водно-химические режимы паровых котлов, водогрейных котлов и тепловых сетей 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</p> | 2 | Слайд-презентация |
| 17 | <p>Технология неводных теплоносителей 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 теплоносителем: принципиальные схемы, функциональные возможности. Технология гелиевого теплоносителя. Органические теплоносители. Использование в атомной энергетике. Фаулинг-процесс. Очистка органического теплоносителя от примесей и</p> | 3 | Слайд-презентация |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|---|-------------------|---------------------|
| 18 | Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике 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 | 1 | Слайд-презентация |
| | ИТОГО | 32 | |

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Семинары, практические занятия

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|--|-------------------|---------------------|
| 2 | Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок | 1 | Слайд-презентация |
| 3 | Понятие «Водно-химический режим энергетической установки» Классификация водно-химических режимов | 1 | Слайд-презентация |
| 4 | Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР | 1 | Слайд-презентация |
| 5 | Перспективные водно-химические режимы Нейтральный кислородный ВХР. Комплексонный ВХР. Водно-химические режимы с использованием аминов. Цинковый ВХР. | 1 | Слайд-презентация |
| 6 | Источники и виды загрязнений теплоносителей | 1 | Слайд-презентация |
| 7 | Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках | 1 | Слайд-презентация |
| 8 | Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа РБМК | 1 | Слайд-презентация |
| 9 | Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа ВВЭР | 1 | Слайд-презентация |
| 11 | Коррозионные процессы, протекающие в контурах энергетических установок | 1 | Слайд-презентация |
| 12 | Закономерности поведения продуктов коррозии в контурах энергетических установок | 1 | Слайд-презентация |
| 13 | Распределение веществ между водой и паром | 1 | Слайд-презентация |
| 14 | Радиолиз водного теплоносителя | 1 | Слайд-презентация |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия | Объем, акад. часы | Инновационная форма |
|----------------------|--|-------------------|---------------------|
| 15 | Пассивация и консервация энергетического оборудования. | 1 | Слайд-презентация |
| 16 | Водно-химические режимы паровых котлов, водогрейных котлов и тепловых сетей | 1 | Слайд-презентация |
| 17 | Технология неводных теплоносителей | 1 | Слайд-презентация |
| 18 | Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике | 1 | Слайд-презентация |
| | ИТОГО | 16 | |

4.3.2 Лабораторные занятия

| № раздела дисциплины | Наименование раздела дисциплины | Тема лабораторных занятий | Объем, акад. часы |
|----------------------|--|--|-------------------|
| 7 | Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках. | Определение физико-химических характеристик ионов. Определение вида и формы нахождения ионита. Определение динамических емкостных характеристик ионов. Очистка воды от мелкодисперсных железооксидных и гидроксидных примесей. Влияние присутствия комплексообразующих веществ в воде на эффективность ее очистки от примесных металлов. | 54 |
| 11 | Коррозионные процессы, протекающие в контурах энергетических установок | Защита сталей от коррозии. Закономерности осаждения мелкодисперсных продуктов коррозии на греющих поверхностях металлов | 36 |
| 15 | Пассивация и консервация энергетического оборудования | Пассивация и консервация углеродистых и низколегированных сталей | 36 |
| | ИТОГО | | 126 |

4.4 Самостоятельная работа студентов

| № раздела дисциплины | Наименование темы (раздела) дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения | Объем, акад. часы | Форма контроля |
|----------------------|---|--|-------------------|----------------|
| 2 | Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок | 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 | 12 | Устные опросы |
| 4 | Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР | Перспективные водно-химические режимы. Этаноламиновый режим. Подготовка водного теплоносителя к заполнению контуров ЯЭУ. Очистка реакторной воды АЭС с реактором ВВЭР | 18 | |
| 6 | Источники и виды загрязнений теплоносителей | 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. Радиоллиз водного теплоносителя. Влияние водного режима на протекание радиолиза теплоносителя. Распределение веществ (примесей) между водой и паром. | 12 | |
| 7 | Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках | 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. | 18 | |
| 11 | Коррозионные процессы, протекающие в контурах энергетических установок | 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 | |

| № раздела дисциплины | Наименование темы (раздела) дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения | Объем, акад. часы | Форма контроля |
|----------------------|--|--|-------------------|----------------|
| 17 | Технология неводных теплоносителей | 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. | 18 | |
| 18 | Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике | Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике Перспективные природоохранные технологии в тепловой и атомной энергетике. | 18 | |
| | Итого: | | 114 | |

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: <http://media.technolog.edu.ru>

6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и зачета.

При сдаче экзамена в 8 семестре студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин. К сдаче экзамен допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Примеры вариантов вопросов на экзамене:

Билет 1

1. Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок
2. ВХР АЭС с реакторами типа РБМК, ВК, ВWR.
3. Характеристика систем СВО на АЭС с реактором ВВЭР.

Билет 2

1. Классификация и сравнительное сопоставление способов очистки водного теплоносителя.
2. ВХР АЭС с реакторами типа РБМК, ВК, ВWR.
3. Принципиальные тепловые схемы ЯЭУ с жидкометаллическим теплоносителем.

Содержание **зачета** в 9 семестре по лабораторному практикуму составляет успешная защита отчетов по выполненным лабораторным работам, а также правильные ответы на вопросы на зачете (см. Приложение 1). На зачете студент получает 2 вопроса из перечня, приведенного в Приложении 1. Время подготовки студента к устному ответу – до 20 мин.

7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой 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. 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 ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- 8.1 Учебный план, РПД и учебно-методические материалы:
<http://media.technolog.edu.ru>
- 8.2 Сайты профильных организаций: www.rosatom.ru, www.gosnadzor.ru,
www.tvel.ru, www.rosenergoatom.ru, www.iaea.org.
- 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;

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

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.

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.

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;
- видеоматериалы и учебные фильмы;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной информационно-образовательной среды.

10.2. Программное обеспечение.

Операционные системы Windows, стандартные офисные программы (Microsoft Office Microsoft Office (Microsoft Excel));

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий 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 СПбГТИ(ТУ) «Об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» утвержденным ректором 28.08.2014г.

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

Перечень компетенций и этапов их формирования

| Компетенции | | |
|----------------|--|-------------------|
| Индекс | Формулировка | Этап формирования |
| ОПК-1 | способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности | промежуточный |
| ПК-3 | способностью анализировать технологический процесс, выявлять его недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию | промежуточный |
| ПК-9 | способностью к разработке планов и программ проведения научно-исследовательских разработок, выбору методов и средств решения новых задач | промежуточный |
| ПСК-3.1 | способностью к безопасному проведению, контролю, разработке и усовершенствованию технологических процессов подготовки и регенерации теплоносителей ядерных энергетических установок различного типа, обеспечивающими надежную и долговременную защиту персонала и окружающей среды от воздействия радиации | промежуточный |

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

| Показатели оценки результатов освоения дисциплины | Планируемые результаты | Критерий оценивания | Компетенции |
|--|---|---|----------------|
| Освоение раздела № 1 Основные определения и понятия учебной дисциплины | <i>Знает</i> Содержание термина «Химико-технологическое обеспечение энергетических установок (ХТО ЭУ)». <i>Умеет</i> определять основные химико-технологические процессы, выполняемые на энергетическом объекте при различных режимах его эксплуатации. <i>Владеет</i> методами оценки критериев и эффективности ХТО ЭУ. | Правильные ответы на вопросы 1-12 к экзамену и вопросы 59-70 к зачету | ОПК-1 |
| Освоение раздела № 2 Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок | <i>Знает</i> физические, ядерно-физические характеристики, теплоносителей энергетических установок. <i>Умеет</i> оценивать химическая активность по отношению к конструкционным материалам, технологичность, доступность, безопасность в обращении. <i>Владеет</i> информацией по использованию различных типов теплоносителей в ядерной энергетике | Правильные ответы на вопросы 44-58 к экзамену и вопросы 97-111 к зачету | ПСК-3.1 |

| | | | |
|--|---|--|--------------------------|
| <p>Освоение раздела №3 Понятие «Водно-химический режим энергетической установки» Классификация водно-химических режимов</p> | <p><i>Знает</i> Содержание термина «Водно-химический режим». Принципы нормирования качества водного теплоносителя. <i>Умеет</i> проводить сравнительное сопоставление ВХР различных типов энергетических установок. <i>Владеет</i> методами оценки новых водно-химических режимов и перспектив их использования в отечественной и зарубежной энергетике.</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 13-27 к экзамену и вопросы 71-83 к зачету</p> | <p>ПК-3</p> |
| <p>Освоение раздела №4 Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР</p> | <p><i>Знает</i> характеристики водно-химических режимов АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР. Особенности протекания коррозионных и радиолитических процессов в реакторах кипящего типа и с водой под давлением. ВХР второго контура <i>Умеет</i> оптимизировать и контролировать нейтральный бескоррекционный ВХР. И аммиачно-калиевый ВХР с борным регулированием. <i>Владеет</i> методами учета особенностей протекания коррозионных и радиолитических процессов в реакторах кипящего типа и с водой под давлением. ВХР второго контура и методами совершенствование ВХР АЭС с реакторами типа ВВЭР</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 44-58 к экзамену и вопросы 97-111 к зачету</p> | <p>ПСК-3.1</p> |
| <p>Освоение раздела №5 Перспективные водно-химические режимы</p> | <p><i>Знает</i> характеристики перспективных водно-химических режимов АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР. <i>Умеет</i> формулировать достоинства и недостатки новых ВХР. <i>Владеет</i> методами работы с нейтральным кислородным ВХР, комплексонным ВХР, водно-химическим режимом с использованием аминов, цинковым ВХР.</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 44-58 к экзамену и вопросы 97-111 к зачету</p> | <p>ПСК-3.1</p> |
| <p>Освоение раздела №6 Источники и виды загрязнений теплоносителей</p> | <p><i>Знает</i> классификацию загрязнителей технологических сред энергетических установок. Источники химического и радиоактивного загрязнения теплоносителя реакторных контуров АЭС различного типа. <i>Умеет</i> оценивать наведенную активность коррозионного происхождения. Продукты деления ядерного топлива. Продукты активации теплоносителя, примесей и технологических добавок, присутствующих в теплоносителе. <i>Владеет</i> способами определения форм нахождения радионуклидов в теплоносителе, оценки поведения радионуклидов в контурах.</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 13-43 к экзамену и вопросы 71-96 к зачету</p> | <p>ПК-3, ПК-9</p> |

| | | | |
|---|---|--|-----------------------|
| <p>Освоение раздела №7 Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках</p> | <p><i>Знает</i> основные методы очистки водных технологических сред, методы удаления газовых и летучих примесей из водных сред, деаэрация водного теплоносителя. Характеристика оборудования, особенности его эксплуатации. <i>Умеет</i> выбирать оптимальные технологические решения. <i>Владеет</i> методами организации очистки теплоносителя на ядерных энергетических установках, обеспечивающих требуемая полнота очистки, подготовку воды к заполнению контуров.</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 28-43 к экзамену и вопросы 84-96 к зачету</p> | <p>ПК-9</p> |
| <p>Освоение раздела №8 Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа РБМК</p> | <p><i>Знает</i> способы очистки реакторной воды. <i>Умеет</i> принимать решения по очистке реакторной воды. Установка переработки трапных вод. Очистка водных сред вспомогательных систем и контуров. <i>Владеет</i> методами проектирования</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 44-58 к экзамену и вопросы 97-111 к зачету</p> | <p>ПСК-3.1</p> |
| <p>Освоение раздела №9 Организация спецводоочистки на АЭС с реакторами типа ВВЭР</p> | <p><i>Знает</i> методы спецводоочистки на АЭС с реакторами типа ВВЭР <i>Умеет</i> подбирать оптимальные варианты очистки реакторной воды, продувочной воды парогенераторов. переработки трапных вод. <i>Владеет</i> способами повышения производительности и эффективности установок спецводоочистки</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 44-58 к экзамену и вопросы 97-111 к зачету</p> | <p>ПСК-3.1</p> |
| <p>Освоение раздела №10 Блочные обессоливающие установки</p> | <p><i>Знает</i> назначение, принцип действия, устройство, особенности эксплуатации блочных обессоливающих установок. <i>Умеет</i> проектировать БОУ различного типа. смешанного действия в БОУ. <i>Владеет</i> приемами технологии глубокого обессоливания воды.</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 28-43 к экзамену и вопросы 84-96 к зачету</p> | <p>ПК-9</p> |
| <p>Освоение раздела №11 Коррозионные процессы, протекающие в контурах энергетических установок</p> | <p><i>Знает</i> классификацию видов коррозии. общую (равномерную) коррозию, локальную химическую коррозию, электрохимическую коррозию.: фазовый и химический состав, дисперсный состав, зарядовые характеристики, продуктов коррозии. <i>Умеет</i> анализировать диаграммы «электрохимический потенциал – величина рН» (диаграммы Пурбэ). <i>Владеет</i> способами пассивации металлических поверхностей</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 28-43 к экзамену и вопросы 84-96 к зачету</p> | <p>ПК-9</p> |

| | | | |
|---|---|--|------------------------------|
| <p>Освоение раздела № 12 Закономерности поведения продуктов коррозии в контурах энергетических установок</p> | <p><i>Знает</i> модели формирования коррозионных отложений на теплопередающих и нетеплопередающих поверхностях, учитывающие взаимодействие продуктов коррозии с участием термоЭДС и гальваноЭДС. Хайд-аут эффект. <i>Умеет</i> моделировать процессов массопереноса продуктов коррозии в контурах энергетических установок. <i>Владеет</i> способами управления переносом продуктов коррозии и их отложением на внутриконтурных поверхностях.</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 13-27 к экзамену и вопросы 71-83 к зачету</p> | <p>ПК-3</p> |
| <p>Освоение раздела №13 Распределение веществ между водой и паром</p> | <p><i>Знает</i> Механизмы и количественные характеристики перехода веществ из воды в пар. <i>Умеет</i> анализировать «лучевые» диаграммы. <i>Владеет</i> способами оценки распределения легколетучих и труднолетучих примесей и технологических добавок между водным теплоносителем и паром в парогенерирующем оборудовании</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 13-43 к экзамену и вопросы 71-96 к зачету</p> | <p>ПК-3, ПК-9</p> |
| <p>Освоение раздела №14 Радиолиз водного теплоносителя</p> | <p><i>Знает</i> механизм процесса радиолиза воды. Реакции с участием радикалов и вторичных электронов Явление «кислотной ямы». <i>Умеет</i> определять радиационный выход, радиационно-химическое поведение примесей и технологических добавок. <i>Владеет</i> методикой оценки факторов, определяющие глубину и скорость протекания радиолитических процессов в реакторных контурах энергетических установок, методами подавление радиолиза водного теплоносителя.</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 13-27 к экзамену и вопросы 71-83 к зачету</p> | <p>ПК-3</p> |
| <p>Освоение раздела №15 Пассивация и консервация энергетического оборудования</p> | <p><i>Знает</i> классификацию методов пассивации и консервации. Оксидирование сталей. <i>Умеет</i> использовать малоотходные технологии пассивации контурного оборудования. <i>Владеет</i> применением технологий пассивации и консервации при проведении ремонтно-регламентных работ на АЭС.</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 13-27 к экзамену и вопросы 71-83 к зачету</p> | <p>ПК-3</p> |
| <p>Освоение раздела №16 Водно-химические режимы паровых котлов, водогрейных котлов и тепловых сетей</p> | <p><i>Знает</i> особенности нормирования качества водного теплоносителя в паровых и водогрейных котлах. Требования к качеству воды тепловых сетей. <i>Умеет</i> разрабатывать способы предотвращения отложений продуктов коррозии и солей жесткости на внутриконтурных поверхностях теплоэнергетического оборудования и на стенках трубопроводов. <i>Владеет</i> способами разработки системы поддержания качества водных сред на нормируемом уровне</p> | <p>Правильные ответы на вопросы 44-58 к экзамену и вопросы 97-111 к зачету</p> | <p>ПСК-3.1</p> |

| | | | |
|--|---|---|-------------------------------|
| Освоение раздела №17 Технология неводных теплоносителей | <i>Знает</i> технологии использования жидкометаллических (ЖМТ), органических и газовых теплоносителей в атомной энергетике. <i>Умеет</i> анализировать опыт применения жидкометаллических, газовых и органических теплоносителей в атомной энергетике. <i>Владеет</i> способами подготовки и очистки неводных теплоносителей | Правильные ответы на вопросы 13-27, 44-58 к экзамену и вопросы 71-83, 97-111 к зачету | ПК-3 ПСК-3.1 |
| Освоение раздела №18 Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике | <i>Знает</i> источники экологически опасных веществ (токсикантов) на предприятиях атомной и тепловой энергетике, масштабы возникающих экологических проблем <i>Умеет</i> анализировать способы решения экологических проблем <i>Владеет</i> приемами реализации конкретных инженерных решений при осуществлении природоохранных мероприятий на энергетических объектах. | Правильные ответы на вопросы 1-27 к экзамену и вопросы 59-83 к зачету | ОПК-1 ПК-3 |

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):
промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и зачета,
шкала оценивания для экзамена – балльная, результат оценивания зачета – «зачтено», «не зачтено».

3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

3.1 Вопросы к экзамену

3.1.1 Вопросы к экзамену для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-1

1. Понятие «Химико – технологическое обеспечение энергетической установки» (ХТО ЭУ). Содержание ХТО ЭУ на различных этапах жизненного цикла энергетической установки.
2. Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок
3. Понятие "Водно-химический режим". Роль ВХР в обеспечении эффективной, радиационно- и экологически-безопасной эксплуатации ядерных энергетических установок.
4. Сравнительное сопоставление ВХР различных типов ЯЭУ.
5. Характер загрязнений теплоносителя и источники поступления загрязнений в водный теплоноситель ЯЭУ различных типов.
6. Перспективные водно-химические режимы. ВХР с использованием летучих аминов.
7. Классификация и сравнительное сопоставление способов очистки водного теплоносителя.
8. Способы очистки водного теплоносителя от газовых и легколетучих примесей.
9. Способы очистки водного теплоносителя от механических примесей.
10. Способы очистки водного теплоносителя от примесей ПАВ и нефтепродуктов.
11. Экологические аспекты эксплуатации энергетических установок.
12. Пути снижения масштабов негативного воздействия энергетических установок на окружающую среду.

3.1.2 Вопросы к экзамену для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3

13. ВХР АЭС с реакторами типа ВВЭР и PWR.
14. ВХР АЭС с реакторами типа РБМК, ВК, ВWR.
15. Перспективные водно-химические режимы. Этаноламиновый режим.
16. Характеристика систем СВО на АЭС с реактором РБМК.
17. Характеристика систем СВО на АЭС с реактором ВВЭР.
18. Высокотемпературная фильтрационная очистка водного теплоносителя.
19. Расчет производительности систем очистки теплоносителя.
20. Распределение веществ (примесей) между водой и паром.
21. Принципиальные тепловые схемы ЯЭУ с жидкометаллическим теплоносителем. Специфические проблемы эксплуатации ЯЭУ, связанные с использованием жидких металлов в качестве теплоносителя.
22. Источники поступления примесей в ЖМТ. Нормирование и контроль чистоты ЖМТ.
23. Сравнительная характеристика газовых теплоносителей. Использование гелиевого теплоносителя в контурах ЯЭУ. Принципиальная схема АЭС с гелиевым теплоносителем.
24. Загрязнение гелиевого теплоносителя. Нормирование качества теплоносителя в высокотемпературных реакторах (гелиевые реакторы).
25. Формы нахождения радионуклидов в жидкометаллических теплоносителях ЯЭУ.
26. Формы нахождения радионуклидов в газовых теплоносителях ЯЭУ.
27. Радиационная стойкость неводных теплоносителей ЯЭУ.

3.1.3 Вопросы к экзамену для оценки сформированности элементов компетенции ПК-9

28. Радиоактивное загрязнение водного теплоносителя ЯЭУ.
29. Классификация и сравнительное сопоставление способов очистки водного теплоносителя.
30. Назначение систем СВО на АЭС с реактором ВВЭР.
31. Очистка реакторной воды АЭС с реактором ВВЭР.
32. Байпасная очистка теплоносителя контура многократной принудительной циркуляции АЭС с реактором РБМК.
33. Основные закономерности протекания радиолиза водного теплоносителя реакторных контуров ЯЭУ.
34. Массоперенос радионуклидов в контурах АЭС с водным теплоносителем.
35. ВХР вспомогательных водных систем и контуров ЯЭУ.
36. Устройство систем конденсатоочистки (блочных обессоливающих установок).
37. Очистка водного теплоносителя от радиоактивных загрязнений.
38. Достоинства и недостатки дистилляционного метода очистки водного теплоносителя.
39. Очистка водного теплоносителя и технологических водных сред от коллоидных загрязнений.
40. Использование металлов в качестве теплоносителя ЯЭУ.
41. Источники поступления примесей в жидкометаллический теплоноситель (ЖМТ). Нормирование и контроль чистоты ЖМТ.
42. Общая характеристика методов очистки жидкометаллического теплоносителя. Системы очистки теплоносителя в контурах ЯЭУ с ЖМТ. Производительность систем очистки ЖМТ.
43. Очистка жидкометаллического теплоносителя с использованием холодных и горячих ловушек.

3.1.4 Вопросы к экзамену для оценки сформированности элементов компетенции ПСК-3.1

44. Консервация контуров ЯЭУ при нахождении ЯЭУ в стояночном режиме.
45. Проблемы эксплуатации парогенераторов, конденсаторов турбин и другого теплообменного оборудования на АЭС.
46. Регенерация ионообменных фильтров при раздельном ионировании и при использовании фильтров типа ФСД в системах очистки водного теплоносителя ЯЭУ.
47. Мембранные методы очистки воды в системах водоподготовки и спецводоочистки на АЭС.
48. Расчет производительности систем очистки теплоносителя.
49. Водно-химические режимы паровых котлов и системы их поддержания.
50. Водно-химические режимы водогрейных котлов и системы их поддержания
51. Водно-химические режимы и подготовка воды в тепловых сетях
52. Особенности использования органического теплоносителя в контурах ЯЭУ.
53. Очистка органического теплоносителя методом дистилляции.
54. Очистка органического теплоносителя фильтрационным методом.
55. Сравнительная характеристика газовых теплоносителей. Использование гелиевого теплоносителя в контурах ЯЭУ.
56. ВХР бассейнов выдержки отработавшего ядерного топлива.
57. Минимизация сбросов и выбросов радиоактивных загрязнений на АЭС.
58. Химико-технологическое обеспечение вывода АЭС из эксплуатации.

3.2 Вопросы к зачету

3.2.1 Вопросы к зачету для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-1

59. Сравнительные характеристики теплоносителей ядерных и тепловых энергетических установок
60. Понятие "Водно-химический режим" (ВХР). Сравнительное сопоставление существующих и перспективных ВХР.
61. Устройство и принцип действия механических фильтров.
62. Устройство и принцип действия ионообменных фильтров.
63. Устройство и принцип действия намывных фильтров.
64. Устройство и принцип действия магнитных и электромагнитных фильтров
65. Производительность и эффективность очистки воды дистилляционным методом.
66. Очистка водного теплоносителя с помощью мембранных фильтров.
67. Высокотемпературная фильтрационная очистка водного теплоносителя.
68. Сравнительная характеристика газовых теплоносителей. Использование гелиевого теплоносителя в контурах ЯЭУ. Принципиальные схемы АЭС с гелиевым теплоносителем.
69. Жидкосольевые реакторы (ЖСР). Использование расплавленных солей в качестве теплоносителя.
70. Быстрые реакторы с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем (ТЖМТ). Очистка ТЖМТ.

3.2.2 Вопросы к зачету для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3

71. Радиоактивное загрязнение водного теплоносителя ЯЭУ.
72. Активация теплоносителя в реакторных контурах ЯЭУ различного типа.
73. Подготовка водного теплоносителя к заполнению и подпитке контуров ЯЭУ.
74. Водно-химические режимы ЯЭУ в переходно-мощностные периоды эксплуатации установки.

75. Классификация и сравнительное сопоставление способов очистки водного теплоносителя.
76. Расчет производительности систем очистки теплоносителя первого контура АЭС с реактором типа РБМК-1000.
77. Расчет производительности систем очистки теплоносителя первого контура АЭС с реактором типа ВВЭР-1000.
78. Распределение веществ (примесей) между водой и паром. «Лучевая диаграмма» распределения веществ.
79. Пассивация и консервация внутриконтурных поверхностей энергетических установок при проведении ремонтных работ.
80. Послемонтажная, предпусковая, эксплуатационная антикоррозионная обработка внутриконтурных поверхностей.
81. Источники поступления примесей в ЖМТ. Нормирование и контроль чистоты ЖМТ. Метод «пробкового индикатора».
82. Перспективные природоохранные технологии в тепловой и атомной энергетике.
83. Пути снижения тепловой нагрузки тепловых и атомных станций на окружающую среду.

3.2.3 Вопросы к зачету для оценки сформированности элементов компетенции ПК-9

84. Особенности применения комбинированного аммиачно-калиевого ВХР на АЭС с реакторами типа ВВЭР.
85. ВХР и способы очистки воды вспомогательных систем АЭС.
86. ВХР и системы очистки водного теплоносителя промежуточных контуров ЯЭУ.
87. Характеристика систем переработки жидких радиоактивных отходов на АЭС с реакторами типа РБМК.
88. Характеристика систем переработки жидких радиоактивных отходов на АЭС с реакторами типа ВВЭР.
89. Послемонтажная, предпусковая, эксплуатационная антикоррозионная обработка внутриконтурных поверхностей. Переработка образующихся отходов.
90. Водно-химические режимы паровых котлов низкого давления и системы их поддержания.
91. Водно-химические режимы водогрейных котлов и системы их поддержания
92. Водно-химические режимы и системы очистки теплоносителя на тепловых станциях с котлами среднего и высокого давления.
93. Применение ингибиторов коррозии в тепловых сетях.
94. Общая характеристика методов очистки жидкометаллического теплоносителя.
95. Источники поступления примесей в реакторные контуры ЯЭУ с газовыми теплоносителями.
96. Принципиальные схемы организации конденсатоочистки на АЭС и ТЭС.

3.2.4 Вопросы к зачету для оценки сформированности элементов компетенции ПСК-3.1

97. Требования, предъявляемые к теплоносителям ЯЭУ
98. Водно-химический режим АЭС с реакторами типа ВВЭР.
99. Водно-химический режим с реакторами типа РБМК.
100. Перспективные ВХР с использованием летучих аминов.
101. Применение «цинкового» ВХР на АЭС.
102. Очистка водного теплоносителя с помощью электромагнитных фильтров.
103. Высокотемпературная фильтрационная очистка водного теплоносителя.
104. Расчет производительности СВО-1 АЭС с реактором РБМК-1000 .
105. Расчет производительности СВО-1 АЭС с реактором ВВЭР-1000 .

- 106.Послемонтажная, предпусковая, эксплуатационная антикоррозионная обработка внутриконтурных поверхностей на объектах тепловой энергетики.
- 107.Водно-химические режимы и подготовка воды на тепловых сетях и котельных малой и средней мощности.
- 108.Принципиальные тепловые схемы ЯЭУ с жидкометаллическим теплоносителем. Специфические проблемы эксплуатации ЯЭУ, связанные с использованием жидкометаллических теплоносителей.
- 109.Терморadiационный крекинг. Фаулинг-процесс. Нормирование качества органического теплоносителя.
- 110.Сравнительная характеристика газовых теплоносителей. Использование гелиевого теплоносителя в контурах ЯЭУ. Принципиальная схема АЭС с гелиевым теплоносителем.
- 111.Загрязнение гелиевого теплоносителя. Нормирование качества теплоносителя в высокотемпературных реакторах (гелиевые реакторы).

К экзамену и зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы на экзамене – до 45 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

**Примеры тестов, используемых
для проведения устных опросов студентов по дисциплине
«Химико-технологическое обеспечение энергетических установок»**

Тестирование используется при проведении устных опросов студентов с целью оценивания результатов формирования компетенций **ПК-3, ПК-9, ПСК-3.1**. Студент получает тестовое задание, вопросы которого отражают один из аспектов изучаемых разделов. Основываясь на полученных знаниях, студент должен сформулировать правильные ответы.

Тест №1

Какой теплоноситель может быть использован для охлаждения активной зоны ЯЭУ на быстрых нейтронах?

Варианты ответа:

- 1 – водный теплоноситель;
- 2 – жидкометаллический натриевый теплоноситель;
- 3 – газовый CO_2 – теплоноситель;
- 4 – органический теплоноситель.

Тест №2

Укажите главный источник поступления газовых и ионных примесей в питательную воду, прокачиваемую по конденсатно-питательному тракту АЭС с реактором типа ВВЭР.

Варианты ответа:

- 1 – подогреватели низкого давления;
- 2 – подогреватели высокого давления;
- 3 – конденсатор турбины;
- 4 – деаэратор.

Тест №3

Что является ограничивающим фактором широкого внедрения комплексного водно-химического режима в тепловой и атомной энергетике?

Варианты ответа:

- 1 - высокая стоимость комплексона;
- 2 - возможность образовывать с катионами металлов прочные водорастворимые комплексы;
- 3 – низкие коэффициенты распределения комплексонов и комплексонатов металлов между водой и паром;
- 4 – низкая термическая и радиационная устойчивость комплексонов и комплексонатов металлов.