

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Мурманский арктический государственный университет»
в г. Апатиты

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.5.1 Химико-технологические режимы атомных
электростанций (АЭС)

(название дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

основной профессиональной образовательной программы
по направлению подготовки

14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика
направленность (профиль) «Теплофизика»

(код и наименование направления подготовки
с указанием направленности (профиля) (наименования магистерской программы))

высшее образование – бакалавриат

уровень профессионального образования: высшее образование – бакалавриат / высшее образование –
специалитет, магистратура / высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

бакалавр

квалификация

очная

форма обучения

2016

год набора

Составитель:
Иваненко В.И., д-р техн. наук,
профессор

Утверждено на кафедре физики, биологии и
инженерных технологий
(протокол № 1 от 24 января 2017 г.)
Зав. кафедрой



подпись

Николаев В. Г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) – изучение физико-химических основ технологии водоподготовки и очистки теплоносителя, обеспечения оптимального водно-химического режима на АЭС, изучение теоретических и методических основ эксплуатации теплоэнергетического оборудования в различных регионах России.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные требования, предъявляемые к качеству исходной и очищенной воды на АЭС;
- методы и способы подготовки воды;
- методы расчета наиболее экономичных режимов работы водоподготовительных установок АЭС, методы и способы корректировки качества воды.

Уметь:

- анализировать эксплуатационные данные и характеристики основного и вспомогательного оборудования для выбора схемы водоподготовительной установки и системы химико-технологического мониторинга качества теплоносителя.

Владеть:

- основными методами анализа технологических показателей водоподготовительной установки;
- основными методами поддержания и корректировки водно-химического режима

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- готовность к участию в исследовании и испытании основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания (ПК-3)
- способность к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы (ПК-5)

3. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Данная дисциплина относится к вариативной части образовательной программы по направлению подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика направленность (профиль) «Теплофизика» и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в рамках базового курса «Физики», «Химия», приобретенные знания и полученные навыки могут пригодиться для выполнения выпускной квалификационной работы.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц или 216 часов (из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр					Кол-во часов на СРС	Курсовые работы	Кол-во часов на	Форма контроля
				Контактная работа					

		Трудоёмкость в ЗЕТ	Общая трудоёмкость (час.)	ЛК	ПР	ЛБ	Всего контактных часов	Из них в интер-активной форме			контроль	
4	7	6	216	32	32	-	64	17	116	-	36	Экзамен
Итого:		6	216	32	32	-	64	17	116	-	36	Экзамен

В интерактивной форме часы используются в виде: группой дискуссии, заслушивании и обсуждении подготовленных студентами рефератов по тематике дисциплины.

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	СРС Кол-во часов на	контроль Кол-во часов на
		ЛК	ПР	ЛБ				
1.	Характеристика объектов ядерной энергетики. Ядерный топливный цикл и ядерные энергетические установки.	2	-	-	2	-	6	-
2.	Характеристика объектов ядерной энергетики. Теплоносители ядерных энергетических станций (ЯЭУ) и их особенности.	2	-	-	2	-	6	-
3.	Физико-химические основы внутриконтурных процессов в ЯЭУ. Радиолит теплоносителей АЭС.	2	-	-	2	-	6	-
4.	Физико-химические основы внутриконтурных процессов в ЯЭУ. Коррозия конструкционных материалов.	2	2	-	4	2	6	-
5.	Физико-химические основы методов водоподготовки. Методы предварительной очистки.	2	2	-	4	2	6	-

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	СРС Кол-во часов на	Кол-во часов на контроль
		ЛК	ПР	ЛБ				
6.	Физико-химические основы методов водоподготовки. Сорбционные методы очистки.	2	4	-	6	2	6	-
7.	Физико-химические основы методов водоподготовки. Термический, мембранный и реагентный методы очистки.	2	4	-	6	-	8	-
8.	Физико-химические основы методов водоподготовки. Принципы выбора оптимальной схемы очистки.	2	4	-	6	3	8	-
9.	Химико-технологические режимы контуров АЭС. Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК.	2	2	-	4	-	8	-
10.	Химико-технологические режимы контуров АЭС. Воднохимические режимы контуров АЭС с реакторами типа ВВЭР.	2	2	-	4	2	8	-
11.	Химико-технологические режимы контуров АЭС. Химико-технологический мониторинг.	2	2	-	4	-	8	-
12.	Химико-технологические режимы контуров АЭС. Защита конструкционных материалов.	2	2	-	4	2	8	-
13.	Деактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования. Физико-химические основы деактивации и химической очистки.	2	2	-	4	-	8	-
14.	Деактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования. Деактивация основных циркуляционных контуров.	2	2	-	4	2	8	-
15.	Деактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования. Деактивация вспомогательных контуров и оборудования.	2	2	-	4	-	8	-
16.	Технология обращения с отходами. Классификация	2	2	-	4	2	8	-

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			часов Всего контактных	Из них в интерактивной форме	СРС Кол-во часов на	контроль Кол-во часов на
		ЛК	ПР	ЛБ				
	отходов, мотивация сокращения их объемов и требования к хранению.							
	Итого:	32	32	-	64	17	116	36

Содержание разделов дисциплины

1. Раздел: Характеристика объектов ядерной энергетики.

1.1. Тема лекции: Ядерный топливный цикл и ядерные энергетические установки.

Ядерный топливный цикл. Роль топливного цикла в атомной энергетике. Основные технологические этапы цикла. Обеспечение ядерной безопасности на этапах топливного цикла. Атомные электростанции и их роль в энергетике. Особенности эксплуатации АЭС. Ядерные энергетические установки АЭС. Типы ядерных реакторов. Основные физико-технические особенности реакторов РБМК, ВВЭР, БН и др. Устройство различных типов ядерных реакторов (сравнительные характеристики). Источники ионизирующего излучения на АЭС. Влияние облучения. Обеспечение безопасности на АЭС.

1.2. Тема лекции: Теплоносители ядерных энергетических станций (ЯЭУ) и их особенности.

Общая характеристика теплоносителей АЭС. Требования к теплоносителям ядерных энергетических установок. Физико-химические свойства теплоносителей и особенности применения. Водные теплоносители. Неводные теплоносители ЯЭУ: органические теплоносители, жидкометаллические теплоносители (ЖМТ), газовые теплоносители.

2. Раздел: Физико-химические основы внутриконтурных процессов в ЯЭУ.

2.1. Тема лекции: Радиолиз теплоносителей АЭС.

Радиолиз водного теплоносителя. Образование радиолитических газов, гремучей смеси (H_2 , O_2) и безопасность АЭС. Термическое и радиационное разложение органического теплоносителя. Радионуклиды и их поведение в контурах с жидкометаллическим теплоносителем.

2.2. Тема лекции: Коррозия конструкционных материалов.

Виды коррозионных процессов. Химическая и электрохимическая коррозия. Массоперенос в контурах. Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов. Виды коррозионных повреждений. Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Поведение примесей в водных теплоносителях. Основные физико-химические процессы, протекающие в водном теплоносителе. Изменение свойств воды. Выделение твердой фазы. Типы и условия образования отложений. Предотвращение выделения осадков. Борьба с отложениями продуктов коррозии.

3. Раздел: Физико-химические основы методов водоподготовки

3.1. Тема лекции: Методы предварительной очистки.

Естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод. Виды загрязнений. Основные технологические показатели качества воды и водных теплоносителей: жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток. Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод. Отстаивание. Фильтрация. Центрифугирование. Пленочное и объемное фильтрование, механизм задержания

грубодисперсных примесей. Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам.

3.2. Тема лекции: Сорбционные методы очистки.

Сорбционные материалы (органические и неорганические), их сравнительные характеристики. Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках. Основные закономерности ионного обмена. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. Процессы последовательного Н- и ОН-ионирования воды. Процесс совместного Н- и ОН-ионирования воды.

3.3. Тема лекции: Термический, мембранный и реагентный методы очистки.

Технология дистилляции воды в испарителях. Область применения термического обессоливания воды. Принцип работы испарителей. Зависимость качества пара от продувки испарителей. Причины загрязнения пара: капельный унос, избирательный унос.

Мембранные методы очистки. Характеристики мембран. Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах. Принципиальные схемы электродиализных аппаратов. Диализ. Обратный осмос. Требования к качеству исходной воды, обрабатываемой мембранными способами.

Реагентные методы очистки. Кислотно-основное регулирование растворов. Обработка воды комплексообразующими веществами и окислителями. Коагуляция. Физико-химические процессы, протекающие в воде при коагуляции. Изменение химического состава воды при коагуляции. Обработка воды методами осаждения (примеси и их растворимость). Химические реакции, протекающие при известковании. Применяемые реагенты.

3.4. Тема лекции: Принципы выбора оптимальной схемы очистки.

Выбор методов и условий водоподготовки и обработки технологических растворов на основе термодинамических и кинетических характеристик процессов. Обоснование общей схемы очистки. Показатели эффективности очистки (коэффициент распределения, коэффициент очистки, коэффициент концентрирования). Требования к материалам и реагентам.

4. Раздел: Химико-технологические режимы контуров АЭС.

4.1. Тема лекции: Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК.

Воднохимические режимы (ВХР) и их основные задачи. Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки. Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте. Способы поддержания качества теплоносителя на АЭС. Режимы пуска и остановок.

4.2. Тема лекции: Воднохимические режимы контуров АЭС с реакторами типа ВВЭР.

Воднохимические режимы 1-го и 2-го контуров АЭС. Нормы качества технологических вод: добавочной (обработанной) воды, прямой и обратной воды теплосети, котловой воды и пара паровых котлов. Режимы пуска и остановок.

4.3. Тема лекции: Химико-технологический мониторинг.

Методы поддержания воднохимического режима. Химический контроль рабочей среды технологических контуров. Система мониторинга теплоэнергетических объектов.

4.4. Тема лекции: Защита конструкционных материалов.

Характеристика основных методов защиты конструкционных материалов при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима. Химическая защита теплоэнергетического оборудования. Условия применения. Химические материалы.

5. Раздел: Дезактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования.

5.1. Тема лекции: Физико-химические основы дезактивации и химической очистки.

Виды и происхождение загрязнений теплоносителей и технологического оборудования (продукты деления, продукты активации, продукты коррозии). Методы дезактивации и химической очистки технологических растворов. Обращение с водными теплоносителями.

5.2. Тема лекции: Дезактивация основных циркуляционных контуров.

Технология дезактивации основных циркуляционных контуров АЭС и локализации радиоактивных отходов. Проблема переработки высокосолевых кубовых остатков АЭС, содержащих органические комплексоны.

5.3. Тема лекции: Дезактивация вспомогательных контуров и оборудования.

Дезактивация вспомогательных циркуляционных контуров. Организованные и неорганизованные протечки. Регенерационные и промывочные воды. Воды бассейнов выдержки отработанного топлива. Воды спецпрачечных и душевых.

Дезактивация оборудования. Способы дезактивации оборудования и дезактивирующие рецептуры. Эффективность и радиационная стойкость дезактивирующих рецептур.

6. Раздел: Технология обращения с отходами.

6.1. Тема лекции: Классификация отходов, мотивация сокращения их объемов и требования к хранению.

Возникновение отходов и их классификация. Экологические проблемы загрязнения природной среды при эксплуатации АЭС. Радиоактивные продукты деления и активации, их поступление в окружающую среду. Требования хранения радиоактивных отходов на АЭС и захоронения. Экономические аспекты проблемы обезвреживания и захоронения радиоактивных отходов (РАО). Мотивация максимально возможного сокращения объемов технологических отходов на захоронение.

Способы переработки отходов для захоронения.

Особенности проблемы «обезвреживания» радиоактивных отходов АЭС и пути решения. Способы обработки, хранения, захоронения жидких и твердых радиоактивных отходов. Технология переработки и отверждения концентратов и пульп. Меры безопасности. Организация контроля при хранении радиоактивных отходов на АЭС.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основная литература

1. Рошкетав Б. М. Водно-химический режим АЭС с реакторами ВВЭР-1000 и РБМК-1000: учебное пособие. - М.: МИФИ, 2010. - 131 с. - [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=author_red&id=80084

2. Сваровский А. Я., Стриханов М. Н., Жиганов А. Н. Технология и оборудование обезвреживания жидких радиоактивных отходов: учебное пособие. - М.: МИФИ, 2012. – 500 с. - [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=author_red&id=14886

Дополнительная литература

3. Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов / Под ред. А.И. Ермакова. - изд. 28-е, перераб. и доп. - М.: Интеграл - Пресс, 2000. - 728с

4. Давиденко Н. Н., Куценко К. В., Тихомиров Г. В., Лаврухин А. А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами в атомной энергетике: учебное пособие. - М.: МИФИ, 2007. - 136 с. - [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=author_red&id=79832

5. Солонин, В.И. Ядерные реакторные установки / В.И. Солонин ; Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. - М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 88 с. - [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=340457>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В образовательном процессе используются:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мебель

аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), комплект мультимедийного оборудования, включающий мультимедиапроектор, экран, переносной ноутбук для демонстрации презентаций; учебно-наглядные пособия; обеспечивающие тематические иллюстрации);

- помещения для самостоятельной работы (оснащены компьютерными столами, стульями, доской аудиторной, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета);

- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (оснащены наборами инструментов, оборудованием, расходными материалами для монтажа, ремонта и обслуживания информационно-телекоммуникационной сети филиала и вычислительной техники);

- лаборатория информационных технологий (оснащена компьютерными столами, стульями, мультимедийным проектором, экраном проекционным, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета).

7.1 ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

- 1) Microsoft Windows.
- 2) Microsoft Office / LibreOffice.

7.2 ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ

ЭБС «Издательство Лань»[Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Издательство Лань». – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>;

ЭБС «Электронная библиотечная система ЮРАЙТ» [Электронный ресурс]: электронная библиотечная система / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>;

ЭБС «Университетская библиотека онлайн»[Электронный ресурс]: электронно-периодическое издание; программный комплекс для организации онлайн-доступа к лицензионным материалам / ООО «НексМедиа». – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>.

7.3 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ

1. Электронная база данных Scopus.

7.4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>

2. Электронный справочник "Информо" для высших учебных заведений <http://www.informio.ru/>

8. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ

Не предусмотрено.

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.