

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)**

(шифр дисциплины и название в строгом соответствии
с федеральным государственным образовательным стандартом и учебным планом)

**образовательной программы
по направлению подготовки бакалавриата**

**14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика
Профиль Теплофизика
Академический бакалавриат**

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

очная форма обучения

форма обучения

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

Утверждено на заседании кафедры физики,
биологии и инженерных технологий
(протокол № 1 от «24» января 2017 г.)

Зав. кафедрой



Николаев В.Г.

подпись

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ). Б1.В.ДВ.5.1 Химико-технологические режимы атомных электростанций (АЭС)

2. АННОТАЦИЯ К ДИСЦИПЛИНЕ

Основной целью изучения дисциплины «Химико-технологические режимы атомных электростанций (АЭС)» является 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.

3. 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)

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

Дисциплина «Химико-технологические режимы атомных электростанций (АЭС)» является дисциплиной по выбору вариативной части блока Б1 учебного плана по направлению подготовки бакалавров «Ядерная энергетика и теплофизика».

Для освоения данной дисциплины обучающиеся используют знания, умения, навыки, способы деятельности и установки, которые они получили в процессе изучения дисциплин: «Химия», «Экология», «Физика», «Ядерная физика», «Безопасность жизнедеятельности», «Физика ядерных реакторов», «Тепловые и атомные станции», «Паровые котлы и тепловые агрегаты тепловых станций».

В свою очередь, дисциплина обеспечивает базовый уровень изучения материала дисциплин: «Система водоподготовки на тепловых и атомных станциях», «Радиационная безопасность атомных электростанций», а также прохождение практик и выполнение научно-исследовательской работы.

5. 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	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивных формах	Кол-во часов на СРС	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ				
4	7	6	216	32	32	-	64	17	152 <small>(из них 36ч для подготовк и к экзамену)</small>	экзамен

6. 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	Кол-во часов на СРС
		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
6	Физико-химические основы методов водоподготовки. Сорбционные методы очистки.	2	4	-	6	2	6
7	Физико-химические основы методов	2	4	-	6	-	8

	водоподготовки. Термический, мембранный и реагентный методы очистки.						
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. Водохимические 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	Дезактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования. Физико-химические основы дезактивации и химической очистки.	2	2	-	4	-	8
14	Дезактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования. Дезактивация основных циркуляционных контуров.	2	2	-	4	2	8
15	Дезактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования. Дезактивация вспомогательных контуров и оборудования.	2	2	-	4	-	8
16	Технология обращения с отходами. Классификация отходов, мотивация сокращения их объемов и требования к хранению.	2	2	-	4	2	8
	Итого:	32	32	-	64	17	116
	Экзамен						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: Радиолитиз теплоносителей АЭС.

Радиолитиз 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.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

- Воронов В.Н. Водно-химические режимы ТЭС и АЭС: учебное пособие. - М.: МЭИ, 2009 – 240 с.
- Воронов В.Н. Химико-технологические режимы АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами. - М.: МЭИ, 2006 – 390 с.
- Стерман Л.С. Тепловые и атомные электрические станции: учебник. - М.: МЭИ, 2010 – 464 с.
- Баклушин Р.П. Эксплуатационные режимы АЭС: учебное пособие. - М.: МЭИ, 2012 – 532 с.
- Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. – 2 изд. – М.: Издательский дом МЭИ, 2003. – 309с.
- Петрова Т. И., Воронов В. Н., Ларин Б. М. Технология организации водно-химического режима атомных электростанций: учебное пособие для вузов -М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 272 с.
- Кругляков П.М., Хаскова Т.Н. Физическая и коллоидная химия: Учебное пособие для вузов - М.: Высшая школа, 2007. - 319 с.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).

Общие сведения

1.	Кафедра	физики, биологии и инженерных технологий
2.	Направление подготовки	14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика профиль Теплофизика
3.	Дисциплина (модуль)	Б1.В.ДВ.5.1 Химико-технологические режимы атомных электростанций (АЭС)

Перечень компетенций

– готовность к участию в исследовании и испытании основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания (ПК-3)

Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
Характеристика объектов ядерной энергетики. Ядерный топливный цикл и ядерные энергетические установки.	ПК-3	методы расчета наиболее экономичных режимов работы водоподготовительных установок АЭС, методы и способы корректировки качества воды.			
Характеристика объектов ядерной энергетики. Теплоносители ядерных энергетических станций (ЯЭУ) и их особенности.	ПК-3			основными методами анализа технологических показателей водоподготовительной установки; основными методами поддержания и корректировки водно-химического режима.	Реферат
Физико-химические основы внутриконтурных процессов в ЯЭУ. Радиолит теплоносителей АЭС.	ПК-3		анализировать эксплуатационные данные и характеристики основного и вспомогательного		Реферат
Физико-химические основы внутриконтурных процессов в ЯЭУ. Коррозия конструкционных материалов.	ПК-3			основными методами анализа технологических показателей водоподготовительной установки; основными методами поддержания и корректировки водно-химического режима.	Реферат
Физико-химические основы методов водоподготовки. Методы предварительной очистки.	ПК-3	методы расчета наиболее экономичных режимов работы водоподготовительных установок АЭС, методы и способы корректировки качества воды.	анализировать эксплуатационные данные и характеристики основного и вспомогательного оборудования для выбора схемы водоподготовительной установки и системы химико-технологического	основными методами анализа технологических показателей водоподготовительной установки; основными методами поддержания и корректировки водно-химического режима.	Реферат

			мониторинга качества теплоносителя.		
Физико-химические основы методов водоподготовки. Сорбционные методы очистки.	ПК-3	методы и способы подготовки воды			Реферат
Физико-химические основы методов водоподготовки. Термический, мембранный и реагентный методы очистки.	ПК-3	методы и способы подготовки воды		основными методами анализа технологических показателей водоподготовительной установки; основными методами поддержания и корректировки водно-химического режима.	Реферат
Физико-химические основы методов водоподготовки. Принципы выбора оптимальной схемы очистки.	ПК-3	методы и способы подготовки воды	анализировать эксплуатационные данные и характеристики основного и вспомогательного оборудования для выбора схемы водоподготовительной установки и системы химико-технологического мониторинга качества теплоносителя.		Реферат
Химико-технологические режимы контуров АЭС. Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК.	ПК-3	основные требования, предъявляемые к качеству исходной и очищенной воды на АЭС			Реферат
Химико-технологические режимы контуров АЭС. Водно-химические режимы контуров АЭС с реакторами типа ВВЭР.	ПК-3	основные требования, предъявляемые к качеству исходной и очищенной воды на АЭС			Реферат
Химико-технологические режимы контуров АЭС. Химико-технологический мониторинг.	ПК-3		анализировать эксплуатационные данные и характеристики основного и вспомогательного оборудования для выбора схемы водоподготовительной установки и системы химико-технологического мониторинга качества		Реферат

			теплоносителя.		
Химико-технологические режимы контуров АЭС. Защита конструкционных материалов.	ПК-3		анализировать эксплуатационные данные и характеристики основного и вспомогательного		Реферат
Дезактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования. Физико-химические основы дезактивации и химической очистки.	ПК-3	методы и способы подготовки воды		основными методами анализа технологических показателей водоподготовительной установки; основными методами поддержания и корректировки водно-химического режима.	Реферат
Дезактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования. Дезактивация основных циркуляционных контуров.	ПК-3			основными методами анализа технологических показателей водоподготовительной установки; основными методами поддержания и корректировки водно-химического режима.	Реферат
Дезактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования. Дезактивация вспомогательных контуров и оборудования.	ПК-3			основными методами анализа технологических показателей водоподготовительной установки; основными методами поддержания и корректировки водно-химического режима.	Реферат
Технология обращения с отходами. Классификация отходов, мотивация сокращения их объемов и требования к хранению.	ПК-3	методы и способы подготовки воды	анализировать эксплуатационные данные и характеристики основного и вспомогательного		Реферат

Критерии и шкалы оценивания

Критерии оценки реферата

Баллы	Характеристики ответа студента
4	<ul style="list-style-type: none">- студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;- уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;- делает выводы и обобщения;- свободно владеет понятиями
2	<ul style="list-style-type: none">- студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;- не допускает существенных неточностей;- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;- аргументирует научные положения;- делает выводы и обобщения;- владеет системой основных понятий
1	<ul style="list-style-type: none">- тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;- допускает несущественные ошибки и неточности;- испытывает затруднения в практическом применении знаний;- слабо аргументирует научные положения;- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;- частично владеет системой понятий
0	<ul style="list-style-type: none">- студент не усвоил значительной части проблемы;- допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;- испытывает трудности в практическом применении знаний;- не может аргументировать научные положения;- не формулирует выводов и обобщений;- не владеет понятийным аппаратом

Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Примерные темы рефератов:

1. Принципы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом.
2. Радиолиз водного теплоносителя.
3. Процессы коррозии и внутриконтурного массопереноса.
4. Химико-технологический режим одноконтурных АЭС с реакторами кипящего типа (РБМК).
5. Химико-технологический режим двухконтурных АЭС с реакторами, охлаждаемыми водой под давлением (ВВЭР).
6. Химическая технология жидкометаллических теплоносителей ЯЭУ.
7. Химическая технология органических теплоносителей ЯЭУ.
8. Дезактивация контуров ЯЭУ.
9. Локализация радиоактивных отходов.

10. Очистка жидких отходов низкого и среднего уровня активности.
11. Переработка и отверждение концентратов и пульп среднего и низкого уровней активности.
12. Обращение с твердыми радиоактивными отходами.
13. Очистка радиоактивных газовых выбросов.
14. Сорбционные процессы при дезактивации жидких радиоактивных отходов.
15. Реагентно-осадительный метод дезактивации жидких радиоактивных отходов.
16. Окислительно-восстановительные процессы при эксплуатации теплоносителей.
17. Дезактивация высоко солевых кубовых остатков.
18. Дезактивация радиоактивных отходов, содержащих органические комплексоны.
19. Мотивация необходимости глубокой комплексной переработки радиоактивных

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Ядерный топливный цикл. Роль топливного цикла в атомной энергетике. Основные технологические этапы цикла.
2. Атомные электростанции и их роль в энергетике. Особенности эксплуатации АЭС.
3. Ядерные энергетические установки АЭС. Типы ядерных реакторов. Основные физико-технические особенности реакторов РБМК, ВВЭР, БН и др.
4. Общая характеристика теплоносителей АЭС. Требования к теплоносителям ядерных энергетических установок.
5. Физико-химические свойства теплоносителей и особенности применения. Водные теплоносители. Неводные теплоносители ЯЭУ: органические теплоносители, жидкометаллические теплоносители (ЖМТ), газовые теплоносители.
6. Радиолит водных теплоносителей.
7. Термическое и радиационное разложение органического теплоносителя.
8. Радионуклиды и их поведение в контурах с жидкометаллическим теплоносителем.
9. Химическая и электрохимическая коррозия.
10. Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов.
11. Химическая защита теплоэнергетического оборудования.
12. Основные технологические показатели качества воды и водных теплоносителей: жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.
13. Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод.
14. Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам.
15. Сорбционные материалы (органические и неорганические), их сравнительные характеристики.
16. Основные закономерности ионного обмена.
17. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. Процессы последовательного Н- и ОН-ионирования воды. Процесс совместного Н- и ОН-ионирования воды.
18. Технология дистилляции воды в испарителях.
19. Причины загрязнения пара: капельный унос, избирательный унос.
20. Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах.
21. Принципиальные схемы электродиализных аппаратов.
22. Диализ. Обратный осмос.
23. Реагентные методы очистки.
24. Кислотно-основное регулирование растворов. Обработка воды комплексообразующими веществами и окислителями.
25. Физико-химические процессы, протекающие в воде при коагуляции.
26. Обработка воды методами осаждения (примеси и их растворимость).

27. Выбор методов и условий водоподготовки и обработки технологических растворов на основе термодинамических и кинетических характеристик процессов.
28. Показатели эффективности очистки (коэффициент распределения, коэффициент очистки, коэффициент концентрирования). Требования к материалам и реагентам.
29. Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК.
30. Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки. Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте.
31. Воднохимические режимы контуров АЭС с реакторами типа ВВЭР. Воднохимические режимы 1-го и 2-го контуров АЭС.
32. Нормы качества технологических вод: добавочной (обработанной) воды, прямой и обратной воды теплосети, котловой воды и пара паровых котлов.
33. Химико-технологический мониторинг рабочей среды технологических контуров.
34. Характеристика основных методов защиты конструкционных материалов при эксплуатации и простоях оборудования.
35. Виды и происхождение загрязнений теплоносителей и технологического оборудования (продукты деления, продукты активации, продукты коррозии).
36. Методы дезактивации и химической очистки технологических растворов.
37. Технология дезактивации основных циркуляционных контуров АЭС и локализации радиоактивных отходов.
38. Проблема переработки высокосолевых кубовых остатков АЭС, содержащих органические комплексоны.
39. Дезактивация вспомогательных циркуляционных контуров.
40. Организованные и неорганизованные протечки. Регенерационные и промывочные воды. Воды бассейнов выдержки отработанного топлива. Воды спецпрачечных и душевых.
41. Дезактивация оборудования. Способы дезактивации оборудования и дезактивирующие рецептуры.
42. Эффективность и радиационная стойкость дезактивирующих рецептур.
43. Экологические проблемы загрязнения природной среды при эксплуатации АЭС.
44. Радиоактивные продукты деления и активации, их поступление в окружающую среду.
45. Требования хранения радиоактивных отходов на АЭС и захоронения.
46. Экономические аспекты проблемы обезвреживания и захоронения радиоактивных отходов (РАО).
47. Мотивация максимально возможного сокращения объемов технологических отходов на захоронение.
48. Особенности проблемы «обезвреживания» радиоактивных отходов АЭС и пути решения.
49. Способы обработки, хранения, захоронения жидких и твердых радиоактивных отходов.
50. Технология переработки и отверждения концентратов и пульп.
51. Организация контроля при хранении радиоактивных отходов на АЭС.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

Основная литература

1. Рощектаев 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>

Электронно-образовательные ресурсы (ЭОР):

1. Университетская библиотека ONLINE <http://biblioclub.ru/>
2. Электронно-библиотечная система Юрайт <https://biblio-online.ru/>

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" (ДАЛЕЕ - СЕТЬ "ИНТЕРНЕТ"), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

1. Российская государственная библиотека - www.rsl.ru, www.leninka.ru

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и практические занятия.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

Планы практических занятий

1. Характеристика объектов ядерной энергетики.

План:

1. Виды ядерных реакторов.
2. Конструкционные особенности.
3. Основные понятия и термины химической технологии теплоносителей ядерных энергетических установок.
4. Виды теплоносителей и требования к теплоносителям ЯЭУ, свойства
5. Физико-химические свойства теплоносителей.
6. Особенности применения теплоносителей.

Литература: [1], с. 6-41; [3], с. 211-254; [5], с. 3-59.

Вопросы для самоконтроля:

1. Роль топливного цикла в атомной энергетике. Основные технологические этапы цикла.
2. Атомные электростанции и их роль в энергетике.
3. Особенности эксплуатации АЭС.
4. Типы ядерных реакторов.
5. Основные физико-технические особенности реакторов.
6. Общая характеристика теплоносителей АЭС.
7. Требования к теплоносителям ядерных энергетических установок.
8. Физико-химические свойства теплоносителей и особенности применения.

2. Радиационная физикохимия внутриконтурных процессов

План:

1. Основные понятия радиационной физикохимии
2. Принципы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом
3. Радиолиз водного теплоносителя
4. Радиационно-химические процессы в газовых теплоносителях
5. Закономерности радиолиза органических теплоносителей
6. Особенности радиолиза твердых тел. Фоторадиационные эффекты
7. Радиоактивность, ядерные реакции и их закономерности

Литература: [2], с. 11-54; [4], с. 11-44.

Вопросы для самоконтроля:

1. Радиолиз теплоносителей.
2. Термическое и радиационное разложение теплоносителя.

3. Процессы коррозии и внутриконтурного массопереноса

План:

1. Химическая коррозия
2. Межфазные электрохимические процессы на границе раздела металл - раствор
3. Состав и структура продуктов коррозии в контурах ЯЭУ
4. Электрофоретическая модель массопереноса в контурах ЯЭУ
5. Другие формы описания процесса образования коррозионных отложений
6. Активация продуктов коррозии

Литература: [2], с. 11-54; [4], с. 11-44.

Вопросы для самоконтроля:

1. Радионуклиды и их поведение в контурах с теплоносителем.
2. Химическая и электрохимическая коррозия.

4. Растворение твердых тел: кинетические закономерности, влияние различных факторов на эффективность процесса

План:

1. Общие сведения о кинетике растворения твердых тел
2. Современные представления о кинетике и механизмах растворения оксидных фаз
3. Влияние ионизирующего излучения на кинетику растворения твердых тел

Литература: [2], с. 11-54; [4], с. 11-44.

Вопросы для самоконтроля:

1. Радиолиз теплоносителей.
2. Термическое и радиационное разложение теплоносителя.
3. Радионуклиды и их поведение в контурах с теплоносителем.
4. Химическая и электрохимическая коррозия.
5. Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов.
6. Химическая защита теплоэнергетического оборудования.

5. Физико-химические основы методов водоподготовки и химико-технологические режимы контуров АЭС

Химическая технология водных теплоносителей ЯЭУ

План:

1. Химико-технологический режим одноконтурных АЭС с реакторами кипящего типа (РБМК)
2. Химико-технологический режим двухконтурных АЭС с реакторами, охлаждаемыми водой под давлением (ВВЭР)
3. Химико-технологические режимы контуров АЭС в периоды стоянок
4. Химико-технологические режимы контуров АЭС в периоды пуска
5. Химико-технологические режимы систем, сопутствующих реактору
6. Очистка теплоносителя ЯЭУ
7. Методы и системы очистки реакторной воды
8. Очистка турбинного конденсата
9. Назначение установок спецводоочистки и химический контроль

Жидкометаллические теплоносители

План:

1. Свойства жидкометаллических теплоносителей
2. Коррозия конструкционных материалов и массоперенос в контурах с натриевым теплоносителем
3. Примеси и их растворимость в натриевом теплоносителе
4. Нормирование качества теплоносителя
5. Радионуклиды и их поведение в контурах с жидкометаллическим теплоносителем
6. Методы очистки натриевого теплоносителя
7. Очистка защитного газа
8. Контроль чистоты натриевого теплоносителя и защитного газа
9. Обеспечение безопасности эксплуатации реакторов с натриевым теплоносителем

Органические теплоносители

План:

1. Физико-химические свойства органических теплоносителей, применяемых в ядерной энергетике
2. Термическое и радиационное разложение органического теплоносителя

3. Коррозия конструкционных материалов. Поведение продуктов коррозии
4. Проблема фаулинга
5. Нормирование качества и методы очистки органического теплоносителя
6. Радиационная обстановка на ЯЭУ с органическим теплоносителем
7. Контроль качества теплоносителя

Газовые теплоносители

План:

1. Общая характеристика газовых теплоносителей
2. Технология гелиевого теплоносителя
3. Технология диссоциирующего газового теплоносителя

Литература: [1], с. 6-76; [2], с. 259-272; [3], с. 211-254.

Вопросы для самоконтроля:

1. Водно-химические режимы АЭС с реакторами типа РБМК.
2. Водохимические режимы контуров АЭС с реакторами типа ВВЭР. Водохимические режимы 1-го и 2-го контуров АЭС.
3. Виды и происхождение загрязнений теплоносителей и технологического оборудования (продукты деления, продукты активации, продукты коррозии).
4. Основные технологические показатели качества воды и водных теплоносителей: жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрация ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.
5. Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод.
6. Работа насыпных и намывных сорбционных фильтров. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам.
7. Сорбционные материалы (органические и неорганические), их сравнительные характеристики.
8. Основные закономерности ионного обмена.
9. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. Процессы Н- и ОН-ионирования воды.
10. Технология дистилляции воды в испарителях.
11. Причины загрязнения пара: капельный унос, избирательный унос.
12. Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах.
13. Принципиальные схемы электродиализных аппаратов.
14. Диализ. Обратный осмос.
15. Реагентные методы очистки.
16. Кислотно-основное регулирование растворов. Обработка комплексообразующими веществами и окислителями.
17. Физико-химические процессы, протекающие в воде при коагуляции.
18. Обработка воды методами осаждения (примеси и их растворимость).
19. Выбор методов и условий водоподготовки и обработки технологических растворов на основе термодинамических и кинетических характеристик процессов.
20. Показатели эффективности очистки (коэффициент распределения, коэффициент очистки, коэффициент концентрирования). Требования к материалам и реагентам.

6. Дезактивация и химическая очистка технологических растворов и оборудования.

Физико-химические основы процессов дезактивации

План:

1. Удаление слабофиксированных загрязнений
2. Десорбция ионов с металлических поверхностей
3. Растворение радиоактивных продуктов коррозии и оксидных пленок металлов

Дезактивирующие рецепты

План:

1. Состав рецептов
2. Радиационная стойкость рецептов
3. Химическая стойкость дезактивирующих рецептов

Технология и технические средства дезактивации контурных систем и демонтированного оборудования

План:

1. Технология дезактивации основных циркуляционных контуров АЭС с водным теплоносителем
2. Технология и технические средства дезактивации съемного контурного и емкостного оборудования
3. Дезактивация оборудования контуров с жидкометаллическим теплоносителем
4. Дезактивация оборудования контуров газоохлаждаемых высокотемпературных реакторов

Технология обращения с отходами

План:

1. Основные источники образования радиоактивных отходов при эксплуатации ЯЭУ
2. Принципы сбора радиоактивных отходов
3. Транспортирование радиоактивных отходов
4. Очистка жидких отходов низкого и среднего уровня активности
5. Переработка и отверждение концентратов и пульпы среднего и низкого уровней активности
6. Обращение с твердыми радиоактивными отходами
7. Очистка радиоактивных газовых выбросов

Литература: [1], с. 77-118; [2], с. 108-484; [3], с. 287-315; [4], с. 44-116.

Вопросы для самоконтроля:

1. Методы дезактивации и химической очистки технологических растворов.
2. Технология дезактивации основных циркуляционных контуров АЭС и локализации радиоактивных отходов.
3. Проблема переработки высокосолевых кубовых остатков АЭС, содержащих органические комплексоны.
4. Дезактивация вспомогательных циркуляционных контуров.
5. Дезактивация оборудования. Способы дезактивации оборудования и дезактивирующие рецепты.
6. Эффективность и радиационная стойкость дезактивирующих рецептов.
7. Экологические проблемы загрязнения природной среды при эксплуатации АЭС.
8. Радиоактивные продукты деления и активации, их поступление в окружающую среду.
9. Требования хранения радиоактивных отходов на АЭС и захоронения.
10. Экономические аспекты проблемы обезвреживания и захоронения радиоактивных отходов (РАО).
11. Мотивация максимально возможного сокращения объемов технологических отходов на захоронение.
12. Особенности проблемы «обезвреживания» радиоактивных отходов АЭС и пути решения.
13. Способы обработки, хранения, захоронения жидких и твердых радиоактивных отходов.
14. Технология переработки и отверждения концентратов и пульпы.
15. Организация контроля при хранении радиоактивных отходов на АЭС.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Программное обеспечение:

1. MS Windows;
2. Офисный пакет LibreOffice;
3. Web-браузер.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов и объектов, номер ауд.
1.	<i>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</i> Мебель аудиторная (столы, стулья, доска аудиторная), переносное мультимедийное оборудование (проектор, экран)	184209, Мурманская область, город Апатиты, улица Энергетическая, дом 19, здание Учебного корпуса № 2, ауд. 314
2.	<i>Помещение для самостоятельной работы студентов</i> Доска аудиторная, столы компьютерные, стулья «Контакт» Мультимедийный проектор Toshiba TLP-X2000 – 1 шт., экран проекционный матовый – 1 шт. 13 ПЭВМ Монитор Acer AL 1917 19" – 13 шт., клавиатура – 13 шт., мышь – 13 шт.	184209, Мурманская область, город Апатиты, улица Энергетическая, дом 19, здание Учебного корпуса № 5, ЛИТ 3

14. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ.

ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика профиль Теплофизика Академический бакалавриат

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП	Б1.В.ДВ.5.1						
Дисциплина	Химико-технологические режимы атомных электростанций (АЭС)						
Курс	4	семестр	7				
Кафедра	физики, биологии и инженерных технологий						
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность	Иваненко В.И., д-р техн. наук, профессор						
Общ. трудоемкость _{час/ЗЕТ}	216/6	Кол-во семестров	1	Интерактивные формы _{общ./тек. сем.}	17/17		
ЛК _{общ./тек. сем.}	32/32	ПР/СМ _{общ./тек. сем.}	32/32	ЛБ _{общ./тек. сем.}	-/-	Форма контроля	Экзамен

Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
Вводный блок			
Не предусмотрен			
Основной блок			
Рефераты	15	60	По согласованию с преподавателем
Всего:		60	
Экзамен	Вопрос 1	20	В сроки сессии
	Вопрос 2	20	В сроки сессии
Всего:		40	
Итого:		100	
Дополнительный блок			
Не предусмотрен			

Шкала оценивая в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.

15. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И МАТЕРИАЛЫ НА УСМОТРЕНИЕ ВЕДУЩЕЙ КАФЕДРЫ.

Не предусмотрено.

16. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

Для обеспечения образования инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализация дисциплины Б1.В.ДВ.5.1 «Химико-технологические режимы атомных электростанций (АЭС)» может осуществляться в адаптированном виде, с учетом специфики освоения и дидактических требований, исходя из индивидуальных возможностей и по личному заявлению обучающегося.