

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ядерной физики

 / Титова Л.В./
13.06.2024г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Б1.О.10
Физические основы ядерной энергетики

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.04.02 Ядерные физика и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика атомного ядра и частиц

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра ядерной физики **6.**

Составители программы:

к.ф.-м.н., доцент Долгополов Михаил Анатольевич

7. Рекомендована:

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №6 от 13.06.2024

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(ы): 1

9.

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- в рамках данной дисциплины излагаются основы ядерной энергетики; классификация ядерных реакторов; отравление, шлакование и выгорание горючего; радиоактивные отходы; система СУЗ; воспроизводство горючего в быстрых реакторах; физический расчет реактора; элементы теплового расчета.
- успешное освоение дисциплины также позволит студентам получить необходимые знания о принципах работы основного оборудования и основах технологии производства тепла и электроэнергии в ядерных энергетических установках (ЯЭУ). Кроме того, студенты получают необходимые сведения по вопросам причинам возникновения аварий и поломок оборудования, вызывающие появление ионизирующего излучения, и обеспечение радиационной безопасности персонала АЭС и населения.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение следующих понятий: тепловые, быстрые, гомогенные и гетерогенные реакторы; типы тепловыделяющих элементов; ядерное горючее, теплоносители, замедлители; основные ядерно-физические характеристики активных зон; ядерные сечения; деления ядер под действием нейтронов; цепная ядерная реакция деления; коэффициент размножения нейтронов в бесконечной среде; эффективный коэффициент размножения; работа реактора; роль запаздывающих нейтронов; критическая масса и критический размер; ядерный реактор – источник нейтронного и гамма излучения
- сформировать у студентов необходимые знания о принципах работы основного оборудования и основах технологии производства тепла и электроэнергии в ядерных энергетических установках (ЯЭУ); дать необходимые сведения по причинам возникновения аварий и поломок оборудования, вызывающие появление ионизирующего излучения, и обеспечение радиационной безопасности персонала АЭС и населения

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина относится к обязательной части блока Б1.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2	способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК-2.1	знать физические основы использования ядерной энергии	Знать: конструкцию и физические особенности реакторов типа ВВЭР, РБМК, БН и некоторых перспективных разработок, назначение систем безопасности ЯЭУ
		ОПК-2.2.	уметь применять современные методы исследования характеристик	Уметь: рассчитывать переход активной зоны ЯЭУ на другой уровень мощности; оценивать обогащение топлива для реакции деления, анализировать состояние размножающей системы

		ядерных установок	Владеть: понятием процессов, протекающих в основном оборудовании ЯЭУ (активная зона, парогенератор, турбина, ПНД и ПВД и т.д.) и влиянии этих процессов на безопасность и экономичность ЯЭУ
	ОПК-2.3	Представляет результаты расчета характеристик ядерных реакторов в наглядной форме.	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 4/144.

Форма промежуточной аттестации - экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			1 семестр
Аудиторные занятия		44	
в том числе:	лекции	30	30
	практические	14	14
	лабораторные		
Самостоятельная работа		64	64
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации		Экзамен-36 часов	Экзамен – 36 часов
Итого:		144	144

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1	Физические основы получения энергии в реакторе.	Виды ядерных реакций. Нейтронные реакции и их виды. Анализ реакции деления, пороговая энергия, рассеяние и его виды. Энергия нейтронов в реакции деления, вероятность совершения ядерной реакции. Микроскопическое и макроскопическое сечения реакции. Зависимость микроскопического сечений от энергии нейтронов. Воспроизводство ядерного топлива Энергия деления и ее распределение между осколками деления. Продукты деления (отравление и шлакование реактора) Запаздывающие нейтроны.	-

2.	Классификация и составные части реактора. Устройство активной зоны, тепловыделяющих сборок и твэлов.	Ядерные реакции. Источники тепла в реакторе. Конструкция основных элементов реактора ВВЭР1000 (корпус, шахта, выгородка, блок защитных труб, верхний блок с крышкой и т.д.). Конструкция основных элементов реактора РБМК-1000 (металлоконструкции реактора – схемы С, Л, Д, Е, ОР). Требования, предъявляемые к конструкции активной зоны.	-
3.	Распределение нейтронов и энерговыделения в реакторе, температур и напряжений в твэлах.	Характеристики нейтронного потока. Понятие о замедлении и диффузии нейтронов Спектры Уатта, Максвелла, Ферми. Диффузия тепловых нейтронов, длина миграции, длина диффузии, возраст тепловых нейтронов. Упругое и неупругое рассеяние. Неравномерность нейтронного потока в активной зоне. Температурный режим твэлов и конструкционных материалов.	-
4	Материалы ядерных реакторов.	Топливные материалы. Выбор материала оболочек ТВЭЛов в зависимости от типа реактора. Замедлители и поглотители в ЯЭУ. Материалы корпуса реактора. Действие реакторных излучений на материалы.	-
5	Теплоносители и рабочие тела. Совместимость с конструкционными материалами.	Основные требования, предъявляемые к теплоносителям ЯЭУ. Характеристики основных теплоносителей, используемых в ЯЭУ. Физико-химические процессы и водно-химический режим (ВХР) в контурах ЯЭУ.	-
6	Энергетические циклы ЯЭУ. Коэффициент полезного действия. (6 часов).	Цикл Карно и цикл Ренкина. Способы повышения к.п.д. циклов. Регенеративный подогрев. Основные параметры термодинамического цикла. Определение термического коэффициента полезного действия. Обоснование начальных параметров рабочего тела ЯЭУ с реакторами различных типов. Выбор и обоснование конечных параметров рабочего тела.	-
7	Тепловые схемы ЯЭУ.	Принципиальные технологические схемы ЯЭУ с разными типами реакторов, их особенности и отличия. Основное оборудование технологического процесса производства тепла и электроэнергии на ЯЭУ.	-
8	Паротурбинные установки ЯЭУ.	Основные характеристики турбинных установок АС. Требования, предъявляемые к турбинным установкам. Принцип действия турбины. Особенности работы турбин на влажном паре. Особенности конструктивных схем турбин в зависимости от начальных и конечных параметров термодинамического цикла.	-

9	Теплообменники и парогенераторы. Конструктивные схемы и оптимизация параметров.	Назначение парогенератора (ПГ). Основные требования, предъявляемые к ПГ установкам. Классификация ПГ установок Основные конструктивные схемы и параметры ПГ, обогреваемых водой под давлением. Т-Q – диаграммы. Парогенераторы для блоков с реакторами на быстрых нейтронах. Конструктивные схемы ПГ с жидкими металлами в качестве теплоносителей. Основные компоновочные варианты ПГ. Параметры и эксплуатационные характеристики ПГ. Конструктивные схемы регенеративных теплообменников низкого и высокого давления. Типы и схемы деаэраторов.	-
10	Гидравлические расчеты.	Гидравлические характеристики реактора. Влияние гидравлических характеристик на теплосъем и расход на собственные нужды.	-
11	Перспективные типы ЯЭУ (заключение).	Общие сведения о реакторных установках БН-800, БН-1200, ВВЭР-1500, ВВЭР-1000 (проект В-392), с ВВЭР-640 (проект В-392), СВБР, ВКТ-12.	-

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					
		Лекции	Практически е	Лабораторны е	Самостоятельная работа	Контр оль	Всего
1	Физические основы получения энергии в реакторе.	2	1		5	3	11
2	Классификация и составные части реактора. Устройство активной зоны, тепловыделяющих сборок и твэлов.	2	1		6	3	12
3	Распределение нейтронов и энерговыделения в реакторе, температур и напряжений в твэлах.	3	1		6	3	13
4	Материалы ядерных реакторов.	3	1		6	3	13
5	Теплоносители и рабочие тела. Совместимость с конструкционными материалами.	3	1		6	3	13
6	Энергетические циклы ЯЭУ. Коэффициент полезного действия.	3	2		6	4	15
7	Тепловые схемы ЯЭУ.	3	2		6	4	15
8	Паротурбинные установки ЯЭУ.	3	2		6	4	15

9	Теплообменники и парогенераторы. Конструктивные схемы и оптимизация параметров.	3	1		6	3	13
10	Гидравлические расчеты.	3	1		6	3	13
11	Перспективные типы ЯЭУ (заключение).	2	1		5	3	11
	Итого:	30	14		64	36	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методическое обеспечение аудиторной работы: учебно-методические пособия для студентов, учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

Методическое обеспечение самостоятельной работы: учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания, дистанционные формы общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, вопросов по темам заданий и т.д.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников) а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	ВВЭР-1000: Физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность./ А.М. Афров, С.А. Андрушечко, В.Ф. Украинцев и др. – М.: Университетская книга, Логос, 2006. – 488с. +16 с. цв. вк.
2	Канальный ядерный энергетический реактор РБМК. М.А. Абрамов, Е.О. Адамов и др. Под общей редакцией Ю. М. Черкашева. М.: ГУП НИКИЭТ, 2006. с 632.
3	Насосное и теплообменное оборудование АЭС: Учебное пособие/ С.М. Дмитриев, А.Г. Орлов, Н.М. Сорокин и др./ Под редакцией С.М. Дмитриева; НГТУ. Н. Новгород, 2004. 397 с.
4	Острейковский В.А. Эксплуатация атомных станций: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 928 с.
5	Ядерные энергетические установки. Ганчев Б.Г. и др. под общей ред. акад. Н.А. Доллежаля. Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1983г
6	Нигматуллин И.Н., Нигматуллин Б.Н. Ядерные энергетические установки. М.: Энергоатомиздат, 1986 г.
7	Дементьев Б.А., Ядерные энергетические реакторы, М., Энергоатомиздат, 1984 г.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
8	Будов В.М., Фарафонов В.А. Конструирование основного оборудования АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1985, 264 с
9	Монахов А.С. Атомные электрические станции и их технологическое оборудование. М.: Энергоатомиздат, 1986, 224 с
10	Доллежалъ Н.А., Емельянов И.Я. Канальный ядерный энергетический реактор. М.: Атомиздат, 1980, 208 с.
11	Митенков Ф.М., Новинский Э.Г., Будов В.М. Главные циркуляционные насосы АЭС. М.: Энергоатомиздат, 1984, 320 с.
12	Паротурбинные установки АЭС. Под ред. Косяка М.Ф. М.: Энергия, 1978.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
13	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета: http://www.lib.vsu.ru/
	https://edu.vsu.ru – Электронный университет ВГУ

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов направления 14.04.02. Ядерные физика и технологии, - Вахтель В.М., Титова Л.В. – ВГУ. – 2018. – 17 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий; – компьютерные технологии при проведении занятий:
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;
- специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;
- разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и методам

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типов, текущего контроля и промежуточной аттестации г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 337	Специализированная мебель, ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Aplo-T Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019 LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/aboutus/licenses/) Lazarus IDE (http://www.lazaruside.org/index.php?page=licenses)
	Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 31	Ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран для проектора на штативе ScenMedia Aplo-T
Аудитория для самостоятельной работы. г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 507П	Специализированная мебель, компьютеры PentiumII, III (10 шт.), объединенные в локальную сеть с возможностью подключения к сети «Интернет».

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Темы 1-11	ОПК-2	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3	Опрос
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Пункт 20.2.1 Вопросы к экзамену

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Практические задания

Перечень практических заданий:

1. Рассчитать нейтронную мощность ЯЭУ при заданном уровне среднего по АЗ нейтронного потока
2. Определить зависимость средней концентрации топливных ядер в зависимости от времени его работы в ЯЭУ
3. Оценить величину потери реактивности на отравление Хе-135 от времени после перевода ЯЭУ в режим «Горячий останов»
4. Оценить величину теплопередачи от первого контура ко второму в ПГ
5. Рассчитать основные параметры лёгкой воды как замедлителя нейтронов

6. Определить время кампании реактора как функцию глубины выгорания топлива

	Уровень	
Критерии оценивания компетенций	сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области физики нейтронов.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки..	–	<i>Неудовлетворительно</i>

20.2 Промежуточная аттестация Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по экзаменационным билетам

20.2.1. Перечень вопросов к экзамену:

1. Определение энергетического ядерного реактора. Классификация ядерных энергетических установок.
2. Назначение, общее описание конструкции паротурбинной установки АЭС.
3. Критическое, надкритическое, подкритическое состояние реактора.
4. Критическая масса.
5. Процесс расширения пара в турбине в H-S диаграмме.
6. Реакторная установка ВВЭР-1000. Состав, основные технические характеристики.
7. Особенности работы турбины на влажном паре.
8. Виды ядерных реакций. Сечения реакций. Микроскопические и макроскопические сечения. Физический смысл. Зависимость сечения от энергии.
9. Влияние влажности на экономичность и надежность турбины.

10. Эффективный коэффициент размножения нейтронов.
11. Сепарация влаги и промежуточный перегрев пара в паротурбинных установках АЭС.
12. Разделение нейтронов по энергиям. Понятие об энергетическом спектре нейтронов в реакторе.
13. Термодинамический цикл паротурбинной установки АЭС.
14. Замедлители. Требования, предъявляемые к замедлителям. Замедляющая способность. Коэффициент замедления. Характеристики замедлителей.
15. Назначение, состав и принцип работы конденсационной установки.
16. Управление ядерным реактором. Понятие реактивности.
17. Принципиальное устройство и расположение основных конденсаторов турбин АЭС.
18. Период реактора. Зависимость периода реактора от времени жизни поколения нейтронов.
19. Назначение, конструкция и схема включения основных эжекторов.
20. Запаздывающие нейтроны. Предшественники запаздывающих нейтронов.
21. Определение температуры конденсации отработавшего пара.
22. Доля запаздывающих нейтронов. Среднее время жизни запаздывающих нейтронов. Понятие о мгновенной критичности реактора.
23. Предельный и экономический вакуум в основном конденсаторе.
24. Требования к материалам, используемым в органах управления и защиты реактора.
25. Понятие переохлаждения конденсата.
26. Бор и его характеристики как поглотителя в сравнении с другими материалами.
27. Состав и назначение конденсатно-питательного тракта.
28. Реакторная установка РБМК-1000. Состав, основные технические характеристики. Схема КМПЦ.
29. Термодинамическая эффективность регенеративного подогрева.
30. Кампания реактора. Шлакование и отравление реактора.
31. Степень регенерации. Распределение подогрева по ступеням.
32. Производство ядерного топлива. Понятие о коэффициенте воспроизводства и времени удвоения.
33. Типы регенеративных подогревателей. Схемы включения поверхностных подогревателей.

34. Требования к конструкции активной зоны реактора и ее характеристики. 35. Принципиальное устройство регенеративных подогревателей низкого давления смешивающего типа.
36. Топливные материалы. Требования, предъявляемые к топливным материалам.
37. Принципиальное устройство регенеративных подогревателей низкого давления поверхностного типа.
38. Конструкционные материалы ядерного реактора. Основные требования, предъявляемые к конструкционным материалам.
39. Назначение системы регенерации высокого давления. Принципиальное устройство и типы ПВД.
40. Действие реакторных излучений на материалы.
41. Факторы, влияющие на работу подогревателей высокого давления.
42. Физические особенности реактора ВВЭР.
43. Назначение деаэрационной установки. Принцип работы термического деаэратора.
44. Физические особенности реактора РБМК.
45. Факторы, влияющие на эффективность работы деаэратора.
46. Вода как теплоноситель. Свойства воды.
47. Принципиальная схема энергоблока с реактором ВВЭР-1000. Назначение основного оборудования.
48. Реактор на быстрых нейтронах. Физические особенности реакторов на быстрых нейтронах.
49. Принципиальная схема энергоблока с реактором РБМК-1000. Назначение
50. основного оборудования.
51. Теплоносители. Требования, предъявляемые к теплоносителям ядерного реактора.
52. Принципиальное устройство и основные типы деаэраторов. Схема включения деаэрационной установки в систему регенерациитурбоустановки.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области физики нейтронов.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания,	–	<i>Неудовлетворительно</i>
допускает грубые ошибки..		

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

ОПК-2

Способен применять современные методы исследования. оценивать и представлять результаты выполненной работы

Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:

1. Из какого материала выполнены центральные дистанционирующие решетки ТВС?

1. Сплав 42ХНМ
2. Сплав 7635
3. Сталь 08Х18Н10Т
4. **Циркониевый сплав**

2. Сколько направляющих труб входит в состав ТВС?

1. 163
2. 95
3. **18**
4. не входят

3. Как часто расхаживаются стопорные клапана?

1. 1 раз в смену
2. 1 раз в неделю
3. **1 раз в сутки**
4. 1 раз в месяц

4. Насос какого типа используется в системе регулирования?

1. Горизонтальный центробежный
2. Вертикальный центробежный одного давления
3. Горизонтальный центробежный двух давлений
4. **Вертикальный центробежный двух давлений**

5. Сколько аварийных тяг установлено в районе улитки ГЦН?

1. 1
2. 0
3. **3**
4. 2

7. Сколько шаровых опор установлено в районе улитки ГЦН?

1. 1
2. **3**
3. Отсутствуют
4. 2

8. Основное назначение ГЦН-195М?

1. Поддержание давления в I контуре во всех режимах работы РУ
2. Изменение мощности РУ путем изменения количества работающих ГЦН
3. **Осуществление циркуляции теплоносителя через активную зону**
4. Снятие остаточного тепловыделения с активной зоны

9. Из чего состоит устройство выравнивая паровой нагрузки?
1. Из дырчатых листов, расположенных над уровнем котловой воды
 2. Из пакетов жалюзи, расположенных под уровнем котловой воды
 3. Из пакетов жалюзи, расположенных над уровнем котловой воды
 4. **Из дырчатых листов, расположенных под уровнем котловой воды**
10. Какие из перечисленных систем НЕ относятся к защитным системам безопасности?
1. Система защиты I контура от превышения давления
 2. Активная часть САОЗ низкого давления
 3. **Система водоснабжения ответственных потребителей**
 4. Система подачи аварийной питательной воды в парогенераторы
11. Какова длительность работы КРУ с коротким замыканием одной фазы на землю? 1. При замыкании на землю одной фазы секции собственных нужд, секция отключается, и работа запрещена
2. Не более 5 минут
 3. До устранения замыкания
 4. **Не более 2 часов**
12. Какое количество блоков ТЭН установлено в корпусе КД?
1. **28 шт.**
 2. 50 шт.
 3. 14 шт. 4. 112 шт.
13. Назовите, чем осуществляется уплотнение главного разъема реактора ВВЭР-1000
1. Уплотнение с помощью трех прутковых никелевых прокладок
 2. Уплотнение с помощью двух никелевых прокладок и торового компенсатора
 3. Уплотнение за счет клиновидной прокладки
 4. **Уплотнение с помощью двух прутковых никелевых прокладок**
13. Укажите признаки оживления, которые могут появиться у пострадавшего при правильных методах оказания ему помощи.
1. **Улучшение цвета лица-розовый оттенок, появление самостоятельных дыханий, движений, сужение зрачков**
 2. Появление капелек пота на лице пострадавшего, усиление мышечного тонуса
 3. Расширение зрачков, изменение цвета лица-бледный оттенок
 4. Самостоятельное функционирование пострадавшего
14. Какая помощь должна быть оказана пострадавшему при ожогах с нарушением целостности ожоговых пузырей?
1. **Обожженный участок накрыть сухой чистой тканью, приложить холод**
 2. Промыть лекарственным раствором, наложить вату и забинтовать
 3. Смазать обожженный участок тела мазью от ожогов
 4. Подставить под струю холодной воды на 10-15 минут
15. Определите, чем охлаждается вода в барботажном баке
1. **Водой промежуточного контура**
 2. Технической водой группы "В"
 3. Технической водой группы "А"

4. Дистиллированной водой

1. Что такое ядерный реактор и какие элементы он включает?

Ядерным реактором называется устройство, в котором может происходить самоподдерживающаяся ядерная цепная реакция деления ядер тяжёлых элементов под действием нейтронов.

Любой ядерный реактор включает в себя пять основных элементов: а) делящегося вещества; б) замедлителя быстрых нейтронов; в) отражателя нейтронов; г) системы охлаждения; д) систем безопасности и регулирования.

2. По каким признакам классифицируются ядерные реакторы?

Классификацию ядерных реакторов можно провести по ряду признаков. 1. По характеру использования. 2. По спектру нейтронов. 3. По размещению топлива. 4. По виду топлива. 5. По степени обогащения. 6. По химическому составу. 7. По виду теплоносителя. 8. По роду замедлителя. 9. По конструкции. 10. По способу генерации пара. 11. Классификация МАГАТЭ.

3. Назовите по каким признакам атомные реакторы на тепловых нейтронах различаются между собой и приведите классификацию данных реакторов с указанием замедлителей и теплоносителей.

Атомные реакторы на тепловых нейтронах различаются между собой главным образом по двум признакам: какие вещества используются в качестве замедлителя нейтронов, и какие в качестве теплоносителя, с помощью которого производится отвод тепла из активной зоны реактора: 1) водо-водяные с обычной водой в качестве замедлителя и теплоносителя; 2) графито-водные с водяным теплоносителем и графитовым замедлителем; 3) тяжёловодные с водяным теплоносителем и тяжёлой водой в качестве замедлителя; 4) графито-газовые с газовым теплоносителем и графитовым замедлителем.

4. Что такое ТВЭЛ и какие к ним предъявляют технические требования?

Тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) представляют собой блоки из делящегося материала, заключенные в герметическую оболочку, слабо поглощающую нейтроны. За счет энергии деления тепловыделяющие элементы разогреваются и отражают энергию теплоносителю, который циркулирует в каналах.

К ТВЭЛам предъявляются высокие технические требования: простота конструкции; механическая устойчивость и прочность в потоке теплоносителя, обеспечивающая сохранение размеров и герметичности; малое поглощение нейтронов конструкционным материалом ТВЭЛа и минимум конструкционного материала в активной зоне; отсутствие взаимодействия ядерного топлива и продуктов деления с оболочкой ТВЭЛов, теплоносителем и замедлителем при рабочих температурах.

5. Что такое критичность реактора, критический объем ядерного реактора и критическая масса?

Критичность реактора – это рабочее его состояние, в котором средняя по объёму топлива плотность нейтронов в нём постоянна во времени.

Критический объём ядерного реактора – объём активной зоны реактора в критическом состоянии.

Критическая масса – масса делящегося вещества реактора, находящегося в критическом состоянии.