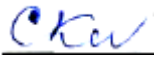


МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Ядерной физики

 Кадменский С.Г.
30.08.21

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.05 Физические основы ядерной энергетики

1. Код и наименование направления подготовки: Физика
2. Профиль подготовки: Физика наносистем
3. Квалификация (степень) выпускника: магистр
4. Форма обучения: Очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: ядерной физики
6. Составители программы: Алейников А.Н., к.ф.-м.н., доцент
7. Рекомендована:
НМС физического факультета Протокол № 6 от 17.06.2021.

8. Учебный год: 2021/2022

Семестр(ы): 2

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:

Курс относится к вариативной 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: ПК-6.1; ПК-6.2; ПК-6.3

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-6	Контролирует расчеты и подтверждающие измерения характеристик ядерного топлива на АС	ПК-6.1	Применяет методики расчета изотопного состава ядерного топлива	Знать: назначение систем безопасности ЯЭУ Уметь: рассчитывать переход активной зоны ЯЭУ на другой уровень мощности; оценивать обогащение топлива для реакции деления, анализировать состояние размножающей системы 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

		ПК-6.2.	<p>Применяет методические указания по выполнению расчетов содержания учитываемых изотопов ядерных материалов и активности радионуклидов в облученных тепловыделяющих сборках на АС с целью их учета и контроля</p>	<p>Знать: основные физические процессы, протекающие в ядерном реакторе: цепная реакция деления ядер и роль обогащения топлива; коэффициент размножения и нейтронный цикл, физические основы управления цепной реакцией деления, запас реактивности и т.д.;</p> <p>Уметь: рассчитывать среднее время жизни радиоактивных ядер, пользуясь законом радиоактивного распада и справочными данными;</p> <p>Владеть: навыками классификации ЯЭУ по энергии нейтронов, виду теплоносителя, конструктивному исполнению, предназначению и т.д.</p>
		ПК-6.3.	<p>Контролирует расчеты остаточного тепловыделения и активности облученного ядерного топлива</p>	<p>Знать: типы и конструкции ядерных реакторов и теплогидравлические процессы, протекающие в них: классификация реакторов, отвод тепла из активной зоны, характер энерговыделения по высоте и радиусу зоны; закономерности изменения температур теплоносителя, оболочки, топлива</p> <p>Уметь: рассчитывать переход активной зоны ЯЭУ на другой уровень мощности; демонстрировать роль мгновенных и запаздывающих нейтронов при оценках времени жизни поколения нейтронов, как основной величины в регулировании мощности реактора;</p> <p>Владеть: навыками работы с системами безопасности ЯЭУ</p>

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
		2 семестр
Аудиторные занятия	64	64
в том числе:	лекции	32
	практические	
	лабораторные	32
Самостоятельная работа	44	44
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 ВВЭР-1000 (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	Цикл Карно и цикл Ренкина. Способы повышения	-

	ЯЭУ. Коэффициент полезного действия. (6 часов).	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	Самостоятельна я работа	Контр оль	Все- го
1	Физические основы получения энергии в реакторе.	2			4	2	6
2	Классификация и составные части реактора. Устройство активной зоны, тепловыделяющих сборок и твэлов.	2			4	4	6
3	Распределение нейтронов и энерговыделения в реакторе, температур и напряжений в твэлах.	4			4	2	10
4	Материалы ядерных	4			4	4	12

	реакторов.						
5	Теплоносители и рабочие тела. Совместимость с конструкционными материалами.	2			4	2	8
6	Энергетические циклы ЯЭУ. Коэффициент полезного действия.	2			4	4	10
7	Тепловые схемы ЯЭУ.	4			4	2	10
8	Паротурбинные установки ЯЭУ.	2			4	4	10
9	Теплообменники и парогенераторы. Конструктивные схемы и оптимизация параметров.	4			4	4	12
10	Гидравлические расчеты.	2			4	4	10
11	Перспективные типы ЯЭУ (заключение).	2			4	4	10
	Итого:	30			44	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: <https://edu.vsu.ru>

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Широков С. В. Физика ядерных реакторов: учебное пособие/ С. В.Широков.– Минск: Вышэйшая школа, 2011.– 351 с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система.– URL: http:// biblioclub.ru»</i>
2	<i>Михайлов М.А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Ч.1. Ядерная физика/ М.А. Михайлов.– М.: Прометей, 2011. 94с. https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book_red&id=108075&sr=1</i>
3	<i>Нейтронные методы в физике конденсированного состояния: учебное пособие для вузов / П.А.Алексеев.– Москва: НИЯУ МИФИ,2012. 164с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система.– URL: http:// biblioclub.ru».</i>
4	<i>Стогов Ю.В. Основы нейтронной физики. /Ю,В.Стогов - М.: МИФИ, 2008- - 204с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система.– URL: http:// biblioclub.ru»</i>
5	<i>Кадилин В.В., Рябева Е.В., Самосадный В.Т. Прикладная нейтронная физика./В.В.Кадилин и др. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 124 с. . // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система.– URL: http:// biblioclub.ru»</i>
6	<i>Широков С. В. Физика ядерных реакторов: учебное пособие/ С. В.Широков.– Минск: Вышэйшая школа, 2011.– 351 с. // «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система.– URL: http:// biblioclub.ru»</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Ташлыков О.Л. Основы ядерной энергетики [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.Л. Ташлыков. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. — 212 с. — 978-5-7996-1822-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/66570.html
4	Балошин Ю.А. Физические основы ядерной энергетики. Часть I [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Балошин, Ю.П. Заричняк, М.В. Успенская. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2015. — 49 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/65351.html
5	Балошин Ю.А. Физические основы ядерной энергетики. Часть II [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Балошин, Ю.П. Заричняк, М.В. Успенская. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2015. — 91 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/65352.html
6	Федоров В.Ф. Динамическая дифракция и оптика нейтронов в нецентросимметричных кристаллах. Поиск ЭДМ нейтрона: новые возможности: учебное пособие/ В.Ф. Федоров, В.В. Воронин. – С.- Пб.: Изд-во ПИЯФ, 2004. – 118 с. (2 экз)
7	Федоров В.В. Нейтронная физика. учебное пособие / В.В. Федоров. – С.- Пб.: Изд-во ПИЯФ, 2004. – 334 с. (10 экз)
8	Кураченко Ю.А. Основы теории переноса излучений/ Ю.А. Кураченко: Обнин. Ин-т атомной энергетики. Физ.-энергет. ф-т.– Обнинск. 1994.– 72 с.
9	Белл Д. Основы теории ядерных реакторов/ Д.Белл, С.Глесстон.– М.: Атомиздат, 1987.- 458.
10	Саркисов А.А. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводительных установок/ А.А. Саркисов, В.Н. Пучков.– М.: Энергоатомиздат, 1989.– 503 с.
11	Гуревич И. И. Нейтронная физика: учеб. пособие для студ.вузов, обуч-ся по напр. "Физика" и спец. "Ядерная физика"и "Атомные электростанции и установки" .— М. : Энергоатомиздат, 1997.— 415,[1] с.
12	Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы/ А.Н. Климов.– М.: Энергоатомиздат, 1985. - 350 с.
13	Пасечник М. В. Нейтронная физика (средние энергии) / М.В. Пасечник . — Киев : Наукова думка, 1969.
14	Бекуриц К. Нейтронная физика / К. Бекуриц, К. Виртц. — М. : Атомиздат, 1968 .
15	ВВЭР-1000: Физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность./ А.М. Афров, С.А. Андрущечко, В.Ф. Украинцев и др. – М.:Университетская книга, Логос, 2006. – 488с. +16 с. цв. вк.
16	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.
17	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.
18	Острейковский В.А. Эксплуатация атомных станций: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 928 с.
19	Ядерные энергетические установки. Ганчев Б.Г. и др. под общей ред. акад. Н.А. Доллежала. Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1983г
20	Нигматуллин И.Н., Нигматуллин Б.Н. Ядерные энергетические установки. М.: Энергоатомиздат, 1986 г.
21	Дементьев Б.А., Ядерные энергетические реакторы, М., Энергоатомиздат, 1984 г.

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

№ п/п	Источник
15	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
16	Физические основы использования ядерной энергетики http://molphys.ustu.ru/Study/Atom/cap1.html
17	http://nuclphys.sinp.msu.ru/enc/e104.htm – Нейтронная физика

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 занятиях;
- 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.

LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/>))

Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses/>))

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І,

ауд. 30Лаборатория им. Л.Н. Сухотина (для проведения занятий лекционного и семинарского типов, текущего контроля и промежуточной аттестации)

Специализированная мебель, ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран для проектора на штативе ScenMedia Apllo-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/about-us/licenses/>))

Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses/>))

г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 31Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран на штативе ScenMedia Apllo-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/about-us/licenses/>))

Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses/>))

г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 40/5 Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы

Специализированная мебель, компьютеры (системные блоки Intel Pentium-IV, мониторы LG FLATRON L17428-8F) (30 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета

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/about-us/licenses/>))

Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses>))

Mozilla Firefox (бесплатное и/или свободное ПО) (лицензия: <https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/>)

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.	Физические основы получения энергии в реакторе.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2. ПК-6.3.	<i>Устный опрос</i>
2.	Классификация и составные части реактора. Устройство активной зоны, тепловыделяющих сборок и твэлов.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2. ПК-6.3.	<i>Устный опрос</i>
3	Распределение нейтронов и энерговыделения в реакторе, температур и напряжений в твэлах.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2. ПК-6.3.	<i>Устный опрос</i>
4	Материалы ядерных реакторов.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2. ПК-6.3.	<i>Устный опрос</i>
5	Теплоносители и рабочие тела. Совместимость с конструкционными материалами.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2. ПК-6.3.	<i>Устный опрос</i>
6	Энергетические циклы ЯЭУ. Коэффициент полезного действия.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2. ПК-6.3.	<i>Устный опрос</i>
7	Тепловые схемы ЯЭУ.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2. ПК-6.3.	<i>Устный опрос</i>
8	Паротурбинные установки ЯЭУ.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2. ПК-6.3.	<i>Устный опрос</i>
9	Теплообменники и парогенераторы. Конструктивные схемы и оптимизация параметров.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2. ПК-6.3.	<i>Устный опрос</i>
10	Гидравлические расчеты.	ПК-6	ПК-6.1 ПК-6.2. ПК-6.3.	<i>Устный опрос</i>
11	Перспективные типы			<i>Устный опрос</i>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	ЯЭУ (заключение).			
Промежуточная аттестация форма контроля – _____				<i>Пункт 20.2.1 Вопросы к экзамену</i>

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 Xe-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

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>Удовлетвори-тельно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки..	–	<i>Неудовлетвори-тельно</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. Воспроизводство 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>Удовлетвори-тельно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки..	–	<i>Неудовлетво-ри-тельно</i>

Пример. Контрольно-измерительного материала

Вид контроля: экзамен.

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Типы регенеративных подогревателей. Схемы включения поверхностных подогревателей.
2. Процесс расширения пара в турбине в H-S диаграмме

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