

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
ядерной физики

  
Кадменский С.Г.  
30.08.2021.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.03.02 Атомные реакторы**

**1. Код и наименование направления подготовки:**

03.04.02 Физика

**2. Программа:** Физика атомного ядра и частиц

**3. Квалификация выпускника:** магистр физики

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра ядерной физики

**6. Составители программы:** к.ф.м.н., доцент Алейников А.Н.

---

**7. Рекомендована:**

НМС физического факультета №6 от 17.06.2021

---

---

**8. Учебный год:** 2019/2020

**Семестр(ы):** 2

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Целью дисциплины является: получение основных сведений (знаний) о физических процессах, протекающих в ядерных реакторах, и их конструкционных особенностях, а также получение первичных навыков в проведении расчётов основных нейтронно-физических характеристик реактора.

Задачами дисциплины являются:

- дать информацию обучающимся об основных конструкциях ядерных энергетических реакторов;
- дать сведения об основных физических процессах, протекающих в своей взаимосвязи в активной зоне ядерного реактора;
- научить студента самостоятельно, на основе простейших методик, проводить оценку основных нейтронно-физических характеристик ядерного реактора на тепловых нейтронах;

· дать обзор современных расчётных методов и вычислительных программ, использующихся в настоящее время в нейтронно-физических исследованиях, а также научить пользоваться некоторыми из них.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Атомные реакторы» – дисциплина по выбору, которая относится к вариативной части Базового цикла основной образовательной программы подготовки магистров по программе «Физика наносистем» направления 03.04.02 Физика. Дисциплина опирается на ряд классических курсов: теоретической механики, электродинамики, квантовой механики и т.д. Она базируется на курсах дисциплин, изучаемых в образовательных программах бакалавриата: «Математика», «Физика», «Информатика».

Для освоения дисциплины «Атомные реакторы» необходимы знания, умения и компетенции, полученные при изучении предшествующих дисциплин основной образовательной программы бакалавра по направлению 03.03.02 Физика. Для освоения дисциплины студент должен овладеть следующими курсами: «Атомная физика», «Методы математической физики», «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

## 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
ПК-5.	Способен организовать инженерно-физическое сопровождение эксплуатации активной зоны реакторной установки	ПК-5.1;	Организует и контролирует измерение эффектов и коэффициентов реактивности реакторов, активности теплоносителя	знать: принцип работы и конструкцию ядерного реактора. требования, предъявляемые к теплоносителям, реакторным материалам и их основные характеристики. Физические основы и принципы управления реактором. Требования, предъявляемые к надежности и безопасности работы реактора. Конструкции ЯЭР ВВЭР. РБМК. БН и перспективных проектов. уметь: выполнять теплогидравлический расчет реакторов, обосновать выбор технических решений и конструкций ЯЭР. владеть (иметь навык(и)): оценки основных характеристик ЯЭР
		ПК-5.3;	Проводит анализ результатов измерений и расчетов эффектов и коэффициентов реактивности реакторов	знать: эффекты реактивности, их влияние на работу реактора и его устойчивость уметь: рассчитывать коэффициенты реактивности. владеть (иметь навык(и)): расчета пускового интервала
		ПК-5.4;	Применяет методы расчета эксплуатационных параметров реакторной установки, эффектов и коэффициентов реактивности	знать: эффекты реактивности, их влияние на работу реактора уметь: рассчитывать коэффициенты реактивности. владеть (иметь навык(и)): расчета пускового интервала
		ПК-5.5	Контроль нейтронно-физических и паспортных характеристик реакторов	знать: состав и принцип работы контролирующей аппаратуры АКНП и СВРК. уметь:

				определять основные НФХ по измеренным данным владеть (иметь навык(и)): определения НФХ для устойчивой работы реактора оценки основных характеристик ЯЭР.
--	--	--	--	---

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) :**

3 /108.

**Форма промежуточной аттестации экзамен**

**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра 2	№ семестра	...
Аудиторные занятия	32	32		
в том числе: лекции				
лекции	32	32		
практические				
лабораторные				
Самостоятельная работа	40	40		
Форма промежуточной аттестации (экзамен – ___ час)	36	36		
Итого:	108	108		

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1	Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора.	Ядерный реактор. Физическая классификация реакторов. Коэффициент размножения нейтронов в бесконечной среде. Возможные представления цикла размножения нейтронов. Эффективный коэффициент размножения.
2	Расчёт нейтронно-физических констант. Гомогенизация элементов конструкций. Расчёт критической массы однородного реактора.	Гомогенный реактор без отражателя. Уравнение реактора в диффузно-возрастном приближении. Одногрупповое приближение. Геометрический параметр и распределение потока нейтронов по объему реактора. Квазикритическое приближение. Гомогенный однозонный реактор с отражателем в одногрупповом и двух групповом приближении. Эффективная добавка. Реактор без отражателя, эквивалентный реактору с отражателем. Многозонный реактор. Условие критичности двухзонного реактора с отражателем в одногрупповом приближении. Физические особенности гетерогенного реактора. Классификация реакторных решеток. Основные предположения и допущения в теории решетки. Принципы гомогенизации ячеек. Метод вероятностей первых столкновений (ВПС). Основные понятия метода ВПС. Соотношения между вероятностями. Расчет ВПС в разреженных и тесных решетках. Коэффициент размножения на быстрых нейтронах. Расчет коэффициента размножения на быстрых нейтронах для различных решеток. Зависимость этого коэффициента от параметров решетки и ее компонентов.
3	Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы.	Вероятность избежать резонансного поглощения. Применение метода ВПС для расчета эффективного резонансного интеграла. Расчет эффективного резонансного интеграла поглощения в различных решетках. Учет энергетической и пространственной экранировок, взаимного затенения блоков, замедления внутри блока, температурных эффектов. Зависимость вероятности избежать резонансного поглощения от параметров решетки и ее компонентов. Коэффициент использования тепловых нейтронов. Относительное вредное поглощение. Блок-эффект. Особенности расчета в различных ячейках. Спектры нейтронов и усреднение сечений в области тепловых энергий. Зависимость коэффициента использования тепловых нейтронов от параметров решетки и ее компонентов. Число вторичных нейтронов деления на один поглощенный топливом первичный нейтрон. Расчет длин диффузии и замедления в различных решетках. Зависимость возраста и квадрата длины диффузии нейтронов от температуры и параметров решетки. Зависимость материального параметра от отношения объемов замедлителя и топлива. Выбор оптимального варианта решетки.

4	Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"	Водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР). Нейтронно-физические особенности. Компенсация реактивности и способы регулирования реактора. Коэффициенты неравномерности энерговыделения. Перегрузка и выгорание топлива. Этапы нейтронно-физическо-го расчета реактора. Оценочный расчет коэффициента размножения. Водо-водяные кипящие реакторы (ВК). Нейтронно-физические особенности. Взаимосвязь нейтронно-физического и теплогидравлического расчетов. Сравнение характеристик реакторов типа ВК и ВВЭР. Канальные реакторы. Нейтронно-физические особенности и оценочный расчет канальных реакторов. Высокотемпературные реакторы. Нейтронно-физические особенности и оценочный расчет этих реакторов. Реакторы на быстрых нейтронах. Основные нейтронно-физические особенности (спектр нейтронов, воспроизводство делящихся материалов, запас реактивности, температурные эффекты). Особенности нейтронно-физического расчета.
5	Расчёт многозонной ячейки реактора по программе UNK	Последовательность нейтронно-физического расчета реактора. Подготовка библиотек констант. Гомогенизация ячейки. Расчет макроячейки, полиячейки, гомогенного реактора. Обзор методов решения уравнения переноса нейтронов. Программы расчета реакторных ячеек на ЭВМ. Физические модели и методы подготовки многогрупповых микроскопических констант и расчета ячеек. Этапы расчета реакторной ячейки. Спектральная и пространственная задачи. Редактирование. Режимы работы программ. Расчеты состояния, выгорания топлива, эффектов реактивности.
6	Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора.	Гидродинамика и теплообмен в ядерных энергетических реакторах. Гидравлические потери давления для случаев применения однофазного и кипящего теплоносителей. Теплообмен для случаев применения однофазного, кипящего и двухкомпонентного теплоносителей. Критические тепловые нагрузки. Кризис теплообмена. Тепловой расчет энергетических реакторов, охлаждаемых однофазным теплоносителем. Формирование расчетной ячейки. Распределение температуры по высоте ТВЭЛа и по сечению расчетной ячейки. Расчет температуры замедлителя в графитовых реакторах. Теплогидравлический расчет кипящих реакторов. Расчет водо-водяного кипящего реактора. Теплогидравлический расчет высокотемпературных газовых реакторов. Схемы движения шаровых ТВЭЛов в активной зоне. Распределение температуры в шаровом ТВЭЛе. Расчет температурного режима теплоносителя в активной зоне.

7	.Кинетика и динамика реактора. Выгорание топлива.	Программы расчета реакторов. Физические модели и методы расчета реакторов. Режимы работы программ. Расчеты состояний, эффективности СУЗ, эффектов и коэффициентов реактивности, выгорания топлива. Структура и этапы нейтронно-физического проектирования энергетического реактора. Классификация экспериментов. Зависимость особенностей эксперимента от способа использования получаемой информации. Взаимосвязь расчетных и экспериментальных исследований. Нейтронно-физические характеристики, определяемые в экспериментах на сборках и реакторах. Сравнение экспериментов на реакторах, подкритических и критических стендах. Энерговыделение в реакторе. Организация теплоотвода. Энерговыделение в активной зоне реактора, в корпусе, в конструкционных материалах, в элементах биологической защиты. Распределение энерговыделения. Локальные и технические коэффициенты неравномерности. Эффекты реактивности. Остаточное тепловыделение.
8	Управление реактором. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность	Режимы работы энергетического ядерного реактора. Контроль работы реактора. Принципиальная схема управления ядерным реактором. Штатные и аварийные режимы работы реактора. Понятие о нестационарных процессах в реакторе. Переходные режимы. Отравление. Шлакование. Вопросы безопасности ядерных реакторов. Анализ аварийных ситуаций и аварий. Средства предупреждения и предотвращения аварий. Средства локализации аварий.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практическое	Контроль	Самостоятельная работа	
1	Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора.	2		4	4	
2	Расчёт нейтронно-физических констант. Гомогенизация элементов конструкций. Расчёт критической массы однородного реактора.	4		6	6	
3	Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы.	4		6	6	
4	Расчёт	4		4	6	

	коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"					
5	Расчёт многозонной ячейки реактора по программе UNK			4	4	
6	Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора.	4		4	6	
7	.Кинетика и динамика реактора. Выгорание топлива.	4		4	4	
8	Управление реактором. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность	4		4	4	
	Итого:	30		36	40	

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. работа с конспектами лекций,
2. выполнение практических заданий, тестов
3. выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины <https://edu.vsu.ru>

а) основная литература:

1	*n/n	Источник
1		Алексеев С. 8. ТРИИ е ядеоной энергетике / СВ. Алексеев. В.А. Зайиев .— Москва : Техносфера, 2014 .— 284 с. (3 экз)
2		Лебедев В.А. Ядерные энергетические установки : учебное пособие / в.А. Лебедев . — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2015 .— 189 с. (3 экз)
3		АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрушечко [и др.].— М.: Логос. 2010 .— 603 с. (1 экз)
4		Широков С. В. Физика ядерных реакторов: учебное пособие/С. В. Широков. Минск: Вышэйшая школа. 2011.- 351 с. /// «Университетская библиотека online: электронно-библиотечная система.- URL: hllp: ft biblioclub.ru»

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Чекмарев А. М. Химия, ядерная энергетика, устойчивое развитие / А.М. Чекмарев. Н.П. Тарасова. Ю.В. Сметанников . — М. : Академкнига. 2006 . - 286 с.
6	Изотопы: свойства, получение, <b>применение: в 2 Т.</b> / <b>Б.М.</b> Андреев и др. Под ред. В.Ю. Баранова. - М: ФИЗМАТПИТ. 2005.
7	Федоренко Б.С. Радиобиологические эффекты корпускулярных излучений. Радиационная безопасность космических полетов / Б.С. Федоренко : Рос. акад. наук. Ин-т мед.-биол. проблем: под ред. В.В Шиходырова .— М.: Наука. 2006 .— 188 с.
8	Климов А. Н. Ядерная физика и ядерные реакторы : учеб. для студентов инж.- физ. спец. вузов / А. Н. Климов .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат. 1985 .
9	Бать Г. А. Исследовательские ядерные реакторы : учеб. пособив для инженерно-физических специальностей вузов) / Г. А. Бать. А. С. Коченов. П. П. Кабанов .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Энергоатомиздат. 1985.
10	Манохин В.Н. Физико-технические основы ядерной энергетике : учеб. пособ. по курсу "Ядерные энергетические установки" / В.Н. Манохин — Обнинск : Б.и.. 1993 .
11	Белл Д. Основы теории ядерных реакторов/ Д.Белл. С.Глесстон.- М.: Атомиздат. 1987.-458. ядерных реакторов / Б. А. Дементьев- М. Энергоатомиздат. 1967г. - 279с
12	Саркисов А.А. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводительных установок/ А.А. Саркисов. В.Н. Пучков - М.: Энергоатомиздат, 1989.- 503 с.
13	Владимиров В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов/ В.И.Владимиров.-М.. Энергоатомиздат. 1986,- 333 с.
14	Саркисов А.А. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводящих установок/ Саркисов А.А.. В.Н. Пучков - М. : Энергоатомиздат. 1982.
15	Владимиров В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов / В.И. Владимиров. - М. : Энергоатомиздат. 1986 г.
16	Белл Д. Основы теории ядерных реакторов' Д.Белл. С.Глесстон.— М.: Атомиздат. 1987.- 458.

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

N n/n	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> - ЗНБ ВГУ Источник
17	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> - ЗНБ ВГУ
18	<i>Физические основы использования ядерной энергетике</i> <a href="http://molphys.ustu.ru/Study/Atom/cep1.ntml">http://molphys.ustu.ru/Study/Atom/cep1.ntml</a>
19	Михалевич А.А. Атомная энергетика. Состояние, проблемы, перспективы (Электронный ресурс): монография / А.А. Михалевич, М.В. Мясникович. — Электрон, текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2011. — 264 с — 978-985-08-1325-1. — Режим доступа: <a href="http://www.iDrbookshoD.ru/12293.htm">http://www.iDrbookshoD.ru/12293.htm</a>



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

№ п/п	Источник
21	Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты : [учебное пособие] / В.А. Апсэ [и др.] .— Долгопрудный : Издательский Дом Интеллект, 2014 .— 295 с. (14 экз)
22	Красников П.В. Расчеты физических характеристик ядерных реакторов [Электронный ресурс] : учебное пособие по курсам «Физика ядерных реакторов», «Конструирование установок ядерного топливного цикла», «Перспективы развития установок ядерного топливного цикла» / П.В. Красников, С.В. Столотнюк, Я.Д. Столотнюк. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014. — 100 с. — 978-5-7038-3852-5. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/31629.html">http://www.iprbookshop.ru/31629.html</a>
23	Асмолов В. Г. Основы обеспечения безопасности АЭС : учебное пособие для студентов вузов, [обучающихся по направлению подготовки "Ядерная энергетика и теплофизика"] / В.Г. Асмолов, В.Н. Блинков, О.Г. Черников ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . — Москва : Издательство МЭИ, 2014 .— 151 с. (3 экз)
24	Ядерная энергетика : учебн. пособие для студентов старших курсов, аспирантов и научных работников / [Н.А. Азаренков и др.] ; Харьковский нац. ун-т им. В. Н. Каразина .— Харьков : Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, 2012 .— 479с. (1 экз)

**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 лабораторных занятиях;
- специализированное программное обеспечение 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](http://www.lib.vsu.ru) - ЗНБ ВГУ.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 30 Лаборатория (для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации) Специализированная мебель, ноутбук ASUS VIVOBOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран 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: <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a> ) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses</a> )
г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 30 Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Ноутбук ASUS VIVOBOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран 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: <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a> ) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses</a> )

г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, 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	Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора.	ПК-5	ПК-5.1;	<i>Устный опрос</i>
2	Расчёт нейтронно-физических констант. Гомогенизация элементов конструкций. Расчёт критической массы однородного реактора.	ПК-5	ПК-5.3;	<i>Устный опрос</i>
3	Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы.	ПК-5	ПК-5.1;	<i>Устный опрос</i>
4	Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"	ПК-5	ПК-5.4;	<i>Устный опрос</i>
5	Расчёт многозонной ячейки реактора по программе UNK	ПК-5	ПК-5.3;	<i>Устный опрос</i>
6	Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора.	ПК-5	ПК-5.4;	<i>Устный опрос</i>
7	.Кинетика и динамика реактора. Выгорание топлива.	ПК-5	ПК-5.4;	<i>Устный опрос</i>
8	Управление реактором. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность	ПК-5	ПК-5.1; ПК-5.3; ПК-5.4	<i>Устный опрос</i>
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				<i>Перечень вопросов К экзамену</i>

### **Перечень вопросов для устного опроса:**

1. Общие принципы работы реактора
2. Остаточное энерговыделение
3. Состав и компоновка ядерного реактора.
4. Распределение температуры в твэле
5. Материалы ядерного реактора и требования к ним
6. Баланс нейтронов в АЗ реактора
7. Классификация ядерных реакторов
8. Измерение плотности нейтронов
9. Основные типы ядерных реакторов
10. Контроль работы реактора
11. Водно-водяные реакторы с водой под давлением
12. Режимы работы ядерного реактора
13. Реактивность. Запас реактивности. Его компенсация.
14. Нестационарные процессы в реакторе
15. ПЭЛ, СВП, твэг. Тенденции развития.
16. Эффекты, влияющие на реактивность
17. Водно-водяные кипящие реакторы
18. Процессы, происходящие при увеличении мощности реактора
19. Сепарационные устройства кипящих реакторов
20. Процессы, происходящие при уменьшении мощности реактора
21. Водографитовые реакторы
22. Нестационарные процессы: отравление топлива
23. Газграфитовые реакторы
24. Нестационарные процессы: шлакование топлива
25. Тяжеловодные реакторы
26. Анализ возможных аварийных ситуаций
27. Реакторы на быстрых нейтронах с металлическим теплоносителем
28. Средства предупреждения и предотвращения аварий
29. Газоохлаждаемые реакторы на быстрых нейтронах
30. Средства локализации и предотвращения последствий аварий
31. Бридеры. Коэффициент воспроизводства.
32. Некоторые уроки, вытекающие из анализа имевших место аварий
33. Гомогенные реакторы на расплавленных солях
34. Общие принципы обеспечения безопасности АЭС
35. Энерговыделение в АЗ реактора и конструкционных материалах
36. Принцип глубоко эшелонированной защиты
37. Распределение энерговыделения в АЗ реактора
38. Мажоритарный принцип
39. Коэффициенты неравномерности энерговыделения
40. Консервативный подход к расчету реакторной установки

## **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:

Вопросы к экзамену:

1. Определение энергетического ядерного реактора.
2. ВВЭР 1000. Схема циркуляции теплоносителя 1 контура в корпусе реактора.
3. Критическое, надкритическое, подкритическое состояния реактора. Критическая масса.
4. ВВЭР 1000. Конструкция и назначение корпуса реактора.
5. Уравнение баланса тепловых нейтронов.
6. ВВЭР 1000. Конструкция и назначение шахты реактора.
7. Эффективный коэффициент размножения нейтронов.
8. ВВЭР 1000. Конструкция и назначение шахты реактора. Назначение опорных стоек.
9. Виды ядерных взаимодействий. Сечения реакций. Микроскопические и

- макроскопические сечения. Физический смысл. Зависимость сечений от энергии.
10. ВВЭР 1000. Граненый пояс и выгородка. Назначение.
  11. Разделение нейтронов по энергиям. Понятие об энергетическом спектре нейтронов в реакторе.
  12. ВВЭР 1000. Характеристики активной зоны. Картограмма. Перегрузка топлива. Остаточное энерговыделение.
  13. Замедлители. Требования, предъявляемые к замедлителю.
  14. ВВЭР 1000. Конструкция и характеристики тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ).
  15. Замедляющая способность. Коэффициент замедления. Характеристики замедлителей.
  16. ВВЭР 1000. Конструкция и характеристики тепловыделяющей сборки (ТВС).
  17. Управление ядерным реактором. Понятие о реактивности.
  18. ВВЭР 1000. Поглотители, используемые в ВВЭР 1000. Конструкция кластера СУЗ и стержней выгорающего поглотителя.
  19. Период реактора. Зависимость периода реактора от времени жизни поколения нейтронов.
  20. ВВЭР 1000. Характеристики комплекса кассет в ядерном реакторе.
  21. Запаздывающие нейтроны. Конструкция и назначение блока защитных труб (БЗТ).
  22. ВВЭР 1000. Конструкция и назначение блока защитных труб (БЗТ).
  23. Доля запаздывающих нейтронов. Среднее время жизни запаздывающих нейтронов. Понятие о мгновенной критичности реактора.
  24. ВВЭР 1000. Назначение верхнего блока реактора.
  25. Требования к материалам, используемым в органах управления и защиты реактора.
  26. ВВЭР 1000. Крышка реактора, конструкция и назначение.
  27. Бор и его характеристики как поглотителя в сравнении с другими материалами.
  28. ВВЭР 1000. Назначение бетонной шахты реактора.
  29. Выгорание топлива. Запас реактивности на выгорание топлива. Глубина выгорания ядерного топлива.
  30. Реактор РБМК 1000. Основные технические характеристики.
  31. Кампания реактора. Шлакование и отравление реактора.
  32. Реактор РБМК 1000. Общий вид реактора. Основное оборудование.
  33. Воспроизводство ядерного топлива. Понятие о коэффициенте воспроизводства и времени удвоения.
  34. Реактор РБМК 1000. Конструкция тепловыделяющего элемента реактора.
  35. Требования к конструкции активной зоны и ее характеристики.
  36. Реактор РБМК 1000. Конструкция тепловыделяющей части технологического канала (ТК).
  37. Теплоносители. Требования, предъявляемые к теплоносителям ядерного реактора.
  38. Реактор РБМК 1000. Схема движения теплоносителя через реактор.
  39. Вода как теплоноситель. Свойства воды.
  40. Реактор РБМК 1000. Конструкция технологического канала (ТК).
  41. Жидкометаллические теплоносители. Свойства жидкометаллических теплоносителей.
  42. Реактор РБМК 1000. Установка технологического канала в графитовой кладке.
  43. Топливные материалы. Требования, предъявляемые к топливным материалам.
  44. Реактор РБМК 1000. Конструкция графитовой кладки.
  45. Металлическое топливо и его характеристики.
  46. Реактор РБМК 1000. Назначение и конструкция схемы «С».
  47. Окисное топливо и его характеристики.
  48. Реактор РБМК 1000. Назначение и конструкция схемы «ОР».
  49. Карбидное топливо и его характеристики.
  50. Реактор РБМК 1000. Назначение и конструкция схемы «Л».
  51. Конструкционные материалы ядерного реактора. Основные требования, предъявляемые к конструкционным материалам.

52. Серийный ядерный реактор ВВЭР 1000 (РУВ-320). Основные технические данные реактора.
53. Цирконий. Характеристики, достоинства и недостатки его использования в активных зонах реакторов.
54. Реактор РБМК 1000. Назначение и конструкция схемы «Д».
55. Аустенитные нержавеющие стали. Характеристики, достоинства и недостатки использования в активных зонах реакторов.
56. Реактор РБМК 1000. Назначение и конструкция схемы «Е».
57. Графит и его использование в ядерных реакторах.
58. Реактор РБМК 1000. Назначение и конструкция схемы «Э».
59. Классификация ядерных реакторов. Реактор на тепловых нейтронах. Признаки, характеризующие реактор.
60. Реактор РБМК 1000. Назначение и конструкция схемы «КЖ».

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: *Собеседование по экзаменационным билетам к экзамену, экзамен по дисциплине*

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

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

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже:.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

## 20.3 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом дисциплины, Допускает незначительные ошибки в ответе.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом дисциплины, Допускает значительные ошибки в ответе.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в ответе.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_