


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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
ядерной физики

 / Кадменский С. Г./  
30.06.2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.ДВ.07.02 Атомные электростанции**

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

14.03.02 Ядерные физика и технологии

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Физика атомного ядра и частиц

**3. Квалификация выпускника: бакалавр**

**4. Форма обучения: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

кафедра ядерной физики

**6. Составители программы:**

к.ф.м.н., доцент Алейников Алексей Николаевич

**7. Рекомендована:**

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №6 от 24.06.2021,  
РП продлена на 2022-2023 учебный год, НМС физического факультета от 14.06.2022,  
протокол №6.

**8. Учебный год: 2024/2025**

**Семестр(ы): 8**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- изучение основ эксплуатации АЭС, ее структурных компонентов, принципы безопасности и надежности эксплуатации АЭС, проблем хранения радиоактивных отходов.

*Задачи учебной дисциплины:*

- изучение состояния и развития атомной энергетики; типов АЭС и их основного оборудования; вопросов надежности и безопасности АЭС; генерального плана и компоновки АЭС; организации эксплуатации и ремонта.

- формирование умений использовать теоретические знания, применять практические навыки работы на АЭС;

- овладение основами теории ядерных энергетических установок и турбогенераторов.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной части цикла Б1.В.ДВ. (Дисциплины по выбору).

## 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-6	Способен к монтажу, наладке, настройке, регулировке, испытанию и сдаче в эксплуатацию оборудования и программных средств.	ПК-6.3	Знает типовые технологические процессы и оборудование по профилю специальной подготовки.	Знать: состояния и развития атомной энергетики; типов АЭС и их основного оборудования; вопросов надежности и безопасности АЭС; генерального плана и компоновки АЭС; организации эксплуатации и ремонта.  Уметь: использовать теоретические знания, применять практические навыки работы на АЭС;  Владеть: основами теории ядерных энергетических установок и турбогенераторов

## 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
		8 семестр
Аудиторные занятия	38	38
в том числе:	лекции	12
	практические	26

	лабораторные		
Самостоятельная работа		70	70
в том числе: курсовая работа (проект)			
Контроль		36	36
Форма промежуточной аттестации		Экзамен	Экзамен
Итого:		144	144

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
11	Основы эксплуатации АЭС.	Классификация АЭС. Характеристика основного оборудования и физико-химические процессы, протекающие в нем. Энергетические системы, КИУМ и число часов использования мощности. Выбор параметров, общая и тепловая экономичность, регенерация на АЭС. Выбор начальных и конечных параметров для АЭС разных типов. Показатели общей и тепловой экономичности. Основы регенеративного подогрева воды на АЭС. Оптимизация параметров регенерации. Деаэрационные, питательные, конденсационные, парогенераторные, турбинные установки, техническое водоснабжение.	-
1.2	Второй контур	Типы и выбор параметров деаэрации. Выбор типа питательных насосов и его приводов. Типы конденсаторов и процессы, протекающие в них. Конденсатные насосы. Место парогенератора в схеме АЭС и их теплотехнические схемы. Турбины насыщенного и перегретого пара. Оптимизация промежуточной сепарации и промперегрева. Схемы технического водоснабжения. Потребители технической воды. Работа охладительных устройств. «Сухие» градирни.	-
1.3	Надежность и безопасность АЭС. Реакторы ВВЭР	Основные направления развития реакторных установок с водным теплоносителем. Главный циркуляционный контур. ГЦН и их типы. Вспомогательные реакторные системы. Надежность и безопасность АЭС. МПА и системы охлаждения активной зоны (САОЗ и САОР). Водно-химические режимы, активация и дезактивация	-
1.4	ВХР, дезактивация оборудования, проблемы хранения РАО.	Нормирование ВХР первых и вторых контуров и кипящих реакторов. Активация и дезактивация оборудования АЭС. Переработка и захоронение радиоактивных отходов. АЭС с газовым, жидкометаллическим носителем. Генплан и компоновки. Расчет тепловых схем. АЭС с низкотемпературным и высокотемпературным газовым теплоносителем. АЭС с жидкометаллическим теплоносителем, их преимущества и недостатки. Перспективы использования свинцового теплоносителя	-
1.5	Компоновка АЭС.	Генеральный план и компоновки АЭС. Инженерные изыскания промплощадки АЭС. Арматура и трубопроводы. Безопасность АЭС.	-

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Основы эксплуатации АЭС.	2	4		14	6	26
2	Второй контур	2	4		14	6	26
3	Надежность и безопасность АЭС. Реакторы ВВЭР	4	6		14	8	32
4	ВХР, дезактивация оборудования, проблемы хранения РАО.	2	6		14	8	30
5	Компоновка АЭС.	2	6		14	8	30
	Итого:	12	26		70	36	144

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

Изложение материала преподавателем необходимо вести в форме, доступной для понимания. Для улучшения усвоения учебного материала необходимо применять традиционные и современные технические средства обучения. Для самостоятельного изучения отведено время на все разделы курса.

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса, не стесняться задавать преподавателю вопросы для углубленного понимания конкретных проблем курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

#### 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	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.
2	АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрущечко [и др.] .— М. : Логос, 2010 .— 603 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Поглощающие материалы для атомных реакторов : учебно- методический комплекс / В.Д. Рисованный [и др.] ; Ульян. гос. ун-т .— Ульяновск : УлГУ, 2006 .— 113 с.
4	Аминов Р. З. Комбинирование АЭС с многофункциональными энергетическими установками / Р.З. Аминов , В.Е. Юрин, А.Н. Егоров ; Рос. акад. наук, Саратов. науч. центр .— Москва : Наука, 2018 .— 237, [1] с.
5	Воронин Л. М. Особенности эксплуатации и ремонта АЭС / Л. М. Воронин .— М. : Энергоиздат, 1981 .— 168 с.

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

№ п/п	Ресурс
	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – 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	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.
2	Егоров Ю. А. Основы радиационной безопасности атомных электростанций : [учебное пособие для энергомашиностроительных специальностей вузов] / Ю. А. Егоров ; Под общ. ред. Н. А. Доллежалы .— М. : Энергоиздат, 1982 .— 271 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](http://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 типа, текущего контроля и промежуточной аттестации Специализированная мебель, ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Apllo-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. 329
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Ноутбук ASUS VIVOBOOK X507-EJ057, проектор BenQ MP515 ST, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Apllo-T	г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 31
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	г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 40/5

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> )	
--	--

## 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.	Основы эксплуатации АЭС.	ПК-6	ПК-6.3	Устный опрос, собеседование по билетам к экзамену
2.	Второй контур			
3.	Надежность и безопасность АЭС. Реакторы ВВЭР			
4.	ВХР, дезактивация оборудования, проблемы хранения РАО.			
5.	Компоновка АЭС.			
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:

Устный опрос

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

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Повышенный уровень</i>	Отлично
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Базовый уровень</i>	Хорошо
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	<i>Пороговый уровень</i>	Удовлетворительно
Не знание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	Неудовлетворительно

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по билетам к экзамену

---

### 20.2.1. Перечень вопросов к экзамену:

1. Энергетические реакторы. Тесные и разреженные решетки.
2. Потери напора в гидравлическом контуре. Местные потери и потери по длине.
3. Формула четырех сомножителей.
4. Гидравлическая характеристика контура. Условия естественной циркуляции в первом контуре АЭС.
5. Стационарные процессы в ядерном реакторе.
6. Основные гидравлические характеристики первого контура 5-го блока НВ АЭС.
7. Нестационарные процессы в ядерном реакторе.
8. Основные гидравлические характеристики второго контура 5-го блока НВ АЭС.
9. Кинетика реактора на мгновенных нейтронах.
10. Термодинамические процессы в первом и втором контурах ЯЭУ.
11. Кинетика реактора на запаздывающих нейтронах.
12. Водяной пар, основные понятия и определения.
13. Реактивность.
14. Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина. Циклы с перегревом пара.
15. Источники нейтронов в реакторе
16. Процессы течения. Преобразование энергии в турбине.
17. Запаздывающие нейтроны.
18. Виды теплообмена. Основные законы переноса теплоты.
19. Подкритическое и критическое состояние реактора
20. Теплопроводность
21. Пассивная и активная системы обеспечения безопасности.
22. Конвективный теплообмен
23. Эффекты саморегулирования
24. Тепловое излучение.
25. Температурный коэффициент реактивности.
26. Теплообмен при внутреннем течении в трубах и каналах.
27. Шлакование ядерного топлива.
28. Теплообмен при кипении

- 29. Отравление ядерного топлива
- 30. Теплообменные аппараты.
- 31. Йодная яма и ксеноновый выбег.
- 32. Теплообмен в первом контуре РУ ВВЭР В-320.
- 33. Ксеноновые колебания в реакторах
- 34. Теплообмен во втором контуре РУ ВВЭР В-320.

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

Критерии оценивания компетенций	<i>Уровень сформированности компетенций</i>	Шкала оценок
Полное знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Повышенный уровень</i>	Отлично
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	<i>Базовый уровень</i>	Хорошо
Знание основного программного материала на основе качественной характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	<i>Пороговый уровень</i>	Удовлетворительно
Не знание основного программного материала. Неспособность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	Неудовлетворительно