


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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
ядерной физики

 Титова Л. В.  
22.04.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.11 Атомные электростанции**

**1. Код и наименование специальности:**

14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

**2. Специализация:**

Проектирование и эксплуатация атомных станций

**3. Квалификация выпускника:** инженер – физик

**4. Форма обучения:** очная

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

кафедра ядерной физики

**6. Составители программы:**

к.ф.-м.н., доцент Алейников Алексей Николаевич, к.ф.-м.н., доцент Вахтель Виктор  
Матвеевич

**7. Рекомендована:**

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №4 от 18.04.2024 г.

**8. Учебный год:** 2028/2029

**Семестр(ы):** 9, А

## 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:

Учебная дисциплина Атомные электростанции 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:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен выбирать, создавать и использовать оборудование атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, средства измерения теплофизических параметров и автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов	ПК-3.1	Имеет представление о критериях выбора и создания оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, средств автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов	Знать: основные направления развития тепловой и атомной энергетики мира и России; особенности производства энергии на АЭС; основные типы АЭС; основные принципы работы оборудования и систем АЭС; особенности жизненного цикла АЭС, вопросы снятия с эксплуатации; современные проблемы атомной энергетики и пути их решения.  Уметь: осуществлять выбор типа и мощности АЭС; определять оптимальные термодинамические, физические и теплофизические параметры; производить выбор основного и вспомогательного оборудования для АЭС разных типов; производить расчеты характеристик тепловых схем и отдельных систем АЭС; производить выбор технологий дезактивации, переработки и хранения РАО  Владеть: методикой поиска информации в специальной литературе и сети Интернет; сведениями об основном и вспомогательном оборудовании атомных электростанций; методами тепловых и теплофизических расчетов; методами оценки эффективности и обоснования безопасности АЭС; технологиями монтажа и демонтажа оборудования АЭС
		ПК-3.2	Обладает знаниями об эксплуатационных характеристиках оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок	
		ПК-3.3	Владеет выбором оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок с использованием справочной литературы	

ПК-7	Способен делать оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и другими отходами	ПК-7.1	Знает принципы и нормы обеспечения ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ядерных энергетических установок
		ПК-7.2	Знает концепции и технологии обращения с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами
ПК-8	Способен выполнять индивидуальный дозиметрический контроль облучения персонала организации атомной отрасли, обрабатывать результаты радиационного контроля организации атомной отрасли	ПК-8.4	Применяет методики измерения параметров ионизирующего излучения, проводит статистическую обработку полученных результатов
ПК-11	Способен применять на практике принципы организации эксплуатации современного оборудования и приборов АС, понимать принципиальные особенности стационарных и переходных режимов реакторных установок и энергоблоков и причины накладываемых ограничений при нормальной эксплуатации, при её нарушениях, при ремонте и перегрузках	ПК-11.1	Знает основы эксплуатации современного оборудования и приборов АС при нормальной эксплуатации, при её нарушениях, при ремонте и перегрузках
		ПК-11.3	Применяет на практике принципы организации эксплуатации АС

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 9/324.**

**Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой (9 семестр), экзамен (А семестр)**

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			9 семестр	А семестр
Аудиторные занятия		132	84	48
в том числе:	лекции	66	34	32
	практические	50	34	16
	лабораторные	16	16	
Самостоятельная работа		156	96	60
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации		36	Зачет с оценкой	Экзамен (36 ч)
Итого:		324	180	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>			
1.1	Этапы развития энергетики	Значение энергетики, электрификации и теплофикации для народного хозяйства. Этапы развития энергетики в СССР и современной России. Современное состояние и задачи перспективного развития энергетики мира, стран СНГ, России, Урала, Свердловской области. Состояние и тенденции развития атомной энергетики в России и за рубежом. Перспективы развития атомной энергетики.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
1.2	Типы и схемы АЭС	Классификация АЭС. Принципиальные технологические схемы. Изображение циклов в тепловых диаграммах. Одноконтурные АЭС с реактором кипящего типа. Схемы, термодинамические особенности. Одноконтурные АЭС с перегревом пара. АЭС с реактором кипящего типа. Двухконтурные АЭС с водным теплоносителем. Схемы, термодинамические особенности двухконтурных АЭС. Параметры двухконтурных АЭС. Одноконтурные АЭС с газовым теплоносителем (газотурбинного цикла). Влияние параметров схемы на КПД АЭС. Параметры АГТК. Двухконтурные АЭС с газовым теплоносителем (паротурбинные), их классификация, схемы и термодинамические особенности. Трехконтурные АЭС с жидкометаллическим теплоносителем. Схемы АЭС с баковым и петлевым исполнением. Параметры АЭС с жидкометаллическим теплоносителем. Комбинированные АЭС: бинарные (парогазовые), их схемы и параметры. АЭС с МГД-генератором. Схемы многоцелевых АЭС (для опреснения вод, для обеспечения теплом металлургических и химических заводов и пр.) Схемы малогабаритных, транспортабельных, передвижных и перевозочных АЭС.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
1.3	Производство и потребление энергии	Потребители тепловой и электрической энергии. Показатели тепловой и общей эффективности АЭС и АТЭЦ	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
1.4	Основы технологий атомной энергетики	Реактор, как источник теплоты на АЭС. Термодинамические циклы АЭС. Тепловые схемы АЭС. Влияние начальных и конечных параметров	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>

		пара на показатели тепловой и общей эффективности АЭС и АТЭЦ. Водно-химические режимы АЭС. Главный реакторный контур и его вспомогательные системы. Реакторные и парогенераторные установки. Системы обеспечения безопасности АЭС	
1.5	Системы и оборудование турбинного отделения	Регенеративный подогрев питательной воды. Деаэрационно-питательные установки. Испарительные и теплофикационные установки. Редукционные установки, трубопроводы и Арматура. Сепарация пара на АЭС	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
1.6	Общестанционные системы и оборудование	Установки технического водоснабжения Вентиляционные установки Деактивационные установки Установки переработки и захоронения радиоактивных отходов АЭС	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
1.7	Современные проблемы атомной энергетики и пути их решения.	Проблемы ресурсов ядерного топлива в России и в мире. АЭС нового поколения повышенного уровня безопасности	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Типы и схемы АЭС	Методика расчета параметров и технико-экономических показателей АЭС. Показатели тепловой и общей экономичности АЭС АТЭЦ. Расчет КПД АЭС. Расчет КПД АТЭЦ, Расчет расхода тепла, расчет расхода пара. Расчет расхода ядерного топлива Регенеративный подогрев питательной воды. Схемы регенеративных установок отечественных паровых турбин. Регенеративные подогрев	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
2.2	Производство и потребление энергии	Расчет циклов Ренкина для АЭС Расчет циклов Брайтона для газотурбинных АЭС. Расчет комбинированных термодинамических циклов. Парогенераторные установки. Турбинные установки насыщенного и перегретого пара. Регенеративный подогрев питательной воды. Схемы регенеративных установок отечественных паровых турбин. Регенеративные подогреватели. Расчет регенеративных подогревателей Расчет тепловой схемы.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
2.3	Основы технологий атомной энергетики	Изучение системы продувки главного реакторного контура. Изучение системы организованных протечек главного реакторного контура. Изучение системы подпитки главного реакторного контура, Изучение системы борного регулирования главного реакторного контура	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
2.4	Системы и оборудование турбинного отделения	Изучение схем турбинных установок насыщенного и перегретого пара. Изучение режимов работы ПТУ АЭС. Пусковые режимы АЭС с ВВЭР и РБМК. Эксплуатационные режимы. Аварийные режимы.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
2.5	Общестанционные системы и оборудование	Изучение схем технического водоснабжения АЭС. Расчет количества охлаждающей воды. Расчет поверхностей охладителей. Изучение схем вентиляционных установок. Расчет производительности систем спецвентиляции	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Типы и схемы АЭС	Методика расчета параметров и технико-экономических показателей АЭС. Показатели тепловой и общей экономичности АЭС АТЭЦ. Расчет КПД АЭС. Расчет КПД АТЭЦ, Расчет расхода тепла, расчет расхода пара. Расчет расхода ядерного топлива Регенеративный подогрев питательной воды. Схемы	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>

		регенеративных установок отечественных паровых турбин. Регенеративные подогрев	
3.2	Производство и потребление энергии	Расчет циклов Ренкина для АЭС Расчет циклов Брайтона для газотурбинных АЭС. Расчет комбинированных термодинамических циклов. Парогенераторные установки. Турбинные установки насыщенного и перегретого пара. Регенеративный подогрев питательной воды. Схемы регенеративных установок отечественных паровых турбин. Регенеративные подогреватели. Расчет регенеративных подогревателей Расчет тепловой схемы.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
3.3	Основы технологий атомной энергетики	Изучение системы продувки главного реакторного контура. Изучение системы организованных протечек главного реакторного контура. Изучение системы подпитки главного реакторного контура, Изучение системы борного регулирования главного реакторного контура	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
3.4	Системы и оборудование турбинного отделения	Изучение схем турбинных установок насыщенного и перегретого пара. Изучение режимов работы ПТУ АЭС. Пусковые режимы АЭС с ВВЭР и РБМК. Эксплуатационные режимы. Аварийные режимы.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>
3.5	Общестанционные системы и оборудование	Изучение схем технического водоснабжения АЭС. Расчет количеств охлаждающей воды. Расчет поверхностей охладителей. Изучение схем вентиляционных установок. Расчет производительности систем спецвентиляции	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29252</a>

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Этапы развития энергетики	6	6		20	32
2.	Типы и схемы АЭС	12	10		24	46
3.	Производство и потребление энергии	10	8		24	42
4.	Основы технологий атомной энергетики	10	8		24	42
5.	Системы и оборудование турбинного отделения	10	6	8	24	48
6.	Общестанционные системы и оборудование	10	6	8	20	44
7.	Современные проблемы атомной энергетики и пути их решения.	8	6		20	34
	Контроль:					36
	Итого:	66	50	16	156	324

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

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

На практических занятиях необходимо уметь решать задачи и анализировать решение, на устных опросах обучаемый должен уметь продемонстрировать полученные на лекциях и практических занятиях знания, умения и навыки, отвечать на поставленные вопросы, поддерживать дискуссию по существу вопроса.

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 и тесты в бумажном и электронном вариантах, тестирующие системы, дистанционные формы общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Стерман Л.С., Тевлин С.А., Шарков А.Т. Тепловые и атомные электростанции М., Энергоиздат, 1982, 456 с.
2.	Атомная энергетика сегодня и завтра / [Т. Х. Маргулова, Л. П. Кабанов, В. И. Плютинский, В. Д. Байбаков] ; Под ред. Т. Х. Маргуловой .— М. : Высш. шк., 1989 .— 167,[1] с. : ил.
3.	Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2/А.И. Бельтюков, А.И. Карпенко, С.А. Полуяков, О.Л. Ташлыков, Г.П. Титов, А.М. Тучков, С.Е. Щеклеин; под общ. ред. С.Е.Щеклеина, О.Л. Ташлыкова. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 420 с. (инв. №: 23684).
4.	Острейковский В.А. Эксплуатация атомных станций М., Энергоатомиздат, 1999, 928 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5.	Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПН АЭ Г-7-002-86. М.: Энергоатомиздат, 1989.
6.	Ривкин С. Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара / С.Л.Ривкин, А.А.Александров – М.: Энергия, 1980.
7.	Зорин В.М. Атомные электростанции:Изд.дом МЭИ, М, 2012. -669 с.
8.	Кирилов П. Л., Юрьев Ю. С., Бобков В. П. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы) / Под общ. ред. П. Л. Кириллова. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
9.	Шмелев В.Д., Драгунов Ю.Г., Денисов В.П., Васильченко И.Н. Активные зоны ВВЭР для атомных электростанций М., ИКЦ «Академкнига», 2004, 220 с.

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

№ п/п	Ресурс
10.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ.
11.	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Электронный университет ВГУ
12.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»
13.	<a href="https://www.studentlibrary.ru">https://www.studentlibrary.ru</a> – ЭБС «Консультант студента»
14.	<a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a> – Образовательная платформа «ЮРАЙТ»
15.	<a href="https://rucont.ru">https://rucont.ru</a> - Информационно-телекоммуникационная система «Контекстум»

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Владимиров В.И. Практические задачи по эксплуатации ядерных реакторов М., Энергоатомиздат, 1986, 304 с.
2.	Резепов В.К., Денисов В.П., Кирилук Н.А., Драгунов Ю.Г., Рыжов Ю.Б. Реакторы ВВЭР-1000 для атомных электростанций. ОКБ «Гидропресс», 2004, 333 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, проектор, экран

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Ноутбук, проектор, переносной экран для проектора на штативе

Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы

Специализированная мебель, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета

Microsoft Windows 10, LibreOffice, Adobe Reader

### **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.	Этапы развития энергетики	ПК-3 ПК-7 ПК-8 ПК-11	ПК-3.1 ПК-3.2 ПК-3.3 ПК-7.1 ПК-7.2 ПК-8.4 ПК-11.1 ПК-11.3	Практические задания, собеседование по вопросам к экзамену и зачету
2.	Типы и схемы АЭС			
3.	Производство и потребление энергии			
4.	Основы технологий атомной энергетики			
5.	Системы и оборудование турбинного отделения			
6.	Общестанционные системы и оборудование			
7.	Современные проблемы атомной энергетики и пути их			



№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	решения.			
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Пункт 20.2 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:

#### Перечень практических заданий:

1. Сравнить расход пара, влажность на выходе цилиндров турбины и термический КПД для двух вариантов паротурбинных установок, работающих по: 1) теоретическому циклу Ренкина; 2) циклу с двухступенчатым перегревом пара при разделительных давлениях  $P_{разд}$  (греющий пар 1-ой ступени с давлением  $P_1$ ; греющий пар 2-ой ступени с давлением  $P_0$ ) и сбросом дренажей ПП1 и ПП2 в конденсатор. Для каждого варианта составить энергетический баланс.

*Указания:* Выбор разделительных давлений  $P_{разд}$  произвести по условиям одинаковой влажности на выходе ЦВД и ЦНД ( $x = 0,87$ ); давление греющего пара 1-ой ступени  $P_1$  выбрать по условиям равенства подогревов в ПП1 и ПП2; недогрев до насыщения в ПП1 и ПП2 принять равным  $15\text{ }^\circ\text{C}$ ; сжатие воды в питательном насосе не учитывать.

2. Выполнить расчет тепловой схемы паротурбинной установки, работающей по регенеративному циклу Ренкина. В схеме установки два подогревателя: верхний- поверхностный, нижний смешивающий; в верхнем подогревателе имеется охладитель дренажа. Определить общий расход пара  $D_0$  на турбину, удельный расход пара, удельный расход тепла  $q_{тy}$  на турбоустановку. Сравнить показатели с установкой, работающей по теоретическому циклу Ренкина.

3. Сравнить расход пара, влажность на выходе цилиндров турбины и термический КПД для двух вариантов паротурбинных установок, работающих по: 1) теоретическому циклу Ренкина; 2) для цикла с нерегулируемым отпуском теплоты  $Q_t$ , при неизменном расходе пара на турбину и теплофикационном отборе с давлением  $P_t$ ; 3) экономию теплоты при комбинированной выработке электроэнергии и теплоты по сравнению с отдельной выработкой.

*Указания:* В сравниваемых вариантах количество энергии принять равным. Выработку теплоты произвести на АСТ. Потери давления в элементах схемы не учитывать.

4. Построить в T-S и h-S паротурбинные циклы АЭС с заданными начальными, промежуточными и конечными параметрами пара. Определить значения энтальпий и энтропий в характерных точках.

*Указания:* Решение привести для теоретического цикла Ренкина.

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

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач	Отлично
Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач	Хорошо
Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач	Удовлетворительно

Обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям	Неудовлетворительно
---	---------------------

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Перечень вопросов к зачету:

1. Этапы развития электроэнергетики России.
2. Факторы, стимулирующие развитие атомной энергетики.
3. Общее состояние и перспективы развития атомной энергетики РФ.
4. Армянская АЭС - устройство, основные характеристики и особенности.
5. Балаковская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
6. Белоярская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
7. Билибинская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
8. Игналинская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
9. Запорожская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
10. Ленинградская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
11. Кольская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
12. Курская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
13. Смоленская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
14. Ровенская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
15. Ростовская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
16. Хмельницкая АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
17. Чернобыдская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
18. Шевченковская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
19. Сибирская АЭС- устройство, основные характеристики и особенности.
20. Атомная энергетика США- этапы развития, основные характеристики и национальные особенности.
21. Атомная энергетика ФРГ- этапы развития, основные характеристики и национальные особенности..
22. Атомная энергетика Японии - этапы развития, основные характеристики и национальные особенности.
23. Атомная энергетика Франции - этапы развития, основные характеристики и национальные особенности.
24. Атомная энергетика Великобритании - этапы развития, основные характеристики и национальные особенности.
25. Атомная энергетика США- этапы развития, основные характеристики и национальные особенности.
26. Экология атомной энергетики.
27. Суточный график электрических нагрузок. Основные составляющие.
28. График по продолжительности. Методика построения.
29. График тепловых нагрузок. Методы расчета тепловых нагрузок.
30. Типы и схемы АЭС с водным теплоносителем.
31. Типы и схемы АЭС с газовым теплоносителем.
32. Типы и схемы АЭС с ЖМТ.
33. Схема АЭС с реактором ВВЭР-1000.
34. Показатели надежности АЭС.
35. Коэффициенты полезного действия АЭС.
36. Удельные расходы пара, тепла и топлива.
37. Выбор и методика оптимизации начальных параметров пара.
38. Влияние влажности в конце процесса расширения на технико-экономические показатели АЭС.
39. Регенеративный подогрев питательной воды на АЭС.
40. 25
41. Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на одноконтурных АЭС с реактором кипящего типа.

50. Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на двухконтурных
51. АЭС с ПГ без экономайзера.
52. Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на двухконтурных
53. АЭС с ПГ с экономайзером.
54. Критерии выбора температуры питательной воды для разных типов АЭС.
55. Типы и схемы включения регенеративных установок.
56. Баланс рабочего тела на АЭС.
57. Порядок расчета тепловой схемы АЭС.
58. Влияние максимальной температуры покрытия ТВЭЛ на температуру подвода тепла в цикле.
59. Методы промежуточной сепарации и перегрева пара.
60. Основные типы и конструкции подогревателей низкого и высокого давления.
61. Общее состояние и перспективы развития атомной энергетики мира.
62. Методика расчета смешивающих подогревателей.
63. Методика расчета поверхностных подогревателей

### **Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Суточный график электрических нагрузок. Основные составляющие.
2. График по продолжительности. Методика построения.
3. График тепловых нагрузок. Методы расчета тепловых нагрузок.
4. Типы и схемы АЭС с водным теплоносителем.
5. Типы и схемы АЭС с газовым теплоносителем.
6. Типы и схемы АЭС с ЖМТ.
7. Схема АЭС с реактором ВВЭР-1000.
8. Показатели надежности АЭС.
9. Коэффициенты полезного действия АЭС.
10. Удельные расходы пара, тепла и топлива.
11. Выбор и методика оптимизации начальных параметров пара.
12. Влияние влажности в конце процесса расширения на технико-экономические показатели
13. АЭС.
14. Регенеративный подогрев питательной воды на АЭС.
15. Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на одноконтурных
16. АЭС с реактором кипящего типа.
17. Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на двухконтурных
18. АЭС с ПГ без экономайзера.
19. Оптимизация параметров регенеративного подогрева питательной воды на двухконтурных
20. АЭС с ПГ с экономайзером.
21. Критерии выбора температуры питательной воды для разных типов АЭС.
22. Типы и схемы включения регенеративных установок.
23. Баланс рабочего тела на АЭС.
24. Порядок расчета тепловой схемы АЭС.
25. Влияние максимальной температуры покрытия ТВЭЛ на температуру подвода тепла в цикле.
26. Методы промежуточной сепарации и перегрева пара.
27. Основные типы и конструкции подогревателей низкого и высокого давления.
28. Методика расчета смешивающих подогревателей.
29. Методика расчета поверхностных подогревателей.
30. Системы технического водоснабжения АЭС. Назначение. Типы.
31. Системы технического водоснабжения с прудом охладителем - характеристики, примеры
32. использования.
33. Прямоточная система технического водоснабжения - характеристики, примеры
34. использования.
35. Система технического водоснабжения с градирнями - характеристики, примеры
36. использования.
37. Деаэрационно- питательные установки АЭС.
38. Системы спецвентиляции АЭС. (Вентиляционные центры АЭС).
39. Системы дезактивации твердых и жидких радиоактивных отходов АЭС.
40. Системы дезактивации газообразных отходов АЭС.
41. Потребители тепловой и электрической энергии.
42. Испарительные и теплофикационные установки АЭС - характеристики, примеры

43. использования.
44. Редукционные установки АЭС. Назначение. Типы.
45. Особенности тепловой схемы АЭС с реактором БН-600- устройство, основные
46. характеристики и особенности.
47. АЭС повышенной безопасности с реактором БН-600М- устройство, основные
48. характеристики и особенности.
49. Система компенсации давления ВВЭР.
50. Назначение и устройство пуско- резервной котельной АЭС.
51. Система планового расхолаживания АЭС.
52. Система аварийного охлаждения реактора РБМК.
53. Система аварийного охлаждения зоны ВВЭР. Активная и пассивная части.
54. Основные этапы снятия АЭС с эксплуатации.
55. Классификация РАО АЭС по уровню активности.
56. Классификация ТРО АЭС.
57. Классификация ЖРО АЭС.
58. Основные положения концепции обращения с РАО АЭС.
59. Объемы производства и потребления ядерного топлива в мире и в РФ.
60. Эффективность ядерного топливного цикла и пути ее повышения.
61. Экологическая нагрузка при нормальной эксплуатации АЭС.

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 и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности.

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

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

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их при решении практических задач	Отлично
Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, но допускает незначительные ошибки, неточности, испытывает затруднения при решении практических задач	Хорошо
Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускает значительные ошибки при решении практических задач	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует явное несоответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям	Неудовлетворительно

### Пример контрольно-измерительного материала (КИМ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Направление подготовки:

14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Дисциплина: Б1.В.11 Атомные электростанции

Вид контроля: Экзамен.

### Контрольно-измерительный материал №1

1. Выбор и методика оптимизации начальных параметров пара.
2. Система технического водоснабжения с градирнями - характеристики, примеры использования.

Преподаватель \_\_\_\_\_  
подпись \_\_\_\_\_ расшифровка подписи \_\_\_\_\_

### 21. Фонд оценочных средств

1. Сколько ТВС входят в состав АЗ реактора?
  1. **163**
  2. 12
  3. 1080
  4. 254
2. Разрешается ли пуск турбины при неисправности одного маслососа системы регулирования?
  1. Разрешается
  2. **Запрещается**
  3. Разрешается по распоряжению НСБ
  4. Разрешается только по указанию ГИСЭ
3. Какова роль регулирующего клапана?
  1. Для снабжения турбины паром
  2. **Для изменения расхода пара в турбину**
  3. Для обеспечения плотности закрытия доступа пара в турбину
  4. Отсекать доступ пара в проточную часть турбины
4. В каком положении находятся золотники переключающих устройств при работе системы регулирования в составе ЭГСР?
  1. В любом
  2. **В верхнем**
  3. В нижнем
  4. В среднем
5. Сколько аварийных упоров установлено в районе электродвигателя ГЦН?
  1. 2
  2. 3
  3. 1
  4. **0**
6. С какой целью на ГЦН предусмотрена система запирающей воды?
  1. Обеспечить охлаждение блока торцевого уплотнения насоса.
  2. **Предотвратить протечки по валу насоса теплоносителя I контура**
  3. Обеспечить охлаждение подшипников скольжения ГЦН
  4. Обеспечить охлаждение подшипников электродвигателя ГЦН и ГУП
7. Закончите фразу: «Сепарационные устройства состоят из пакетов волнистой формы. Конструкция пакета включает в себя установленный за жалюзи паровой дырчатый лист. Он предназначен для...»
  1. Для предотвращения попадания влажного пара в паровой коллектор

- 2. Для выравнивания полей скоростей пара**
3. Для выравнивая паровой нагрузки
  4. Для окончательной осушки пара
8. Сколько панелей ПКН входит в состав одного комплекта АЗ?
1. 3
  2. 2
  3. Не входят
  - 4. 1**
9. Где расположен пружинный блок, обеспечивающий возврат в исходное положение подвижного полюса?
1. В нижней части несущей трубы
  2. На несущей трубе
  3. В верхней части несущей трубы
  - 4. В районе неподвижного полюса запирающего магнита**
10. Какие функции выполняет защитный экран в КД
1. Защита корпуса КД от разрыва на линии раздела пар-вода
  - 2. Защита корпуса от попадания «холодной» воды от разбрызгивающего устройства**
  3. Снижение потери тепла в КД от излучения в окружающую среду
  4. Защита корпуса КД от термических напряжений
11. Назовите, ка кой группе оборудования относится корпус реактора
1. к группе В
  2. к группе С
  - 3. к группе А**
  4. к группе А и В
12. Как следует действовать при обмороке, если есть пульс при сонной артерии?
1. Вывести пострадавшего на свежий воздух
  2. Пострадавшего следует уложить, опустив голову несколько ниже туловища, растегнуть ворот
  3. Пострадавшего следует уложить так, чтобы голова была выше туловища.
  - 4. Пострадавшего следует уложить, приподнять ноги, растегнуть ворот**
13. Как оказывать первую помощь при попадании едкой щелочи ее паров в глаза.
1. Промыть большим количеством воды в течение 10-15 минут
  2. Промыть водой в течении 5 минут. И делать примочки из 10%-ного раствора пит.
  3. Промывать глаза большим количеством воды, а затем 2%-ным раствором борной кислоты.
  - 4. Раздвинуть веки и промыть глаза под струей холодной воды от носа к наружи глаз. Вызвать скорую помощь**
14. Выберите размер патрубка линии дренажа ПГ
1. Ду 120
  - 2. Ду 100**
  3. Ду 150
  4. Ду 140
15. Укажите, к какой группе уплотнений относится уплотнение вала ГЦН-195
- 1. Контактные-торцевые-гидродинамические**
  2. Бесконтактные щелевые
  3. Контактные-сальниковые
  4. Контактно-торцевые-гидростатические

**1. Из чего состоит активная зона?**

Ядерное топливо, замедлитель нейтронов (в тепловых и промежуточных ядерных реакторах) и конструкционные материалы.

**2. По каким критериям классифицируются реакторы?**

По назначению, по типу теплоносителя, по спектру нейтронов, по типу замедлителя, по количеству контуров, по составу активной зоны, по способу организации движения теплоносителя.

### **3. Дайте определение цепной ядерной реакции.**

Это реакция деления ядер урана и плутония нейтронами, рождающимися при делении.

### **4. Что такое эффективный коэффициент размножения?**

Это отношение числа нейтронов в данном поколении к числу нейтронов в поколении предыдущем (или делений ядер), непосредственно предшествующем поколению:

### **5. Что называется кампанией реактора?**

Время работы реактора на номинальной мощности без перегрузки (перемещений) топлива.

### **Критерии и шкалы оценивания:**

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

#### **1) открытые задания (тестовые, средний уровень сложности):**

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

#### **2) задания с развернутым ответом:**

- 5 баллов – указан верный ответ;
- 2 балла – указан частично верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ.