

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники

В.А. Небольсин /

17 января 2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Атомные электростанции»**

Направление подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Программа магистратуры Технологические системы холодоснабжения атомных электростанций

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2026

Автор программы

К.Г. Королев

Заведующий кафедрой

Твердотельной

электроники

В.А. Небольсин

Руководитель ОПОП

О.В. Калядин

Воронеж 2025

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

*Формирование навыков разработки технологических и конструктивных решений систем холодоснабжения атомных электростанций*

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

*- знать технологические и конструктивные решения АЭС; систем холодоснабжения; систем обеспечения техническими газами.*

*- уметь подбирать оборудования для систем холодоснабжения АЭС*

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Атомные электростанции» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Атомные электростанции» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен разрабатывать технологические и конструктивные решения системы холодоснабжения атомных электростанций

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	<i>Знать технологические решения систем холодоснабжения</i>
	<i>Уметь разрабатывать технологические решения систем холодоснабжения</i>
	<i>Владеть навыками разработки технологических и конструктивных решений систем холодоснабжения атомных электростанций</i>

## 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Атомные электростанции» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
в том числе в форме практической подготовки	10	10
<b>Самостоятельная работа</b>	36	36

Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	АЭС	Классификация. Типы реакторов. Теплоносители реакторов. Рабочее тело. Ядерное топливо. Тепловые схемы АЭС. Цикл Ренкина.	18	18	18	54
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	5	-	-
2	Основное оборудование АЭС	Реакторы. Турбины. Парогенераторы. Циркуляционные насосы.	9	9	9	27
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	-	-	2
3	Вспомогательные сооружения АЭС	Системы технического водоснабжения. Азотная станция. Промышленные системы кондиционирования воздуха.	9	9	9	27
		<i>практическая подготовка обучающихся</i>	-	5	-	2
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>108</b>

Практическая подготовка при освоении дисциплины (модуля) проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на практических занятиях и (или) лабораторных работах:

№ п/п	Перечень выполняемых обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	<i>Подбор оборудования АЭС</i>	ПК-2
2	<i>Подбор оборудования азотной станции</i>	ПК-2
3	<i>Подбор оборудования систем холодоснабжения АЭС</i>	ПК-2

### 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	Знать технологические решения систем холодоснабжения	Тест	Выполнение теста на от 70 до 100%	Выполнение менее 70%
	Уметь разрабатывать технологические решения систем холодоснабжения	Тест	Выполнение теста на от 70 до 100%	Выполнение менее 70%
	Владеть навыками разработки технологических и конструктивных решений систем холодоснабжения атомных электростанций	Тест	Выполнение теста на от 70 до 100%	Выполнение менее 70%

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-2	Знать технологические решения систем холодоснабжения	Тест	Выполнение теста на от 70 до 100%	Выполнение менее 70%
	Уметь разрабатывать технологические решения систем холодоснабжения	Тест	Выполнение теста на от 70 до 100%	Выполнение менее 70%
	Владеть навыками разработки технологических и конструктивных решений систем холодоснабжения атомных электростанций	Тест	Выполнение теста на от 70 до 100%	Выполнение менее 70%

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

- 1) *Какое назначение теплоносителя на АЭС?*
  - i) *отводить теплоту, выделившуюся в реакторе, и передавать ее рабочему телу турбоустановки*
  - ii) *генерировать теплоту в реакторе*
  - iii) *отводить теплоту от окружающей среды и передавать ее реактору*
  - iv) *отводить теплоту, выделившуюся в турбоустановке, и передавать ее рабочему телу реактора*
- 2) *Каким требованиям должен удовлетворять теплоноситель реакторной установки?*
  - i) *высокая температура кипения*
  - ii) *низкая коррозионная активность*
  - iii) *высокий коэффициент теплопередачи*
  - iv) *высокая коррозионная активность*
  - v) *низкая температура кипения*
  - vi) *низкий коэффициент теплопередачи*
- 3) *Какие теплоносители используются на атомных электростанциях?*
  - i) *вода*
  - ii) *гелий*
  - iii) *диоксид углерода*
  - iv) *натрий*
- 4) *Какие теплоносители используются в газоохлаждаемых реакторах?*
  - i) *вода*
  - ii) *гелий*
  - iii) *диоксид углерода*
  - iv) *натрий*
- 5) *Что можно отнести к достоинствам воды как теплоносителя?*
  - i) *большие значения коэффициентов теплоотдачи при относительно малых скоростях и резкое их увеличение с ростом скоростей*
  - ii) *теплоемкость, вязкость и плотность*
  - iii) *устойчивость по отношению к ионизирующему излучению*
  - iv) *относительно высокое давление насыщенного пара*
  - v) *зависимость плотности воды от температуры*
  - vi) *хороший растворитель*
  - vii) *коррозионно-активное вещество*
- 6) *Что можно отнести к недостаткам воды как теплоносителя?*
  - i) *большие значения коэффициентов теплоотдачи при относительно малых скоростях и резкое их увеличение с ростом скоростей*
  - ii) *теплоемкость, вязкость и плотность*

- iii) устойчивость по отношению к ионизирующему излучению*
  - iv) относительно высокое давление насыщенного пара*
  - v) зависимость плотности от температуры*
  - vi) хороший растворитель*
  - vii) коррозионно-активное вещество*
- 7) *Какими достоинствами обладает гелий как теплоноситель?*
- i) возможность получения перегретого пара с высокими параметрами*
  - ii) возможность использования замкнутого газотурбинного цикла в одноконтурной установке*
  - iii) теплоноситель не активизируется в активной зоне реактора*
  - iv) высокая текучесть*
- 8) *Какими недостатками обладает гелий как теплоноситель?*
- i) возможность получения перегретого пара с высокими параметрами*
  - ii) возможность использования замкнутого газотурбинного цикла в одноконтурной установке*
  - iii) теплоноситель не активизируется в активной зоне реактора*
  - iv) высокая текучесть*
- 9) *Какими достоинствами обладает натрий как теплоноситель?*
- i) небольшие сечения поглощения и рассеяния нейтронов*
  - ii) высокая температура кипения, скрытая теплота парообразования и коэффициент теплопередачи*
  - iii) коррозионная пассивность по отношению к нержавеющей стали, топливу*
  - iv) высокая термическая стойкость*
  - v) низкая вязкость при рабочих температурах*
  - vi) высокая химическая активность по отношению к воде, воздуху*
  - vii) высокая наведенная радиоактивность*
- 10) *Какими недостатками обладает натрий как теплоноситель?*
- i) небольшие сечения поглощения и рассеяния нейтронов*
  - ii) высокая температура кипения, скрытая теплота парообразования и коэффициент теплопередачи*
  - iii) коррозионная пассивность по отношению к нержавеющей стали, топливу*
  - iv) высокая термическая стойкость*
  - v) низкая вязкость при рабочих температурах*
  - vi) высокая химическая активность по отношению к воде, воздуху*
  - vii) высокая наведенная радиоактивность*

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

- 1) Какую максимальную электрическую мощность может вырабатывать ВВЭР-440?
  - i) 440 МВт
  - ii) 440 кВт
  - iii) 440 Вт
  - iv) 440 ГВт
- 2) Что является теплоносителем в двухконтурных реакторах типа ВВЭР?
  - i) вода
  - ii) гелий
  - iii) диоксид углерода
  - iv) натрий
- 3) Что является теплоносителем в одноконтурных реакторах типа РБМК?
  - i) вода
  - ii) гелий
  - iii) диоксид углерода
  - iv) натрий
- 4) Какой термодинамический цикл является идеальным для использования на АЭС?
  - i) цикл Ренкина
  - ii) цикл Клода
  - iii) цикл Стирлинга
  - iv) цикл Карно
- 5) Что включает в себя главный циркуляционный контур двухконтурного реактора (ВВЭР-1000)?
  - i) реактор
  - ii) парогенератор
  - iii) главный циркуляционный насос
  - iv) конденсатор
  - v) подогреватели системы регенеративного подогрева
  - vi) турбина
  - vii) электрогенератор
- 6) Чему равен КПД двухконтурной АЭС с водным теплоносителем (с точки зрения теплового баланса)?
  - i) 33
  - ii) 75
- 7) Где происходят основные потери теплоты, поступающей в парогенератор двухконтурной АЭС с водным теплоносителем?
  - i) потери теплоты в конденсаторе
  - ii) потери теплоты в системе первого контура
  - iii) потери теплоты в паропроводах
  - iv) потери теплоты в результате механических потерь в турбине

- v) *потери теплоты в генераторе электрического тока*
- 8) *Какое количество парогенераторов имеет АЭС с реактором ВВЭР-1000, имеющей четыре циркуляционных контура?*
- i) 1*
  - ii) 2*
  - iii) 3*
  - iv) 4*
- 9) *Какое количество главных циркуляционных насосов имеет АЭС с реактором ВВЭР-1000, имеющей четыре циркуляционных контура?*
- i) 1*
  - ii) 2*
  - iii) 3*
  - iv) 4*
- 10) *Какие главные циркуляционные насосы имеют более высокий КПД?*
- i) герметичные ГЦН*
  - ii) ГЦН с выносным электродвигателем*
  - iii) ГЦН с выносным рабочим колесом*
  - iv) негерметичные ГЦН*

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

- 1) *Какие АЭС используют главные циркуляционные насосы для отвода тепла от активной зоны реактора и передачи его воде второго контура в барабанах-сепараторах?*
- i) АЭС с реактором РБМК*
  - ii) АЭС с реактором ВВЭР*
  - iii) АЭС с реактором на быстрых нейтронах*
- 2) *Какие АЭС используют главные циркуляционные насосы для отвода тепла от активной зоны реактора и передачи его воде второго контура в парогенераторах?*
- i) АЭС с реактором РБМК*
  - ii) АЭС с реактором ВВЭР*
  - iii) АЭС с реактором на быстрых нейтронах*
- 3) *Какие функции выполняют деаэраторы?*
- i) удаление растворенных газов из питательной воды*
  - ii) предотвращение коррозии пароводяного тракта*
  - iii) работает как регенеративный подогреватель смешивающего типа*
  - iv) охлаждение питательной воды*
- 4) *Какое назначение имеют регенеративные подогреватели высокого давления?*
- i) для подогрева питательной воды*
  - ii) для смешивания питательной воды и теплоносителя*
  - iii) для подогрева теплоносителя*
  - iv) для подогрева питательной воды и теплоносителя*

- 5) *Что расходуют потребители собственных нужд АЭС?*
- i) электроэнергию*
  - ii) теплоноситель*
  - iii) питательную воду*
  - iv) пароводяную смесь*
- 6) *Какие АЭС получили наибольшее распространение?*
- i) Одноконтурные с реактором кипящего типа*
  - ii) Двухконтурные АЭС с водяным теплоносителем*
  - iii) Трехконтурные АЭС с реактором на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем*
- 7) *Какая температура питательной воды (в градусах Цельсия) в реакторе ВВЭР-440?*
- i) 225*
  - ii) 25*
  - iii) 100*
  - iv) 440*
- 8) *Какая температура воды (в градусах Цельсия) на выходе из активной зоны реактора ВВЭР-440?*
- i) 300*
  - ii) 25*
  - iii) 100*
  - iv) 440*
- 9) *Какая номинальная электрическая мощность реактора ВВЭР-1000?*
- i) 1000*
  - ii) 2000*
  - iii) 3000*
  - iv) 4000*
- 10) *Какая номинальная тепловая мощность реактора ВВЭР-1000?*
- i) 1000*
  - ii) 2000*
  - iii) 3000*
  - iv) 4000*

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

*Классификация АЭС. Типы реакторов. Теплоносители реакторов. Рабочее тело. Ядерное топливо. Тепловые схемы АЭС. Цикл Ренкина. Реакторы. Турбины. Парогенераторы. Циркуляционные насосы. Системы технического водоснабжения. Азотная станция. Промышленные системы кондиционирования воздуха.*

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

Не предусмотрено учебным планом

**7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 10.

1. Оценка «Не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 7 баллов.

2. Оценка «Зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 7 до 10 баллов.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	АЭС	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Основное оборудование АЭС	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Вспомогательные сооружения АЭС	ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 10 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## 8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1) *Теплотехнические основы производства электроэнергии и тепла на АЭС : учебное пособие / С. Т. Лескин, В. И. Слободчук, А. С. Шелегов, Д. Ю. Кашин. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2021. — 52 с. — ISBN 978-5-7262-2769-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/284414> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.*

2) *Зорин В.М. Атомные электростанции: учебное пособие. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2012. — 672 с. — ISBN 978-5-383-00604-7. — Текст*

: электронный // История Росатома : [сайт]. — URL: [https://elib.biblioatom.ru/text/zorin\\_atomnye-elektrostantsii\\_2012](https://elib.biblioatom.ru/text/zorin_atomnye-elektrostantsii_2012)

3) Бодров, М. В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение / М. В. Бодров, В. Ю. Кузин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 228 с. — ISBN 978-5-507-47300-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/359813> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

- 1) Microsoft Office
- 2) <https://old.education.cchgeu.ru>
- 3) <https://e.lanbook.ru>
- 4) <https://www.iprbookshop.ru>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

*Реализация дисциплины требует наличия учебной аудитории для проведения учебных занятий.*

*Оборудование аудитории:*

- комплект учебной мебели:
  - рабочее место преподавателя (стол, стул);
  - рабочие места обучающихся (столы, стулья);
- технические средства обучения:
  - проектор;
  - экран;
- переносное техническое оборудование:
  - переносной компьютер.

*Для самостоятельной работы используется «Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций / Аудитория для самостоятельной работы».*

*Оборудование аудитории:*

- комплект учебной мебели:
  - рабочее место преподавателя (стол, стул);
  - рабочие места обучающихся (столы, стулья);
- технические средства обучения:
  - персональный компьютер с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде вуза.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Атомные электростанции» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков проектирования систем холодоснабжения АЭС. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--