

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«17» января 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Атомные электростанции»

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Профиль Технологические системы жизнеобеспечения АЭС и промышленных предприятий

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2025

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 проектирования технологических систем

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучить разновидности ядерных реакторов, теплоносители, тепловые схемы, основные оборудование, вспомогательные сооружения, системы холодоснабжения и водоснабжения, системы обеспечения техническими газами на атомных электростанциях

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-4 - Способен участвовать в выборе оптимальных решений при проектировании технологических систем жизнеобеспечения АЭС

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	<i>Знать технологические систем жизнеобеспечения АЭС</i>
	<i>Уметь проектировать технологические системы</i>
	<i>Владеть способностью участвовать в выборе оптимальных решений при проектировании технологических систем жизнеобеспечения АЭС</i>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Атомные электростанции» составляет 6 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа	99	99
Часы на контроль	45	45
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	216	216
зач.ед.	6	6

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.	12	12	33	57
2	Основное оборудование АЭС	Реакторы. Турбины. Парогенераторы. Циркуляционные насосы.	12	12	33	57
3	Вспомогательные сооружения АЭС	Системы технического водоснабжения. Азотная станция. Промышленные системы кондиционирования воздуха.	12	12	33	57
Итого			36	36	99	171

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-4	Знать технологические систем жизнеобеспечения АЭС	50% успеваемости	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь проектировать технологические системы	50% успеваемости	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть способностью участвовать в выборе оптимальных решений при проектировании технологических систем жизнеобеспечения АЭС	50% успеваемости	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-4	Знать технологические системы жизнеобеспечения АЭС	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь проектировать технологические системы	Решение стандартных практических задач	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Владеть способностью участвовать в выборе оптимальных решений при проектировании технологических систем жизнеобеспечения АЭС	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

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

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

Классификация. 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.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 14 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 14 до 16 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 18 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 18 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	<i>АЭС</i>	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	<i>Основное оборудование АЭС</i>	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	<i>Вспомогательные сооружения АЭС</i>	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оцени-

вания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование, решение стандартных и прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 20 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) Степанов, В. Ф. Парогенераторы АЭС : учебное пособие / В. Ф. Степанов. — Иваново : ИГЭУ, 2020 — Часть 1 — 2020. — 144 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/296267>. — 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

3) Компрессорное оборудование газонаполнительных, воздухоподделительных и передвижных компрессорных станций : учебное пособие / С. С. Бусаров, В. Л. Юша, А. В. Недовенчаный [и др.]. — Омск : ОмГТУ, 2022. — 124 с. — ISBN 978-5-8149-3516-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/343751>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4) 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) <https://old.education.cchgeu.ru>

2) <https://e.lanbook.com>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой, персональными компьютерами с

возможностью выхода в интернет.

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 технологических решений систем жизнеобеспечения атомных электростанций. 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; пометить 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">- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;- выполнение домашних заданий и расчетов;- работа над темами для самостоятельного изучения;- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;- подготовка к промежуточной аттестации.
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 экзаменом 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
----------	-----------------------------	----------------------------	----------------------------------------------------------------