


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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ядерной физики

 / Титова Л.В./
26.06.2024г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.02.01 Эксплуатационная безопасность и контроль АЭС

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.04.02 Ядерные физика и технологии

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика атомного ядра и частиц

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра ядерной физики

6. Составители программы:

к.ф.- м.н., доцент Вахтель Виктор Матвеевич

7. Рекомендована:

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №6 от 26.06.2024

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- формирование умения расчетно-проектной и проектно-конструкторской деятельности в области разработки технической безопасности и оборудования для теплоэнергетических систем АЭС с использованием современных технологий;

- приобрести навыки безопасной эксплуатации основного оборудования к обслуживанию и испытаниям теплоэнергетического оборудования АЭС с учетом влияния на тепловую экономичность;

Задачи учебной дисциплины:

- объяснить общую цель ядерной безопасности;
- объяснить общую цель радиационной защиты;
- объяснить техническую цель безопасности;
- сформулировать фундаментальные принципы обеспечения безопасности АЭС;
- объяснить Принципы глубокоэшелонированной защиты.

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-1	Способен к созданию теоретических и математических моделей, описывающих конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом.	ПК-1.4	Знает современные представления в области физики атомного ядра необходимых для описания процессов, протекающих в ядерно-энергетических установках.	Знать: физику реакторов АЭС (ВВЭР, БН) Уметь: выбирать оптимальные рабочие режимы исходя из состояния физики реактора Владеть: навыками безопасной эксплуатации основного оборудования
ПК-2	Готов к созданию новых методов расчета современных физических установок и устройств, разработке методов регистрации ионизирующих излучений, методов оценки количественных характеристик ядерных материалов.	ПК-2.4	Знает методы и средства моделирования физико-технических процессов в физических установках, методы и средства регистрации излучений, характеристики ядерных материалов.	Знать: тепловые процессы в устройствах теплообменного оборудования Уметь: понимать сущность происходящих процессов и значение информации Владеть: навыками принятия решения при отклонении параметров и понимания сущности и значения информации
ПК-6	Способен самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и	ПК-6.8	Знает основы радиометрических измерений суммарной активности и методы регистрации радионуклидов, методы	Знать: знать физические основы процессов переноса тепла, Уметь: осуществлять расчеты теплообменников и активных зон реакторов, проводить оценку тепло-гидравлических характеристик на основе простейших моделей; использовать программы расчетов тепло-гидравлических

	производственных задач с использованием современной техники и методов расчета и исследования с оптимизированием методов исследования.		радиохимического анализа.	характеристик ячейки реактора и реактора в целом; осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые данные для тепло-гидравлических расчетов; выбирать конструкционные материалы Владеть: навыками принятия решения при отклонении параметров и понимания сущности и значения информации
ПК-7	Способен оценивать риск и определять меры безопасности для ядерных установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения.	ПК-7.3	Знает физические основы и принципы управления реактором, требования, предъявляемые к надежности и безопасности работы реактора, конструкции ядерных энергетических реакторов (ЯЭР) ВВЭР, РБМК, БН и перспективных проектов.	Знать: тепловые процессы в устройствах теплообменного оборудования Уметь: понимать сущность происходящих процессов и значение информации Владеть: навыками принятия решения при отклонении параметров и понимания сущности и значения информации
		ПК-7.8	Оценивает параметры дискретизации, программировать простые системы автоматизации, соответствующие безопасности эксплуатации ядерных установок.	
		ПКВ-7.10	Владеет методами выбора оптимальной технологии программного управления элементами системы автоматизации, соответствующей безопасности эксплуатации ядерных установок.	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108.

Форма промежуточной аттестации - экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		3 семестр

Аудиторные занятия		52	
в том числе:	лекции	26	26
	практические	26	26
	лабораторные		
Самостоятельная работа		20	20
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации		Экзамен – 36 час.	Экзамен – 36 час.
Итого:		108	108

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Последовательность преобразования внутриядерной энергии топлива на атомной станции в электрическую	<p>1. Основные Первичным источником энергии является внутриядерная энергия, которая высвобождается при делении ядер элементов, расположенных в конце периодической системы химических элементов (таблицы Менделеева). Ядра этих элементов содержат много протонов и нейтронов, поэтому называются тяжелыми. При делении ядра $^{235}_{92}\text{U}$ образуются осколки деления, которые представляют собой радиоактивные ядра химических элементов, расположенных в средней части таблицы Менделеева. Тепловой баланс АЭС. Себестоимость 1 кВт час электроэнергии.. Расчет топливной составляющей в себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на АЭС, сложен, но при сравнительном анализе экономических показателей для тепловых и атомных станций электроэнергия, производимая на АЭС, является более экономически и экологически выгодной</p>	А
1.2	Общие технические принципы положенные в основу эксплуатационной безопасности АЭС	<p>Философия безопасности, признанная МАГАТЭ и принятая странами-владельцами АЭС, определяет 3 цели безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - общая цель ядерной безопасности; - цель радиационной защиты; - техническая цель безопасности. <p>Цели безопасности не являются независимыми между собой. Первая цель является главной по своему характеру, две другие дополняют и интерпретируют эту главную цель.</p> <p>«Защитить отдельных лиц, общество и окружающую среду путем создания и поддержания на атомной электростанции эффективных защитных мер от радиологической опасности».</p> <p>В соответствии с базовым нормативным документом РБ «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (ОПБ АЭС) ядерная и радиационная безопасность атомной станции определяется как «свойство атомной</p>	А

		станции при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии, ограничивать радиационное воздействие на персонал, население и окружающую среду установленными пределами». С точки зрения безопасности предотвращение аварий является первоочередной задачей, как при создании проекта, так и процессе эксплуатации АЭС. Таким образом, общая цель безопасности достигается реализацией двух технических целей: -предотвращение аварий; -ограничение последствий аварий	
1.3	Фундаментальные принципы обеспечения безопасности АЭС	Для достижения целей безопасности в отчете INSAG-3 сформированы основные принципы обеспечения безопасности, которые распределены на три группы: принципы управления; принцип глубокоэшелонированной защиты; широко применяемые технические принципы (ЯЭР) Указанные принципы базируются на опыте эксплуатации, анализе аварий и инцидентов на АЭС и принимаются всеми странами, развивающими ядерную энергетику в мирных целях. Принципы универсальны для всех типов реакторов, хотя и существует необходимость их адаптации к проектным или эксплуатационным особенностям конкретных реакторных установок.	А
1.4	Принципы глубокоэшелонированной защиты	Глубоко эшелонированная защита объединяет в себе: -систему физических барьеров для предотвращения распространения радиоактивных веществ; -систему защиты самих физических барьеров с помощью организационно-технических мер названных уровнями защиты («защита в глубину»); -защиту населения и окружающей среды от ущерба, если барьеры окажутся нарушенными или неэффективными. Деятельность по безопасности осуществляется на основе многократного перекрытия одного уровня другим с тем, чтобы в случае отказа можно было применять компенсирующие или корректирующие меры При эксплуатации АЭС постоянно контролируются герметичность оболочек ТВЭЛов, трубопроводов и оборудования 1 контура, защитной оболочки и принимаются все необходимые меры по поддержанию сохранности физических барьеров. Уровни ГЭЗ являются сочетанием организационных и технических мер и вместе с физическими барьерами образуют «защиту в глубину». Требования ОПБ АЭС по использованию технических принципов согласуются с рекомендациями INSAG-3. Апробированная инженерно-техническая практика. Технологический радиационный контроль Контроль за окружающей средой вокруг АЭС. Классификация систем и элементов АС по ОПБ АЭС. Защита от	А

		внешних и внутренних воздействий.	
2. Практические занятия			
2.1	Принципы обеспечения безопасности АЭС	Проект размещения АЭС в условиях Арктики	

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	Последовательность преобразования энергии топлива на атомной станции в электрическую	6	6		5	9	26
2	Общие технические принципы положенные в основу эксплуатационной безопасности АЭС	7	7		5	9	28
3	Фундаментальные принципы обеспечения безопасности АЭС	7	7		5	9	28
4	Принципы глубоководной защиты	6	6		5	9	26
	Итого:	26	26		20	36	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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 (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Самойлов О.Б. и др. «Безопасность ядерных энергетических установок», М., «Атомиздат
2	№ 75-INSAG-3. Основные принципы безопасности атомных электростанций.
3	№ 75-INSAG-4. Культура безопасности. Доклад международной консультативной группы по ядерной безопасности.
4	ТКП 170-2009 (02300) «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» ОПБ АЭС.
5	Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций».

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1.	Программы индивидуальных испытаний насосов, вентиляторов, компрессоров
2.	Проектно-конструкторская документация. Исполнительная документация, паспорта, заводская документация, инструкции по эксплуатации.
3.	Отчетно-сдаточная документация (акты входного контроля, протоколы промывок, гидравлических испытаний, протоколы индивидуальных испытаний)

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

№ п/п	Ресурс
	https://edu.vsu.ru – 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	Кудинов, И.В. Теоретические основы теплотехники : учебное пособие / И.В. Кудинов, Е.В. Стефанюк ; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный архитектурно-строительный университет». - Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. - Ч. I. Термодинамика. - 172 с.
2	Стоянов, Н.И. Теоретические основы теплотехники: техническая термодинамика и теплообмен : учебное пособие / Н.И. Стоянов, С.С. Смирнов, А.В. Смирнова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 225 с.
3.	Отчетно-сдаточная документация (акты входного контроля, протоколы промывок, гидравлических испытаний, протоколы индивидуальны испытаний)

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 - 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:

Компьютерный класс (для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации). Специализированная мебель, компьютеры Pentium-II, III (10 шт.), объединенные в локальную сеть с возможностью подключения к сети «Интернет».	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 507П
Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)	г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 313а

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.	Темы 1-4	ПК-1	ПК-1.4	Собеседование
2.	Темы 1-4	ПК-2	ПК-2.4	Собеседование
3.	Темы 1-4	ПК-6	ПК-6.8	Собеседование
4.	Темы 1-4	ПК-7	ПК-7.3 ПК-7.8 ПК-7.9	Собеседование
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Пункт 20.2.1. Перечень вопросов 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:

Практикоориентированные задания

Практическое задание

1. Выполнить проект размещения АЭС в условиях Арктики

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Студент отвечает на 2 вопроса и дополнительные вопросы	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Студент отвечает на 2 вопроса, имеются неточности, нет ответов на дополнительные вопросы	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Студент отвечает на 1 вопрос, имеются неточности, отвечает на дополнительные вопросы	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Студент не отвечает ни на вопросы ни на дополнительные вопросы	–	<i>Неудовлетворительно</i>

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. Назовите основной фактор, определяющий безопасность АЭС.
2. Назовите цели обеспечения безопасности.
3. Назовите фундаментальные принципы безопасности, обеспечивающие 4. Выполнение целей безопасности.
5. Назовите основные компоненты, входящие в понятие «культура безопасности».
6. Дайте понятие «эксплуатирующая организация» применительно к АЭС.
7. Назовите основные функции регулирующих органов в области ядерной безопасности.

8.Перечислите физические барьеры для предотвращения распространения радиоактивных веществ. Объясните, почему топливная матрица ТВЭЛа отнесена к одному из барьеров.

9.Назовите уровни ГЭЗ.

10.Объясните понятие «предотвращение аварий». Объясните, какими средствами (способами) достигается эта составная часть ГЭЗ.

11.Перечислите средства, применяющиеся для ослабления аварий.

12.Назовите технические принципы безопасности, положенные в основу фундаментальных принципов безопасности.

13.Назовите виды радиационного контроля, используемые на АЭС в целях радиационной защиты.

14.Перечислите принципы безопасности.

15.Назовите внешние и внутренние воздействия, учитываемые при проектировании АЭС.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Студент отвечает на 2 вопроса и дополнительные вопросы	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Студент отвечает на 2 вопроса, имеются неточности, нет ответов на дополнительные вопросы	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Студент отвечает на 1 вопрос, имеются неточности, отвечает на дополнительные вопросы	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Студент не отвечает ни на вопросы ни на дополнительные вопросы	–	<i>Неудовлетворительно</i>