

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
ядерной физики

 /Титова Л.В./
20.06.2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.05.02 Атомная энергетика и охрана окружающей среды

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

14.04.02 Ядерная 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:

Доцент, к.ф.-м.н. Титова Лариса Витальевна

7. Рекомендована:

научно-методическим советом физического факультета от 20.05.2025, протокол №5.

8. Учебный год: 2026/2027

Семестр(ы): 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- изучить ключевые проблемы охраны окружающей среды, возникающие при эксплуатации АЭС,

Задачи учебной дисциплины:

- знать основные нормативно-правовые, организационные и технические аспекты рассмотрения вопросов экологичной эксплуатации блоков АЭС;
- знать основы проведения экологического контроля на объектах топливно-энергетического комплекса,
- знать направления развития энергетики, использующие возобновляемые источники энергии,
- знать основные принципы обеспечения радиационной безопасности при проведении работ по эксплуатации блоков АЭС, а также обращения с образующимися отходами.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений.

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-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: основные виды источников энергии и их потенциальные ресурсы, принцип работы основных агрегатов АЭС, использующих возобновляемые и невозобновляемые источники энергии. Уметь: рассчитывать рассеивание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, гидросфере, на почве, на территориях объектов атомной энергетики
Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения

ПК-8	Способен обеспечивать радиационный контроль и экологически безопасную эксплуатацию ядерных энергетических установок с применением технических средств радиационного контроля ЯЭУ и АЭС и вести индивидуальный дозиметрический контроль персонала	ПК-8.6	Знает биологическое действие излучений на организм, основные сведения о природных и антропогенных радионуклидах в окружающей среде, тенденции в развитии энергетики, в том числе ядерной энергетики, радиационной безопасности и охране окружающей среды при эксплуатации АЭС, защитных мероприятиях и мерах по преодолению последствий при авариях на объектах атомной энергетики, организации и проведении радиационного мониторинга производственных объектов и окружающей среды	<p>Знать: основные нормативные документы, контролируемые влияние объектов энергетики на окружающую природную среду и здоровье населения.</p> <p>Уметь: определять различные виды излучения с помощью технических средств радиационного контроля</p> <p>Владеть: навыками безопасного обращения с радиоактивными отходами, образующимися при снятии блока АЭС с эксплуатации.</p>
------	--	--------	---	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 2/72.

Форма промежуточной аттестации - зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			4 семестр
Аудиторные занятия		36	
в том числе:	лекции	24	24
	практические	12	12
	лабораторные		
Самостоятельная работа		36	36
в том числе: курсовая работа (проект)			

Контроль	36	36
Форма промежуточной аттестации	Зачет	Зачет
Итого:	72	72

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Структура и направление развития мирового и российского топливноэнергетического комплекса.	Стратегия развития мировой энергетики. Глобальные энергетические проблемы. Энергобезопасность. Структура ТЭК России. Структура энергетики. Направление развития энергетики России. Рост выработки электроэнергии как катализатор промышленного роста. Понятие экологически чистой энергетики, Государственная программа России «Экологически чистая энергетика». Малая энергетика, история, перспективы развития.	-
1.2.	Влияние объектов энергетики на человека и окружающую среду	Сравнение воздействия различных топливных циклов на окружающую среду. Концепция экологической безопасности АЭС. Влияние радиоактивных отходов на человека и окружающую среду. Внутренний и внешний пути облучения человека.	-
1.3.	Нормирование радиационного воздействия	Основные принципы и нормы радиационной безопасности. Допустимые уровни многофакторного воздействия. Контрольные уровни. Требования к ограничению облучения населения. Санитарные правила размещения, проектирования и эксплуатации АЭС. Допустимые уровни выбросов и сбросов. Расчет допустимых концентраций (ДК) и предельно допустимых концентраций (ПДК) радионуклидов и химических веществ в атмосферном воздухе и воде водоемов. Определение предельно-допустимого выброса (ПДВ) и допустимого сброса (ДС) АЭС.	-
1.4	Атомная энергетика и окружающая среда.	Ядерная энергия. Механизм тепловыделения. Устройство и принцип работы станции. Генеральный план. Основные технологические объекты. Экологические проблемы станции и способы борьбы с ними. Методы очистки радиоактивных газов.	-
1.5	Источники образования радиоактивных отходов в ядерном топливном цикле.	Ядерный топливный цикл, источники образования отходов и их классификация. Специфика условий эксплуатации АЭС. Образование газоаэрозольных, жидких и твердых радиоактивных отходов на АЭС. Классификация радиоактивных отходов АЭС. Проблема образования трития. Взаимодействие АЭС с окружающей средой. Пути поступления радиоактивных выбросов и сбросов в окружающую среду. Ограничения выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду.	-

1.6	Обращение с радиоактивными отходами.	Обращение с радиоактивными отходами. Методы и приборы контроля за уровнем загрязнения окружающей среды. Кондиционирование радиоактивных отходов. Отверждение жидких радиоактивных отходов. Переработка радиоактивных отходов. Системы обращения с радиоактивными отходами. Требования	-
		безопасности при проектировании и эксплуатации систем обращения с радиоактивными отходами. Хранение жидких радиоактивных отходов. Захоронение радиоактивных отходов. Способы захоронения.	
1.7.	Технологии очистки газоаэрозольного выброса и защитного газа	Характеристика газоаэрозольного выброса. Очистка технологических сдувок от РБГ. Способ фронтальной радиохроматографии. «Вечные» колонны. Эффективность радиохроматографической системы (РХГС). Способы охлаждения и осушки очищаемого газа. Схемы РХГС очистки технологических газов на АЭС с реакторами ВВЭР и РБМК. Очистка от РБГ защитного газа на АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. Очистка технологических сдувок от йода и аэрозолей. Типы аэрозольных фильтров, эффективность их работы. Очистка вентиляционных выбросов. Системы вентиляции АЭС. Аэродинамика помещений АЭС. Специальная вентиляция, технологическая вентиляция, общеобменная вентиляция. Системы очистки вентиляционного воздуха АЭС. Вентиляционные трубы атомных электростанций. Пути совершенствования систем очистки технологических газов и вентиляционного воздуха АЭС.	
1.8.	Защита водных ресурсов от загрязнений жидкими отходами.	Очистка жидких радиоактивных отходов. Основная технологическая схема очистки сбросных вод, содержащих радионуклиды. Выбор схем дезактивации сбросных вод в зависимости от состава загрязнений. Перспективы совершенствования очистки радиоактивных сбросных вод.	
1.9	Тепловое загрязнение водоемов при работе АЭС	Масштабы потребления воды при охлаждении конденсаторов турбин. Допустимые температуры воды в естественных водоемах и водостоках. Способы ограничения температур сбросной и смешанной воды. Перспективы применения различных способов охлаждения. Использование сбросного тепла АЭС.	-
2. Практические занятия			
2.1	Расчет допустимых концентраций радиоактивных благородных газов, радионуклидов йода и радиоактивных аэрозолей		
2.2	Расчет предельно допустимых выбросов АЭС в атмосферу		

2.3.	Расчет процесса охлаждения контейнера с отработавшим ядерным топливом		
------	---	--	--

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)					
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	Всего
1	Структура и направление развития мирового и российского топливно-энергетического комплекса.	4			4		8
2	Влияние объектов энергетики на человека и окружающую среду	2			4		6
3	Нормирование радиационного воздействия	2			4		6
4	Атомная энергетика и окружающая среда	2			4		6
5	Источники образования радиоактивных отходов в ядерном топливном цикле.	2			4		6
6	Обращение с радиоактивными отходами.	2			4		6
7	Технологии очистки газоаэрозольного выброса и защитного газа	4	6		4		14
8	Защита водных ресурсов от загрязнений жидкими отходами.	4	6		4		14
9	Тепловое загрязнение водоемов при работе АЭС	2			4		6
	Итого:	24	12		36		72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

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

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников) а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). М.: Минздрав России, 2009.
2	СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). М.: Минздрав России, 2010.
3	Саломатов, Технологии на тепловых и атомных электростанциях. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 852 с.
4	Асмолов В. Г. Основы обеспечения безопасности АЭС : учебное пособие для студентов вузов, [обучающихся по направлению подготовки "Ядерная энергетика и теплофизика"] / В.Г. Асмолов, В.Н. Блинков, О.Г. Черников ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" .— Москва : Издательство МЭИ, 2014 .— 151 с.
5	Машкович В.П. Защита от ионизирующих излучений. — 4-е изд., перераб. и доп. / В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева. М.: Энергоатомиздат, 1995.
6	Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002/2013). М.: Минздрав России, 2002.
7	МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ СОЕДИНЕНИЙ ЙОДА В АТМОСФЕРЕ ПРИ АВАРИЯХ НА АЭС С РЕАКТОРАМИ ВВЭР-1000. РБ-020-01
8	Методики разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух (с изменениями на 28 июня 2017 года) Приказ Ростехнадзора от 07.11.2012 N 639

- б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
9	Нетрадиционная энергетика – возобновляемые источники, использование биомассы, термохимическая подготовка, экологическая безопасность: учеб. пособие / , , . – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 347 с.
10	
11	
12	Кимель Л.Р. Защита от ионизирующих излучений: справочник / Л.Р. Кимель, В.П. Машкович. М.: Атомиздат, 1972.

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

№ п/п	Ресурс
13	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
14	https://edu.vsu.ru – Электронный университет ВГУ
14	URL: http://www.atomic-energy.ru/list/articles – Сайт российского атомного сообщества.

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	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов направления 14.04.02. Ядерные физика и технологии, - Вахтель В.М., Титова Л.В. – ВГУ. 2018. – 17 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:

- компьютерные технологии при проведении занятий;
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;

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:

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 30	Специализированная мебель, ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Apllo-T Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019 LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/aboutus/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.І, ауд. 31	Ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран для проектора на штативе SceenMedia Apllo-T

<p>Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 40/5</p>	<p>Специализированная мебель, компьютеры (системные блоки Intel Pentium-IV, мониторы LG FLATRON L17428-8F) (30 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационнообразовательную среду университета Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019 LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/aboutus/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses/) Mozilla Firefox (бесплатное и/или свободное ПО) (лицензия: https://www.mozilla.org/ru/about/legal/terms/firefox/)</p>
--	---

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 1-9	ПК-7	ПК-7.3	Собеседование
2	Темы 1-9	ПК-8	ПК-8.6	Собеседование
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Пункт 20.2.1 Вопросы к зачету

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Собеседование по вопросам к зачету

20.2.1. Перечень вопросов к зачету:

1. В чем состоит стратегия развития мировой энергетики?
2. Опишите структуры ТЭК России.
3. В каких основных направлениях происходит развитие энергетики России?
4. Как вы понимаете слова «Экологически чистая энергетика».
5. Сравните воздействия различных топливных циклов на окружающую среду.
6. Как влияют радиоактивные отходы на человека и окружающую среду.
7. Приведите основные принципы и нормы радиационной безопасности.
8. Каковы санитарные правила размещения, проектирования и эксплуатации АЭС?

9. Опишите методику расчета допустимых концентраций (ДК) и предельно допустимых концентраций (ПДК) радионуклидов в атмосферном воздухе.
10. Опишите методику расчета допустимых концентраций (ДК) и предельно допустимых концентраций (ПДК) радионуклидов в воде водоемов.
11. Какие основные экологические проблемы возникают при эксплуатации станции?
12. Какие основные методы очистки радиоактивных газов вы знаете?
13. Какие источники образования отходов возникают в ядерном топливном цикле?

Классифицируйте их.

14. В чем состоит проблема образования трития?
15. Какие основные методы и приборы контроля за уровнем загрязнения окружающей среды вы знаете?
16. В чем состоит метод кондиционирования радиоактивных отходов?
17. Как безопасно хранить жидкие радиоактивные отходы?
18. Приведите примеры способов захоронения радиоактивных отходов.
19. Опишите основные принципы вентиляции и аэродинамики помещений АЭС.
20. Как устроена основная технологическая схема очистки сбросных вод, содержащих радионуклиды.
21. Как зависит выбор схем дезактивации сбросных вод от состава загрязнений?
22. Каковы допустимые температуры воды в естественных водоемах и водостоках?
23. Приведите примеры способов ограничения температур сбросной и смешанной воды.
24. Каким образом можно использовать сбросное тепло АЭС?

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное и глубокое знание учебно-программного материала на уровне количественной характеристики, владение основными понятиями дисциплины. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	Повышенный уровень	Зачтено
Полное знание учебно-программного материала на основе качественной характеристики. Способность самостоятельно ответить на дополнительные корректирующие вопросы преподавателя.	Базовый уровень	Зачтено
Знание основных понятий, рассматриваемых в рамках данного курса.	Пороговый уровень	Зачтено

Знание основного программного материала на основе феноменологической характеристики, допускающее погрешности в ответах. Способность скорректировать ответ под руководством преподавателя.	–	Не зачтено
---	---	------------