

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.М. Цдрок

«02» июля 2021 г.

Регистрационный № УД-9934/уч.



Ядерная безопасность

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 04 06 Ядерные физика и технологии

2021 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта специальности 1-31 04 06 Ядерная физика и технологии ОСВО 1-31 04 06 – 2013 от 30.08.2013 № 88 и учебных планов № G-31-142/уч от 30.05.2013 г., № G-31и-175/уч от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

О.В. Семенович, старший преподаватель кафедры ядерной физики Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И. Киевицкая, заведующий кафедрой ядерной и радиационной безопасности УО «Международный государственный экологический институт имени А.Д.Сахарова» Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент.

В.В. Сорокин, заведующий лабораторией тепломассопереноса и гидродинамики в энергетическом оборудовании Государственного научного учреждения «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны», доктор технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ядерной физики
(протокол № 11 от 17.06.2021 г.);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 7 от 30.06.2021 г.).

Зав. кафедрой _____

А.И. Тимощенко

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – получение обучающимися базового объёма знаний об основных нормах, положениях и концепциях, составляющих проблему безопасности атомных станций (АС) на современном этапе развития ядерной энергетики.

Задачи учебной дисциплины:

1. систематически изложить основные составляющие проблемы безопасности АС;
2. ознакомить обучающихся с основными положениями законодательной и нормативной базы для обеспечения ядерной безопасности;
3. ознакомить обучающихся с принципами обеспечения качества и культуры безопасности;
4. систематически изложить принцип глубокоэшелонированной защиты;
5. систематически изложить основные аспекты методов детерминистического и вероятностного анализа безопасности;
6. способствовать развитию научного мировоззрения обучающихся.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием: учебная дисциплина «Ядерная безопасность», относится к **циклу** специальных дисциплин компонента учреждения высшего образования.

Программа учебной дисциплины разработана для специальности 1-31 04 06 «Ядерные физика и технологии».

Связи с другими учебными дисциплинами: дисциплина позволяет сформировать широкий кругозор в вопросах ядерной безопасности: учебный материал дисциплины основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в дисциплинах цикла общенаучных и общепрофессиональных дисциплин, цикла специальных дисциплин: «Теория вероятности и математическая статистика», «Физика ядра и элементарных частиц», «Ядерные энергетические установки», «Физика ядерных реакторов», «Дозиметрия и радиационная безопасность», «Физическое материаловедение», «Тепло-массоперенос в ядерных энергетических установках», «Термогидродинамика переходных и аварийных режимов реакторных установок», «Тепловые схемы и режимы работы ядерных энергетических установок». Учебный материал дисциплины будет использован при преподавании следующих дисциплин: «Атомные электрические станции», «Оборудование АЭС», «Режимы работы и эксплуатации АЭС», «Экономика ядерной энергетики», ряда дисциплин специализации и дисциплин по выбору.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Ядерная безопасность» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

социально-личностные компетенции:

- СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.
- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

- ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ ядерной физики и ядерных технологий, ядерно-физических методов исследования, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытно-конструкторской работы в области ядерно-физических технологий и атомной энергетики.
- ПК-2. Осуществлять на основе методов математического моделирования оценку производственных процессов.
- ПК-3. Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.
- ПК-4. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.
- ПК-5. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов

исследования, планирования, организации и ведения научно-технической работы.

– ПК-6. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологий, оборудование и аппаратуру в исследовательской, научно-педагогической и производственной деятельности.

– ПК-7. Разрабатывать и оптимизировать ядерно-физические технологии в энергетике и промышленности.

– ПК-8. Вести переговоры, разрабатывать планы сотрудничества с другими организациями.

– ПК-9. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

– ПК-10. Пользоваться государственными языками Республики Беларусь и иными иностранными языками как средством делового общения.

– ПК-11. Реализовывать методы защиты производственного персонала и населения в условиях возникновения аварий, катастроф, стихийных бедствий и обеспечения радиационной безопасности при осуществлении научной, производственной и педагогической деятельности.

– ПК-12. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– основы законодательной базы в области использования атомной энергии;

– принципы многоуровневой защиты;

– методы и средства обнаружения и контроля ядерных материалов;

– нормативно-правовую базу нераспространения;

– процессы образования радиоактивных отходов, способы транспортировки, захоронения и уничтожения радиоактивных отходов;

– основные составляющие проблемы безопасности АС;

– законы, постановления, приказы методические и нормативные материалы в области атомной энергии и радиационной безопасности;

– принципы обеспечения качества и культуры безопасности;

– принцип глубокоэшелонированной защиты;

– основные положения методов детерминистического и вероятностного анализа безопасности.

уметь:

– анализировать информацию, связанную с выбором площадки и проекта АС;

– анализировать информацию, связанную с проектированием АС, изготовлением оборудования и сооружением АС, вводом её в эксплуатацию, эксплуатацией и снятием с эксплуатации;

– делать качественный анализ крупнейших аварий, случившихся на АС.

владеть:

– основными положениями методов детерминистического и вероятностного анализа безопасности.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 10 семестре. Форма получения высшего образования – очная, дневная.

Всего на изучение учебной дисциплины «Ядерная безопасность» отведено: 114 часов, в том числе 42 аудиторных часа, из них: лекции – 28 часов, семинары – 12 часов; управляемая самостоятельная работа – 2 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Проблемы обеспечения безопасности ядерного топливного цикла. Основные составляющие проблемы безопасности АС

Субъективное и объективное понятия «безопасность». Возможные определения понятия «безопасность АС». Участники процесса использования атомной энергии. Основные составляющие проблемы обеспечения безопасности АС.

Тема 2. Система управления и регулирования безопасности использования ядерной энергии.

Законодательная база и роль правительства. Органы государственного управления использованием атомной энергии. Эксплуатирующая организация. Регулирующий орган.

Тема 3. Система обеспечения качества и культуры безопасности

Деятельность по обеспечению качества. Общая система обеспечения качества в атомной энергетике. Понятие «культура безопасности». Показатели культуры безопасности. Система ядерной и радиационной безопасности в Беларуси.

Тема 4. Система нормативных документов в области использования ядерной энергии

Структура системы правовых и нормативных документов. Рекомендации и требования МАГАТЭ в области ядерной безопасности. Законодательная и нормативно-правовая база Республики Беларусь в области использования атомной энергии, ядерной и радиационной безопасности. Система нормативных документов Республики Беларусь в области использования атомной энергии.

Тема 5. Принцип глубокоэшелонированной защиты

Физические барьеры на пути выхода радиоактивных продуктов. Защита барьеров. Самозащищённость, внутренне присущая безопасность. Принцип глубокоэшелонированной защиты. Уровни глубокоэшелонированной защиты.

Тема 6. Выбор площадки и проектирование АС

Понятие площадки АС и связанных с ней факторов. Общие критерии выбора площадки АС. Факторы, учитываемые при выборе площадки АС. Возможное влияние АС на окружающую территорию. Общие требования проектирования АС. Требования к активной зоне. Требования к первому контуру. Требования к системам управления технологическими процессами.

Тема 7. Изготовление оборудования и сооружение АС

Общий подход. Классификация систем и элементов АС. Классификация оборудования, работающего под давлением. Требования к конструированию и материалам. Испытания на прочность и плотность. Контроль за состоянием металла.

Тема 8. Ввод в эксплуатацию, эксплуатация, снятие с эксплуатации. Системы безопасности. Надёжность реакторной установки, её элементов и систем

Ввод в эксплуатацию. Эксплуатация. Снятие энергоблока с эксплуатации. Функции системы безопасности. Классификация систем безопасности. Комплексность свойств надёжности. Безотказность систем реакторной установки. Показатели надёжности систем безопасности. Структурное резервирование. Отказы по общей причине. Восстановление работоспособности элементов и систем безопасности. Защитные, локализирующие, обеспечивающие и управляющие системы безопасности. Количественные показатели безопасности. Повышение безотказности элементов. Роль свойства самозащищённости реакторной установки.

Тема 9. Обращение и хранение отработавшего топлива и радиоактивных отходов

Отработавшее топливо: проблемы хранения, переработки и захоронения; возможные пути решения. Проблемы обращения с радиоактивными отходами. Вопросы безопасности и международное регулирование.

Тема 10. Нормы и правила радиационной безопасности

Закон о радиационной безопасности. Основные принципы и мероприятия обеспечения радиационной безопасности. Нормы радиационной безопасности при нормальной эксплуатации АС. Требования по ограничению облучения населения в условиях радиационной аварии. Критерии обеспечения радиационной безопасности для АС.

Тема 11. Выход и распространение радиоактивных продуктов

Количество, состав и свойства радиоактивных продуктов в реакторе. Распространение радиоактивных продуктов через барьеры. Распространение радиоактивных продуктов в атмосфере. Радиационное воздействие на человека в результате прохождения радиоактивного облака.

Тема 12. Детерминистский и вероятностный анализ безопасности

Общие положения детерминистского анализа безопасности. Основные определения в рамках детерминистского подхода. Методы детерминистического анализа. Цели вероятностного анализа безопасности. Уровни вероятностного анализа безопасности.

Тема 13. Средства детерминистского и вероятностного анализа безопасности

Современные компьютерные коды, используемые в практике детерминистского анализа: классификация, методология применения, верификация, валидация. Современные теплогидравлические системные реалистические расчётные коды, моделирования процессов в контейнменте, моделирования тяжёлых аварий. Программные средства, используемые в практике вероятностного анализа.

Тема 14. Качественный анализ аварии. Крупнейшие аварии на АЭС

Международная шкала происшествий на АС. Аварии на АЭС ТМІ (США), ЧАЭС (СССР), Fukushima (Япония).

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Ауд. контроль УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Проблемы обеспечения безопасности ядерного топливного цикла. Основные составляющие проблемы безопасности АС.	2						выборочный контроль
2	Система управления и регулирования безопасности использования ядерной энергии.	2						выборочный контроль
3	Система обеспечения качества и культуры безопасности	2						выборочный контроль
4	Система нормативных документов в области использования ядерной энергии.	2		2				выборочный контроль; реферат
5	Принцип глубокоэшелонированной защиты.	2		2				выборочный контроль; реферат
6	Выбор площадки и проектирование АС.	2		2				выборочный контроль; реферат
7.	Изготовление оборудования и сооружение АС.	2						выборочный контроль

8	Ввод в эксплуатацию, эксплуатация, снятие с эксплуатации. Системы безопасности. Надёжность реакторной установки, её элементов и систем.	2		2				выборочный контроль; реферат
9.	Обращение и хранение отработавшего топлива и радиоактивных отходов.	2		2				выборочный контроль
10	Нормы и правила радиационной безопасности.	2						выборочный контроль
11	Выход и распространение радиоактивных продуктов.	2						выборочный контроль
12	Детерминистский и вероятностный анализ безопасности.	2						выборочный контроль
13	Средства детерминистского и вероятностного анализа безопасности.	2		2			2	выборочный контроль; реферат контрольная работа по темам 1– 13.
14	Качественный анализ аварии. Крупнейшие аварии на АЭС.	2						выборочный контроль

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Ковалевич, О.М. Основы обеспечения безопасности атомных станций: учеб. пособие для вузов / О.М. Ковалевич. – М.: Изд-во МЭИ, 1999. – 136 с.
2. Солонин, В.И. Безопасность и надежность реакторных установок / В.И. Солонин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. – 80 с.
3. Асмолов, В.Г. Основы обеспечения безопасности АЭС: учеб. пособие / В.Г. Асмолов, В.Н. Блинов, О.М. Ковалевич. – М.: Изд. дом МЭИ, 2014. – 152 с.
4. Использование атомной энергии, ядерная и радиационная безопасность: Сб. нормативных правовых актов. – Мн.: Ин-т радиологии. – Ч. I. – 2010. – 344 с.
5. Использование атомной энергии, ядерная и радиационная безопасность: Сб. нормативных правовых актов. – Мн.: Ин-т радиологии. – Ч. II. – 2010. – 353 с.
6. Использование атомной энергии, ядерная и радиационная безопасность: Сб. нормативных правовых актов. – Мн.: Ин-т радиологии. – Ч. III. – 2011. – 360 с.
7. Использование атомной энергии, ядерная и радиационная безопасность: Сб. нормативных правовых актов. – Мн.: Ин-т радиологии. – Ч. IV. – 2011. – 360 с.
8. Ввод в эксплуатацию реакторных установок ВВЭР на АЭС – завершающий этап разработки проектов / В.П. Денисов [и др.]. – М.: ИздАТ, 2006. – 496 с.
9. Скачек, М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС: Учебное пособие для вузов / М.А. Скачек. – М.: Изд. дом МЭИ, 2007. – 648 с.
10. Марков Ю.В. Введение в разработки и обоснования технических характеристик и безопасности эксплуатации реакторных установок типа ВВЭР / Ю.В. Марков, В.А. Сидоренко, – М.: НИЦ «Курчатовский институт», 2013. – 176 с.
11. Семенович, О.В. Сравнительный анализ современных теплогидравлических системных реалистических расчётных кодов / О.В. Семенович, А.В. Дойникова, В.А. Шапоров. – Мн., 2015. – 48 с. – (Препринт / НАН Беларуси. Объединенный ин-т энергет. и ядер. исслед.–Сосны; ОИЭЯИ-69).
12. Семенович, О.В. Контейментные теплогидравлические расчётные коды. Аналитический обзор / О.В. Семенович, А.Н. Тишкович, А.В. Дойникова. – Минск, 2017. – 36 с. – (Препринт / НАН Беларуси. Объединенный ин-т энергет. и ядер. исслед.–Сосны; ОИЭЯИ-72). {1,65 уил / 1,8 упл. }

13. Острейковский, В.А. Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ / В.А. Острейковский, Ю.В. Швыряев. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 352 с.

14. Закон Республики Беларусь от 30 июля 2008 года № 426-З «Об использовании атомной энергии».

15. Закон Республики Беларусь от 18 июня 2019 года № 198-З «О радиационной безопасности».

16. Закон Республики Беларусь от 18 июля 2016 года № 399-З «О государственной экологической экспертизе, стратегической экологической оценке и оценке воздействия на окружающую среду».

17. Митенков, А.Ф. Четверть века: воспоминание о группе радиационной разведки / А.Ф. Митенков. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2012. – 144 с.

18. Кононова Л.А. Радиационная безопасность / Л.А. Кононова, М.Н. Акимов // изд. 2-е стереотип. – М.: Лань, 2019. – 164 с.

19. Андрюшечко, ВВ. ВВЭР-1200 Эволюция классики Физические основы эксплуатации, системы и элементы, ядерное топливо, безопасность / С.С. Андрюшечко и др. – М., Логос, 2019. – 559 с.

20. Поваров, В.П. Системы безопасности АЭС-2006 / В.П. Поваров и др. – Тула, ООО «Всрок», 2020. – 437 с.

21. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия– Беларусь). – Москва– Минск, 2009. – 139 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Серия норм по безопасности (МАГАТЭ).

2. Бахметьев, А.М. Методы оценки и обеспечения безопасности ЯЭУ / А.М. Бахметьев, О.Б. Самойлов, Г.Б. Усынин. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 136 с.

3. Самойлов, О.Б. Безопасность ядерных энергетических установок: Учеб. пособие для вузов / О.Б. Самойлов, Г.Б. Усынин, А.М. Бахметьев. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 280 с.

4. Логвинов, С.А. Экспериментальное обоснование теплогидродинамической надежности реакторов ВВЭР / С.А. Логвинов, Ю.А. Безруков, Ю.Г. Драгунов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 255 с.

5. Прочность основного оборудования и трубопроводов реакторных установок ВВЭР / Шарый Н.В. [и др.]. – М.: ИзДАТ, 2004. – 496 с.

6. Экспериментальные исследования напряженного состояния и прочности оборудования ВВЭР / Б.Н. Драченко [и др.]. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 640 с.

7. Кузнецов, Ю.Н. Теплообмен в проблеме безопасности ядерных реакторов / Ю.Н. Кузнецов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 296 с.

8. Швыряев, Ю.В. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Методы выполнения / Ю.В. Швыряев. – М.: ИАЭ им. И.В. Курчатова, 1992. – 266 с.

9. Вероятностный анализ безопасности атомных станций (ВАБ): учеб. пособие / В.В. Бегун [и др.]. – К., 2000. – 568 с.

10. Семенович, О.В. Термогидродинамика переходных и аварийных режимов реакторных установок: учеб. пособие / О.В. Семенович. – Мн.: Выш. школа, 2016. – 239 с.

11. «11-я международная научно-техническая конференция «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР». Материалы конференции [Электронный ресурс]», 21–24 мая 2019. – ОКБ «ГИДРОПРЕСС», г. Подольск Московской обл, Россия – (в свободном доступе на сайте www.gidropress.podolsk.ru).

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать реферат, контрольную работу, выборочный контроль.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Контрольная работа проводится в письменной форме.

Оценка каждого из контрольных мероприятий проводится по десятибалльной шкале.

В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время.

Оценка текущей успеваемости – O_T – определяется как средневзвешенное (с округлением до целого значения по общепринятым правилам) оценок, полученных за контрольные мероприятия. Рассчитывается по формуле: $O_T = (O_{KR} + O_{REF})/2$, где O_{KR} – оценка контрольной работы; O_{REF} – оценка за реферативную работу: реферат в форме доклада на семинаре.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Ядерная безопасность» учебным планом предусмотрен экзамен.

Для допуска к экзамену необходимо получить O_T минимум 4 (четыре).

Экзамен проводится в устной форме.

Итоговая (рейтинговая оценка) – $O_{И}$ – определяется как средневзвешенное значение оценки текущей успеваемости и оценки экзамена – $O_{Э}$ – по формуле $O_{И} = 0,15 \cdot O_T + 0,85 \cdot O_{Э}$ (с округлением до целого значения по общепринятым правилам).

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

В рамках управляемой самостоятельной работы проводится контрольная работа по темам 1– 13 учебно-методической карты учебной дисциплины.

В рамках контрольной работы студент(-ка) письменно отвечает на 10 вопросов из числа вопросов, предлагаемых для самоконтроля в материалах лекций по темам, выносимых на контрольную.

Список вопросов (в формулировке, представленной в билетах) представляется преподавателем не позднее, чем за 10 дней до дня проведения контрольной работы.

Билеты контрольной работы предоставляются преподавателем.

Примерная тематика семинарских занятий

Семинар № 1.

Система нормативных документов в области использования ядерной энергии.

Семинар № 2.

Принцип глубокоэшелонированной защиты.

Семинар № 3.

Выбор площадки и проектирование АС.

Семинар № 4.

Ввод в эксплуатацию, эксплуатация, снятие с эксплуатации. Системы безопасности. Надёжность реакторной установки, её элементов и систем.

Семинар № 5.

Обращение и хранение отработавшего топлива и радиоактивных отходов.

Семинар № 6.

Средства детерминистского и вероятностного анализа безопасности.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются **практико-ориентированный подход и метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)**. Это предполагает освоение содержания образования через решения практических задач; приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности; ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры; использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций; приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач; анализ ситуа-

ции, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Основой методики организации самостоятельной работы студентов является предоставление студентам необходимой для работы информации, а также обеспечение регулярных консультаций преподавателя и периодичной отчетности по различным видам учебной и самостоятельной работы.

В открытом доступе для студентов размещается следующая информация: программа дисциплины с указанием основной и дополнительной литературы; ЭУМК по разделу 2 учебной дисциплины; график консультаций преподавателя; вопросы к экзамену.

В случае необходимости, освоение части материала семинарских занятий по отдельным темам и в объеме, определяемым решением кафедры, может быть организовано с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и привлечением электронных средств обучения. Организация занятий с привлечением электронных средств обучения ведется с помощью образовательного портала Физического факультета БГУ eduphys.bsu.by.

Примерные темы реферативных работ

1. Нормы безопасности МАГАТЭ: основополагающие принципы безопасности.
2. Нормы безопасности МАГАТЭ: инспекции для целей регулирования ядерных установок и санкции регулирующего органа.
3. Размещение атомных станций. Порядок разработки общей программы обеспечения качества для атомной станций.
4. Размещение атомных станций. Порядок разработки программы обеспечения качества при выборе площадки для атомной станции.
5. Нормы безопасности МАГАТЭ: проектирование активных зон реакторов атомных электростанций.
6. Нормы безопасности МАГАТЭ: государственная, правовая и регулирующая основа обеспечения безопасности.
7. Нормы безопасности МАГАТЭ: документация, предназначенная для использования при регулировании ядерных установок.
8. Системы безопасности, предусмотренные в проекте АЭС-2006 (на примере одной из систем).
9. Оценка площадок для ядерных установок.
10. Внешние события техногенного происхождения в оценке площадки для атомной электростанции.
11. Эволюция требований по сейсмической безопасности для ядерных установок.

12. Аспекты радиационной защиты при проектировании атомных электростанций.
13. Проектирование активных зон атомных электростанций.
14. Проектирование системы теплоносителя и связанных с ней систем атомных электростанций.
15. Безопасность атомных электростанций : ввод в эксплуатацию и эксплуатация.
16. Управление активной зоной и обращение с топливом на атомных электростанциях.
17. Техническое обслуживание, надзор и инспекции при эксплуатации на атомных электростанциях.
18. Радиационная защита и обращение с радиоактивными отходами при эксплуатации атомных электростанций.
19. Учёт эксплуатационного опыта о событиях на ядерных установках.
20. Проектирование систем для обращения с топливом и его хранения на атомных электростанциях.
21. Обращение с радиоактивными отходами высокого уровня активности перед их захоронением.
22. Обращение с радиоактивными отходами низкого и среднего уровня активности перед захоронением.
23. Хранение радиоактивных отходов.
24. Расчётный код для моделирования физики реактора (рассматриваемое программной средство, выбирается исполнителем реферативной работы).
25. Теплогидравлический системный реалистический расчётный код (рассматриваемое программной средство, выбирается исполнителем реферативной работы).
26. Теплогидравлический контейментный расчётный код (рассматриваемое программной средство, выбирается исполнителем реферативной работы).
27. Расчётный код для моделирования тяжёлых аварий (рассматриваемое программной средство, выбирается исполнителем реферативной работы).
28. Программное средство для вероятностного анализа (рассматриваемое программной средство, выбирается исполнителем реферативной работы).

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Ядерная безопасность. Культура ядерной безопасности. Дайте, пожалуйста, классификацию уровней реализации культуры безопасности и перечислите, пожалуйста, основные задачи, соответствующие названным уровням. Какие черты характеризуют показатели культуры безопасности?
2. В чём суть принципа глубокоэшелонированной защиты? Сколько уровней глубоко эшелонированной защиты принято выделять? Сколько ступеней принято выделять, рассматривая «принцип защиты в глубину»? Каковы задачи каждой из них?

3. Концепция безопасности АС – что это? Дайте, пожалуйста, классификацию нештатных ситуаций. Приведите, пожалуйста, шкалу МАГАТЭ инцидентов на АС.

4. Барьеры безопасности АС. Эксплуатационный предел повреждения твэлов. Предел безопасной эксплуатации по количеству и величине дефектов твэлов. Максимальный проектный предел повреждения твэлов.

5. Участники процесса использования атомной энергии.

6. Основные составляющие проблемы обеспечения безопасности АС.

7. Основную задачу обеспечения безопасности АС.

8. Основные меры и принципы, реализация которых обеспечивает безопасность ЯЭУ.

9. основополагающие моменты, которые должна определять законодательная база в области использования атомной энергии.

10. «Эксплуатирующая организация». Её задачи и обязанности.

11. Регулирующий орган: главная цель создания и функционирования регулирующего органа, каким должен быть РО по своему статусу и фактическому состоянию, основные задачи регулирующего органа, права и обязанности регулирующего органа.

12. На чём основывается и из чего состоит законодательство Республики Беларусь в области использовании атомной энергии? Каким законом нашей страны это регламентируется?

13. Каким законом нашей страны регламентируются полномочия Президента Республики Беларусь в области использования атомной энергии? Перечислите, пожалуйста, эти полномочия.

14. Каким законом нашей страны регламентируются полномочия Правительства Республики Беларусь в области использования атомной энергии? Перечислите, пожалуйста, эти полномочия.

15. Понятие «обеспечение качества». Дайте, пожалуйста, краткую характеристику деятельности по обеспечению качества: на что она направлена, чем регламентируется, какими мерами и мероприятиями достигается. Что включает в себя понятие «система обеспечения качества» в атомной энергетике? Что такое ПОКАС? Какие виды ПОКАС Вы можете назвать?

16. Каким законом нашей страны регламентируются принципы осуществления деятельности по использованию атомной энергии? Перечислите, пожалуйста, эти принципы.

17. Кто в нашей стране правомочен принимать решение о строительстве АЭС? в нашей стране правомочен принимать решение о выводе из эксплуатации блока АЭС? Кто в нашей стране правомочен принимать решение о проектировании ядерной установки? Кто в нашей стране правомочен принимать решение о вводе в эксплуатацию пункта хранения? Какими законом или законами это регламентируется?

18. Сформулируйте, пожалуйста, иерархическую структуру национальных законодательных и нормативных актов и документов в области использования, существующих в нашей стране. Перечислите, пожалуйста, законы Республики Беларусь, регламентирующие деятельность в области использо-

вания атомной энергии. Что в вопросах использования атомной энергии имеет больший приоритет: правила международных договоров Республики Беларусь или положения соответствующих законов нашей страны? В каких законах дан ответ на этот вопрос?

19. Что такое «функции безопасности»? Что называют «фундаментальными функциями безопасности»?

20. Что такое «системы безопасности»? Дайте, пожалуйста, классификацию.

21. «Площадка АС» – что это? «Промплощадка» и «площадка АС» – как они соотносятся? «Санитарно-защитная зона» – что это? «Санитарно-защитная зона» и «площадка АС» – как они соотносятся?

22. «Зона наблюдения» – что это? «Зона наблюдения» и «площадка АС» – как они соотносятся? «Зона наблюдения» и «санитарно-защитная зона» – как они соотносятся?

23. «Зона планирования защитных мероприятий» – что это? «Зона планирования мероприятий по обязательной эвакуации» – что это? Как соотносятся «зона планирования защитных мероприятий», «зона планирования мероприятий по обязательной эвакуации» и «санитарно-защитная зона»?

24. «Пункт размещения АС» – что это? «Район размещения АС» – что это? Как соотносятся «пункт размещения АС», «район размещения АС» и «площадка АС»?

25. «Площадка АС» – что это? «Промплощадка» и «площадка АС» – как они соотносятся? Перечислите, пожалуйста, факторы, учитываемые при выборе площадки АС.

26. На какие группы подразделяется оборудование и трубопроводы, работающие под давлением? Как они соотносятся с классами безопасности по классификации ОПБ АС?

27. В чём заключается главная функция систем безопасности АС?

28. Поясните, пожалуйста, смысл терминов «надёжность», «безотказность», «отказ», «долговечность», «ремонтпригодность».

29. Перечислите, пожалуйста, количественные показатели безопасности? Изобразите, пожалуйста, схематически график зависимости интенсивности отказов от времени эксплуатации. Обозначьте, пожалуйста, основные стадии и назовите их.

30. Что такое «кратность резервирования»? Изобразите, пожалуйста, схематически «канальную» и «коллекторную» схемы резервирования. У которой из них ниже вероятность отказа?

31. Как можно классифицировать образующиеся в процессе эксплуатации АЭС «продукты», являющиеся источниками ионизирующих излучений? Дайте, пожалуйста, классификации радиоактивных отходов. Поясните, пожалуйста, смысл каждого элемента предложенных классификационных схем.

32. Какими соображениями следует руководствоваться и какие факторы учитывать при оценке подкритичности в системах хранения облучённого топлива? Перечислите, пожалуйста, примерный состав оборудования, преду-

смаатриваемого для обеспечения безопасного обращения с облучённым топливом.

33. Перечислите, пожалуйста, основные задачи безопасности при хранении и обращении с облучённым топливом. Какие характеристики воды следует поддерживать при хранении облучённого топлива? С какими целями?

34. Перечислите, пожалуйста, необходимые компоненты программы инспектирования облучённого топлива.

35. Что включает в себя типичная эксплуатационная деятельность, связанная с хранением РАО? Что включает в себя вспомогательная эксплуатационная деятельность, связанная с хранением РАО?

36. Перечислите, пожалуйста, основные принципы обеспечения радиационной безопасности и поясните каждый из них. На каких принципах основывается система радиационной безопасности населения при радиационной аварии?

Выполнением каких мероприятий обеспечивается радиационная безопасность?

37. По каким основным показателям осуществляется оценка состояния радиационной безопасности? Каковы обязанности эксплуатирующей организации в случае возникновения радиационной аварии при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии, приведшей к выбросу в окружающую среду радиоактивных веществ сверх установленных пределов?

38. Дайте, пожалуйста, классификацию радиоактивных нуклидов, образующихся в процессе работы ядерного реактора. Охарактеризуйте кратко каждую из названных классификационных групп. Поясните, пожалуйста, смысл терминов «выброс» и «сброс», при употреблении их применительно к РАО.

39. Дайте, пожалуйста, классификацию нештатных ситуаций. Что означает термин «отказ по общей причине»? Приведите, пожалуйста, классификацию отказов по общей причине. Приведите, пожалуйста, примеры отказов по общей причине вследствие исходного события. Приведите, пожалуйста, примеры зависимых отказов в процессе аварии.

40. Дайте, пожалуйста, классификацию нештатных ситуаций. Что означает термин «нормальная эксплуатация атомной станции».

41. Дайте, пожалуйста, классификацию нештатных ситуаций. Что означает термин «нарушение нормальной эксплуатации АС».

42. Дайте, пожалуйста, классификацию нештатных ситуаций. Что означает термин «ошибочное решение».

43. Дайте, пожалуйста, классификацию нештатных ситуаций. Что означает термин «авария».

44. Дайте, пожалуйста, классификацию нештатных ситуаций. Что означает термин «проектная авария».

45. Дайте, пожалуйста, классификацию нештатных ситуаций. Что означает термин «запроектная авария».

46. Дайте, пожалуйста, классификацию нештатных ситуаций. Что означает термин «тяжёлая запроектная авария».

47. Детерминистический анализ безопасности – что это? Дайте, пожалуйста, классификацию компьютерных кодов, применяемых при анализе безопасности АЭС. Что есть «постулированное исходное событие»? Приведите примеры для ВВЭР.

48. В чём состоит суть вероятностного анализа? Уровни вероятностного анализа. Цели и задачи ВАБ-1?

49. В чём состоит суть вероятностного анализа? Уровни вероятностного анализа. Цели и задачи ВАБ-2?

50. В чём состоит суть вероятностного анализа? Уровни вероятностного анализа. Цели и задачи ВАБ-3?

51. Как различаются системы и элементы АС? Как различаются системы и элементы АС по назначению? Как различаются системы и элементы АС по влиянию на безопасность?

52. Как классифицируются системы и элементы АС по степени влияния на безопасность? Перечислите, пожалуйста, системы и элементы АС, относящиеся к 1-му классу безопасности. К какому классу безопасности относится элемент АС, если он имеет признаки нескольких классов?

53. Как классифицируются системы и элементы АС по степени влияния на безопасность? Перечислите, пожалуйста, системы и элементы АС, относящиеся к 2-му классу безопасности. К какому классу безопасности относится элемент АС, если он имеет признаки нескольких классов?

54. Как классифицируются системы и элементы АС по степени влияния на безопасность? Перечислите, пожалуйста, системы и элементы АС, относящиеся к 3-му классу безопасности. К какому классу безопасности относится элемент АС, если он имеет признаки нескольких классов?

55. Как классифицируются системы и элементы АС по степени влияния на безопасность? Перечислите, пожалуйста, системы и элементы АС, относящиеся к 4-му классу безопасности. К какому классу безопасности относится элемент АС, если он имеет признаки нескольких классов?

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Атомные электрические станции.	Кафедра ядерной физики.	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения.	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 17.06.2021 г.)
2. Ядерные энергетические установки.	Кафедра ядерной физики.	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения.	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 11 от 17.06.2021 г.)
3. Системы управления и защиты ядерных энергетических установок.	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №11 от 17.06.2021 г.)
4. Действие ионизирующих излучений на биообъекты.	Кафедра ядерной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол №11 от 17.06.2021 г.)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании
кафедры ядерной физики
(протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой
ядерной физики
к. ф.-м. н., доцент

_____ А.И. Тимощенко

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
к. ф.-м. н., доцент

_____ М.С. Тиванов