

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета


УТВЕРЖДАЮ
Директор
МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ
О.И. Родькин
«25» Июль 2025

Регистрационный № УД-1435-25/уч.

**КОНТРОЛЬ И ФИЗИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И
ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность

2025 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-100 01 01-2021 от 25.04.2022 и учебного плана учреждения образования для специальности 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность Рег.№134-21/уч. от 25.06.2021

СОСТАВИТЕЛИ:

О.М. Хаджинова, старший преподаватель кафедры ядерных и медицинских технологий Учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

С.Н. Боровская, начальник лаборатория учета и контроля ядерных материалов, отдела ядерной безопасности, РУП «БелАЭС»;

А.И. Тимошенко, заведующий кафедрой ядерной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ядерных и медицинских технологий «Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета
(протокол № 11 от 20.06.2025);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета
(протокол № 9 от 25.06.2025)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью данной дисциплины является приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков по организации комплексной системы обеспечения физической ядерной безопасности, включая меры учета, контроля и физической защиты при использовании ядерных и других радиоактивных материалов.

Задачи учебной дисциплины состоят в следующем:

- освоение принципов обеспечения физической ядерной безопасности;
- формирование понимания механизмов обеспечения гарантий нераспространения ядерного оружия;
- изучение основных требований нормативно-правовой базы в области учета, контроля и физической защиты

Дисциплина «Контроль и физическая защита ядерных материалов и источников ионизирующего излучения» является важной составляющей профессиональной подготовки специалистов по специальности 1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность». Она входит в модуль «Обеспечение безопасной эксплуатации ядерных энергетических установок и источников ионизирующего излучения» и направлена на формирование у студентов комплексных знаний и практических навыков в области учета и физической защиты ядерных материалов (ЯМ), источников ионизирующего излучения (ИИИ) и связанной с ними деятельности.

Для усвоения данной дисциплины необходимо изучение следующих дисциплин: «Физика ядра и ионизирующего излучения», «Измерение характеристик ионизирующего излучения», «Основы радиационной безопасности», «Нейтронная физика», «Ядерные реакторы и атомные станции».

В ходе изучения учебной дисциплины студент должен освоить следующие базовые профессиональные и универсальные **компетенции**:

- понимать основные принципы обеспечения ядерной физической безопасности, принципы действия технических средств и организационно-технические методы физической защиты установок и деятельности, связанных с ядерными и радиоактивными материалами;
- способность к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности.

В результате усвоения учебной дисциплины студент должен **знать**:

- систему мер МАГАТЭ в области гарантий нераспространения ядерного оружия;
- основы глобального режима физической ядерной безопасности;
- принципиальные подходы по вопросам построения СФЗ радиационно-опасных объектов;

уметь:

- осуществлять физическую инвентаризацию ЯМ и ИИИ;
- формировать основную учетную и отчетную документацию на уровне пользователя и регулирующего органа;

- анализировать меры контроля за ЯМ и ИИИ;
- осуществлять деятельность в условиях функционирования системы физической защиты;

иметь навык:

- использовать требования нормативно-правовой базы Республики Беларусь в области учета, контроля и физической защиты ЯМ и ИИИ;
- оперировать практическими навыками работы с системами учета и контроля;
- осуществлять меры контроля за ЯМ;
- владеть методологией проектирования и оценки эффективности систем физической защиты.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Контроль и физическая защита ядерных материалов и источников ионизирующего излучения» заключается в развитии у студентов исследовательских умений, креативности, творческой инициативы, ответственности и организованности. Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования личности которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, патриотизм, готовность к активному участию в экономической, производственной и социально-культурной жизни страны.

Дисциплина «Контроль и физическая защита ядерных материалов и источников ионизирующего излучения» построена на основе анализа международного опыта в ходе взаимодействия с Международным агентством по атомной энергии.

Особенностью содержания программы дисциплины заключается в комплексном подходе к изучению и анализу требований в области физической ядерной безопасности. Дисциплина охватывает как международные стандарты, так и национальные нормативные правовые акты Республики Беларусь, регулирующие вопросы нераспространения ядерного оружия, а также системы учета, контроля и физической защиты ядерных материалов и источников ионизирующего излучения.

Рассматриваются вопросы становления современной системы гарантий МАГАТЭ. Студенты детально изучают функционирование национальных систем учета и контроля ЯМ и ИИИ. Отдельное внимание уделяется практической работе с современными программными средствами в области учета. Практические задания выполняются с использованием учебно-лабораторного комплекса «Atomic Keeper Education».

В процессе изучения дисциплины студенты получают знания и практические навыки в области обеспечения физической защиты ЯМ и ИИИ, а также связанных с ними установок и деятельности. Они осваивают методологию проектирования и оценки эффективности систем физической защиты (СФЗ) различных радиационно-опасных объектов, изучают инженерно-технические средства защиты и учатся организовывать физическую защиту на объектах.

Дисциплина изучается в 9-м семестре. Программа рассчитана на 216 часов, из которых 108 часов аудиторных часов. На лекции отводится 40 часов, на

семинарские занятия – 20 часов, на практические занятия – 8 часов, на лабораторные работы – 40 ч. Форма получения высшего образования – очная (дневная).

Текущий контроль знаний рекомендуется вести по результатам работы студентов на лабораторных и практических занятиях.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Глобальный режим ядерной безопасности

Ядерный и радиационный терроризм: объекты, хищение, диверсия. База данных по инцидентам и незаконному обороту (ITDB). Физическая ядерная безопасность. Связь систем учета и контроля и системы физической защиты.

Тема 2. Международный режим ядерного нераспространения

Международные правовые акты в области нераспространения ядерного оружия. Основные положения договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО). Международная система экспортного контроля. Комитет Цангера. Группа ядерных поставщиков. История развития международных гарантий нераспространения. Соглашения о гарантиях с МАГАТЭ: предметные, всеобъемлющие, на добровольной основе, дополнительный протокол, протокол о малых количествах (INFCIRC/66, INFCIRC/153, INFCIRC/540). Деятельность МАГАТЭ. Инспекции. Некоторые современные проблемы ядерного нераспространения.

Тема 3. Учет и контроль источников ионизирующего излучения

Категоризация источников ионизирующего излучения (ИИИ) и радиационных объектов по степени радиационной опасности. Организация учета и контроля ИИИ в Республике Беларусь: основные требования нормативных документов.

Тема 4. Система учета и контроля ядерных материалов

Система учета и контроля ядерных материалов (УиК ЯМ) на уровне государства и эксплуатирующей организации. Основные понятия системы материального баланса ЯМ: категоризация ЯМ для целей учета, формы, типы ЯМ, партия, установка, зона баланса материала, контрольная точка измерения, место вне установки. Организация УиК ЯМ в ЗБМ. Учетные и отчетные документы в системе УиК ЯМ в государстве и на международном уровне. Материально-балансовые и эксплуатационные учетные документы. Подготовка учетных отчетов. Код 10.

Измерения ЯМ в целях учета и контроля ЯМ. Разрушающий и неразрушающий анализ ЯМ: приборная база, методы измерения. Физическая инвентаризация и материальный баланс ЯМ.

Тема 5. Контроль ядерных материалов: меры сохранения и наблюдения

Обеспечение сохранности и требуемого порядка в обращении с ЯМ, достоверности знаний о ЯМ. Наблюдение за наличием ЯМ, проверка санкционированного размещения и перемещения ЯМ. Контроль доступа к ЯМ, оборудованию и информации. Меры сохранения. Устройства индикации вмешательства. Средства и меры контроля ЯМ на предприятии.

Тема 6. Требования в области УиК ЯМ в Республике Беларусь

Нормативно-правовые основы гарантий в Республике Беларусь. Государственная система УиК ЯМ в Беларуси. Основные требования законодательных и нормативных правовых актов в области УиК ЯМ в Республике Беларусь. Осуществление процедур учета и контроля на уровне организации.

Тема 7. Международный режим физической ядерной безопасности

Международный режим физической ядерной безопасности (ФЯБ). Кодекс поведения по обеспечению безопасности и сохранности радиоактивных источников. Конвенция о физической защите ЯМ. Правовые основы обеспечения физической защиты. Международные рекомендации в области ФЯБ (Публикации МАГАТЭ по физической ядерной безопасности NSS-11, NSS-13, NSS-14, NSS-15 и др.). Национальные требования в области обеспечения физической защиты ИИИ, ЯМ и связанных с ними установок.

Тема 8. Система физической защиты

Понятие и подходы к проектированию системы физической защиты (СФЗ). Назначение и выполняемые функции СФЗ. Характеристики возможных угроз и целей. Внешний и внутренний нарушитель. Мотивы и тактика действий нарушителя.

Структура системы физической защиты. Цели, выполняемые функции, характеристики и критерии подсистем СФЗ. Организационные мероприятия СФЗ. Комплекс инженерно-технических СФЗ. Периметровые и объектовые средства обнаружения. Физические барьеры. Контроль и управление доступом в системах физической защиты. Организация контрольно-пропускных пунктов. Оценка эффективности СФЗ.

Категоризация ЯМ для целей физической защиты. Специфика угроз безопасности для ядерных объектов. Структура охраняемых зон. Физическая защита ИИИ и ЯМ при их транспортировке. Информационная безопасность систем ФЗ и УиК ЯМ и ИИИ. Проектирование физической защиты условного объекта.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(для очной (дневной) формы получения высшего образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1.	Глобальный режим ядерной безопасности	4		2				1,2,4
2.	Международный режим ядерного нераспространения	10		4				1,2,4
3.	Учет и контроль источников ионизирующего излучения	2			4			1-4
4.	Система учета и контроля ядерных материалов	10	4					1,2,4
5.	Контроль ядерных материалов: меры сохранения и наблюдения	2		4				1-4
6.	Требования в области УиК ЯМ в Республике Беларусь	4			36			1,2,4
7.	Международный режим физической ядерной безопасности	2		4				1,2,4
8.	Система физической защиты	6	4	6				1,2,4
	ИТОГО	40	8	20	40			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Пряхин, А. Е. Основы физической защиты ядерных материалов и установок : учеб. пособие / А. Е. Пряхин, Б. А. Яценко. – Минск : Выш. шк., 2012. – 270 с.
2. Учет и контроль радиоактивных веществ и отходов : учеб. пособие. – М. : МАКС Пресс, 2006. – 216 с.

Дополнительная

3. Беденко, С. В. Надзор и контроль в сфере безопасности. Учет и контроль делящихся материалов : учеб. пособие для магистратуры / С. В. Беденко, И. В. Шаманин. – М. : Юрайт, 2017. – 90 с.
4. Департамент по ядерной и радиационной безопасности МЧС Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosatomnadzor.mchs.gov.by>. – Дата доступа: 09.06.2025.
5. IAEA safeguards glossary : international nuclear verification series, №3 (Rev. 1) // 2022 Edition. – Vienna : IAES, 2022. – 320 p.
6. Гарсиа, М. Л. Проектирование и оценка систем физической защиты / М. Л. Гарсиа : пер. с англ. – М. : Изд-во Мир, 2003. – 386 с.
7. Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся физической защиты ядерных материалов и ядерных установок, (INFCIRC/225/Revision 5) : серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 13 / МАГАТЭ. – Вена : МАГАТЭ, 2012. – 69 с.
8. Рекомендации по обеспечению физической безопасности радиоактивных материалов и установок : серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 14 / МАГАТЭ. – Вена : МАГАТЭ, 2011. – 52 с.
9. Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся ядерных и других радиоактивных материалов, находящихся вне регулирующего контроля : серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 15 / МАГАТЭ. – Вена : МАГАТЭ, 2011. – 44 с.
10. Конвенция о физической защите ядерного материала [Электронный ресурс] : принята 26 октября 1979 года // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа <https://www.un.org>. – Дата доступа: 09.06.2025.
11. Кодекс поведения по обеспечению безопасности и сохранности радиоактивных источников [Электронный ресурс] : одобрен 8 сентября 2003 года // МАГАТЭ. – Режим доступа https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Code-2004_web.pdf. – Дата доступа: 09.06.2025.
12. Правила физической защиты источников ионизирующего излучения : ТКП 389-2012 (02300/02010/03070). – Минск, 2012. – 19 с.

13. Договор о нераспространении ядерного оружия [Электронный ресурс] : одобр. резолюцией 2373 (XII) Генер. Ассамблеи, 12 июня 1968 г. // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/npt.shtml. – Дата доступа: 09.06.2025.

14. Структура и содержание соглашений между Агентством и государствами, требуемых в связи с Договором о нераспространении ядерного оружия : INFCIRC/153 (Corrected) / МАГАТЭ. – Вена : МАГАТЭ, 1975. – 34 с.

15. Типовой дополнительный протокол к Соглашению (ям) между государством(ами) и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий : INFCIRC/540 (Corrected) / МАГАТЭ. – Вена : МАГАТЭ, 1998. – 65 с.

16. Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний [Электронный ресурс] : принят Ген. Ассамблеей ООН 10 сентября 1996 г. // СТВТО. – Режим доступа: <https://www.ctbto.org/the-treaty/treaty-text/>. – Дата доступа: 09.06.2025.

17. Райлли, Д. Пассивный неразрушающий анализ ядерных материалов / Д. Райлли [и др.]. – М. : БИНОМ, 2000. – 720 с.

Формы контроля знаний

№ п / п	Форма
1.	Выборочный контроль на лекциях
2.	Проведение опросов в группе на семинарских занятиях
3.	Защита лабораторных работ
4.	Проведение экзамена по курсу

Инновационные методы и подходы к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется практико-ориентированный подход, который предполагает освоение содержания образования через решения практических задач; метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения; метод анализа конкретных ситуаций, а также метод проектного обучения.

Примерный перечень тем семинарских занятий

1. Тема 1. Глобальный режим ядерной безопасности. Ядерный и радиационный терроризм.
2. Тема 2. Международный режим ядерного нераспространения. Международная система экспортного контроля.
3. Тема 2. Международный режим ядерного нераспространения. Гарантии МАГАТЭ. Некоторые современные проблемы ядерного нераспространения.
4. Тема 5. Контроль ядерных материалов: меры сохранения и наблюдения. Контроль доступа и наблюдение. Анализ практических примеров.
5. Тема 5. Контроль ядерных материалов: меры сохранения и наблюдения. Применение устройств индикации вмешательства.
6. Тема 7. Международный режим физической ядерной безопасности. Международные рекомендации.
7. Тема 7. Международный режим физической ядерной безопасности. Национальные требования.
8. Тема 8. Система физической защиты. Понятие цели и угрозы. Характеристики нарушителя. Оценка эффективности СФЗ.
9. Тема 8. Система физической защиты. Средства обнаружения проникновения.
10. Тема 8. Система физической защиты. Система контроля доступа.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Тема 4. Система учета и контроля ядерных материалов. Основные понятия системы материального баланса ЯМ
2. Тема 4. Система учета и контроля ядерных материалов. Физическая инвентаризация. Измерения ЯМ.

3. Тема 8. Система физической защиты. Демонстрационное ознакомление на реальном объекте.
4. Тема 8. Система физической защиты. Представление и оценка проектов СФЗ для условного объекта.

Примерный перечень тем лабораторных работ

1. Тема 3. Учет и контроль источников ионизирующего излучения. Постановка на учет ИИИ. Инвентаризация ИИИ.
2. Тема 6. Требования в области УиК ЯМ в Республике Беларусь. Учет ядерных IV категории для целей УиК. Постановка на учет.
3. Тема 6. Требования в области УиК ЯМ в Республике Беларусь. Учет ядерных IV категории для целей УиК. Снятие с учета в связи с окончанием срока эксплуатации, расхождением, отправкой в другую организацию.
4. Тема 6. Требования в области УиК ЯМ в Республике Беларусь. Учет ЯМ в составе топлива. Приемка партии свежего топлива.
5. Тема 6. Требования в области УиК ЯМ в Республике Беларусь. Проведение физической инвентаризации ЯМ в ЗБМ энергоблока.
6. Тема 6. Требования в области УиК ЯМ в Республике Беларусь. Учет ЯМ в составе топлива в активной зоне.
7. Тема 6. Требования в области УиК ЯМ в Республике Беларусь. Отправка отработавшего топлива.

Наименования и виды методических средств

№ п / п	Наименование	Вид
1.	Учебно-информационные материалы по теме лекций	Электронный документ
2.	Презентации к лекциям	Электронный документ
3.	Тексты основных международных соглашений, национальных нормативных документов	Сборник нормативных документов. Электронный файл
4.	Методические указания к лабораторным работам	Электронный документ