

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор МГЭИ им. А.Д. Сахарова
БГУ

О. И. Родькин

26 сентября 2024

Регистрационный № УД-1634-24/уч.

**КОНТРОЛЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЯДЕРНЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальностей:

1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-100 01 01-2021 Ядерная и радиационная безопасность 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.В. Гусакова, доцент кафедры ядерных и медицинских технологий учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» БГУ, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.И. Шиманский, доцент кафедры физики твердого тела и нанотехнологий физического факультета БГУ, кандидат физико-математических наук, доцент;

А.В. Басалай, ученый секретарь государственного научного учреждения «Физико-технический институт национальной академии наук Беларуси», кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ядерных и медицинских технологий «Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова» БГУ
(протокол № 4 от 19.11.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ
(протокол № 4 от 26.12.2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Контроль безопасной и надежной работы оборудования в первую очередь связаны с контролем и технической диагностикой его состояния. Их результаты важны как на этапе изготовления элементов и узлов так и при монтаже оборудования, эксплуатации, ремонте и модернизации.

Атомные электростанции являются объектами повышенной опасности, и поэтому контроль состояния их оборудования - обязательное условие эксплуатации.

Считается, что именно ресурс конструкционного металла определяет срок службы установки или устройства. От конструкционного материала зависят технологии и процессы, связанные с выводом из эксплуатации оборудования ядерно-топливного цикла, их безопасность и степень воздействия на окружающую среду. Роль конструкционных материалов активной зоны и корпусов реакторов состоит в обеспечении минимальных последствий возможных аварийных ситуаций, т.е., по существу, в решении главных вопросов безопасности реакторов.

Неразрушающие методы контроля металлов помогают устанавливать и устранять причины брака при производстве металлических изделий. Неразрушающие методы контроля металлов включают в себя ультразвуковые, магнитные, электрические, вихрековые, рентгеновские, оптические и капиллярные методы. Применение неразрушающих методов контроля металлов включает в себя: контроль качества литья (количественный анализ пустот), поиск трещин, анализ толщины стенок, анализ пористости и включений посторонних металлов, контроль внутренней и внешней геометрии. Неразрушающий контроль металлов — одно из наиболее востребованных направлений в энергетической отрасли.

Целью курса является формирование у студентов четких представлений о видах конструкционных материалов используемых в атомной энергетике и о методах их контроля.

Задачами изучаемой дисциплины являются:

- ознакомление обучаемых с технологиями получения металлов и сплавов различного назначения и способами их обработки;
- Изучение современных разрушающих и неразрушающих методов контроля за состоянием металла;
- изучение требований к конструкционным материалам, используемым в ядерных реакторах;

Материал дисциплины основан на знаниях и представлениях, заложенных в дисциплинах «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Общая и неорганическая химия», «Физическое материаловедение».

Методическую основу учебного курса составляют лекции, практические, лабораторные, индивидуальные и самостоятельные занятия. Лекционные занятия раскрывают основные проблемные вопросы по каждому разделу. Практические и лабораторные занятия предназначены для приобретения практических навыков в работе по освоению полученных знаний в предметной области.

При изучении учебной дисциплины обучающийся должен усвоить следующие **компетенции**:

- Использовать методики исследования структурно-фазового состояния материалов, методики измерения основных механических свойств конструкционных материалов, методики проведения неразрушающего контроля материалов в профессиональной деятельности (СК-17);
- Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации (УК-1).

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- основные физико-химические свойства материалов, встречающихся в ядерной энергетике и в отраслях, использующих источники ионизирующего излучения;
- основные методы исследования структурно-фазового состояния материалов и методы неразрушающей дефектоскопии;
- основные способы получения и обработки материалов с заданными свойствами;

уметь:

- измерять основные физические характеристики материалов;
- обрабатывать результаты структурно-фазовых исследований материалов;
- анализировать результаты дефектоскопических испытаний;

владеть:

- методиками исследования структурно-фазового состояния материалов;
- методиками измерения основных механических свойств конструкционных материалов;
- методиками проведения неразрушающего контроля.

В результате освоения учебной дисциплины «Контроль конструкционных материалов ядерных энергетических установок» способствует формированию следующих **компетенций**: Использовать методики исследования структурно-фазового состояния материалов, методики измерения основных механических свойств конструкционных материалов, методики проведения неразрушающего контроля материалов в профессиональной деятельности (СК-17).

Учебная программа по учебной дисциплине «Контроль конструкционных материалов ядерных энергетических установок» рассчитана на 216 учебных часов, из них 108 аудиторных часов, в том числе:

- лекции – 60 часов,
- практические занятия – 24 часа,
- лабораторные занятия – 24 часа.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет в 8 семестре.

Форма получения высшего образования – очная (дневная).

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Контроль знаний предполагает проведение проверочных работ, сдачу отчетов по практическим и лабораторным занятиям.

При разработке учебной программы допустимо производить необходимый отбор и перестановку материала.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Технологии изготовления и обработки материалов

Выращивание монокристаллов. Литейное производство. Основы порошковой металлургии. Сварочное производство. Резание. Термическая обработка. Обработка давлением. Высокоэнергетическая индукционная обработка. Лазерная обработка. Электронно-лучевые технологии.

Тема 2. Разрушающие методы исследования материалов и контроль за состоянием

Металлографические и фратографические методы исследования, оптическая и электронная микроскопия (просвечивающий и сканирующий электронные микроскопы). Рентгеновские методы исследования: структурный и спектральный методы анализа. Методы исследования механических свойств.

Тема 3. Неразрушающий контроль и дефектоскопия

Дефекты и повреждаемость материалов ядерных установок. Возникновение эксплуатационных дефектов в условиях воздействия статических и динамических нагрузок. Растрескивание под действием термических напряжений. Капиллярный метод. Магнитный метод. Вихрековый метод. Акустический метод. Тепловой метод. Радиационный метод

Тема 4. Конструкционные материалы ядерных энергетических установок

Основные процессы, протекающие в материалах при облучении. Требования, предъявляемые к материалам узлов, находящихся вне активной зоны. Конструкционные материалы, применяемые в реакторостроении. Основные механические свойства, совместимость и радиационная стойкость конструкционных материалов ядерных реакторов. Алюминий и его сплавы. Магний и его сплавы. Цирконий и его сплавы. Сплавы на основе железа. Хромистые жаропрочные и нержавеющие стали. Жаропрочные нержавеющие хромоникелевые стали. Сплавы на основе никеля. Тугоплавкие металлы и их сплавы.

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

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1.	Технологии изготовления и обработки материалов	10	6					1,2,4
2.	Разрушающие методы исследования материалов и контроль за состоянием	8	14		8			1,2,3,4
3.	Неразрушающий контроль и дефектоскопия	24			16			1,2,3,4
4.	Конструкционные материалы ядерных энергетических установок	18	4					1,2,4
	ИТОГО	60	24		24			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

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; а также методы развития критического мышления, формирующие навыки работы с информацией в процессе чтения и письма.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Чернов, И.И. Конструкционные и функциональные материалы ядерных энергетических установок: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования / [авт.: И.И. Чернов и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 2021. – 239 с.
2. Гольдаде, В.А. Конструкционные и электротехнические материалы / [В. А. Гольдаде и др.] ; под ред. В.А. Гольдаде, В.А. Струка. – Минск : РИВШ, 2022. – 536 с.
3. Углов, В.В. Радиационные процессы и явления в твердых телах: учеб. пособие / В.В. Углов. – Минск : Выш. шк., 2016. – 188 с.
4. Федотов, А.К. Физическое материаловедение: учеб. пособие : в 3 ч. Ч. 3 : Материалы энергетики и энергосбережения / А.К. Федотов, В.М. Анищик, М.С. Тиванов. – Минск : Выш. шк., 2015. – 463 с.
5. Наумов, В.И. Влияние сред, температур и излучений на материалы ядерной энергетики : учебное пособие / В. И. Наумов, А. А. Хлыбов, Г.В. Пачурин. - Старый Оскол : ТНТ, 2022. - 455 с.

Дополнительная

1. Шепелевич, В.Г. Физика металлов и металловедение : лабораторный практикум: учебное пособие / В.Г. Шепелевич. – Минск : Вышэйшая школа, 2012. – 166 с.
2. Анищик, В.М. Дифракционный анализ : учеб. пособие / В.М. Анищик, В.В. Понарядов, В.В. Углов. – Минск : Выш. шк., 2011. – 215 с.
3. Герасимова, А.Г. Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС и АЭС: учебное пособие / А.Г. Герасимова. – Минск:Выш.шк., 2011. – 272 с.

Наименования и виды методических средств:

№ п / п	Наименование	Вид
1	Презентации РРТ	Электронный файл
2	Сборник заданий к практическим занятиям	Учебное пособие, электронный файл
3	Методические указания к лабораторным работам	Электронный и бумажный виды

Формы контроля знаний:

№ п / п	Форма
1	Выборочный контроль на лекциях
2	Проведение контрольных работ в группе
3	Защита лабораторных работ
4	Проведение зачета по курсу

Примерный перечень тем практических занятий**Тема 1. Технологии изготовления и обработки материалов**

Выращивание монокристаллов. Литейное производство. Основы порошковой металлургии. Сварочное производство. Резание. Термическая обработка. Обработка давлением. Высокоэнергетическая индукционная обработка. Лазерная обработка. Электронно-лучевые технологии.

Тема 2. Разрушающие методы исследования материалов и контроль за состоянием

Металлографические и фратографические методы исследования, оптическая и электронная микроскопия (просвечивающий и сканирующий электронные микроскопы). Рентгеновские методы исследования: структурный и спектральный методы анализа. Методы исследования механических свойств.

Тема 4. Конструкционные материалы ядерных энергетических установок

Основные процессы, протекающие в материалах при облучении. Требования, предъявляемые к материалам узлов, находящихся вне активной зоны. Конструкционные материалы, применяемые в реакторостроении. Основные механические свойства, совместимость и радиационная стойкость конструкционных материалов ядерных реакторов. Алюминий и его сплавы. Магний и его сплавы. Цирконий и его сплавы. Сплавы на основе железа. Хромистые жаропрочные и нержавеющие стали. Жаропрочные нержавеющие хромоникелевые стали. Сплавы на основе никеля. Тугоплавкие металлы и их сплавы.

Примерный перечень тем лабораторных работ

1. Разрушающий контроль. Измерение микротвердости.
2. Разрушающий контроль. Металлографические испытания.
3. Капиллярный метод неразрушающего контроля.
4. Магнитный метод неразрушающего контроля.
5. Акустический метод неразрушающего контроля.
6. Вихретоковый метод неразрушающего контроля.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ С ДРУГИМИ
ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях содержания учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Согласование с другими дисциплинами специальности не требуется			