

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИФТИС

Протокол № 1

от 26.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.03.01 Приборостроение

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
5	3	108	32	32	0	44	0	З
6	4	144	30	30	0	48	0	Э
Итого	7	252	62	62	0	92	0	

## АННОТАЦИЯ

Излагаются основы построения и проектирования киберфизических устройств и систем различных областей применения. Рассматриваются основные виды, типичная структура и состав КФУС. Обсуждаются вопросы, связанные с этапами и стадиями проектирования, жизненным циклом изделий, функциональным, схмотехническим проектированием киберфизических устройств, электромагнитной совместимостью оборудования. Студенты знакомятся с основами проектирования и конструирования электронной аппаратуры КФУС, электрофизического, ядерно-физического и механического оборудования.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является знакомство студентов с основами построения и проектирования киберфизических устройств и систем для различных областей применения. В том числе целью данного курса является формирование у студентов знаний о возможностях применения, принципах функционирования, особенностях конструкции, этапах проектирования, жизненном цикле изделий, функциональном и схмотехническом проектировании устройств, их электромагнитной совместимости.

В результате освоения данной дисциплины студенты должны знать основные принципы работы киберфизических устройств и систем, расчетные методики и модели, используемые для описания режимов работы оборудования. По окончании учебного курса студенты должны уметь делать обоснованный выбор методик проектирования и моделирования процессов в киберфизических устройствах и системах, знать основы эксплуатации и проведения различного типа испытаний электрофизического, ядерно-физического, электронного оборудования

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина посвящена изучению построения и проектирования киберфизических устройств и систем для различных областей применения, особенностей проектирования и моделирования аппаратуры, методик отработки и проведения испытаний киберфизических устройств и систем на этапах жизненного цикла. Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения общей физики, теоретических основ электротехники, математического анализа, основ ядерной физики.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции;	Код и наименование индикатора достижения
--	---------------------------	--	--

		<b>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>профессиональной компетенции</b>
проектно-конструкторский			
<p>Определять условия и режимы эксплуатации, конструктивные особенности разрабатываемой ядерно-физической, электрофизической и киберфизической аппаратуры</p>	<p>ядерно-физические, электрофизические и киберфизические приборы и устройства</p>	<p>ПК-1 [1] - Способен определять условия и режимы эксплуатации, конструктивные особенности разрабатываемой оптоэлектронной, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-1[1] - знать основы схемотехники и конструктивные особенности разрабатываемой оптоэлектронной, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.; У-ПК-1[1] - уметь выбирать оптимальные с точки зрения решения поставленной задачи типовые схемотехнические решения для разработки оптоэлектронной, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов; уметь оптимизировать структуру построения и характеристики (показатели) оптоэлектронной, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов ; В-ПК-1[1] - владеть навыками определения условий и режимов эксплуатации разрабатываемой оптоэлектронной, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов; владеть навыками схемотехнического моделирования и конструирования разрабатываемой оптоэлектронной, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p>

<p>Разрабатывать технические требования и задания на проектирование и конструирование ядерно-физической, электрофизической и киберфизической аппаратуры</p>	<p>Техническая документация на ядерно-физические, электрофизические и киберфизические приборы и устройства</p>	<p>ПК-2 [1] - Способен разрабатывать технические требования и задания на проектирование и конструирование оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-2[1] - знать электронные компоненты оптических и оптико-электронных приборов, комплексов согласно техническим условиям эксплуатации; знать принципы конструирования деталей, соединений, сборочных единиц и функциональных устройств оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей.</p> <p>;</p> <p>У-ПК-2[1] - уметь разрабатывать и оформлять конструкторскую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов для изготовления оптических и оптико-электронных приборов, комплексов и их составных частей.;</p> <p>В-ПК-2[1] - владеть навыками разработки технических требований и заданий на проектируемые оптические и оптико-электронные приборы, комплексы и их составные части в соответствии с требованиями ЕСКД, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования.</p>
<p>Проектировать и конструировать</p>	<p>ядерно-физические, электрофизические и</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен проектировать и</p>	<p>З-ПК-3[1] - знать принципы</p>

<p>блоки, узлы и детали приборов, определять номенклатуру и типы комплектующих изделий</p>	<p>киберфизические приборы и устройства</p>	<p>конструировать блоки, узлы и детали приборов, определять номенклатуру и типы комплектующих изделий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>проектирования и конструирования блоков, узлов и деталей приборов; знать этапы и порядок разработки приборов. ; У-ПК-3[1] - уметь анализировать техническое задание и другую информацию, необходимую для выбора конструктивных решений, выбирать оптимальные конструктивные решения и обосновывать свой выбор; уметь использовать при проектировании и конструировании метод унификации блоков, узлов и деталей. ; В-ПК-3[1] - владеть навыками проектирования и конструирования блоков, узлов и деталей приборов с помощью современных методов проектирования и конструирования.</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>Разрабатывать технологические процессы и техническую документацию на изготовление, сборку, юстировку и контроль блоков, узлов и деталей приборов и комплексов</p>	<p>Технологические процессы и техническая документация на ядерно-физические, электрофизические и киберфизические приборы и устройства</p>	<p>ПК-4 [1] - Способен разрабатывать технологические процессы и техническую документацию на изготовление, сборку, юстировку и контроль блоков, узлов и деталей приборов и комплексов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-4[1] - знать порядок осуществления всех видов операций, входящих в технологический процесс; знать основные задачи и стадии проектирования, состав конструкторских и технологических документов; знать принципы и механизм разработки</p>

			<p>технической документации на изготовление, сборку, юстировку и контроль блоков, узлов и деталей приборов и комплексов ;  У-ПК-4[1] - уметь разрабатывать все виды операций, входящих в технологический процесс изготовления блоков, узлов и деталей приборов и комплексов; уметь разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на изготовление, сборку, юстировку и контроль блоков, узлов и деталей приборов и комплексов. ;  В-ПК-4[1] - владеть навыками разработки индивидуальных, типовых и групповых технологических процессов изготовления блоков, узлов и деталей приборов и комплексов; владеть навыками разработки технологической документации на изготовление, сборку, юстировку и контроль блоков, узлов и деталей приборов и комплексов.</p>
<p>Проектировать специальную оснастку, предусмотренную технологией изготовления ядерно-физических, электрофизических и киберфизических</p>	<p>ядерно-физические, электрофизические и киберфизические приборы и устройства</p>	<p>ПК-6 [1] - Способен проектировать специальную оснастку, предусмотренную технологией изготовления приборов, комплексов и их составных частей</p>	<p>З-ПК-6[1] - знать виды технологических процессов изготовления приборов, комплексов и их составных частей; знать виды технологических процессов сборки</p>

<p>приборов, комплексов и их составных частей</p>		<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>приборов и комплексов ; У-ПК-6[1] - уметь планировать потребности в оборудовании, материально технических ресурсах и персонале для реализации технологического процесса; уметь организовывать подготовку и настройку оборудования для изготовления приборов, комплексов и их составных частей. ; В-ПК-6[1] - владеть навыками организации материально технического обеспечения разработанного технологического процесса и наладки необходимого технологического оборудования.</p>
<p>Проводить испытания новых и модернизированных образцов продукции</p>	<p>ядерно-физические, электрофизические и киберфизические приборы и устройства</p>	<p>ПК-10 [1] - Способен проводить испытания новых и модернизированных образцов продукции</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.010</p>	<p>З-ПК-10[1] - знать назначение, характеристики и принцип работы универсального оборудования для контроля и испытаний образцов продукции; знать методы испытаний и контроля параметров и характеристик образцов продукции. ; У-ПК-10[1] - уметь готовить сопроводительные и накопительные формы документов для регистрации результатов измерений и контроля; уметь</p>

			<p>рассчитывать оптимальные режимы работы контрольно измерительного оборудования; уметь анализировать результаты контроля параметров и характеристик образцов продукции для разработки предложений по совершенствованию технологических процессов изготовления и сборки.</p> <p>;</p> <p>В-ПК-10[1] - владеть навыками проведения контроля параметров и характеристик образцов продукции и разработки предложений по оптимизации технологического процесса и повышению качества изготавливаемых приборов.</p>
--	--	--	---

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры информационной безопасности (В23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного мышления и	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин "Введение в физику взаимодействия ионизирующего излучения с



	<p>стремления к постоянному самосовершенствованию (В43)</p>	<p>веществом", "Введение в нейтронную физику" для формирования профессиональной ответственности, творческого инженерного мышления путем проведения физических экспериментов по заданным методикам, учитывая конструктивные особенности разрабатываемой ядерно-физической, электрофизической и киберфизической аппаратуры и составления описания проводимых исследований, отчетов, анализа результатов и подготовки научных публикаций. 2. Использование воспитательного потенциала дисциплины «Основы проектирования киберфизических устройств и систем» для формирования приверженности к профессиональным ценностям, этике и культуре инженера-разработчика, повышения интереса к инженерно-проектной деятельности через изучение вопросов применения методов программной инженерии в проектировании, повышения радиационной стойкости аппаратуры и учета внешних воздействующих факторов, ознакомление с технологиями промышленного производства посредством погружения студентов в работу научных лабораторий.</p>
--	---	--

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/16/0		25	КИ-8	З-ПК-1, У-ПК-1, З-ПК-10
2	Второй раздел	9-16	16/16/0		25	КИ-16	З-ПК-2, У-ПК-2, З-ПК-4, У-ПК-4, У-ПК-10
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/32/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 5 Семестр</b>				50	3	З-ПК-1, У-ПК-1, З-ПК-10
	<i>6 Семестр</i>						
1	первый раздел	1-8	16/16/0		25	КИ-8	З-ПК-3, У-ПК-3, З-ПК-6, У-ПК-6
2	второй раздел	9-15	14/14/0		25	КИ-15	В-ПК-1, В-ПК-2, В-ПК-3, В-ПК-4, З-ПК-6,

							У-ПК-6, В-ПК-6, В-ПК-10
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/30/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, 3-ПК-10

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	32	32	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	16	16	0
1	<b>Киберфизические устройства и системы</b> Понятие КФУС. Типичная структура и состав КФУС (сенсоры, интеллектуальные средства обработки, исполнительные устройства). Основные виды компонентов КФУС (механические, электрофизические, электронные, программно-технические). Примеры КФУС: датчик давления, система радиационного мониторинга, каротаж, импульсные нейтронные генераторы, программно-технические комплексы АЭС, БУ ПК, робот аварийный, система нейтронного мониторинга для проекта ИТЭР. Назначение и основные характеристики	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	<b>Жизненный цикл изделий. Этапы и стадии проектирования</b> Стадии ЖЦ, их характеристика. Виды проектирования в жизненном цикле: системное, функциональное, схемотехническое, программное,	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>конструкторское, технологическое.  Этапы и стадии разработки. НИР, ОКР. Патентные исследования. Отчеты о НИР и ПИ. Техническое предложение. Техническое задание. Эскизный проект. Технический проект. Приемка разработки. Опытный образец. Опытное и серийное производство. Эксплуатация. Утилизация.  Конструкторская документация в жизненном цикле. Состав и порядок ведения проектно-конструкторской документации.  Информационные модели поддержки ЖЦ изделий и установок</p>			
4 - 6	<p><b>Системное, функциональное, схемотехническое проектирование киберфизических устройств и систем</b>  Базовые принципы системной инженерии.  Назначение и общие принципы системного, функционального, схемотехнического проектирования КФУС.  Компонентная база разных видов киберфизических устройств и систем.  Метрологическое обеспечение на этапах проектирования.  Инструментальные (программные) средства поддержки системного, функционального, схемотехнического проектирования, в т.ч. математического моделирования различных видов киберфизических устройств и систем.  Техническая диагностика. Виды, методы поиска и обнаружения неисправностей. Тестовое и функциональное диагностирование</p>	Всего аудиторных часов		
		6	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<p><b>Основы проектирования и конструирования электронной аппаратуры КФУС</b>  Базовые принципы конструирования.  Модульный принцип конструирования.  Монтаж электронных компонентов. Виды соединений: пайка, сварка, накрутка, запрессовка, клеммники.  Системы конструктивов. Специальные конструкции.  Эргодизайн.  Средства автоматизированного проектирования электронной аппаратуры  Конструкторская документация ЭА.  Защита изделий от внешних воздействующих факторов.  Классификация и характеристика внешних воздействующих факторов.  Механические внешние воздействующие факторы.  Сейсмостойкость.  Климатические внешние воздействующие факторы.  Тепловой режим изделия и методы обеспечения нормального теплового режима. Защита от влияния влаги и от внешней агрессивной среды. Покрытия. Герметизация.</p>	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	<b>Второй раздел</b>	16	16	0
9 - 12	<b>Основы проектирования и конструирования</b>	Всего аудиторных часов		

	<b>электронной аппаратуры КФУС</b> Электромагнитная совместимость. Источники и виды помех. Категории жесткости электромагнитной обстановки и критерии качества функционирования. Методы обеспечения электромагнитной совместимости. Радиационная стойкость электронной аппаратуры. Состав и особенности ИИ, воздействующих на ЭА. Структурные радиационные дефекты в полупроводниковых приборах (ПП) и интегральных схемах (ИС). Оценка и прогнозирование стойкости электронной аппаратуры. Защита ЭА от ИИ	8	8	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	<b>Основы проектирования и конструирования механического оборудования КФУС</b> Конструкционные и функциональные материалы. Типовые компоненты и стандартное оборудование. Методы и инструментальные (программные) средства проектирования и конструирования. Расчетное обоснование проектных решений. Автоматизированные средства проектирования.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	<b>Основы проектирования и конструирования электрофизического и ядерно-физического оборудования КФУС</b> Разработка цифровых моделей электрофизических и ядерно-физических КФУС Программные средства для разработки, моделирования, обеспечения автономного функционирования, самоуправления, самодиагностики, самообучения и коммуникаций КФУС. Методы и инструментальные (программные) средства разработки и проектирования элементов и узлов электрофизических и ядерно-физических КФУС. Моделирование электромагнитных полей, теплофизических процессов, динамики потоков заряженных частиц, процессов генерации ионизирующих излучений и их взаимодействия с веществом. Моделирование деградации свойств КФУС под воздействием ионизирующего излучения и других внешних факторов. Конструкционные, электроизоляционные и функциональные материалы ядерно- и электрофизической аппаратуры. Типовые компоненты и стандартное оборудование источников ионизирующего излучения, средств регистрации излучения и радиационной защиты. Физические принципы работы, схемотехника, составные элементы и узлы мощных электроимпульсных систем	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>6 Семестр</i>	30	30	0
<b>1-8</b>	<b>первый раздел</b>	16	16	0
	<b>Метрологическое обеспечение КФУС</b> Основные задачи метрологии, термины и определения. Государственный Реестр средств измерений.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		

	<p>ГРОЕИ согласно действующим НД.          Особенности сертификации средств измерений в атомной отрасли.          Измерительная система (ИС) как особая разновидность средств измерений.          Особенности ИС в атомной отрасли.</p>	0	0	0
	<p><b>Обеспечение надежности и безопасности КФУС</b>          Показатели и расчет надежности. Структурные схемы надежности. Структурные решения для обеспечения требуемой надежности. Резервирование, дублирование, схемы с голосованием.          Отказы по общей причине: аппаратные, программные, строительные, природные (Фукусима). Принцип разнообразия. Виды разнообразия (NUREG/CR-7007).          Электробезопасность. Пожаробезопасность.          Кибербезопасность.          Требования к радиационной безопасности в процессе разработки и эксплуатации электрофизических и ядерных КФУС. Нормы РБ по категориям персонала. Программные средства для расчетов радиационной опасности и радиационной защиты.          Обеспечение радиационной безопасности. Технические и административные средства обеспечения безопасности.</p>	Всего аудиторных часов		
		6	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<p><b>Отработка и испытания киберфизических устройств и систем на этапах ЖЦ</b>          Виды испытаний. Программа и методика испытаний.          Подготовка к проведению испытаний. Предварительные и приемочные испытания. Приемочно-сдаточные и периодические испытания. Типовые испытания.          Расширенные испытания.          Испытания на надежность.          Испытания на стойкость к механическим ВВФ и сейсмостойкость.          Климатические испытания. Испытания на термо и влагостойкость, степени пыле-влагозащиты. Испытания на коррозионную стойкость.          Испытания на электромагнитную совместимость и помехоэмиссию.          Радиационно-ресурсные испытания          Испытания на электробезопасность.          Контрольно-измерительная и испытательная аппаратура на этапах ЖЦ КФУС</p>	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<p><b>Программно-технические платформы киберфизических устройств и систем</b>          Обобщенная структура систем контроля и управления сложными технологическими объектами (на примере АСУ ТП АЭС).          Иерархический принцип построения СКУ. Уровень КИП, контроллерный уровень, уровень операторского</p>	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>управления.</p> <p>Программно-технические комплексы как база современных систем контроля и управления. Типовые функции ПТК.</p> <p>Программно-технические платформы. Принципиальные различия между ПТК и ПТП. Использование платформы в качестве технической базы ПТК.</p> <p>Структура программно-технической платформы.</p> <p>Архитектура аппаратных средств ПТП. Архитектура программных средств ПТП.</p> <p>Обзор современных отечественных и зарубежных ПТП.</p> <p>Процессы разработки программного обеспечения.</p> <p>Жизненный цикл ПО.</p> <p>Стандарты разработки ПО для систем высокой ответственности.</p> <p>Верификация и валидация. Документирование ПО.</p> <p>Средства искусственного интеллекта в структуре КФС и системах поддержки разработки.</p> <p>Возможности и методы реализации алгоритмов машинного обучения, в т.ч. искусственных нейросетей при реализации КФУС</p>			
<b>9-15</b>	<b>второй раздел</b>	14	14	0
	<p><b>Производство и эксплуатация киберфизических устройств и систем</b></p> <p>Основные виды технологического оснащения производства. Технологические маршруты. Подготовка производства к изготовлению вновь разработанных изделий. Контроль в процессе производства и создание оснащения для производственного контроля.</p> <p>Входной контроль. Сборочные операции. Настройка и регулировка. Операционный контроль. Автоматизация сборки и контроля.</p> <p>Приемо-сдаточные испытания. Установочная серия.</p> <p>Эксплуатация киберфизических устройств и систем.</p> <p>Эксплуатационная документация.</p> <p>Техническое обслуживание. Ремонт. Поверка и калибровка средств измерений. Регламентное обслуживание в эксплуатации. Сопровождение производства и эксплуатации со стороны разработчика. Гарантийная и постгарантийная поддержка. Продление сроков эксплуатации. Утилизация.</p>	Всего аудиторных часов		
		6	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<p><b>Разработка и создание компьютерных моделей КФУС и цифровых двойников изделий</b></p> <p>Применение моделей изделий для выбора оптимальных режимов работы, для проведения виртуальных экспериментов и испытаний КФУС.</p> <p>Моделирование электромагнитных, ядерно-физических, механических и тепловых процессов. Обзор имеющихся программных средств для моделирования. Программные средства для создания 3D-виртуальных моделей.</p> <p>Примеры цифровых двойников для электрофизических</p>	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	устройств, аппаратуры импульсного нейтронного каротажа, информационно- измерительных систем.			
	<b>Управление процессом разработки и обеспечение качества</b> Управление процессом разработки. Сетевое планирование. Управление конфигурацией. Управление изменениями. Система обеспечения качества. Стандарты ISO. Программа обеспечения качества. Планы качества. Карты анализа несоответствий	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

#### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
1	<b>Киберфизические устройства и системы</b> Понятие КФУС. Типичная структура и состав КФУС (сенсоры, интеллектуальные средства обработки, исполнительные устройства). Основные виды компонентов КФУС (механические, электрофизические, электронные, программно-технические). Примеры КФУС: датчик давления, система радиационного мониторинга, каротаж, импульсные нейтронные генераторы, программно-технические комплексы АЭС, БУ ПК, робот аварийный, система нейтронного мониторинга для проекта ИТЭР. Назначение и основные характеристики
2 - 3	<b>Жизненный цикл изделий. Этапы и стадии проектирования</b> Стадии ЖЦ, их характеристика. Виды проектирования в жизненном цикле: системное, функциональное, схмотехническое, программное, конструкторское, технологическое. Этапы и стадии разработки. НИР, ОКР. Патентные исследования. Отчеты о НИР и ПИ. Техническое предложение. Техническое задание. Эскизный проект.



	<p>Технический проект. Приемка разработки. Опытный образец. Опытное и серийное производство.</p> <p>Эксплуатация. Утилизация.</p> <p>Конструкторская документация в жизненном цикле.</p> <p>Состав и порядок ведения проектно-конструкторской документации.</p> <p>Информационные модели поддержки ЖЦ изделий и установок</p>
4 - 6	<p><b>Системное, функциональное, схмотехническое проектирование киберфизических устройств и систем</b></p> <p>Базовые принципы системной инженерии.</p> <p>Назначение и общие принципы системного, функционального, схмотехнического проектирования КФУС.</p> <p>Компонентная база разных видов киберфизических устройств и систем.</p> <p>Метрологическое обеспечение на этапах проектирования.</p> <p>Инструментальные (программные) средства поддержки системного, функционального, схмотехнического проектирования, в т.ч. математического моделирования различных видов киберфизических устройств и систем.</p> <p>Техническая диагностика. Виды, методы поиска и обнаружения неисправностей. Тестовое и функциональное диагностирование</p>
7 - 8	<p><b>Основы проектирования и конструирования электронной аппаратуры КФУС</b></p> <p>Базовые принципы конструирования.</p> <p>Модульный принцип конструирования.</p> <p>Монтаж электронных компонентов. Виды соединений: пайка, сварка, накрутка, запрессовка, клеммники.</p> <p>Системы конструкторов. Специальные конструкции.</p> <p>Эргодизайн.</p> <p>Средства автоматизированного проектирования электронной аппаратуры</p> <p>Конструкторская документация ЭА.</p> <p>Защита изделий от внешних воздействующих факторов.</p> <p>Классификация и характеристика внешних воздействующих факторов.</p> <p>Механические внешние воздействующие факторы.</p> <p>Сейсмостойкость.</p> <p>Климатические внешние воздействующие факторы.</p> <p>Тепловой режим изделия и методы обеспечения нормального теплового режима. Защита от влияния влаги и от внешней агрессивной среды. Покрытия.</p> <p>Герметизация.</p>
9 - 12	<p><b>Основы проектирования и конструирования электронной аппаратуры КФУС</b></p> <p>Электромагнитная совместимость. Источники и виды помех. Категории жесткости электромагнитной обстановки и критерии качества функционирования.</p> <p>Методы обеспечения электромагнитной совместимости.</p> <p>Радиационная стойкость электронной аппаратуры. Состав</p>

	и особенности ИИ, воздействующих на ЭА. Структурные радиационные дефекты в полупроводниковых приборах (ПП) и интегральных схемах (ИС). Оценка и прогнозирование стойкости электронной аппаратуры. Защита ЭА от ИИ
13 - 14	<p><b>Основы проектирования и конструирования механического оборудования КФУС</b></p> <p>Конструкционные и функциональные материалы. Типовые компоненты и стандартное оборудование.</p> <p>Методы и инструментальные (программные) средства проектирования и конструирования. Расчетное обоснование проектных решений. Автоматизированные средства проектирования.</p>
15 - 16	<p><b>Основы проектирования и конструирования электрофизического и ядерно-физического оборудования КФУС</b></p> <p>Разработка цифровых моделей электрофизических и ядерно-физических КФУС</p> <p>Программные средства для разработки, моделирования, обеспечения автономного функционирования, самоуправления, самодиагностики, самообучения и коммуникаций КФУС.</p> <p>Методы и инструментальные (программные) средства разработки и проектирования элементов и узлов электрофизических и ядерно-физических КФУС.</p> <p>Моделирование электромагнитных полей, теплофизических процессов, динамики потоков заряженных частиц, процессов генерации ионизирующих излучений и их взаимодействия с веществом.</p> <p>Моделирование деградации свойств КФУС под воздействием ионизирующего излучения и других внешних факторов.</p> <p>Конструкционные, электроизоляционные и функциональные материалы ядерно- и электрофизической аппаратуры.</p> <p>Типовые компоненты и стандартное оборудование источников ионизирующего излучения, средств регистрации излучения и радиационной защиты.</p> <p>Физические принципы работы, схемотехника, составные элементы и узлы мощных электроимпульсных систем</p>
	<i>6 Семестр</i>
1 - 2	<p><b>Метрологическое обеспечение КФУС</b></p> <p>Основные задачи метрологии, термины и определения. Государственный Реестр средств измерений. ГРОЕИ согласно действующим НД.</p> <p>Особенности сертификации средств измерений в атомной отрасли.</p> <p>Измерительная система (ИС) как особая разновидность средств измерений.</p> <p>Особенности ИС в атомной отрасли.</p>
3 - 4	<p><b>Обеспечение надежности и безопасности КФУС</b></p> <p>Показатели и расчет надежности. Структурные схемы</p>

	<p>надежности. Структурные решения для обеспечения требуемой надежности. Резервирование, дублирование, схемы с голосованием.</p> <p>Отказы по общей причине: аппаратные, программные, строительные, природные (Фукусима). Принцип разнообразия. Виды разнообразия (NUREG/CR-7007).</p> <p>Электробезопасность. Пожаробезопасность.</p> <p>Кибербезопасность.</p> <p>Требования к радиационной безопасности в процессе разработки и эксплуатации электрофизических и ядерных КФУС. Нормы РБ по категориям персонала. Программные средства для расчетов радиационной опасности и радиационной защиты.</p> <p>Обеспечение радиационной безопасности. Технические и административные средства обеспечения безопасности.</p>
5 - 6	<p><b>Отработка и испытания киберфизических устройств и систем на этапах ЖЦ</b></p> <p>Виды испытаний. Программа и методика испытаний.</p> <p>Подготовка к проведению испытаний. Предварительные и приемочные испытания. Приемочно-сдаточные и периодические испытания. Типовые испытания.</p> <p>Расширенные испытания.</p> <p>Испытания на надежность.</p> <p>Испытания на стойкость к механическим ВВФ и сейсмостойкость.</p> <p>Климатические испытания. Испытания на термо и влагостойкость, степени пыли-влагозащиты. Испытания на коррозионную стойкость.</p> <p>Испытания на электромагнитную совместимость и помехоэмиссию.</p> <p>Радиационно-ресурсные испытания</p> <p>Испытания на электробезопасность.</p> <p>Контрольно-измерительная и испытательная аппаратура на этапах ЖЦ КФУС</p>
7 - 8	<p><b>Программно-технические платформы киберфизических устройств и систем</b></p> <p>Обобщенная структура систем контроля и управления сложными технологическими объектами (на примере АСУ ТП АЭС).</p> <p>Иерархический принцип построения СКУ. Уровень КИП, контроллерный уровень, уровень операторского управления.</p> <p>Программно-технические комплексы как база современных систем контроля и управления. Типовые функции ПТК.</p> <p>Программно-технические платформы. Принципиальные различия между ПТК и ПТП. Использование платформы в качестве технической базы ПТК.</p> <p>Структура программно-технической платформы.</p> <p>Архитектура аппаратных средств ПТП. Архитектура программных средств ПТП.</p> <p>Обзор современных отечественных и зарубежных ПТП.</p>

	<p>Процессы разработки программного обеспечения. Жизненный цикл ПО. Стандарты разработки ПО для систем высокой ответственности. Верификация и валидация. Документирование ПО. Средства искусственного интеллекта в структуре КФС и системах поддержки разработки. Возможности и методы реализации алгоритмов машинного обучения, в т.ч. искусственных нейросетей при реализации КФУС</p>
9 - 10	<p><b>Производство и эксплуатация киберфизических устройств и систем</b> Основные виды технологического оснащения производства. Технологические маршруты. Подготовка производства к изготовлению вновь разработанных изделий. Контроль в процессе производства и создание оснащения для производственного контроля. Входной контроль. Сборочные операции. Настройка и регулировка. Операционный контроль. Автоматизация сборки и контроля. Приемо-сдаточные испытания. Установочная серия. Эксплуатация киберфизических устройств и систем. Эксплуатационная документация. Техническое обслуживание. Ремонт. Поверка и калибровка средств измерений. Регламентное обслуживание в эксплуатации. Сопровождение производства и эксплуатации со стороны разработчика. Гарантийная и постгарантийная поддержка. Продление сроков эксплуатации. Утилизация.</p>
11 - 13	<p><b>Разработка и создание компьютерных моделей КФУС и цифровых двойников изделий</b> Применение моделей изделий для выбора оптимальных режимов работы, для проведения виртуальных экспериментов и испытаний КФУС. Моделирование электромагнитных, ядерно-физических, механических и тепловых процессов. Обзор имеющихся программных средств для моделирования. Программные средства для создания 3D-виртуальных моделей. Примеры цифровых двойников для электрофизических устройств, аппаратуры импульсного нейтронного каротажа, информационно- измерительных систем.</p>
14 - 15	<p><b>Управление процессом разработки и обеспечение качества</b> Управление процессом разработки. Сетевое планирование. Управление конфигурацией. Управление изменениями. Система обеспечения качества. Стандарты ISO. Программа обеспечения качества. Планы качества. Карты анализа несоответствий</p>

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

1. Информационно-коммуникационные технологии.
2. Работа в малой группе.
3. Опережающая самостоятельная работа.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-1	З-ПК-1	З, КИ-8	Э
	У-ПК-1	З, КИ-8	Э
	В-ПК-1		КИ-15
ПК-10	З-ПК-10	З, КИ-8	Э
	У-ПК-10	КИ-16	
	В-ПК-10		КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	КИ-16	
	У-ПК-2	КИ-16	
	В-ПК-2		КИ-15
ПК-3	З-ПК-3		КИ-8
	У-ПК-3		КИ-8
	В-ПК-3		КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	КИ-16	
	У-ПК-4	КИ-16	
	В-ПК-4		КИ-15
ПК-6	З-ПК-6		КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6		КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6		КИ-15

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в

			ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 539.2 Б 25 Введение в компьютерную рентгеновскую и нейтронную томографию : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2018
2. ЭИ Б 25 Введение в компьютерную рентгеновскую и нейтронную томографию : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2018
3. ЭИ Б 28 Нейтронные методы элементного анализа : лабораторный практикум, Москва: Буки Веди, 2020
4. 539.1 Н 46 Нейтронные методы элементного анализа : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2018
5. ЭИ Н 46 Нейтронные методы элементного анализа : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2018
6. ЭИ Р 98 Прикладная нейтронная физика : Лабораторный практикум, М.: Буки Веди, 2019
7. ЭИ М31 Прикладная ядерная физика. Коммутирующие приборы мощных импульсных генераторов : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2018
8. 621.38 Б 25 Системный подход к радиационным испытаниям : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2019

9. ЭИ Б 25 Системный подход к радиационным испытаниям : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2019

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

### **1. Общие положения**

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме лекций, практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

1.2. Приступая к изучению дисциплины студенту необходимо ознакомиться с целями и задачами дисциплины, содержанием рабочей программы дисциплины, рекомендуемыми литературными источниками, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися на образовательном портале и сайте кафедры.

### **2. Рекомендации по подготовке к лекционным занятиям.**

2.1. Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Поэтому студентам, пропустившим занятия, необходимо самостоятельно проработать тему.

2.2. Для понимания материала учебной дисциплины и качественного его усвоения рекомендуется вести конспект лекций. Конспектирование представляет собой сжатое и свободное изложение наиболее важных, кардинальных вопросов темы, излагаемой в лекции.

2.3. Перед очередной лекцией следует просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции и проработать учебный материал лекции по учебнику и учебным пособиям для успешного освоения материала.

2.4. Возникающие вопросы и непонятные моменты можно записывать в конспект, чтобы спросить о них у преподавателя на лекции.

### **3. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.**

3.1. Практические занятия служат для закрепления изученного теоретического материала. Подготовка к практическому занятию включает в себя текущую работу над

учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы.

3.2. При подготовке к практическим занятиям следует проработать теоретический материал по рекомендованным литературным источникам, внимательно прочитать материал лекций, относящихся к данному практическому занятию.

3.3. В ходе практических занятий давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов, доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

#### 4. Самостоятельная работа обучающихся

4.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

4.2. Обучающимся следует руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным рабочим планом дисциплины и выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельной работы, и представлять их в установленный срок.

#### 5. Рекомендации по подготовке и сдаче аттестации по дисциплине.

5.1. Аттестация по дисциплине основана на балльно-рейтинговой системе, которая включает текущий контроль успеваемости, рубежный контроль в семестре и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины.

5.2. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к занятиям, для чего могут быть использованы различные проверочные задания. Прохождение контрольных рубежей проводится в середине и в конце семестра и может осуществляться в виде контрольных работ, письменных опросов и т.д. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает сдачу экзамена и курсового проекта. При подготовке к промежуточной аттестации необходимо по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал и внимательно изучить материал лекций, соответствующий вопросам, выносимым на аттестацию.

5.3. Темы курсового проекта выдает преподаватель. Курсовой проект (при наличии) выполняется студентами самостоятельно и сдается в конце курса.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

### 1. Общие положения

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

#### 1.2. На первом занятии преподаватель:

- знакомит студентов с целями и задачами преподаваемой дисциплины, определяет ее место в образовательной программе, обозначает междисциплинарные связи;

- уточняет наполнение лекций и планы практических (семинарских, лабораторных) занятий в соответствии с рабочей программой дисциплины, с учетом контингента и уровня подготовки студентов;

- рекомендует основную и дополнительную литературу для успешного освоения дисциплины;



- доводит до сведения студентов систему оценки знаний.

## 2. Рекомендации по подготовке и преподаванию дисциплины

### 2.1. Рекомендации по подготовке и проведению лекций:

2.1.1. Цель лекции - организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом учебной дисциплины. При этом лекционный материал рекомендуется постоянно актуализировать (вносить замечания, дополнения, пояснения и т.д.).

2.1.2. К типичным структурным элементам лекции относятся: вступление, основная часть, заключение. В начале лекции преподаватель называет тему лекции, основные вопросы, выносимые на лекцию, указывает основную и дополнительную литературу и главы и параграфы в ней, где изложен материал лекции. После каждого раздела делаются обобщающие выводы и даются указания по самостоятельной работе над материалом лекции.

2.1.3. Рекомендуется максимально использовать наглядные пособия и технические средства обучения. Для этого разрабатываются презентации. Каждый слайд должен содержать основные положения и сопровождаться дополнительными примерами и пояснениями преподавателя.

### 2.2. Рекомендации по подготовке и проведению практических (семинарских) занятий:

2.2.1. Цель практических (семинарских) занятий - предоставление возможностей для углубленного изучения теории, овладения практическими навыками и выработки самостоятельного творческого мышления у студентов. На каждом таком занятии обучающиеся решают практические задачи и демонстрируют результаты выполнения домашнего задания, выданного на предыдущем занятии.

2.2.2. Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется выполнение расчетно-графических работ студентов по материалам лекций и практических работ. Подборка заданий осуществляется на основе изученного теоретического материала. Такой подход позволяет повысить мотивацию студентов при конспектировании лекционного материала.

### 2.3. Рекомендации по организации руководства самостоятельной работой студентов

2.3.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

2.3.2. В ходе руководства самостоятельной работой студентов преподаватель приобщает их к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

### 2.4. Рекомендации по осуществлению контроля знаний обучаемых

2.4.1. По дисциплине действует балльно-рейтинговая система, которая включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины

2.4.2. По дисциплине предусмотрены следующие виды аттестации: текущий контроль, рубежный контроль и промежуточная аттестация.

2.4.3. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к лекционным, семинарским, лабораторным и практическим занятиям, могут быть использованы различные проверочные задания.

2.4.4. Прохождение контрольных рубежей по итогам освоения дисциплины проводится в середине и в конце семестра.

2.4.5. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает приём экзамена и самостоятельную подготовку к нему.

2.4.6. Темы курсового проекта выдает преподаватель. Курсовой проект (при наличии) выполняется студентами самостоятельно и преподаватель принимает сдачу курсового проекта в конце семестра.

Автор(ы):

Масленников Сергей Павлович, д.т.н., доцент