

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Таныгин Максим Олегович

Должность: и.о. декана факультета фундаментальной и прикладной информатики

Дата подписания: 04.09.2024 14:18:49

Уникальный программный ключ:

65ab2aa0d384efe14325a47350d4a1c3

## Аннотация к рабочей программе дисциплины

### «Проектирование радиационно-устойчивых электронных средств»

#### Цель преподавания дисциплины

Формирование у студентов знаний о механизмах воздействия ионизирующих излучений на электронную аппаратуру и основ построения аппаратуры устойчивой к воздействию радиации.

#### Задачи изучения дисциплины

- получение представлений об механизмах воздействия радиации на элементную базу электронных средств;
- ознакомление с методами и технологиями производства радиационно-устойчивой элементной базы;
- ознакомление с номенклатурой радиационно-устойчивых ИС;
- ознакомление с основными подходами к проектированию радиационно-устойчивой аппаратуры.

#### Индикаторы компетенций, формируемые в результате освоения дисциплины

ПК-3 Способен строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-3.1 Использует типовые функциональные узлы электронных средств
	ПК-3.2 Строит физические и математические модели узлов и блоков электронных средств
	ПК-3.3 Применяет стандартные средства компьютерного моделирования и разработки электронных средств

#### Разделы дисциплины

1. Элементы теории взаимодействия ионизирующих излучений с материалами электронной техники. Воздействие излучения на электронную аппаратуру
2. Влияние ионизирующих излучений на компоненты электронной аппаратуры и интегральных микросхем (ИС).
3. Влияние ИИ на аналоговые ИС. Повышение устойчивости аналоговых устройств.
4. Влияние ИИ на цифровые ИС и БИС и принципы проектирования устойчивых ЭС.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

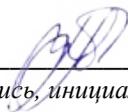
Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

фундаментальной и прикладной информатики.

*(наименование ф-та полностью)*

 М.О. Таныгин  
*(подпись, инициалы, фамилия)*

« 30 » \_\_\_\_\_ 08 \_\_\_\_\_ 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Проектирование радиационно-устойчивых электронных средств

*(наименование дисциплины)*

ОПОП ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств,  
*шифр и наименование направления подготовки (специальности)*

направленность (профиль, специализация)

«Проектирование и технология электронных средств»

*наименование направленности (профиля, специализации)*

форма обучения очная

*(очная, очно-заочная, заочная)*

Курс – 2024

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств на основании учебного плана ОПОП ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, направленность (профиль, специализация) «Проектирование и технология электронных средств», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9 «25» 06 20 21 г.).

Рабочая программа дисциплины обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе для обучения студентов по ОПОП ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, направленность (профиль, специализация) «Проектирование и технология электронных средств» на заседании кафедр космического приборостроения и систем связи, протокол № 1 «30» 08 2024 г.  
*(наименование кафедры, дата, номер протокола)*

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  Андронов В.Г.  
Разработчик программы  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_  Бондарь О.Г.  
*(ученая степень и ученое звание, Ф.И.О.)*

/ Директор научной библиотеки \_\_\_\_\_  Макаровская В.Г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, направленность (профиль, специализация) «Проектирование и технология электронных средств», одобренного Ученым советом университета протокол №    «  »    20   г., на заседании кафедры космического приборостроения и систем связи, протокол №    «  »    20   г.  
*(наименование кафедры, номер протокола, дата)*

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Андронов В.Г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, направленность (профиль, специализация) «Проектирование и технология электронных средств», одобренного Ученым советом университета протокол №    «  »    20   г., на заседании кафедры космического приборостроения и систем связи, протокол №    «  »    20   г.  
*(наименование кафедры, номер протокола, дата)*

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Андронов В.Г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, направленность (профиль, специализация) «Проектирование и технология электронных средств», одобренного Ученым советом университета протокол №    «  »    20   г., на заседании кафедры космического приборостроения и систем связи, протокол №    «  »    20   г.  
*(наименование кафедры, номер протокола, дата)*

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Андронов В.Г.

# 1 Цель и задачи дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

## 1.1 Цель дисциплины

Формирование у студентов знаний о механизмах воздействия ионизирующих излучений на электронную аппаратуру и основ построения аппаратуры устойчивой к воздействию радиации.

## 1.2 Задачи дисциплины

- получение представлений об механизмах воздействия радиации на элементную базу электронных средств;
- ознакомление с методами и технологиями производства радиационно-устойчивой элементной базы;
- ознакомление с номенклатурой радиационно-устойчивых ИС;
- ознакомление с основными подходами к проектированию радиационно-устойчивой аппаратуры.

## 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 1.3 – Результаты обучения по дисциплине

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
1	2	3	4
ПК-3	Способен строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также	ПК-3.1. Использует типовые функциональные узлы электронных средств	<b>Знать:</b> характеристики ионизирующего излучения (ИИ), механизмы воздействия ИИ на аналоговые и цифровые узлы электронных средств (ЭС). <b>Уметь:</b> определять параметры и характеристики базовых функциональных узлов. <b>Владеть:</b> методами определения параметров и характеристик базовых функциональных узлов в среде автоматизированного проектирования электронных средств.
		ПК-3.2. Строит физические и математические	<b>Знать:</b> принципы оценки последствий воздействия ИИ на ЭС.

	использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	модели узлов и блоков электронных средств	<p><b>Уметь:</b> Использовать физические и математические модели воздействия ИИ на элементную базу, и функциональные узлы ЭС.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения физических и математических моделей воздействия ИИ на ЭС.</p>
		ПК-3.3. Применяет стандартные средства компьютерного моделирования и разработки электронных средств	<p><b>Знать:</b> Принципы построения радиационно-устойчивых функциональных узлов аналоговых и цифровых ЭС.</p> <p><b>Уметь:</b> применять принципы построения радиационно-устойчивых ЭС и оценивать их параметры средствами компьютерного моделирования.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками использования средств компьютерного моделирования при оценке характеристик и параметров радиационно-устойчивых функциональных узлов ЭС.</p>

## 2 Указание места дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Проектирование радиационно-устойчивых электронных средств» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы – программы бакалавриата 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, направленность «Проектирование и технология электронных средств». Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре.

## 3 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетных единицы (з.е.), 108 академических часов.

Таблица 3 - Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов
Общая трудоемкость дисциплины	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	44,1

Виды учебной работы	Всего, часов
в том числе:	
лекции	22
лабораторные занятия	не предусмотрены
практические занятия	22
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	63,9
Контроль (подготовка к экзамену)	не предусмотрен
Контактная работа по промежуточной аттестации (всего АттКР)	0,1
в том числе:	
зачет	0,1
зачет с оценкой	не предусмотрен
курсовая работа	не предусмотрена
экзамен (включая консультацию перед экзаменом)	не предусмотрен

#### 4 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Содержание дисциплины

Таблица 4.1.1 – Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Содержание
1	Элементы теории взаимодействия ИИ с материалами электронной техники. Воздействие излучения на ЭС.	Цель и задачи курса. Ионизирующее излучение (ИИ). Виды. Параметры ИИ. Характеристики ИИ. Взаимодействие с материалами. Смещение и ионизация.
2	Влияние ИИ на компоненты ЭС и интегральных микросхем (ИС).	Влияние ИИ на резисторы, конденсаторы: механизмы воздействия, радиационные эффекты, устойчивые типы компонентов. Влияние ИИ на p-n переход в зависимости от толщины базы и уровня инжекции. Воздействие ИИ на биполярные транзисторы (БТ): воздействие на статический, дифференциальный и коэффициент передачи тока в области высоких частот. Влияние на БТ в ключевом режиме.
3	Влияние ИИ на аналоговые ИС. Повышение устойчивости аналоговых устройств.	Воздействие ИИ на операционные усилители (ОУ). Механизмы воздействия на функциональные узлы ОУ и основные последствия воздействия. Методы оценки радиационной устойчивости аналоговых ИМС. Понятие о методе макромоделей. Общая последовательность проектирования устойчивых аналоговых устройств. Проектирование устойчивых усилителей, функционирующих при длительном воздействии радиации.

4	Влияние ИИ на цифровые ИС и БИС и принципы проектирования устойчивых ЭС.	Эффекты накопления и одиночные события в цифровых ИС. Оценка устойчивости к однократным событиям. Факторы и параметры, определяющие частоту отказов в регулярных цифровых ИС. Технологические, схемотехнические, конструктивные способы повышения устойчивости. Подходы к проектированию устойчивых цифровых ИС. Специальные технологии. Технологии, базирующиеся на типовых процессах создания ИС. Повышение устойчивости МПС.
---	--	---

Таблица 4.1.2 – Содержание дисциплины и её методическое обеспечение

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности			Учебно-методические материалы	Формы текущего контроля (по неделям семестра)	Компетенции
		лек., час	№ лаб.	№ пр.			
1	Элементы теории взаимодействия ИИ с материалами электронной техники. Воздействие излучения на ЭС.	2	-	1,2	У1-3,6, МУ1,2	С2	ПК-3
2	Влияние ионизирующих излучений на компоненты электронной аппаратуры и интегральных микросхем (ИС).	8	-	3-6	У1-6, МУ1,2	С4	ПК-3
3	Влияние ИИ на аналоговые ИС. Повышение устойчивости аналоговых устройств.	6	-	7-8	У2,4,5 МУ1,2	С7	ПК-3
4	Влияние ИИ на цифровые ИС и БИС и принципы проектирования устойчивых ЭС.	6	-	9-12	У4-6 МУ1,2	С9	ПК-3

С – собеседование (вопросы из банка тестовых заданий БТЗ).

## 4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

### 4.2.1 Лабораторные работы

Лабораторные работы – не предусмотрены

### 4.2.2 Практические занятия

Таблица 4.2.2 – Практические занятия

№	Наименование практического занятия	Объем, час
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1.	Введение. Ионизирующие излучения (ИИ), характеристики ИИ и объектов, подвергающихся облучению.	2
2.	Влияние ИИ на материалы электронной техники и пассивные компоненты (резисторы и конденсаторы)	2
3.	Влияние ИИ на полупроводниковые приборы.	2

1	2	3
4.	Оценка последствий воздействия ИИ на ОУ. Метод макромоделей при оценке стойкости ОУ.	2
5.	Проектирование радиационно-устойчивых усилителей. Обоснование структуры и параметров. Расчёт и моделирование схемы устойчивого усилителя	6
6.	Методы повышения стойкости цифровых ИС. Элементная база радиационно-стойкой аппаратуры.	2
7.	Проектирования радиационно-устойчивой цифровой аппаратуры.	4
8.	Принципы построения радиационно-устойчивых микропроцессорных систем.	2
<b>Итого:</b>		<b>22</b>

### 4.3 Самостоятельная работа студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

№ раздела (темы)	Наименование раздела (темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час
1.	Элементы теории взаимодействия ионизирующих излучений с материалами электронной техники. Воздействие излучения на электронную аппаратуру.	1-2 недели	6
2.	Влияние ионизирующих излучений на компоненты электронной аппаратуры и интегральных микросхем (ИС).	2-3 недели	16
3.	Влияние ИИ на аналоговые ИС. Повышение устойчивости аналоговых устройств.	4-6 недели	22
4.	Влияние ИИ на цифровые ИС и БИС и принципы проектирования устойчивых ЭС.	7-9 недели	19,9
<b>Итого:</b>			<b>63,9</b>

### 5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

*библиотекой университета:*

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;

- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

*кафедрой:*

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;
- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.
- путем разработки:
  - методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;
  - тем рефератов;
  - вопросов к зачету;
  - методических указаний к выполнению лабораторных работ и т.д.

*типографией университета:*

- помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;
- удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

## **6 Образовательные технологии. Технологии использования воспитательного потенциала дисциплины**

Реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающихся.

Таблица 6.1 – Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении аудиторных занятий

№	Наименование раздела (темы лекции, практического или лабораторного занятия)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Объем, час.
1	ПЗ5. Проектирование радиационно-устойчивых усилителей. Обоснование структуры и параметров. Расчёт и моделирование схемы устойчивого усилителя	Метод проект, разбор конкретных ситуаций на примере Компьютерного моделирования радиационно -устойчивых функциональных узлов и устройств.	6
2	ПЗ7. Проектирования радиационно-устойчивой цифровой аппаратуры.		4
3	ПЗ8. Принципы построения радиационно-устойчивых микропроцессорных систем.		2
Итого:			12

Содержание дисциплины обладает значительным воспитательным потенциалом, поскольку в нем аккумулирован научный опыт человечества. Реализация воспитательного потенциала дисциплины осуществляется в рамках единого образовательного и воспитательного процесса и способствует непрерывному развитию личности каждого обучающегося. Дисциплина вносит значимый вклад в формирование профессиональной культуры обучающихся. Содержание дисциплины способствует профессионально-трудовому воспитанию обучающихся.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины подразумевает:

- целенаправленный отбор преподавателем и включение в лекционный материал, материал содержания, демонстрирующего обучающимся образцы настоящего научного подвижничества создателей и представителей данной отрасли науки высокого профессионализма ученых их ответственности за результаты деятельности для человека и общества;
- применение технологий, форм и методов преподавания дисциплины, имеющих высокий воспитательный эффект за счет создания условий для взаимодействия обучающихся с преподавателем, другими обучающимися, представителями работодателей (проектное обучение, разбор конкретных ситуаций);
- личный пример преподавателя, демонстрацию им в образовательной деятельности и общении с обучающимися за рамками образовательного процесса высокой общей и профессиональной культуры.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины на учебных занятиях направлена на поддержание в университете единой развивающей образовательной и воспитательной среды. Реализация воспитательного потенциала дисциплины в ходе самостоятельной работы обучающихся способствует развитию в них целеустремленности, инициативности, креативности, ответственности за результаты своей работы – качеств, необходимых для успешной социализации и профессионального становления.

## 7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 7.1 – Этапы формирования компетенций

Код и наименование компетенции	Этапы формирования компетенций, дисциплины (модули) и практики, при изучении/ прохождении которых формируется данная компетенция		
	начальный	основной	завершающий
ПК-3.1. Использует типовые функциональные узлы электронных средств	Физические основы регистрации ионизирующих излучений. Учебная практика (научно-исследовательская работа).	Проектирование радиационно-устойчивых электронных средств.	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.
ПК-3.2. Строит физические и математические модели узлов и блоков электронных средств	Сенсоры и датчики физических величин. Учебная практика (научно-исследовательская работа).	Проектирование радиационно-устойчивых электронных средств. Введение в конструкторско-технологические расчеты бортовых электронных средств. Космическое приборостроение: основные направления и технические требования.	Физические основы конструирования бортовых электронных средств. Основы конструкций космических аппаратов. Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.
ПК-3.3. Применяет стандартные средства компьютерного моделирования и разработки электронных средств	Физические основы регистрации ионизирующих излучений. Сенсоры и датчики физических величин. Учебная практика (научно-исследовательская работа). Языки программирования и средства отладки микропроцессорных систем.	Проектирование радиационно-устойчивых электронных средств.	Производственная преддипломная практика. Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.

## 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Таблица 7.2 – Показатели и критерии оценивания компетенций, шкала оценивания

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
ПК-3/основной	ПК-3.1. Использует типовые функциональные узлы электронных средств	<p><b>Знать:</b> характеристики ионизирующего излучения (ИИ), и иметь общее представление о воздействии ИИ на электронные средства (ЭС).</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать основные параметры и характеристики базовых функциональных узлов.</p> <p><b>Владеть:</b> начальными навыками исследования базовых функциональных узлов ЭС.</p>	<p><b>Знать:</b> характеристики ИИ, механизмы воздействия ИИ на элементную базу ЭС.</p> <p><b>Уметь:</b> определять основные параметры и характеристики базовых функциональных узлов.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками определения передаточных и переходных характеристик базовых функциональных узлов ЭС.</p>	<p><b>Знать:</b> характеристики ионизирующего излучения (ИИ), механизмы воздействия ИИ на аналоговые и цифровые узлы электронных средств (ЭС).</p> <p><b>Уметь:</b> определять параметры и характеристики базовых функциональных узлов.</p> <p><b>Владеть:</b> методами определения параметров и характеристик базовых функциональных узлов в среде автоматизированного проектирования электронных средств.</p>
	ПК-3.2. Строит физические и математические модели узлов и блоков электронных средств	<p><b>Знать:</b> факторы ИИ, воздействующие на материалы ЭС.</p> <p><b>Уметь:</b> строить простейшие физические модели воздействия ИИ на элементную базу ЭС.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками выбора элементной базы ЭС по параметрам чувствительности к ИИ.</p>	<p><b>Знать:</b> способы описания воздействия ИИ на элементы ЭС.</p> <p><b>Уметь:</b> Использовать упрощенные математические модели воздействия ИИ на элементную базу ЭС.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками выбора элементной базы ЭС по параметрам чувствительности к ИИ.</p>	<p><b>Знать:</b> принципы оценки последствий воздействия ИИ на ЭС.</p> <p><b>Уметь:</b> Использовать физические и математические модели воздействия ИИ на элементную базу, и функциональные узлы ЭС.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения физических и математических моделей воздействия ИИ на ЭС.</p>

	<p>ПК-3.3. Применяет стандартные средства компьютерного моделирования и разработки электронных средств</p>	<p><b>Знать:</b> <i>требования к основным параметрам базовых функциональных узлов ЭС в условиях воздействия ИИ.</i></p> <p><b>Уметь:</b> <i>определять основные параметры ЭС средствами компьютерного моделирования.</i></p> <p><b>Владеть:</b> <i>навыками определения основных параметров ЭС средствами компьютерного моделирования и разработки ЭС.</i></p>	<p><b>Знать:</b> <i>основные требования к схемотехнике радиационно-устойчивых функциональных узлов ЭС.</i></p> <p><b>Уметь:</b> <i>применять средства компьютерного моделирования и разработки ЭС при построении схем радиационно-устойчивых ЭС и оценке их основных параметров.</i></p> <p><b>Владеть:</b> <i>навыками применения средств компьютерного моделирования и разработки ЭС при построении схем радиационно-устойчивых ЭС и оценке их основных параметров.</i></p>	<p><b>Знать:</b> <i>Принципы построения радиационно-устойчивых функциональных узлов аналоговых и цифровых ЭС.</i></p> <p><b>Уметь:</b> <i>применять принципы построения радиационно-устойчивых ЭС и оценивать их параметры средствами компьютерного моделирования.</i></p> <p><b>Владеть:</b> <i>навыками использования средств компьютерного моделирования при оценке характеристик и параметров радиационно-устойчивых функциональных узлов ЭС.</i></p>
--	--	--	---	---

### 7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

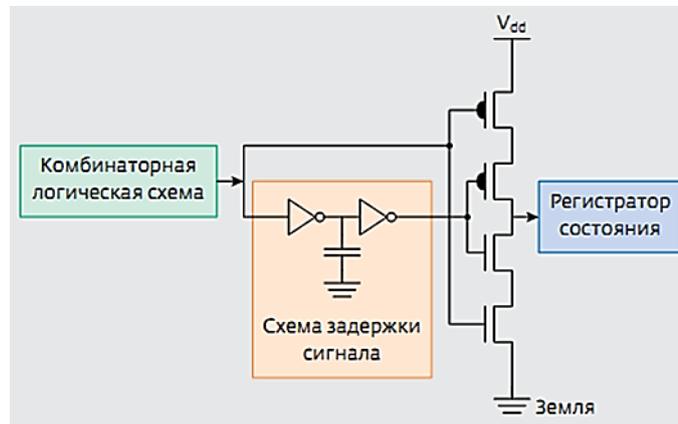
Таблица 7.3 - Паспорт комплекта оценочных средств для текущего контроля успеваемости

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Технология формирования	Оценочные средства		Описание шкал оценивания
				Наименование	№№ заданий	
1	Элементы теории взаимодействия ионизирующих излучений (ИИ) с материалами электронной техники. Воздействие излучения на электронную аппаратуру.	ПК-3,	Лекции. СРС. Практ. занятия.	Собеседование Вопросы к ПЗ 1	1-36 1-17	Согласно табл.7.2
2	Влияние ИИ на компоненты электронной аппаратуры и интегральных микросхем (ИС).	ПК-3	Лекции. СРС. Практ. Занятия.	Собеседование Вопросы к ПЗ 2 Вопросы к ПЗ 3 Вопросы к ПЗ 4	37-72 1-12 1-11 1-8	Согласно табл.7.2
3	Влияние ИИ на аналоговые ИС. Повышение устойчивости аналоговых устройств.	ПК-3	Лекции. СРС. Практ. Занятия.	Собеседование Вопросы к ПЗ 5 Вопросы к ПЗ 6	73-88 1-7 1-7	Согласно табл.7.2
4	Влияние ИИ на цифровые ИС и БИС и принципы проектирования устойчивых ЭС.	ПК-3	Лекции. СРС. Практ. Занятия.	Собеседование Вопросы к ПЗ 7 Вопросы к ПЗ 8	89-111 1-6 1-5	Согласно табл.7.2

БТЗ – банк вопросов и заданий в тестовой форме.

## Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

1. Описать принцип работы схемы повышения устойчивости, представленной на рисунке, к воздействию ионизирующего излучения.



2. Объяснить причину, по которой для повышения устойчивости к ИИ оперативной памяти используют мажоритарный принцип, а памяти программ – помехоустойчивое кодирование.
3. Написать логическое выражение, описывающее работу мажоритарного элемента

### Темы рефератов

1. Характеристики ионизирующих излучений и единицы измерений
2. Влияние излучений на материалы ИС.
3. Воздействие ИИ на материалы космических аппаратов
4. Влияние излучений на параметры биполярных и полевых транзисторов.
5. Методы оценки радиационной стойкости аналоговых ИС.
6. Радиационные эффекты в электронных ключах.
7. Радиационные эффекты в цифровых ИС
8. Методы повышения стойкости цифровых ИС. Элементная база радиационно-стойкой аппаратуры
9. Аппаратное резервирование в радиационно-стойкой аппаратуре.
10. Воздействие ИИ на источники электропитания и методы повышения их устойчивости
11. Методы защиты электронной аппаратуры от одиночных сбоев
12. Оценка радиационной стойкости интегральных схем для космической аппаратуры
13. Топологическая норма и устойчивость ИС к ИИ

14. Обзор радиационно-стойкой элементной базы отечественных производителей
15. Повышение радиационной стойкости ИМС конструктивными методами
16. Радиационная стойкость микроконтроллеров и статической памяти
17. Повышение надёжности функционирования программ в радиационно-стойкой аппаратуре
18. Микропроцессорные комплекты для космических аппаратов

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости представлены в УММ по дисциплине.

### **Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

*Промежуточная аттестация* по дисциплине проводится в форме зачёта. Зачёт проводится в виде компьютерного или бланкового тестирования.

Для тестирования используются контрольно-измерительные материалы (КИМ) – вопросы и задания в тестовой форме, составляющие банк тестовых заданий (БТЗ) по дисциплине, утвержденный в установленном в университете порядке.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины, указанные в разделе 4 настоящей программы. Все темы дисциплины отражены в КИМ в долях в соответствии с табл. 7.3. БТЗ включает в себя не менее 100 заданий и постоянно пополняется. БТЗ хранится на бумажном носителе в составе УММ и электронном виде в ЭИОС университета.

Для проверки *знаний* используются вопросы и задания в различных формах:

- закрытой (с выбором одного или нескольких правильных ответов),
- открытой (необходимо вписать правильный ответ),
- на установление правильной последовательности,
- на установление соответствия.

*Умения, навыки (или опыт деятельности) и компетенции* проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных или кейсового характера) и различного вида конструкторов. Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант КИМ включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат КИМ позволяет объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

## Примеры типовых заданий для проведения промежуточной аттестации обучающихся

### Задание в закрытой форме:

Определение ионизирующего излучения.

Ответ1: излучение при взаимодействии со средой приводящее к ионизации

Ответ2: частицы, обладающие зарядом

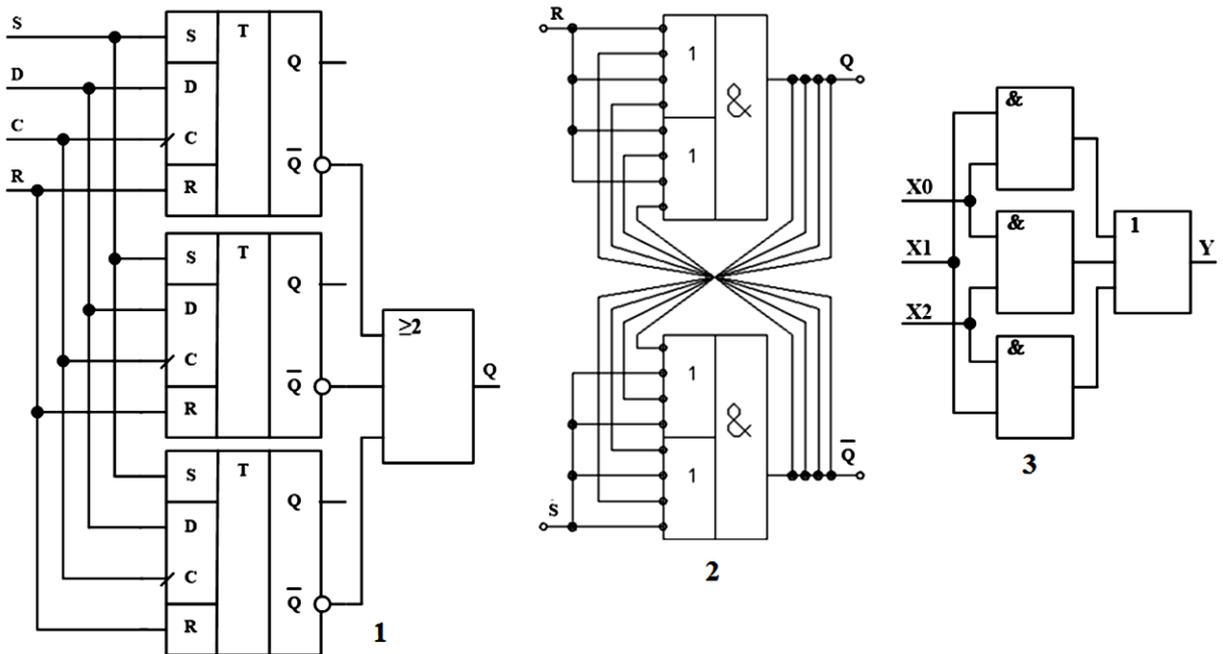
Ответ3: частицы, обладающие зарядом и нейтроны

Ответ4: частицы, обладающие зарядом и высокоэнергетические фотоны

### Задание в открытой форме:

В каких единицах измеряется мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения?

### Задание на установление правильной последовательности



В какой последовательности расположены на рисунке: устройство на функционально полных толерантных элементах (ФПТ); мажоритарный элемент; резервированный триггер?

### Задание на установление соответствия

$$\Delta \left( \frac{1}{h_{21E}} \right) = k_{ЭФФ} \cdot t_A \cdot \Phi,$$

Установите соответствие между нумерацией переменных для оценки зависимости коэффициента передачи транзистора от ионизирующего излучения и их названиями а) коэффициент радиационного повреждения, б) время пролёта активной базы неосновными носителями, в) флюенс

частиц, г) время рекомбинации неосновных носителей, д) отношение площадей эмиттера и коллектора

### Компетентностно-ориентированная задача:

Рассчитать максимальный коэффициент усиления неинвертирующего усилителя, если коэффициент усиления по напряжению операционного усилителя при воздействии радиации может уменьшиться в два раза, а его начальное значение на постоянном токе равно  $K_0$ .

Дано:

Коэффициент усиления операционного усилителя,  $K$ ;

Частота единичного усиления,  $f_1$ ;

Верхняя граница рабочего диапазона частот,  $f_B$ ;

Допустимое отклонение коэффициента усиления усилителя от номинального значения в %,  $\delta K_U$ .

$\delta K_U$ .

Вар.	$K$	$f_1$ , МГц	$f_B$ , Гц	$\delta K_U$ , %	$K_0$
1	10000	5	500	0,1	10,0
2	20000	0,8	300	0,05	2,7
3	50000	1	200	0,02	2,0
4	10000	2	150	0,1	10,0
5	20000	5	500	0,05	10,0
6	50000	0,8	300	0,02	1,1
7	10000	1	200	0,1	10,0
8	20000	2	150	0,05	10,0
9	50000	5	500	0,02	4,0
10	10000	0,8	300	0,1	5,3
11	20000	1	200	0,05	5,0
12	50000	2	150	0,02	5,3
13	10000	5	500	0,1	10,0
14	20000	0,8	300	0,05	2,7
15	50000	1	200	0,02	2,0
16	10000	2	150	0,1	10,0
17	20000	5	500	0,05	10,0
18	50000	0,8	300	0,02	1,1
19	10000	1	200	0,1	10,0
20	20000	2	150	0,05	10,0

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся представлены в УММ по дисциплине.

#### 7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, регулируются следующими нормативными актами университета:

– положение П 02.016–2018 О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ;

– методические указания, используемые в образовательном процессе, указанные в списке литературы.

Для *текущего контроля успеваемости* по дисциплине в рамках действующей в университете балльно-рейтинговой системы применяется следующий порядок начисления баллов:

Таблица 7.4 – Порядок начисления баллов в рамках БРС

Форма контроля	Минимальный балл		Максимальный балл	
	баллы	примечание	баллы	примечание
Практические занятия	3	Активность низкая. При выполнении заданий допущены ошибки. Исправить их может лишь после консультации. Более 50% правильных ответов.	6	Проявляет высокую активность в дискуссиях и консультирует товарищей. Аргументация уверенная и правильная. С заданиями справляется. Свыше 70% правильных ответов
Выполнение реферата по одной из предложенных тем	0	Реферат не представлен	10	Тема раскрыта полностью, имеются элементы анализа и выводы, творческий подход, количество используемых источников не менее 10, использованы патентные материалы и зарубежные источники, техническая периодика. Реферат структурирован. Материал изложен последовательно, кратко и ясно.

Форма контроля	Минимальный балл		Максимальный балл	
	баллы	примечание	баллы	примечание
				Презентация иллюстративна, язык изложения корректен технически, изложение аргументировано.
Итого:	24		48+10	
Посещаемость	8		16	
Зачёт	18		36	
Всего:	50		100	

*Для проведения промежуточной аттестации обучающихся (теоретической части и практической части) используется следующая методика оценивания знаний, умений, навыков. В каждом варианте КИМ –16 заданий (15 вопросов для тестирования и одна компетентностно-ориентированная задача).*

*Каждый верный ответ оценивается следующим образом:*

- задание в закрытой форме – 2 балла,*
- задание в открытой форме – 2 балла,*
- задание на установление правильной последовательности – 2 балла,*
- задание на установление соответствия – 2 балла,*
- решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.*

*Максимальное количество баллов по промежуточной аттестации – 36.*

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **8.1 Основная учебная литература**

1. Дрейзин, В. Э. Физика взаимодействия ионизирующих излучений с веществом : учебное пособие / В. Э. Дрейзин, Н. В. Сиделева ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2015. – 135 с. – Текст: электронный.
2. Ядерное приборостроение: история развития, основные задачи и проблемы : учебное пособие / В. Э. Дрейзин ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Юго-Западный государственный университет". – Курск : ЮЗГУ, 2013. – 182 с. – Текст: электронный.
3. Физические основы регистрации ионизирующих излучений : учебное пособие / В. Э. Дрейзин [и др.] ; Юго-Западный государственный университет. Курск : ЮЗГУ, 2013. – 258 с. – Текст: электронный

### **8.2 Дополнительная учебная литература**

4. Агаханян, Т. М. Радиационные эффекты в интегральных микросхемах : монография / под ред. Т. М. Агаханяна. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 253 с. – Текст: непосредственный.
5. Белоус, А.И. Космическая электроника : научное издание : в 2 кн. / А.И. Белоус, В.А. Солодуха. – Москва : Техносфера, 2015. – Кн. 1. – 696 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443316> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
6. Белоус, А. И. Космическая электроника : в 2 книгах / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов. – Москва : Техносфера, 2021. – Кн. 2. – 1184 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=701581> (дата обращения: 17.08.2024). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.

### **8.3 Перечень методических указаний**

1. Проектирование радиационно-устойчивых электронных средств : методические указания к практическим занятиям : [для студентов направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» всех форм обучения] / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост. О. Г. Бондарь. – Курск : ЮЗГУ, 2024. – 52 с. – Текст: электронный.
2. Организация самостоятельной работы : методические указания : [для обучающихся направлений подготовки 11.03.02, 11.03.03, 11.04.03 и 11.04.02 очной и заочной форм обучения] / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост. О. Г. Бондарь. – Курск: ЮЗГУ, 2018. – 52 с. – Текст: электронный.

### **8.4 Другие учебно-методические материалы**

1. Справочно-обучающая система «SOS», разделы «Схемотехника», «Справочники».
2. Конспект лекций в электронной форме.

## **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. – URL: <http://window.edu.ru>
2. Сайт корпорации BAE Systems - производителя радиационно-стойких компонент. – URL: [www.baesystems.com](http://www.baesystems.com).
3. Отечественный разработчик, производитель и поставщик электронных компонентов, в т. ч. радиационно-стойких, «МИЛАНДР». – URL: <http://milandr.ru/>
4. НИИ электронной техники, одно из ведущих предприятий отечественной электронной промышленности, разрабатывает импортозамещающие электронные компоненты, в том числе БИС и СБИС для жестких режимов эксплуатации. – URL: <http://www.niet.ru/>
5. Журнал «Компоненты и технологии». Архив содержит статьи в свободном доступе, в том числе по вопросам построения радиационно-стойкой аппаратуры. – URL: <http://www.kit-e.ru/archive.php>
6. Университетская библиотека. – URL: <http://biblioclub.ru/>

## **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и практические занятия.

Практические занятия направлены на изучение элементной базы радиационно-стойкой электронной аппаратуры и её обоснованный выбор, изучение схемотехнических методов повышения стойкости проектируемого оборудования как одного из наиболее доступных средств, особенностей проектирования радиационно-устойчивых микропроцессорных систем. Методические указания к практическим занятиям содержат основные базовые положения и методику выбора элементной базы, схемотехнических решений, расчёта или синтеза функциональных узлов радиационно-стойкой аппаратуры. Наличие дополнительного материала требует его самостоятельного изучения при домашней подготовке к занятиям. Во время аудиторных занятий обсуждаются сложные места расчёта, вариативность методики и осуществляется закрепление материала выполнением индивидуальных заданий. При контроле знаний основное внимание обращается на понимание процессов в функциональных узлах, умение пользоваться упрощёнными моделями, используемыми в методиках расчёта параметров и характеристик узлов.

Лекционный курс доступен в электронной форме. Предварительное знакомство позволяет легче воспринимать материал в аудитории, а также активно участвовать в дискуссии по сложным, неформализованным аспектам проектирования и испытаний аппаратуры. Вопросы проектирования радиационно-стойкой аппаратуры чрезвычайно сложны, методики испытаний и проектирования далеко не формализованы, а потому задачи проектирования во многом являются искусством. Поэтому для более глубокого изучения курса чрезвычайно полезно знакомиться с предложенными Интернет-ресурсами.

Для освоения дисциплины в полном объеме студенту необходимо посещать все аудиторные занятия.

### **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Microsoft Windows Professional 7 Russian (Upgrade Academic OPEN1 License No Level № 60803556 - 12 копий).

LibreOffice (LGPL v3)

Антивирус Касперского (*или ESETNOD32*)

Информационно-справочная система кафедры

Circuit Design Suite 12.0 (Academy license № M76X44651)

OrCAD (Lite Demo Software)/ (CircuitMaker от Altium Designer) – бесплатные продукты.

### **12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и лаборатории кафедры космического приборостроения и систем связи, оснащенные учебной

мебелью: столы, стулья для обучающихся; стол, стул для преподавателя; доска. 2005-93, Учебно-научная станция с набором практикумов (12 рабочих мест) в составе ПК (Processor i5-2500, RAM DDR3 4 GB, HDD 320 GB, DVD RW, TFT-монитор 24" 1920x1080) Мультимедиа центр: ноутбук ASUS X50VL PMDT2330/14"/1024Mb/160Gb/ сумка/ проектор inFocus IN24+, инв. № 104.3261.

### **13 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

*Для лиц с нарушением слуха* возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

*Для лиц с нарушением зрения* допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

*Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата*, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

**14 Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу  
дисциплины**

Номер измене- ния	Номера страниц				Всего страниц	Дата	Основание для изменения и подпись лица, про- водившего изменения
	изме- ненных	заме- ненных	аннулиро- ванных	новых			