

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радионавигационные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА**  
**РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.33
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 4; 10 семестр - 4; всего - 8
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	288 часа
<b>Лекции</b>	7 семестр - 16 часов; 10 семестр - 32 часа; всего - 48 часа
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	7 семестр - 32 часа; 10 семестр - 16 часов; всего - 48 часа
<b>Консультации</b>	7 семестр - 2 часа; 10 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 93,5 часа; 10 семестр - 93,5 часа; всего - 187,0 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Лабораторная работа Расчетно-графическая работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	10 семестр - 0,5 часа; всего - 1,0 час

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сазонова Л.Т.
	Идентификатор	R4da3b64f-SazonovaLT-25bbfdc4

Л.Т. Сазонова


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
	Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7

А.Ю. Сизякова

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Куликов Р.С.
	Идентификатор	R7ef0b374-KulikovRS-e851162c

Р.С. Куликов

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение элементов технологий производства электронных средств (ЭС) и методов конструирования, расчёта, анализа и выбора способов защиты от возмущающих воздействий для последующего использования при создании и применении радиоэлектронной аппаратуры

### Задачи дисциплины

- изучение учета влияния и способов защиты конструкций электронных средств от высоких и низких температур, механических воздействий, повышенной влажности, агрессивных химических и биологических воздействий;

- освоение методов расчета надежности работы РЭС по внезапным отказам для не восстанавливаемых систем;

- обучение основам автоматизированного многокритериального выбора проектных решений и конструктивных компонентов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub> Знает современное состояние области профессиональной деятельности	знать: - теорию и методы автоматизированного выбора компонентов конструкций; - методы защиты конструкций электронной аппаратуры от дестабилизирующих факторов.  уметь: - применять автоматизированные системы оптимального выбора материалов, компонентов и конструктивов при разработке РЭС; - проектировать оптимальные варианты компонентов конструкций РЭС с учетом современных технологических требований.
ОПК-3 Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Знает методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования	знать: - основные термины и понятия в конструировании и технологии РЭС базовые элементы формирования технического задания на конструирование РЭС.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий		
ОПК-3 Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> Использует методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы анализа надежности и испытаний РЭС;</li> <li>- основные методы многокритериального выбора проектных решений и конструктивных компонентов.</li> </ul>
ОПК-5 Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий	ИД-1 <sub>ОПК-5</sub> Разрабатывает проектную и конструкторскую документацию в соответствии с нормативными требованиями	<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать оптимальные варианты компонентов и рассчитывать ошибки выходных параметров конструкций РЭС.</li> </ul>
ОПК-5 Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной	ИД-3 <sub>ОПК-5</sub> Формулирует задачи, направленные на проведение исследований, проектирование и использование в практической деятельности радиоэлектронных устройств	<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывать ошибки выходных параметров конструкций и надежность по внезапным отказам РЭС;</li> <li>- рассчитывать ошибки выходных параметров конструкций и надежность по внезапным отказам РЭС.</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
техники и информационно-коммуникационных технологий	и систем, определяет пути их решения и оценивает эффективность выбора	

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радионавигационные системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные проблемы конструирования и технологий производства РЭС. Термины и понятия. Элементная и конструктивная базы РЭС, этапы технологии производства РЭС. Стандартизация, документооборот	24	7	4	8	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Основные проблемы конструирования и технологий производства РЭС. Термины и понятия. Элементная и конструктивная базы РЭС, этапы технологии производства РЭС. Стандартизация, документооборот. Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС" материалу.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные проблемы конструирования и технологий производства РЭС. Термины и понятия. Элементная и конструктивная базы РЭС, этапы технологии производства РЭС. Стандартизация, документооборот. Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС"</p>
1.1	Основные проблемы конструирования и технологий производства РЭС. Термины и понятия. Элементная и конструктивная базы РЭС, этапы технологии производства РЭС. Стандартизация, документооборот	24		4	8	-	-	-	-	-	-	12	-	

														<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 149-187
2	Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС	42	4	16	-	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС" материалу.	
2.1	Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС	42	4	16	-	-	-	-	-	-	22	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 58-75	
3	Методы полной и неполной взаимозаменяемости. Методы достижения заданной точности. Надежность РЭС по внезапным отказам. Резервирование как метод повышения надежности. Элементная и конструктивная базы РЭС. Технология монтажа	42	8	8	-	-	-	-	-	-	26	-	<b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов	

	коммутационных плат. Методы автоматизированного монтажа многослойных печатных плат												обработки результатов по изученному в разделе "Методы полной и неполной взаимозаменяемости. Методы достижения заданной точности. Надежность РЭС по внезапным отказам. Резервирование как метод повышения надежности. Элементная и конструктивная базы РЭС. Технология монтажа коммутационных плат. Методы автоматизированного монтажа многослойных печатных плат" материалу.	
3.1	Методы полной и неполной взаимозаменяемости. Методы достижения заданной точности. Надежность РЭС по внезапным отказам. Резервирование как метод повышения надежности. Элементная и конструктивная базы РЭС. Технология монтажа коммутационных плат. Методы автоматизированного монтажа многослойных печатных плат	42		8	8	-	-	-	-	-	-	26	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы полной и неполной взаимозаменяемости. Методы достижения заданной точности. Надежность РЭС по внезапным отказам. Резервирование как метод повышения надежности. Элементная и конструктивная базы РЭС. Технология монтажа коммутационных плат. Методы автоматизированного монтажа многослойных печатных плат" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 107-123
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		16	32	-	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0		16	32	-	-	2	-	-	0.5	93.5		
4	Термины и определения. Основные проблемы и задачи конструирования и технологии РЭС. Автоматизированный многокритериальный выбор вариантов типовых и	58	10	18	8	-	-	-	-	-	-	32	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Термины и определения. Основные проблемы и задачи конструирования и технологии РЭС. Автоматизированный многокритериальный выбор вариантов



	стандартных элементов конструкций по совокупности ПК. Влияние конструктивных и технологических факторов на обеспечение надежности РЭС в различных условиях эксплуатации. Тепловые воздействия на РЭС. Проектирование тепловых режимов РЭС. Примеры конструктивных решений, обеспечивающих заданный тепловой режим РЭС													типовых и стандартных элементов конструкций по совокупности ПК. Влияние конструктивных и технологических факторов на обеспечение надежности РЭС в различных условиях эксплуатации. Тепловые воздействия на РЭС. Проектирование тепловых режимов РЭС. Примеры конструктивных решений, обеспечивающих заданный тепловой режим РЭС" материалу. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Термины и определения. Основные проблемы и задачи конструирования и технологии РЭС. Автоматизированный многокритериальный выбор вариантов типовых и стандартных элементов конструкций по совокупности ПК. Влияние конструктивных и технологических факторов на обеспечение надежности РЭС в различных условиях эксплуатации. Тепловые воздействия на РЭС. Проектирование тепловых режимов РЭС. Примеры конструктивных решений, обеспечивающих заданный тепловой режим РЭС"
4.1	Термины и определения. Основные проблемы и задачи конструирования и технологии РЭС. Автоматизированный многокритериальный выбор вариантов типовых и стандартных элементов конструкций по совокупности ПК. Влияние конструктивных и технологических	58	18	8	-	-	-	-	-	-	32	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 5-13	

	<p>факторов на обеспечение надежности РЭС в различных условиях эксплуатации.</p> <p>Тепловые воздействия на РЭС. Проектирование тепловых режимов РЭС.</p> <p>Примеры конструктивных решений, обеспечивающих заданный тепловой режим РЭС</p>												
5	<p>Защита РЭС от механических воздействий.</p> <p>Основные пути защиты от ударов, вибрации и линейных ускорений. Защита РЭС от влажности.</p> <p>Герметизация РЭС как комплексная защита конструкций от агрессивных сред.</p> <p>Пропитка. Заливка.</p> <p>Обволакивание.</p> <p>Вакуум-плотная герметизация.</p>	28	10	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Защита РЭС от механических воздействий. Основные пути защиты от ударов, вибрации и линейных ускорений. Защита РЭС от влажности. Герметизация РЭС как комплексная защита конструкций от агрессивных сред. Пропитка. Заливка. Обволакивание. Вакуум-плотная герметизация. Покрытия деталей РЭС. Защитные покрытия деталей РЭС. Металлические покрытия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства" материалу.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Защита РЭС от механических воздействий.</p>
5.1	<p>Защита РЭС от механических воздействий.</p> <p>Основные пути защиты от ударов, вибрации и линейных ускорений. Защита РЭС от влажности.</p>	28	10	4	-	-	-	-	-	-	14	-	

	Герметизация РЭС как комплексная защита конструкций от агрессивных сред. Пропитка. Заливка. Обволакивание. Вакуум-плотная герметизация.												Основные пути защиты от ударов, вибрации и линейных ускорений. Защита РЭС от влажности. Герметизация РЭС как комплексная защита конструкций от агрессивных сред. Пропитка. Заливка. Обволакивание. Вакуум-плотная герметизация. Покрытия деталей РЭС. Защитные покрытия деталей РЭС. Металлические покрытия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 168-193
6	Покрытия деталей РЭС. Защитные покрытия деталей РЭС. Металлические покрытия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства	22	4	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Покрытия деталей РЭС. Защитные покрытия деталей РЭС. Металлические покрытия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства" материалу.
6.1	Покрытия деталей РЭС. Защитные покрытия деталей РЭС. Металлические покрытия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные	22	4	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Покрытия деталей РЭС. Защитные покрытия деталей РЭС. Металлические покрытия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>

	микросборки (МСБ). Технология их производства												[1], стр. 256-278
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5
	Всего за семестр	144.0		32	16	-	-	2	-	-	0.5	60	33.5
	Итого за семестр	144.0		32	16	-	-	2	-	-	0.5	93.5	
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	-	<b>48</b>	<b>48</b>	-	-	<b>4</b>	-	-	<b>1.0</b>	<b>187.0</b>	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Основные проблемы конструирования и технологий производства РЭС. Термины и понятия. Элементная и конструктивная базы РЭС, этапы технологии производства РЭС. Стандартизация, документооборот

1.1. Основные проблемы конструирования и технологий производства РЭС. Термины и понятия. Элементная и конструктивная базы РЭС, этапы технологии производства РЭС. Стандартизация, документооборот

Основные проблемы конструирования и технологий производства РЭС. Термины и понятия. Классификация конструкций по условиям эксплуатации. Базовые принципы конструирования РЭС. Стандартизация, ЕСКД и ЕСПД.

#### 2. Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС

2.1. Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС

Формализованная постановка задачи выбора элементной базы по допустимости и критериальным требованиям. Условия, ограничения и показатели качества. Критерии условные и безусловные, их связь с показателями качества. Теория многокритериального выбора и принятия решения. Систематические и случайные ошибки параметров конструкций РЭС. Методы максимального отклонения, метод моментов и метод Монте-Карло, как методы анализа точности РЭС.

#### 3. Методы полной и неполной взаимозаменяемости. Методы достижения заданной точности. Надежность РЭС по внезапным отказам. Резервирование как метод повышения надежности. Элементная и конструктивная базы РЭС. Технология монтажа коммутационных плат. Методы автоматизированного монтажа многослойных печатных плат

3.1. Методы полной и неполной взаимозаменяемости. Методы достижения заданной точности. Надежность РЭС по внезапным отказам. Резервирование как метод повышения надежности. Элементная и конструктивная базы РЭС. Технология монтажа коммутационных плат. Методы автоматизированного монтажа многослойных печатных плат

Методы достижения заданной точности: компенсация, подгонка, регулировка, введение отрицательной обратной связи, метод вариации коэффициентов влияния. Основные характеристики надежности РЭС по внезапным отказам для невосстанавливаемых систем. Вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, среднее время исправной работы. Объемный и печатный монтаж. Основные DIP- и SMD-компоненты РЭС (резисторы, электролитические конденсаторы, индуктивности, кристаллы, транзисторы, ИМС). Технология монтажа и технология производства коммутационных плат. Методы получения рисунков при производстве печатных плат (ПП). Метод химического травления и электрохимического осаждения для формирования проводников ПП. Метод мультивайер. Сварка и пайка при монтаже компонентов на ПП. Подготовка МПП к установке компонентов. Автоматизированный монтаж DIP и SMD-компонентов на МПП. Описание автоматизированных установок для установки компонентов.

#### 4. Термины и определения. Основные проблемы и задачи конструирования и технологий РЭС. Автоматизированный многокритериальный выбор вариантов типовых и стандартных элементов конструкций по совокупности ПК. Влияние конструктивных и технологических факторов на обеспечение надежности РЭС в различных условиях

эксплуатации. Тепловые воздействия на РЭС. Проектирование тепловых режимов РЭС. Примеры конструктивных решений, обеспечивающих заданный тепловой режим РЭС

4.1. Термины и определения. Основные проблемы и задачи конструирования и технологии РЭС. Автоматизированный многокритериальный выбор вариантов типовых и стандартных элементов конструкций по совокупности ПК. Влияние конструктивных и технологических факторов на обеспечение надежности РЭС в различных условиях эксплуатации. Тепловые воздействия на РЭС. Проектирование тепловых режимов РЭС. Примеры конструктивных решений, обеспечивающих заданный тепловой режим РЭС

Системный подход при проектировании конструкций и технологий производства РЭС. Общие принципы проектирования конструкций РЭС. Базовые принципы конструирования. Классификация РЭС по условиям эксплуатации. Формализованная постановка задачи проектного выбора при конструировании РЭС. Многокритериальный выбор вариантов компонентов конструкций. Модели данных. Реляционная и ассоциативная модель данных. Выбор допустимых вариантов в АМ. Выбор оптимальных вариантов в АМ по критерию Парето, L и  $\square$ . Алгоритмы выбора. Примеры выбора оптимальных ИМС в АМД. Влияние внешних возмущений на ошибки параметров и надежность РЭС по постепенным и внезапным отказам. Связь между внешними возмущающими факторами и надежностью РЭС. Уравнение энергетического баланса. Основные виды теплообмена в конструкциях РЭС: теплопроводность, конвекция, излучение. Законы Фурье, Ньютона и Стефана Больцмана. Моделирование тепловых процессов с помощью электрических цепей. Динамические тепловые режимы РЭС. Расчет тепловых режимов коэффициентным методом. Примеры теплозащиты конструкций для естественного и принудительного охлаждения.

5. Защита РЭС от механических воздействий. Основные пути защиты от ударов, вибрации и линейных ускорений. Защита РЭС от влажности. Герметизация РЭС как комплексная защита конструкций от агрессивных сред. Пропитка. Заливка. Обволакивание. Вакуум-плотная герметизация.

5.1. Защита РЭС от механических воздействий. Основные пути защиты от ударов, вибрации и линейных ускорений. Защита РЭС от влажности. Герметизация РЭС как комплексная защита конструкций от агрессивных сред. Пропитка. Заливка. Обволакивание. Вакуум-плотная герметизация.

Амортизаторы как средство защиты РЭА от механических воздействий. Виброчастотная характеристика системы «аппарат-амортизатор». Конструкции и характеристики основных типов амортизаторов (АД, АП, АЧ). Методы защиты конструкций РЭС от вибрации и ударов. Относительная и абсолютная влажность. Адсорбция и абсорбция. Влияние влаги на свойства металлических и изоляционных материалов. Влияние влажности на детали конструкций при переходах температуры через 00С. Основные способы защиты.

6. Покрытия деталей РЭС. Защитные покрытия деталей РЭС. Металлические покрытия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства

6.1. Покрытия деталей РЭС. Защитные покрытия деталей РЭС. Металлические покрытия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства

Металлические покрытия. Понятие потенциала металла по отношению к водороду. Анодные и катодные покрытия. Цинкование и кадмирование по стали. Фосфатирование, оксидирование, воронение и анодное оксидирование. Их свойства и области применения. Лакокрасочные покрытия. Подготовка поверхности к нанесению ЛКП. Грунтовки, шпатлевки, выравнивание поверхности. Технология нанесения ЛКП. Типы покрытий для

деталей РЭС: меламиноалкидные и нитроцеллюлозные покрытия, пентафталевые и глифталевые покрытия, эпоксидные покрытия. Элементы тонкопленочных микросборок и их основные характеристики. Резистивные, диэлектрические и проводниковые материалы для тонкопленочных микросборок. Технология толстопленочных ИМС. Функциональные пасты и их свойства. Технология вжигания паст. Армирование и подгонка элементов.

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Исследование виброустойчивости блока РЭС;
2. Автоматизированный многокритериальный выбор компонентов конструкций РЭС;
3. Многовариантное многокритериальное проектирование конденсаторной микросборки;
4. Анализ надежности радиоэлектронных устройств методом моментов и методом Монте-Карло;
5. Граничные испытания блоков ЭС;
6. Анализ и выбор тепловых режимов блока РЭС;
7. Сравнительный анализ критериев выбора элементов конструкций.

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные проблемы конструирования и технологий производства РЭС. Термины и понятия. Элементная и конструктивная базы РЭС, этапы технологии производства РЭС. Стандартизация, документооборот. Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы полной и неполной взаимозаменяемости. Методы достижения заданной точности. Надежность РЭС по внезапным отказам. Резервирование как метод повышения надежности. Элементная и конструктивная базы РЭС. Технология монтажа коммутационных плат. Методы автоматизированного монтажа многослойных печатных плат"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термины и определения. Основные проблемы и задачи конструирования и технологии РЭС. Автоматизированный многокритериальный выбор вариантов типовых и стандартных элементов конструкций по совокупности ПК. Влияние конструктивных и технологических факторов на обеспечение надежности РЭС в различных условиях эксплуатации. Тепловые воздействия на РЭС. Проектирование тепловых режимов РЭС. Примеры конструктивных решений, обеспечивающих заданный тепловой режим РЭС"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Защита РЭС от механических воздействий. Основные пути защиты от ударов, вибрации и линейных ускорений. Защита РЭС от влажности. Герметизация РЭС как комплексная защита конструкций от агрессивных сред. Пропитка. Заливка. Обволакивание. Вакуум-плотная герметизация. Покрытия деталей РЭС. Защитные покрытия деталей РЭС. Металлические покрытия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП.

Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства"

6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Покрытия деталей РЭС. Защитные покрытия деталей РЭС. Металлические покрытия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
<b>Знать:</b>								
методы защиты конструкций электронной аппаратуры от дестабилизирующих факторов	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>	+						Лабораторная работа/Граничные испытания блоков ЭС Лабораторная работа/Сравнительный анализ критериев выбора элементов конструкций
теорию и методы автоматизированного выбора компонентов конструкций	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>		+					Лабораторная работа/Граничные испытания блоков ЭС
основные термины и понятия в конструировании и технологии РЭС базовые эле-менты формирования технического задания на конструирование РЭС	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>			+				Лабораторная работа/Анализ надежности радиоэлектронных устройств методом моментов и методом Монте-Карло Расчетно-графическая работа/Многовариантное многокритериальное проектирование тонкоплёночной резистивной микросборки
основные методы многокритериального выбора проектных решений и конструктивных компонентов	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub>				+	+	+	Лабораторная работа/Многовариантное многокритериальное проектирование конденсаторной микросборки
основы анализа надежности и испытаний РЭС	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub>					+		Лабораторная работа/Анализ и выбор тепловых режимов блока РЭС
<b>Уметь:</b>								
проектировать оптимальные варианты компонентов конструкций РЭС с учетом современных технологических требований	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>	+						Расчетно-графическая работа/Многовариантное многокритериальное проектирование тонкоплёночной резистивной микросборки
применять автоматизированные системы оптимального выбора материалов, компонентов и конструктивов при разработке РЭС	ИД-1 <sub>ОПК-2</sub>						+	Лабораторная работа/Исследование виброустойчивости блока РЭС
выбирать оптимальные варианты компонентов	ИД-1 <sub>ОПК-5</sub>		+					Лабораторная работа/Анализ надежности

и рассчитывать ошибки выходных параметров конструкций РЭС							радиоэлектронных устройств методом моментов и методом Монте-Карло
рассчитывать ошибки выходных параметров конструкций и надежность по внезапным отказам РЭС	ИД-3ОПК-5				+		Лабораторная работа/Анализ и выбор тепловых режимов блока РЭС
рассчитывать ошибки выходных параметров конструкций и надежность по внезапным отказам РЭС	ИД-3ОПК-5				+		Лабораторная работа/Автоматизированный многокритериальный выбор компонентов конструкций РЭС

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **7 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Многовариантное многокритериальное проектирование тонкоплёночной резистивной микросборки (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Анализ надежности радиоэлектронных устройств методом моментов и методом Монте-Карло (Лабораторная работа)
2. Граничные испытания блоков ЭС (Лабораторная работа)
3. Сравнительный анализ критериев выбора элементов конструкций (Лабораторная работа)

#### **10 семестр**

Форма реализации: Смешанная форма

1. Автоматизированный многокритериальный выбор компонентов конструкций РЭС (Лабораторная работа)
2. Анализ и выбор тепловых режимов блока РЭС (Лабораторная работа)
3. Исследование виброустойчивости блока РЭС (Лабораторная работа)
4. Многовариантное многокритериальное проектирование конденсаторной микросборки (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### *Экзамен (Семестр №7)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей и составляющей промежуточной аттестации

#### *Экзамен (Семестр №10)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей и составляющей промежуточной аттестации

В диплом выставляется оценка за 10 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Кандырин, Ю. В. Основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных средств : учебное пособие для вузов по направлениям "Радиотехника", "Биотехнические системы и технологии" / Ю. В. Кандырин, В. Г. Крылов, Ф. Н. Покровский ; общ. ред. Ю. В.

Кандырин ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 312 с. - ISBN 978-5-7046-1628-3 .

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=7506>;

2. Кандырин, Ю. В. Многовариантное многокритериальное проектирование тонкопленочной резистивной сборки : Методическое пособие к типовому расчету по курсу "Конструирование и технология производства РЭС" по направлению "Радиотехника" / Ю. В. Кандырин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 16 с.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=7795>;

3. А. В. Зорин, М. А. Федоткин- "Методы Монте-Карло для параллельных вычислений", Издательство: "Московский Государственный Университет", Москва, 2013 - (193 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=595708>;

4. А. Д. Галеев, Е. В. Старовойтова, С. И. Поникаров- "Основы надежности технических систем", Издательство: "Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ)", Казань, 2019 - (224 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612248>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibr.mpei.ru/login.php>
4. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru>;  
<http://docs.cntd.ru/>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-408, Учебная лаборатория САПР	парта, стол, стол компьютерный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-408, Учебная лаборатория САПР	парта, стол, стол компьютерный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, компьютер персональный
Учебные аудитории для	Е-408, Учебная	парта, стол, стол компьютерный, стул,

проведения промежуточной аттестации	лаборатория САПР	компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-703/1, Кабинет сотрудников	стеллаж, стол, стул, шкаф, компьютер персональный, принтер, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-420/1, Помещение кафедры ФОРС	стеллаж

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Конструирование и технология производства радиоэлектронных средств

(название дисциплины)

#### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Сравнительный анализ критериев выбора элементов конструкций (Лабораторная работа)
- КМ-2 Граничные испытания блоков ЭС (Лабораторная работа)
- КМ-3 Анализ надежности радиоэлектронных устройств методом моментов и методом Монте-Карло (Лабораторная работа)
- КМ-4 Многовариантное многокритериальное проектирование тонкоплёночной резистивной микросборки (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	10	16
1	Основные проблемы конструирования и технологий производства РЭС. Термины и понятия. Элементная и конструктивная базы РЭС, этапы технологии производства РЭС. Стандартизация, документооборот					
1.1	Основные проблемы конструирования и технологий производства РЭС. Термины и понятия. Элементная и конструктивная базы РЭС, этапы технологии производства РЭС. Стандартизация, документооборот		+	+		+
2	Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС					
2.1	Методы выбора элементной базы конструкций РЭС. Многокритериальный выбор и принятие решения. Основы теории параметрической надежности и испытаний РЭС			+	+	
3	Методы полной и неполной взаимозаменяемости. Методы достижения заданной точности. Надежность РЭС по внезапным отказам. Резервирование как метод повышения надежности. Элементная и конструктивная базы РЭС. Технология монтажа коммутационных плат. Методы автоматизированного монтажа многослойных печатных плат					
3.1	Методы полной и неполной взаимозаменяемости. Методы достижения заданной точности. Надежность РЭС по внезапным отказам. Резервирование как метод повышения надежности. Элементная и конструктивная базы РЭС. Технология монтажа коммутационных плат. Методы автоматизированного монтажа многослойных				+	+

	печатных плат				
		Вес КМ, %:	25	25	25

### 10 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 Автоматизированный многокритериальный выбор компонентов конструкций РЭС (Лабораторная работа)
- КМ-6 Анализ и выбор тепловых режимов блока РЭС (Лабораторная работа)
- КМ-7 Исследование виброустойчивости блока РЭС (Лабораторная работа)
- КМ-8 Многовариантное многокритериальное проектирование конденсаторной микросборки (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	10	12	14
1	Термины и определения. Основные проблемы и задачи конструирования и технологии РЭС. Автоматизированный многокритериальный выбор вариантов типовых и стандартных элементов конструкций по совокупности ПК. Влияние конструктивных и технологических факторов на обеспечение надежности РЭС в различных условиях эксплуатации. Тепловые воздействия на РЭС. Проектирование тепловых режимов РЭС. Примеры конструктивных решений, обеспечивающих заданный тепловой режим РЭС					
1.1	Термины и определения. Основные проблемы и задачи конструирования и технологии РЭС. Автоматизированный многокритериальный выбор вариантов типовых и стандартных элементов конструкций по совокупности ПК. Влияние конструктивных и технологических факторов на обеспечение надежности РЭС в различных условиях эксплуатации. Тепловые воздействия на РЭС. Проектирование тепловых режимов РЭС. Примеры конструктивных решений, обеспечивающих заданный тепловой режим РЭС		+	+		+
2	Защита РЭС от механических воздействий. Основные пути защиты от ударов, вибрации и линейных ускорений. Защита РЭС от влажности. Герметизация РЭС как комплексная защита конструкций от агрессивных сред. Пропитка. Заливка. Обволакивание. Вакуум-плотная герметизация.					
2.1	Защита РЭС от механических воздействий. Основные пути защиты от ударов, вибрации и линейных ускорений. Защита РЭС от влажности. Герметизация РЭС как комплексная защита конструкций от агрессивных сред.			+		+

	Пропитка. Заливка. Обволакивание. Вакуум-плотная герметизация.				
3	Покрyтия деталей РЭС. Защитные покрyтия деталей РЭС. Металлические покрyтия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства				
3.1	Покрyтия деталей РЭС. Защитные покрyтия деталей РЭС. Металлические покрyтия. Фосфатирование, оксидирование, воронение. ЛКП. Тонкопленочные и толстопленочные микросборки (МСБ). Технология их производства			+	+
Вес КМ, %:		25	25	25	25