

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
радиотехники и электроники  
В.А. Небольсин

«19» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины (модуля)**

**«Особенности проектирования приборов и комплексов для  
различных условий эксплуатации»**

**Направление подготовки (специальность) 12.04.01 Приборостроение  
Магистерская программа «Автоматизированное проектирование приборов  
и комплексов»**

**Квалификация выпускника Магистр**

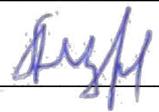
**Нормативный период обучения 2 года / 2 года 3 месяца**

**Форма обучения Очная / Заочная**

**Год начала подготовки 2020 г.**

Автор программы \_\_\_\_\_  /Башкиров А.В./

Заведующий кафедрой  
конструирования и производства  
радиоаппаратуры \_\_\_\_\_  /Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_  /Муратов А.В./

**Воронеж 2020**

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цели дисциплины

Состоит в изучении методологии проектирования приборов и комплексов для различных условий эксплуатации. С учетом агрессивного воздействия окружающей среды. Требования к надежности, механической прочности, электромагнитной совместимости, радиационной устойчивости, обеспечения заданного теплового режима.

## 1.2. Задачи освоения дисциплины

Освоение методологии и организации автоматизированного конструкторского проектирования, иерархического принципа в конструкции; получение навыков проектирование с использованием стандартизации и элементов оригинальных разработок; приобретение навыков разработки конструкции приборов и систем в целом, составляющих модулей, электрических соединений; практическое освоение приемов конструирования сложных приборов и комплексов при одновременном воздействии механических и климатических факторов, воздействий электрических, магнитных и электромагнитных полей с учетом технологичности, экономичности, требований эстетики при использовании систем автоматизированного проектирования; приобретение навыков, необходимых для оформления расчетно-конструкторской документации согласно ЕСТП, ЕСКД, ОСТП и ГОСТ

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Особенности проектирования приборов и комплексов для различных условий эксплуатации» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б.1 учебного плана.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Особенности проектирования приборов и комплексов для различных условий эксплуатации» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 – способность осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода

ПК-5 – готовность разрабатывать методические нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ

ПК-6 – способность организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	Знать направления, концепции и методологию проектирова-

	<p>ния приборов и комплексов радиоэлектронной аппаратуры;</p> <p>Уметь применять методологию научного познания и использовать её в практической деятельности в области проектирования РЭА; применять методы анализа состояния научно-технической проблемы при проектировании РЭА.</p> <p>Владеть навыками адаптации к новым ситуациям в профессиональной области</p>
ПК-5	Знать основы разработки планов конструкторско-технологических работ и необходимые этапы контроля их выполнения
	Уметь подбирать необходимые техническую документацию, материалы, оборудование для проведения конструкторско-технологических работ и контролю их выполнения
	Владеть навыками проведения конструкторско-технологических работ и контролю их выполнения
ПК-6	Знать требования технологической и нормативной документации новых технологических процессов выпуска изделий радиоэлектроники
	Уметь проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники
	Владеть навыками использования автоматизированных систем технологической подготовки производства

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Особенности проектирования приборов и комплексов для различных условий эксплуатации» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		3			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72			
В том числе:					
Лекции	18	18			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
<b>Самостоятельная работа</b>	81	81			
Курсовой проект	+	+			
Контрольная работа					
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой		+			
Вид промежуточной аттестации – экзамен		+			
Общая трудоемкость час	180	180			
экзамен. ед.	3	3			

## Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>14</b>	<b>14</b>			
В том числе:					
Лекции	4	4			
Практические занятия (ПЗ)	4	4			
Лабораторные работы (ЛР)	6	6			
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>157</b>	<b>157</b>			
Курсовой проект	+	+			
Контрольная работа					
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой					
Вид промежуточной аттестации – экзамен	+	+			
Общая трудоемкость	час	180	180		
	экзамен. ед.	2	2		

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Процесс проектирования приборов и комплексов специального назначения	Предметы и задачи курса. Основные принципы проектирования приборов и комплексов различного назначения	4	4	6	20	31
2	Принципы разукрупнения приборов и комплексов	Компоновка. Компоновка блоков, шкафов, стоек. Конструирование соединений.	4	4	6	20	32
3	Электромагнитная совместимость и защита от внешних воздействий. Надежность	Электромагнитная совместимость, защита приборов и комплексов от механических воздействий. Защита от излучений.	6	6	6	21	35
4	Особенности конструирования приборов и комплексов различного назначения	Конструирование наземных стационарных, подвижных, бортовых и морских приборов и комплексов	4	4	6	20	32
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>81</b>	<b>153</b>

#### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Процесс проектирования приборов и комплексов специального назначения	Предметы и задачи курса. Основные принципы проектирования приборов и комплексов различного назначения. Компоновка. Компоновка блоков, шкафов, стоек. Конструирование соединений.	2	2	2	78	84
2	Электромагнитная совместимость и защита от внешних воздействий. Надежность. Особенности конструирования приборов и комплексов различного назначения	Электромагнитная совместимость, защита приборов и комплексов от механических воздействий. Защита от излучений. Конструирование наземных стационарных, подвижных, бортовых и морских приборов и комплексов	2	2	4	79	87
<b>Итого</b>			<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>157</b>	<b>171</b>

## **5.2 Перечень лабораторных работ**

1. Конструирование функциональных узлов на печатной плате.
2. Компоновка элементов и блоков ЭС.
3. Расчет надежности, теплового режима и механических воздействий блоков ЭС на ЭВМ
4. Оформление комплекта конструкторской документации

## **5.3 Перечень практических работ**

1. Расчет радиатора полупроводникового прибора или микро-схемы
2. Трассировка схемы электрической принципиальной, с использованием критериев оптимальности: минимальная длина всех электрических соединений, минимальное число всех пересечений трасс
3. Расчет допустимой длины проводников печатной платы.
4. Размещение электрорадиоэлементов на двухсторонней печатной плате
5. Расчет надежности блока по внезапным отказам
6. Тепловой расчет прибора в герметичном блоке
7. Нанесение размеров и предельных отклонений на чертеже печатной платы
8. Выбор и обоснование материалов и покупных изделий, оформление спецификации по ЕСТП

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 2 семестре для очной и в 4 семестре заочной форм обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Конструирование приборов и комплексов различного назначения».

Содержанием курсового проекта является изучение возможностей современных этапов конструирования наземных стационарных, подвижных, бортовых и морских приборов и комплексов.

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- провести поиск и анализ информации о имеющихся методах и средствах конструирования РЭС, их возможностях и обосновать выбор наиболее целесообразных из них в рамках заданной тематики;
- разработать методику их применения для решения конкретных поставленных задач;
- провести практическое применение на примере типовых конструкций приборов на уровне устройств, комплексов и систем.

Курсовой проект включает в себя расчетно-пояснительную записку с приложением необходимого графического материала.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	Знать направления, концепции и методологию проектирования приборов и комплексов радиоэлектронной аппаратуры;	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять методологию научного познания и использовать её в практической деятельности в области проектирования РЭА; применять методы анализа состояния научно-технической проблемы при проектировании РЭА.	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками адаптации к новым ситуациям в профессиональной области	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	<u>Знать</u> основы разработки планов конструкторско-технологических работ и необходимые этапы контроля их выполнения	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<u>Уметь</u> подбирать необходимые техническую документацию, материалы, оборудование для проведения конструкторско-технологических работ и контролю их выполнения	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<u>Владеть</u> навыками проведения конструкторско-технологических работ и контролю их выполнения	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-6	Знать требования технологической и нормативной документации новых технологических процессов	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические	Выполнение работ в срок, предусмотренный в ра-	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих про-

	выпуска изделий радио-электроники	вопросы при защите курсового проекта	бочих про-граммах	граммах
	Уметь проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками использования автоматизированных систем технологической подготовки производства	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 и 8 семестрах для очной и заочной форм обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-4	Знать направления, концепции и методологию проектирования приборов и комплексов радиоэлектронной аппаратуры;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь применять методологию научного познания и использовать её в практической деятельности в области проектирования РЭА; применять методы анализа состояния научно-технической проблемы при проектировании РЭА.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Владеть навыками адаптации к новым ситуациям в профессиональной области	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
ПК-5	Знать основы разработки планов конструкторско-технологических работ и необходимые этапы контроля их выполнения	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь подбирать необходимые техническую документацию, материалы, оборудование для проведения конструкторско-технологических работ и контролю их выполнения	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Владеть навыками проведения конструкторско-технологических работ и контролю их выполнения	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
ПК-6	Знать требования технологической и нормативной документации новых технологических процессов выпуска изделий радиоэлектроники	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

Уметь проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
Владеть навыками использования автоматизированных систем технологической подготовки производства	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

#### **1. Что представляет собой объект изучения?**

- 1) Проектирование, объекты проектирования, в том числе, и радиоэлектронные средства (РЭС), средства и методы проектирования; (\*)
- 2) Процесс проектирования;
- 3) Проблема в предметной области;
- 4) Системный подход в проектировании;

#### **2. Сформулируйте цель дисциплины?**

- 1) Построение системы, решающей поставленную задачу;
- 2) Изучение в комплексе (в единстве) объектов, процессов, методов и средств проектирования и их взаимного влияния(\*);
- 3) Выявление общих закономерностей, которые помогут решать в дальнейшем сложные комплексные проблемы;
- 4) Изучение принципов проектирования;

#### **3. Что является главной задачей курса?**

- 1) Изучение поставленных задач и разработка процедур для их решения;
- 2) Изучение способов описания объектов;
- 3) Изучение общего в процессах проектирования любых объектов;
- 4) Изучение методологии конструирования;(\*)

#### **4. Учение о логической организации, методах и средствах какой-либо деятельности это:**

- а) логика
- б) философия
- в) методология(\*)
- г) психология

#### **5. Основные требования к методологии:**

- а) доступность и узнаваемость
- б) простота и конкурентоспособность
- в) универсальность и эффективность(\*)

#### **6. К радиационному воздействию окружающей среды на РЭС относятся:**

- а) солнечная радиация и ионизирующее излучение. (\*)
- б) электромагнитное излучение и квантовое излучение.
- в) гравитационное поле и фотонное излучение.
- г) тепловое излучение и электрическое поле.

**7. Воздействие на материалы конструкции РЭС потоков фотонов различного происхождения, называются:**

- а) ионизирующим излучением.
- б) квантовым излучением.
- в) солнечной радиацией. (\*)
- г) фотонным излучением.

**8. Что происходит с РЭС вследствие воздействия солнечной радиации?**

- а) снижается механическая прочность материалов конструкций РЭС, ухудшаются свойства механической подсистемы и РЭС в целом. (\*)
- б) повышается механическая прочность материалов конструкций РЭС и улучшаются свойства механической подсистемы РЭС.
- в) не изменяются свойства материалов РЭС.
- г) меняются характеристики РЭС в лучшую сторону.

**9. Взаимодействие со средой или материалом конструкции РЭС, приводящее к образованию электрических зарядов различного знака называется:**

- а) солнечной радиацией.
- б) фотонным излучением
- в) ионизирующим излучением (\*)
- г) квантовым излучением.

**10. Какой вид из корпускулярных излучений является наиболее опасным для РЭС?**

- а) электромагнитное излучение.
- б) нейтронное излучение. (\*)
- в) ионизирующее излучение.
- г) квантовое излучение.

**11. Свойство РЭС, выполнять свои функции и сохранять параметры в пределах установленных норм во время воздействия ионизирующего излучения, называется...**

- а) критерием ионизирующей стойкости.
- б) радиационной стойкостью. (\*)
- в) электромагнитной стойкостью.
- г) солнечной стойкостью.

**12. К чему в основном приводит нейтронное излучение при преобразовании облучаемого материала?**

- а) к физическим дефектам.
- б) к химическим дефектам.
- в) к нестабильности свойств.
- г) к радиационным дефектам. (\*)

**13. Что происходит с резисторами под воздействием радиации?**

- а) меняется значение R, а также повышается уровень собственных шумов, ухудшается влагостойкость. (\*)
- б) ухудшается электрическая прочность и тангенс угла потерь.
- в) улучшаются значение R, и понижается уровень собственных шумов, повышается влагостойкость.
- г) Свойства резисторов остаются неизменными.

**14. Какой принцип часто используется для защиты объекта от радиации?**

- а) отражение

- б) компенсации
- в) эффекта поглощения (\*)
- г) все указанные.

**15. Какие экраны применяют для защиты от  $\gamma$  - излучений и нейтронной защиты?**

- а) Однослойные экраны.
- б) Двухслойные экраны.
- в) Трехслойные экраны.
- г) Многослойные экраны. (\*)

**16. Для повышения собственной радиационной стойкости применяются:**

- а) уменьшение размеров
- б) выбор материалов
- в) технологические приемы
- г) все ответы правильные(\*)

**17. Критерием радиационной стойкости РЭС является:**

- а) значение плотности потока частиц
- б) значение потока энергии ионного излучения
- г) значение определенного параметра РЭС
- д) предельное значение параметра изделия определяющего радиационную стойкость(\*)

**18. Материалами экранов для защиты от радиационного воздействия являются:**

- а) свинец и графит
- б) полиэтилен
- в) бор и нержавеющая сталь
- г) все ответы правильные (\*)

**19. Защита от радиационного воздействия возможна по следующим принципам:**

- а) изоляция за счет эффекта поглощения
- б) повышением радиационной стойкости защищаемого объекта
- г) все ответы правильные. (\*)

**20. Какими показателями характеризуется надежность?**

- а) безотказностью
- б) сохраняемостью
- в) долговечностью
- г) все ответы не полные (\*)

**21. К какому классу восстанавливаемости относятся корпусированные микросборки?**

- а) невозстанавливаемые изделия (неремонтируемые) и их основные части (\*)
- б) восстанавливаемые изделия, которые после капремонта должны рассматриваться как новые, а в течении срока службы подвергаются операциям техобслуживания, текущего и среднего ремонта
- в) восстанавливаемые изделия, которые после капремонта имеют заниженные показатели надежности против новых образцов
- г) изделия для кратковременных заданий

**22. Закончите фразу: циклический режим эксплуатации - это...**

- а) отсутствие периода ожидания
- б) неопределенный период ожидания и известный период действия
- в) случайные периоды действия и ожидания
- г) известные периоды действия и ожидания (\*)

**23. Расшифруйте аббревиатуру ЗИП:**

- а) запасные части и принадлежности
- б) запасные инструменты и материалы
- в) запасные части и инструменты
- г) запасные части, инструменты, принадлежности и материалы, прилагаемые к изделию (\*)

**24. Перечислите основные характеристики ЗИП.**

- а) достаточность и ремонтпригодность
- б) достаточность, сохранность и ремонтпригодность
- в) достаточность, комплектность, сохранность (\*)
- г) комплектность и достаточность

**25. Какие последствия возникают в результате отказа 1 группы надежности.**

- а) материальный ущерб
- б) утрата изделия или расходы на ремонт
- в) угроза безопасности людей, значительный материальный или моральный ущерб (\*)
- г) моральный ущерб

**26. Сколько существует групп надежности по последствиям отказов?**

- а) четыре
- б) три (\*)
- в) пять
- г) все ответы не правильные

**27. Каким фактором определяется долговечность для невозстанавливаемой РЭС?**

- а) качеством эксплуатационной конструкторской документации (\*)
- б) качеством эксплуатации
- в) не качеством и безотказностью
- г) ремонтпригодностью

**28. Что представляет собой понятие ремонтпригодность?**

- а) непригодность конструкции РЭС к ремонту с учетом обеспечения на объекте условий
- б) пригодность конструкции
- в) пригодность конструкции РЭС к ремонту с учетом обеспечения на объекте условий для ремонтных и профилактических работ без снятия изделия с объекта (\*)
- г) пригодность конструкции РЭС к ремонту без обеспечения на объекте условий
- д) пригодность конструкции РЭС к ремонту с учетом обеспечения на объекте условий для ремонтных работ со снятием изделия с объекта

**29. Для гауссовской оценки случайной величины с дисперсией  $\sigma^2$  доверительная вероятность равна 0,997. При этом доверительный интервал равен**

- а)  $6\sigma$
- б)  $3\sigma$  (\*)
- в)  $2\sigma$ .

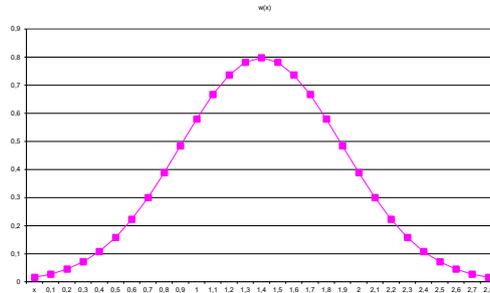
**30. Среди перечисленных ниже понятий «выпадающим» из общего ряда являются понятия.**

- а) Медиана
- б) Размах
- в) Квантиль

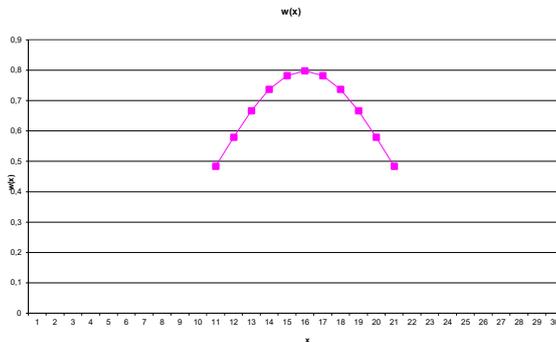
- г) Среднее
- д) Мода
- е) Дисперсия

**31. Условное распределение параметра в области годности имеет вид**

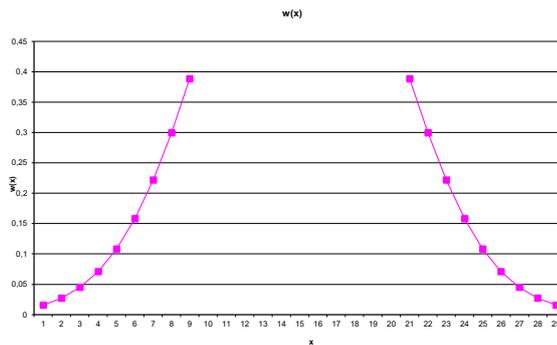
а) (\*)



б)



в)



**32. Верхняя граница регулирования X-карты Шухарта определяется соотношением**

- а) ВГР =  $3\sigma$
- б) ВГР =  $2\sigma$  (\*)
- в) ВГР =  $\mu + 3\sigma$
- г) ВГР =  $\mu + \sigma$

**33. При низком качестве изделий среднее число изделий, необходимых для проведения процедуры последовательного выборочного контроля по критерию Вальда**

- а) равно
- б) больше(\*)
- в) меньше

числа изделий, необходимых для проведения простого выборочного контроля.

**34. При возрастании числа коррелированных операций технологического процесса количество необходимых контрольных операций**

- а) остается тем же (\*)
- б) возрастает
- в) уменьшается

**7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Требуется определить коэффициент теплопроводности материала, из которого изготовлена стенка, при толщине  $\delta=40$  мм и разности температур на поверхностях 20 К. При этом плотность теплового потока составляет  $q=145$  Вт/м<sup>2</sup>.

Ответ:  $\lambda=0,29$  Вт/(м·К).

2. Плотность теплового потока, протекающего через плоскую стенку равняется  $q=1000$  Вт/м<sup>2</sup>. Температура одной из поверхностей стенки составляет  $t_{c1}=100$  °С. Коэффициент теплопроводности материала стенки составляет  $\lambda=28$  Вт/(м·К), а толщина стенки  $\delta=25$  см. Требуется найти температуру второй поверхности стенки  $t_{c2}$ .

Ответ:  $t_{c2}=91,07$  °С.

3. Требуется изолировать плоскую поверхность таким образом, чтобы потеря тепла с единицы поверхности в единицу времени была не больше 450 Вт/м<sup>2</sup>. Под изоляцией температура поверхности 450 °С, а температура внешней поверхности теплоизоляции 50 °С. Требуется определить толщину изоляции если: а) изоляция сделана из совелита ( $\lambda=0,09+0,0000872 \cdot t$  Вт/(м·К)); б) изоляция сделана из асботермита ( $\lambda=0,109+0,000146 \cdot t$  Вт/(м·К)).

Ответ:  $\delta_1=0,0994$  м;  $\delta_2=0,129$  м.

4. Электрический провод диаметром  $d_1=1,5$  мм нагрелся протекающим по нему электрическим током до температуры  $t_{c1}=70$  °С. Данный провод охлаждается набегающим потоком воздуха температурой  $t_{жс}=15$  °С. Коэффициент теплоотдачи от нагретой поверхности электрического провода к воздуху  $\alpha_1=16$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Требуется вычислить температуру стенки электрического провода  $t_{c1}$ , после нанесения на него каучуковой изоляцией толщиной  $\delta=2$  мм. Справочные данные:  $\lambda=0,15$  Вт/(м·К) - коэффициент теплопроводности каучука;  $\alpha_2=8,2$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) - коэффициент теплоотдачи от поверхности каучуковой изоляции к набегающему потоку воздуха. Сила тока в электрическом проводе остается не изменной.

Ответ:  $t_{c1}=44$  °С.

5. Имеется горизонтальный цилиндрический теплообменник диаметром  $d=400$  мм, поверхность которого нагрета до температуры  $t_c=200$  °С. Охлаждается данный теплообменник свободным потоком воздуха (свободная конвекция). Требуется найти потери теплоты в единицу времени и коэффициент теплоотдачи с  $1 \text{ м}^2$  поверхности данного теплообменника. Температура охлаждающего воздуха -  $t_{жс}=30$  °С.

Ответ:  $q=1000 \text{ Вт/м}^2$ ;  $\alpha=5,9 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ .

6. Вычислите плотность теплового потока  $q$  и эквивалентный коэффициент теплопроводности  $\lambda_{эк}$ , через воздух, заполняющий вертикальную щель толщиной  $\delta=200$  мм. Температуры: холодной поверхности  $t_{c2}=80$  °С; горячей поверхности  $t_{c1}=200$  °С.

Ответ:  $q=448 \text{ Вт/м}^2$ ;  $\lambda_{эк}=0,075 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ .

7. В трубе течет жидкость в ламинарном режиме. Температура жидкости и температура стенки трубы не меняются во времени. Увеличим диаметр трубы в 4 раза: а) как при этом изменится критерий Нуссельта ( $Nu$ ); б) как изменится коэффициент теплоотдачи.

Ответ: а) критерий Нуссельта останется неизменным (так как он не зависит от диаметра трубы); б) коэффициент теплоотдачи уменьшится в 4 раза.

8. Имеется трубка, диаметром 20 мм, с температурой поверхности  $t_{mp}=50$  °С. Данную трубку охлаждает поперечный поток воды с температурой  $t_в=10$  °С. Требуется определить коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  от поверхности охлаждаемой трубки к воде.

Ответ:  $\alpha=7050 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ .

9. В трубе течет жидкость в турбулентном режиме. Температура жидкости и температура стенки трубы не меняются во времени. Увеличим диаметр трубы в а) 2; б) 4 раза, а скорость движения жидкости остается неизменной. Как при этом изменится коэффициент теплоотдачи?

Ответ: а) уменьшится в  $2^{0,2}=1,15$  (0,86) раз; б) уменьшится  $2^{0,2}=1,31$  (0,76) раз.

10. Пластинчатый радиатор длиной  $l=0,2$  м, шириной  $a=0,15$  м охлаждается обтекаемым потоком воздуха с температурой  $t_0=20$ °С. Скорость набегающего потока воздуха  $w_0=3$  м/с. Температура поверхности радиатора  $t_p=90$ °С. Найдите коэффициент теплоотдачи радиатора и количество отдаваемой теплоты. Следует считать режим движения воздушной среды ламинарным и охлаждается только одна сторона радиатора.

Ответ: Коэффициент теплоотдачи  $\alpha=4,87 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ ;  $Q=10 \text{ Вт}$ .

11. В процессе приработки электронных средств из 120 штук вышло из строя 10. Требуется вычислить вероятность исправной работы и вероятность отказа ЭС на начальном этапе эксплуатации.

Ответ: 0,92 и 0,08.

12. Известно, что вероятность исправной работы ЭС на интервале времени от 100 до 200 часов составила 0,98. Число испытываемых изделий  $N_0=1000$  шт., число отказов в указанном интервале – 5. Требуется найти число ЭС, исправных к моменту 100 и 200 часов.

Ответ: 250; 245.

13. Определить число резисторов, которые необходимо поставить на испытания, что бы получить не менее 50 отказов за 10000 часов испытаний, если ожидаемая интенсивность отказа одного резистора  $\bar{\lambda} = 5 \cdot 10^{-5}$  ч<sup>-1</sup>.

Ответ: 100.

14. Интенсивность отказов радиоэлектронных компонентов зависит от времени и выражается функцией ожидаемой интенсивности отказа  $\lambda(t) = \frac{k^2 t}{1+kt}$ . Требуется найти зависимость от времени вероятности безотказной работы изделия. Определить вероятность безотказной работы за 100 часов, если  $k=2 \cdot 10^{-4}$  ч<sup>-1</sup>.

Ответ: 0,998.

15. Время восстановления ЭС равно 5 часам при вероятности безотказной работы 0,9 и времени выполнения задания  $P(t_3)=0,81$ . Требуется рассчитать: время работы; коэффициент готовности; время наработки на отказ.

Ответ: 64 часа; 0,729; 13,5 часов.

16. Электронное средство способно выполнять свою задачу, если исправны любые два из трех радиоканалов. Требуется найти вероятность выполнения задачи за 10 часов, если интенсивность отказов  $5 \cdot 10^{-4}$  ч<sup>-1</sup>.

Ответ: 0,999.

17. Радиоэлектронная система состоит из пяти резервных блоков. Вероятность отказа каждого из блоков за время  $t$  равна 0,25. Требуется определить вероятность того, что за время  $t$  будет исправен хотя бы один блок; откажут все пять блоков.

Ответ: 0,015; 0,001.

18. Вероятность отказа одного элемента в радиоэлектронном блоке равна 0,9. Всего элементов в радиоэлектронном блоке - 5, и вероятность отказа любого из пяти независима. Требуется найти вероятность того, что откажет не более трех элементов из пяти за время  $t$ .

Ответ: 0,081.

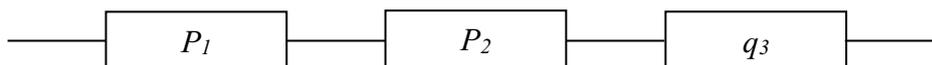
19. Заводом выпущена партия микросхем. Вероятность наличия в них бракованных 2%. Какова вероятность того, что среди взятых произвольно 100 микросхем, будет одна микросхема бракованная?

Ответ: 0,27.

20. Радиоэлектронное средство состоит из трех модулей, с интенсивностями отказов:  $\lambda_1=10^{-6} \text{ ч}^{-1}$ ;  $\lambda_2=10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ ;  $\lambda_3=10^{-4} \text{ ч}^{-1}$ . Второй модуль проработал исправно 100 часов, а третий 200 часов. Первый модуль работал исправно 300 часов. Требуется найти вероятность безотказной работы всего радиоэлектронного средства за 300 часов работы.

Ответ: 0,967.

21. Структурная схема надежности радиоэлектронного средства приведена на рисунке:



22. Найдите вероятность безотказной работы радиоэлектронного средства при следующих условиях:

а) блоки один и два резервированы отдельно с кратностью два;

б) блоки один и два резервированы совместно с кратностью два. При этом:  $P_1=0,8$ ;  $P_2=0,9$ ;  $q_3=0,01$ .

Ответ: а) 0,941; б) 0,912.

### 7.2.3 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Основные требования к проектированию современных радиоэлектронных средств.
2. Классификация радиоэлектронных средств по назначению, объекту установки, условиям применения и конструктивным признакам.
3. Области применения РЭС различного назначения.
4. Характеристика климатических воздействий (климат, температура, влага, давление, пыль, песок, солнечная радиация).
5. Макроклиматическое районирование.
6. Нормальные значения климатических факторов внешней среды при эксплуатации и испытаниях.
7. Основные требования к проектированию РЭС в части видов воздействующих климатических факторов внешней среды.
8. Номинальные и эффективные значения климатических факторов внешней среды при эксплуатации.
9. Воздействие ветра и гололеда.
10. Воздействие влаги, пыли, солнечной радиации, ионизирующих излучений и биологических факторов.
11. Воздействие электромагнитных полей.
12. Особенности проектирование радиоэлектронных средств с учетом климатического исполнения и категории изделий.
13. Графические и знаковые модели: общие положения; общие правила построения и использования.
14. Методы теории подобия и моделирования.
15. Анализ размерностей. П-теорема.
16. Метод подобия.
17. Преобразование – определяющий физический эффект работы и конструкций РЭС.
18. Обобщающая физическая модель РЭС.
19. Принципы описания конструкций в обобщенных параметрах.
20. Методика обобщенного исследования преобразования потоков энергии в РЭС.

21. Физические эффекты, возникающие в конструкции РЭС, в процессе ее функционирования.
22. Постановка краевых задач.
23. Метод разделения переменных.
24. Метод интегральных преобразований: преобразование Фурье, преобразование Лапласа.
25. Операционный метод. Метод функции Грина.
26. Метод конечных разностей.
27. Основные понятия и определения. Общая характеристика механизмов тепло- и массообмена в РЭС.
28. Тепло- и влагостойкость элементов РЭС.
29. Типовые задачи тепло- и массообмена в РЭС.
30. Источники тепла в радиоэлектронных средствах.
31. Нормальный тепловой режим РЭС.
32. Теплоотдача при свободном движении жидкости.
33. Критериальные уравнения.
34. Расчетные формулы теплоотдачи различных тел в неограниченном пространстве.
35. Естественная конвекция в ограниченном пространстве.
36. Вынужденная конвекция при внешнем обтекании тел.
37. Вынужденная конвекция в трубах и каналах.
38. Теплообмен при кипении.
39. Теплообмен при конденсации.
40. Теплообмен конвекцией при давлениях, отличных от нормального.
41. Теплообмен теплопроводностью.
42. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Закон Фурье.
43. Теплопроводность плоской стенки. Теплопроводность цилиндрической стенки.
44. Теплопроводность сферической поверхности.
45. Теплопроводность плоской стенки с внутренним источником теплоты.
46. Теплопроводность цилиндрической стенки с внутренним источником теплоты.
47. Теплопроводность многослойной стенки.
48. Теплопроводность в ребре постоянного сечения.
49. Теплопроводность стержня.
50. Тепловое сопротивление.
51. Конвективный теплообмен.
52. Основы теории подобия.
53. Теплообмен излучением.
54. Закон Планка, закон Релея–Джинса, закон Вина. Закон Стефана–Больцмана. Закон Ламберта.
55. Излучение черных тел, «серое» тело.
56. Закон Кирхгофа для излучения.
57. Теплообмен излучением между параллельными пластинами, разделенными прозрачной средой.
58. Солнечное излучение.
59. Тепловая чувствительность: конструкционные материалы, пластические материалы, радиокерамические материалы, магнитные материалы, резисторы, конденсаторы, полупроводниковые материалы, интегральные схемы, средства индикации.
60. Задачи теплового режима РЭС, приводящие к уравнениям параболического и эллиптического типов.
61. Постановка краевых задач.
62. Метод разделения переменных в приложении к тепловым расчетам интегральных схем.
63. Операционные методы для расчета нестационарных тепловых режимов.

64. Метод конечных интегральных преобразований при расчетах температуры элементов интегральных схем.

#### **7.2.4 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса, 3 стандартные задачи и 3 прикладные задачи. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 9.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 7 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал 8 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 9 баллов.

#### **7.2.5 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Процесс проектирования приборов и комплексов специального назначения	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
2	Принципы разукрупнения приборов и комплексов	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос, КП
3	Электромагнитная совместимость и защита от внешних воздействий. Надежность	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос, КП
4	Особенности конструирования приборов и комплексов различного назначения	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос, КП

#### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется

проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Кологривов В. А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 1): Учебное пособие / Томск : ТУСУР–2012. 120 с.
2. Кологривов В. А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 2): Учебное пособие / Томск : ТУСУР–2012. 132 с.
3. Башкиров А.В., Чирков О.Н. «Основы конструирования электронных средств» Учебно-методический комплекс дисциплины. Направление 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств», профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств»
4. Распопов В.Я. Микромеханические приборы: Учебное пособие [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2007. 400 с.
5. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов [Электронный ресурс] : Учебное пособие. / СПб. : Лань, -2015. 555 с.

### **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

ПО: Windows, Open Office, Internet Explorer, Altium designer, Компас 3D LT.  
Профессиональные базы данных: e-library.ru, Mathnet.ru,  
Информационные справочные системы: dist.sernam.ru, Wikipedia.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная видеопроектором с экраном и пособиями по профилю.

Компьютерный класс, оснащенный ПЭВМ с установленным программным обеспечением: ауд. 234/3, 226/3, 2306/3.

Видеопроектор с экраном в ауд. 234/3.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Особенности проектирования приборов и комплексов для различных условий эксплуатации» читаются лекции, проводятся лабораторные и практические занятия, выполняется курсовой проект.

Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в эго тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения.

- Практические занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.

- Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- выполнение домашних заданий и типовых расчетов;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к зачетам и экзаменам.

Кроме базовых учебников рекомендуется самостоятельно использовать имеющиеся в библиотеке учебно-методические пособия. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

При ознакомлении с каким-либо разделом рекомендуется прочитать его целиком, стараясь уловить общую логику изложения темы. При повторном чтении хорошо акцентировать внимание на ключевых вопросах и основных теоремах (формулах). Можно составить их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

- текущий (опрос, контрольные работы, типовые расчеты);
- рубежный (коллоквиум);
- промежуточный (курсовая работа, зачет, зачет с оценкой, экзамен).

Коллоквиум – форма итоговой проверки знаний студентов по определенным темам.

Зачет – форма проверки знаний и навыков, полученных на лекционных и практических занятиях. Сдача всех зачетов, предусмотренных учебным планом на данный семестр, является обязательным условием для допуска к экзаменационной сессии.

Экзамен – форма итоговой проверки знаний студентов.

Для успешной сдачи экзамена необходимо выполнить следующие рекомендации – готовиться к экзамену следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до экзамена. Данные перед экзаменом три-четыре дня эффективнее всего использовать для повторения.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Подготовка к дифференцированному зачету и экзамену	При подготовке к зачету и экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины  
«Особенности проектирования приборов и комплексов для различных  
условий эксплуатации»

**Направление подготовки (специальность)** 12.04.01 Приборостроение  
**Магистерская программа** «Автоматизированное проектирование приборов  
и комплексов»

**Квалификация выпускника** Магистр

**Нормативный период обучения** 2 года / 2 года 3 месяца

**Форма обучения** Очная / Заочная

**Год начала подготовки** 2020 г.

**Цели изучения дисциплины** – изучении методологии проектирования приборов и комплексов для различных условий эксплуатации. С учетом агрессивного воздействия окружающей среды. Требований к надежности, механической прочности, электромагнитной совместимости, радиационной устойчивости, обеспечения заданного теплового режима.

**Задачи освоения дисциплины** Освоение методологии и организации автоматизированного конструкторского проектирования, иерархического принципа в конструкции; получение навыков проектирование с использованием стандартизации и элементов оригинальных разработок; приобретение навыков разработки конструкции приборов и систем в целом, составляющих модулей, электрических соединений; практическое освоение приемов конструирования сложных приборов и комплексов при одновременном воздействии механических и климатических факторов, воздействий электрических, магнитных и электромагнитных полей с учетом технологичности, экономичности, требований эстетики при использовании систем автоматизированного проектирования; приобретение навыков, необходимых для оформления расчетно-конструкторской документации согласно ЕСТП, ЕСКД, ОСТП и ГОСТ

### **Перечень формируемых компетенций:**

ПК-4 – способность осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода

ПК-5 – готовность разрабатывать методические нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ

ПК-6 – способность организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия

**Общая трудоемкость дисциплины ЗЕТ:** 5 з.е.

**Форма итогового контроля по дисциплине:** экзамен  
(зачет, зачет с оценкой, экзамен)