

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

А. Г. Коротаев

Оценочные материалы по дисциплине

Основы конструирования и технологии производства РЭС

по направлению подготовки / специальности

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:
Программное обеспечение микропроцессорных систем

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер-программист

Год приема

2024

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

С.Н. Торгаев

Председатель УМК

А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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.

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.

ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.

ОПК-5 Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий.

ОПК-6 Способен учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

ПК-4 Способен проводить оценку соответствия параметров систем связи требованиям технических регламентов, международных и национальных стандартов, рекомендаций и иных нормативных документов.

ПК-5 Способен производить расчеты, необходимые для проектирования и эксплуатации оборудования систем связи и линий связи.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК 2.3 Владеет приемами и методами решения проблемных задач профессиональной деятельности

РООПК 3.1 Знает основные законы функционирования и процессы, происходящие в радиоэлектронных системах и комплексах

РООПК 3.2 Умеет анализировать, моделировать и прогнозировать поведение радиоэлектронных систем и комплексов

РООПК 3.3 Владеет навыками работы на современном измерительном и диагностическом оборудовании

РООПК 4.1 Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований

РООПК 4.2 Умеет подбирать и использовать измерительное оборудование для проведения экспериментальных исследований

РООПК 5.1 Знает нормативные документы, основные правила и методы для проектирования и конструирования электронной аппаратуры

РООПК 5.2 Умеет решать проектно-конструкторские задачи в области аппаратуры радиоэлектронных систем

РООПК 6.1 Знает технологии производства радиоэлектронной аппаратуры

РОПК 4.1 Знает технические регламенты и нормативные правовые акты в сфере связи

РОПК 4.2 Умеет осуществлять поиск необходимых требований к системам связи

РОПК 5.1 Знает этапы проектирования электронных блоков систем связи

РОПК 5.2 Умеет производить расчеты электронных блоков систем связи

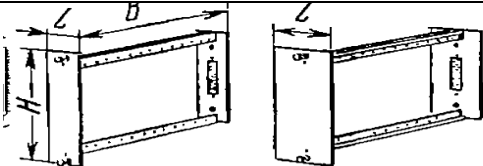
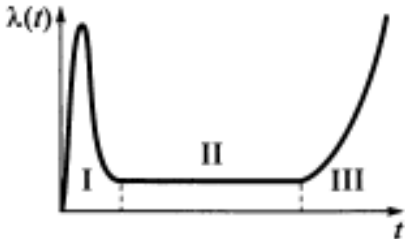
2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

– тесты;

– практические задания;

Примеры тестовых вопросов (РООПК-2.3, РООПК 3.1-3.3, РООПК 4.1-4.2, РООПК 5.1-5.2, РООПК 6.1, РОПК 4.1-4.2, РОПК 5.1-5.2)

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Часть проводящего рисунка для подсоединения элементов – это	а) печатный проводник б) <i>контактная площадка</i> в) монтажное отверстие г) гибкий печатный кабель д) свободное место
2	 К какому конструктивному уровню относятся приведенные на рисунке примеры?	а) КУ-1 б) КУ-2 в) КУ-3 г) КУ-4
3	На рисунке изображено – 	а) <i>кривая жизни системы</i> б) плотность вероятности безотказной работы системы в) плотность вероятности отказов системы г) основной закон распределения отказов
4.	Свойство системы (элементов) выполнять заданные функции, сохраняя их во временных интервалах с установленными параметрами в необходимых пределах на всех этапах его использования – это	а) <i>надёжность</i> б) исправность в) работоспособность д) ремонтпригодность
5	Наука о приспособлении должностных обязанностей, рабочих мест, предметов и объектов труда, а также компьютерных программ для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человеческого организма – это	а) <i>эргономика</i> б) физиология в) бионика г) менеджмент персонала д) безопасность жизнедеятельности
6	Изделие, составные части которого подлежат соединению с помощью сборочных операций – это	а) деталь б) <i>сборочная единица</i> в) комплекс г) комплект д) агрегат
7	По каким способам принято классифицировать системы охлаждения?	а) <i>по способу передачи тепла,</i> б) <i>по теплоагенту,</i> в) <i>разомкнуты и замкнутые,</i> г) по тепловым характеристикам

		конструкции, д) по интенсивности теплового потока.
8	Способность функционировать совместно и одновременно с другими техническими средствами в условиях возможного влияния непреднамеренных электромагнитных помех, не создавая при этом недопустимых помех другим средствам – это	а) технологичность изделия б) ремонтпригодность в) <i>электромагнитная совместимость</i> , г) электромагнитная обстановка.
9	Основной задачей экранирования электрического поля является:	а) <i>снижение емкости связи между экранируемыми элементами конструкции</i> б) снижение индуктивной связи между экранируемыми элементами конструкции, в) снижение погонной ёмкости проводников, г) увеличение степени влагозащищённости конструкции.
10	Применение дополнительных средств и (или) возможностей в целях сохранения работоспособного состояния объекта при отказе одного или нескольких его элементов – это	а) <i>резервирование</i> б) герметичность в) защита от механических воздействий г) экранирование
11	Основными исходными данными для расчета теплового режима являются:	а) <i>потребляемая мощность</i> б) габаритные размеры в) объект-носитель г) <i>температура воздуха</i> д) высота над уровнем моря
12	Какие существуют конструктивные способы уменьшения массы несущих конструкций?	а) <i>замена материала</i> б) <i>уменьшение габаритов</i> в) уплотнение компоновки г) <i>замена способа охлаждения</i> д) введение рёбер жёсткости
13	Какие материалы могут быть использованы для изготовления шасси?	а) <i>алюминий</i> б) <i>сталь</i> в) <i>медь</i> г) пластик д) стеклотектолит
14	Как изменяется собственная частота колебания печатной платы при увеличении коэффициента планарности?	а) <i>уменьшается</i> б) увеличивается в) не изменяется
15	Какие существуют способы передачи тепла?	а) <i>конвекция</i> б) <i>излучение</i> в) <i>теплоперенос</i> г) диффузия
16	Какие существуют способы защиты изделия и деталей от коррозии?	а) <i>покрытия</i> б) герметизация в) <i>содержание в атмосфере инертных газов</i> г) дополнительный корпус д) применение прокладок
17	Что входит в состав органических покрытий?	а) лаки б) <i>эпоксидные смолы</i>

		в) пластмассы г) <i>парафин</i> д) <i>органические растворители</i>
18	О чем говорит коэффициент стандартизации и унификации?	а) <i>технологичности изделия</i> б) <i>ремонтпригодности</i> в) конкурентоспособности г) стоимости
19	Какие существуют способы нанесения маркировки в РЭА?	а) <i>печатный</i> б) <i>приклеивание этикетки</i> в) штрих-код г) цифро-буквенный код д) <i>лазерный</i>
20	Какие параметры функциональной ячейки изменяются при изменении коэффициента планарности?	а) <i>масса</i> б) герметичность в) эстетический вид печатной платы г) <i>габариты</i> д) <i>тепловой режим</i>
21	 Фрагменты какого метода изготовления печатных плат приведены на рисунке?	а) субтрактивный б) комбинированный (позитивный) в) аддитивный г) <i>химический (негативный)</i>

Критерии оценивания: тест считается пройденным, если обучающий ответил правильно как минимум на половину вопросов.

Примеры практических заданий (РООПК-2.3, РООПК 3.1-3.3, РООПК 4.1-4.2, РООПК 5.1-5.2, РООПК 6.1, РОПК 4.1-4.2, РОПК 5.1-5.2):

1. По заданному диапазону внешних воздействий определить возможные объекты установки блока по ГОСТ 16019-78.

2. Рассчитать минимально допустимые размеры блока прямоугольной конфигурации с учетом заданной мощности рассеивания. Рассчитать мощность, которая превращается в тепло $P_T = (0,8 \dots 0,9) P_0$ Вт; определить возможный способ обеспечения теплового режима блока.

3. Провести расчет теплового режима блока в герметичном корпусе. В качестве температуры окружающей среды, взять максимальную температуру для соответствующей группы ГОСТ 16019-78.

4. Используя моделирование на ЭВМ отказов элементов, получить данные, на основании которых построить график зависимости показателя $T_{ср}$ от параметра λ экспоненциального распределения времени до отказа элемента. Определить показатели $T_{ср}$, T_{γ} и $P(t_3)$ для РЭУ в случае, если все элементы имеют экспоненциальный закон распределения времени до отказа.

5. Используя моделирование на ЭВМ отказов элементов, получить данные, на основании которых сравнить показатели $P(t_3)$ для времени $t_3 = 5000$ ч двух элементов, взятых из партий, имеющих нормальные законы распределения времени до отказа, но с различными значениями параметров распределения $t_{ср}$ и σ . Определить показатели $T_{ср}$, T_{γ} и $P(t_3)$ для РЭУ в случае, если элементы имеют различные законы распределения времени до отказа.

6. По значениям компоновочных характеристик: габаритных размеров, коэффициентов заполнения площади платы (K_s) и объема функционального узла (K_u), коэффициента плотности упаковки (e_l) предложить, рассмотреть и проанализировать возможные способы повышения компоновочных характеристик.

7. Выполнить два или более различных вариантов компоновки по предложенной электрической схеме и рассчитать их компоновочные характеристики. Проанализировать полученные результаты и выбрать оптимальный вариант компоновки.

8. Составить коммутационную схему функционального узла, исключив возможные пересечения проводников.

9. Составить перечень элементов по предложенной электрической схеме по требованиям ЕСКД, с указанием всех характеристик: ГОСТ, мощность, номинал, материал и технология изготовления.

10. Рассчитать электрические параметры предложенной схемы: ширина печатного проводника; электрическое сопротивление; паразитная индуктивность; паразитная емкость.

11. Рассчитать конструктивные параметры предложенной схемы: размеры печатной платы; диаметр отверстий и их количество; диаметры контактных площадок; минимальное расстояние между центрами двух отверстий для прокладки нужного количества проводников.

12. По справочнику и ОСТу подобрать конкретные типы ЭРЭ в соответствии с указанными в электрической схеме номиналами и заданными в ТЗ условиями эксплуатации и выписать габаритные и установочные размеры элементов, их массу и вариант установки.

13. Оценка надёжности и расчёт установочных характеристик РЭС с использованием коэффициентного метода расчёта надёжности с учётом режимов работы радиоэлементов. Должны быть вычислены вероятности безотказной работы, среднее время наработки на отказ и интенсивность отказов проектируемой РЭС.

14. Определить, какое число резисторов необходимо поставить на испытания, чтобы получить не менее 50 отказов в течение 10^4 ч, если ожидаемая интенсивность отказа одного резистора $\Lambda(t) = 5 \cdot 10^{-5}$ 1/ч.

15. Время восстановления ЭРИ составляет 5 ч при вероятности его безотказной работы 0,9 и времени выполнения задания 0,81. Определить время работы, коэффициент готовности и время наработки на отказ этого изделия.

16. Прибор состоит из пяти блоков. Отказ прибора происходит при выходе из строя первого блока и одновременном выходе из строя всех остальных блоков. Определить, какую модель необходимо использовать для определения надёжности прибора и чему равна вероятность его исправной работы, если надёжность каждого блока p составляет 0,9.

17. Построить модель надёжности и определить вероятность безотказной работы системы из трёх последовательно соединённых (параллельно соединённых) резисторов. Тип отказа резисторов тепловая деструкция, причем все резисторы равнонадежные с вероятностью безотказной работы 0,95.

18. Система состоит из пяти приборов, причем отказ любого из этих приборов приводит к отказу системы. Первый прибор отказал 34 раза за 952 ч, второй — 24 раза за 960 ч, а остальные три прибора в течение 210 ч работы

отказали 4, 6 и 5 раз соответственно. Определить вероятность отказа системы за 100 ч, если для каждого прибора справедлив экспоненциальный закон надежности.

19. Определить температуры нагретой зоны при данных размерах корпуса РЭС и потребляемой мощности устройства РЭС, применяя теплоотвод в виде радиатора той или иной формы и определённых размеров.

20. Провести расчет теплового режима блока в герметичном корпусе. В качестве температуры окружающей среды взять максимальную температуру для соответствующей группы РЭА.

21. Рассчитать основную частоту собственных колебаний платы. При расчёте собственной частоты механического резонанса функционального узла, заданного преподавателем, предполагается, что его монтаж выполняется объёмным или печатным способом.

22. Определить собственную резонансную частоту печатной платы, зашпленную по короткой стороне и пертую по остальным сторонам. Рассчитать собственную резонансную частоту двухсторонней печатной платы, изготовленной из стеклотекстолита СФ-2-50, установленной в конструкции РЭА с замещением по короткой стороне.

23. Рассчитать установочные размеры каждого ЭРЭ и по заданному в ТЗ коэффициенту плотности компоновки по площади вычислить необходимую для размещения ЭРЭ площадь печатной платы.

24. Провести расчёт массо-габаритных параметров, включая вычисление площадей, занимаемых радиоэлементами на поверхности платы, весов этих радиоэлементов и определение коэффициента заполнения площади печатной платы проектируемого устройства.

25. Разработать полный комплект конструкторской документации на функциональный узел в соответствии с требованиями ЕСКД: спецификацию; сборочный чертёж; принципиальную электрическую схему и перечень элементов; чертёж печатной платы.

26. По литературе ознакомиться с особенностями трёх основных методов изготовления плат печатного монтажа и их влиянием на конструкцию печатной платы и варианты установки ЭРЭ на плату. Составить сравнительную таблицу.

27. Ознакомиться по литературе с технологическими требованиями к конструкции печатных плат, которые должны устранять возможность возникновения неисправимого брака как в процессе изготовления собственно печатной платы, так и при монтаже ЭРЭ на плату с использованием современных автоматизированных установок по укладке ЭРЭ на плату и групповых методов пайки.

28. Выполнить чертёж печатной платы с использованием одной из систем автоматизированного проектирования (AutoCAD).

Критерии оценивания:

Результаты контрольной работы определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если практическое задание выполнено без ошибок.

Оценка «хорошо» выставляется, если практическое задание выполнено с незначительными ошибками.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если практическое задание выполнено с не полностью.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если практическое задание не выполнено.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Промежуточная аттестация проводится в форме индивидуального проекта (РООПК-2.3, РООПК 3.1-3.3, РООПК 4.1-4.2, РООПК 5.1-5.2, РООПК 6.1, РОПК 4.1-4.2, РОПК 5.1-5.2).

Требуется провести расчёт конструкции устройства (печатной платы) и подготовить комплект конструкторской документации.

Перечень тем индивидуальных проектов:

1. Импульсный преобразователь с 12В на 220 В 50 Гц
2. Детектор жучков с логарифмической шкалой на 12 светодиодах и звуковой индикацией.
3. Малогабаритный детектор поля с индикацией на двух светодиодах.
4. Простой малогабаритный детектор жучка с индикацией на двух светодиодах.
5. Экономичный преобразователь кода для семиэлементного индикатора.
6. Устройство умножения частоты.
7. Входной делитель частоты.
8. Устройство удержания телефонной линии.
9. Автомат стеклоподъемника автомобиля.
10. Автоматическое зарядное устройство.
11. Звуковой усилитель с АРУ.

Отчет состоит из текстовой и графической частей. В текстовой части должны быть представлены:

- задание на разработку устройства;
- расчет компоновочных характеристик;
- выводы по оптимальному варианту компоновки (с скриншотами возможных вариантов компоновки);
- анализ и расчет параметров печатных проводников и контактных площадок;
- расчет параметров элементов схем и выбор оптимальных значений мощностей и напряжений;
- расчёт электрических параметров схемы (конструктивной ёмкости, индуктивности)
- расчёт массы, объёма печатной платы;
- расчёт надёжности.

В графической части – комплект конструкторской документации:

- схема электрическая принципиальная;
- перечень элементов;
- сборочный чертеж;
- спецификация;
- чертежи деталей.

Критерии оценивания:

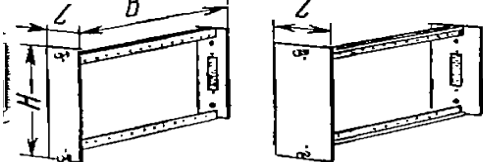
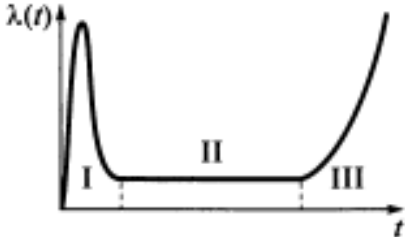
Результаты контрольной работы определяются оценками «зачет», «незачет».

Оценка «зачет» выставляется, если индивидуальный проект выполнен без ошибок.

Оценка «незачет» выставляется, если индивидуальный проект выполнен с ошибками.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Примеры тестовых вопросов (РООПК-2.3, РООПК 3.1-3.3, РООПК 4.1-4.2, РООПК 5.1-5.2, РООПК 6.1, РОПК 4.1-4.2, РОПК 5.1-5.2)

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Часть проводящего рисунка для подсоединения элементов – это	а) печатный проводник б) <i>контактная площадка</i> в) монтажное отверстие г) гибкий печатный кабель д) свободное место
2	 К какому конструктивному уровню относятся приведенные на рисунке примеры?	а) КУ-1 б) КУ-2 в) КУ-3 г) КУ-4
3	На рисунке изображено – 	а) <i>кривая жизни системы</i> б) плотность вероятности безотказной работы системы в) плотность вероятности отказов системы г) основной закон распределения отказов
4.	Свойство системы (элементов) выполнять заданные функции, сохраняя их во временных интервалах с установленными параметрами в необходимых пределах на всех этапах его использования – это	а) <i>надёжность</i> б) исправность в) работоспособность д) ремонтпригодность
5	Наука о приспособлении должностных обязанностей, рабочих мест, предметов и объектов труда, а также компьютерных программ для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человеческого организма – это	а) <i>эргономика</i> б) физиология в) бионика г) менеджмент персонала д) безопасность жизнедеятельности
6	Изделие, составные части которого	а) <i>деталь</i>

	подлежат соединению с помощью сборочных операций – это	б) <i>сборочная единица</i> в) комплекс г) комплект д) агрегат
7	По каким способам принято классифицировать системы охлаждения?	а) <i>по способу передачи тепла</i> , б) <i>по теплоагенту</i> , в) <i>разомкнуты и замкнутые</i> , г) по тепловым характеристикам конструкции, д) по интенсивности теплового потока.
8	Способность функционировать совместно и одновременно с другими техническими средствами в условиях возможного влияния непреднамеренных электромагнитных помех, не создавая при этом недопустимых помех другим средствам – это	а) технологичность изделия б) ремонтпригодность в) <i>электромагнитная совместимость</i> , г) электромагнитная обстановка.
9	Основной задачей экранирования электрического поля является:	а) <i>снижение емкости связи между экранируемыми элементами конструкции</i> б) <i>снижение индуктивной связи между экранируемыми элементами конструкции</i> , в) <i>снижение погонной ёмкости проводников</i> , г) <i>увеличение степени влагозащищённости конструкции</i> .
10	Применение дополнительных средств и (или) возможностей в целях сохранения работоспособного состояния объекта при отказе одного или нескольких его элементов – это	а) <i>резервирование</i> б) герметичность в) защита от механических воздействий г) экранирование
11	Основными исходными данными для расчета теплового режима являются:	а) <i>потребляемая мощность</i> б) габаритные размеры в) объект-носитель г) <i>температура воздуха</i> д) <i>высота над уровнем моря</i>
12	Какие существуют конструктивные способы уменьшения массы несущих конструкций?	а) <i>замена материала</i> б) <i>уменьшение габаритов</i> в) <i>уплотнение компоновки</i> г) <i>замена способа охлаждения</i> д) <i>введение рёбер жёсткости</i>
13	Какие материалы могут быть использованы для изготовления шасси?	а) <i>алюминий</i> б) <i>сталь</i> в) <i>медь</i> г) пластик д) стеклотектолит
14	Как изменяется собственная частота колебания печатной платы при увеличении коэффициента планарности?	а) <i>уменьшается</i> б) <i>увеличивается</i> в) <i>не изменяется</i>
15	Какие существуют способы передачи тепла?	а) <i>конвекция</i> б) <i>излучение</i> в) <i>теплоперенос</i> г) диффузия

16	Какие существуют способы защиты изделия и деталей от коррозии?	а) <i>покрытия</i> б) герметизация в) <i>содержание в атмосфере инертных газов</i> г) дополнительный корпус д) применение прокладок
17	Что входит в состав органических покрытий?	а) лаки б) эпоксидные смолы в) пластмассы г) <i>парафин</i> д) <i>органические растворители</i>
18	О чем говорит коэффициент стандартизации и унификации?	а) <i>технологичности изделия</i> б) <i>ремонтпригодности</i> в) конкурентоспособности г) стоимости
19	Какие существуют способы нанесения маркировки в РЭА?	а) <i>печатный</i> б) <i>приклеивание этикетки</i> в) штрих-код г) цифро-буквенный код д) <i>лазерный</i>
20	Какие параметры функциональной ячейки изменяются при изменении коэффициента планарности?	а) <i>масса</i> б) герметичность в) эстетический вид печатной платы г) <i>габариты</i> д) <i>тепловой режим</i>
21	 Фрагменты какого метода изготовления печатных плат приведены на рисунке?	а) субтрактивный б) комбинированный (позитивный) в) аддитивный г) <i>химический (негативный)</i>

Критерии оценивания: тест считается пройденным, если обучающий ответил правильно как минимум на половину вопросов.

Информация о разработчиках

Кочеткова Татьяна Дмитриевна, кандидат физ.-мат. наук, доцент каф. радиоэлектроники