МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Белорусский государственный университет**

**информатики и радиоэлектроники**

Кафедра электронной техники и технологии

В. Л. Ланин

**ПРОГРАММА, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

# И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

по дисциплине

**ТЕХНОЛОГИЯ РЭС И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

для студентов специальности

«Моделирование и компьютерное проектирование РЭС»

Минск 2014

УДК 621.396.6.002 (075.8)

ББК 32.844 я 22

Автор: Ланин В. Л.

Л22

Программа, методические указания и контрольные работы по дисциплине «Технология РЭС и моделирование технологических систем». – Минск: БГУИР. 2014.

ISBN 985-444-037-9

Приведены рабочая программа дисциплины "Технология РЭС и автоматизация производства", а также задания контрольных и курсовых работ. Каждый раздел дисциплины имеет вопросы для самопроверки, ссылки на основную и дополнительную литературу.

УДК 621.396.6.002 (075.8)

ББК 32.844 я 22

В. Л. Ланин, 2014

ISBN 985-444-037-0

## Содержание

1. Предмет дисциплины и цель его преподавания...........................……...4
2. Структура и содержание дисциплины...........................................……...6
3. Программа и методические указания к изучению дисциплины..……...6
4. Рекомендуемая литература...........................................................………22
5. Контрольные работы......................................................................………24
6. Курсовая работа..............................................................................……...40

**1. ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛИНЫ И ЦЕЛЬ ЕГО ПРЕПОДАВАНИЯ**

Дисциплина «Технология радиоэлектронных средств и моделирование технологических систем» предусматривает изучение методов моделирования и оптимизации технологических систем (ТС) производства радиоэлектронных средств (РЭС), компьютерного проектирования технологических процессов (ТП), гибких производственных систем (ГПС) и интегрированных компьютерных производств, обеспечивающих высокую эффективность производства и качество изготавливаемой продукции.

Целью преподавания и изучения дисциплины является овладение студентами научными подходами и практическими знаниями методов компьютерного проектирования ТП, ГПС, моделирования и оптимизации сложных ТС в условиях интегрированного компьютерного производства РЭС.

**Задачи изучения дисциплины.**

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

***знать:***

- принципы построения математических моделей и методы математиче­ского описания и оптимизации ТС;

- физико-технологические модели ТП сборки и монтажа, контроля, регулировки в производстве РЭС;

- программные средства компьютерного проектирования, моделирования и оптимизации ТП и ТС;

- принципы организации и управления ГПС и интегрированными компьютерными производствами РЭС;

***уметь:***

- моделировать и оптимизировать технологические процессы автоматизированного производства РЭС с использованием промышленных роботов и микропроцессорных систем;

- применять современные программные средства для компьютерного мо­делирования и проектирования технологических систем;

- разрабатывать модели гибких технологических систем и интегрированных компьютерных производств РЭС.

**1.3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина является системой и завершающей технологическую подготовку студентов специальности "Моделирование и компьютерное проектирование РЭС". Изучение дисциплины основано на использовании знаний, полученных студентами по следующим дисциплинам: "Физико-химические основы микроэлектроники и технологии", "Математические методы в конструировании и технологии РЭС", "Теоретические основы проектирования и надежности РЭС" и общеинженерных дисциплин.

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над специальной технической литературой, патентной информацией, последними достижениями науки и техники, отраженными в отраслевых журналах, а также использование технических средств обучения, ЭВМ при выполнении лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов.

При выполнении контрольной работы студент дает полный ответ на два теоретических вопроса, которые поясняются рисунками, графиками, диаграммами. В ответе на вопрос должна быть отражена сущность физико-химических процессов, методы реализации, виды технологического оборудования, оснастки и инструмента, оптимальные технологические режимы процесса.

При решении задачи необходимо приводить расчетные формулы, расшифровывать условные обозначения величин, указывать единицы их измерения. Полученные результаты анализируются с целью определения оптимальных значений. Моделирование и оптимизацию процессов необходимо проводить с применением ЭВМ. Технологические процессы оформляются на технологических картах в соответствии с требованиями ЕСТД или в соответствии с прил.1.

**2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Программа дисциплины рассчитана на 24 часа учебных аудиторных занятий: 16 часов лекций, 8 час лабораторных занятий. В 5 -м семестре выполняется контрольная работа, а в 6 -м – курсовая работа. Форма отчетности: зачет и экзамен.

**3. НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ**

# ВВЕДЕНИЕ

Развитие РЭС на современном этапе и их роль в ускорении темпов научно-технического прогресса, повышении интенсификации и эффективности общественного производства. Повышение требований к качеству и надежности аппаратуры, ускорение внедрения научных достижений, автоматизация производства и управления.

Технология как наука. Основные понятия и определения. Роль технологии как основы прогресса и её связь с экономикой и экологией. Основные проблемы технологии РЭС.

Предмет и задачи дисциплины, её место в общей системе подготовки инженеров-конструкторов-технологов РЭС. Структура дисциплины и методологические принципы её изучения.

Р.Л.: [1].

1. **КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ**

# РЭС, СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ

Конструктивно-технологические особенности поколений РЭС. Состав, структура и характеристика РЭС как объекта производства. Микроэлектроника - основа современных РЭС. Взаимосвязь конструкций РЭС и технологии их производства.

Технология как большая система. Системный подход к анализу производства. Иерархические уровни производства.

Технологические системы предприятий и их подсистемы. Структура, функции и организация производственной и технологических систем предприятий.

Р.Л.: [1], с. 5-22, Р.Л.: [5], с. 6-14

**2. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ РЭС**

Технологичность конструкций РЭС и её блоков. Структура и показатели технологичности конструкций по ЕС ТПП. Обработка конструкций сборочных единиц и блоков на технологичность. Связь технологичности конструкций с типом производства. Особенности отработки технологичности конструкций в условиях гибких производственных систем (ГПС). Классификация и группирование изделий, унификация ТП. Технологические классификаторы.

Р.Л.: [5],с.29-37.

**3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

## ПРОИЗВОДСТВА РЭС

Производственные и технологические процессы, их структура и элементы в соответствии с ЕС ТПП. Виды и типы технологических процессов (ТП). Назначение и функции технологических подсистем изготовления деталей, сборочно-монтажных, настроечно-регулировочных, контрольно-испытательных работ.

Р.Л.: [5], с. 15-21.

Экономичность и производительность ТП. Технологическая себестоимость, её структура и пути снижения. Структура технической нормы времени. Основные пути повышения производительности труда. Дифференциация и концентрация технологических операций, специализация рабочих мест.

Р.Л.: [5], с. 38-45.

Исходные данные и этапы разработки ТП. Роль сборочных работ в технологии РЭУ. Технические требования к сборочным работам. Проблемы снижения трудоемкости сборочных работ, повышения их эффективности и качества. Схемы сборочного состава, технологические схемы сборки.

Р.Л.: [5], с. 45-53.

Особенности проектирования ТП сборки в зависимости от объёма выпуска. Технологические основы поточной сборки. Параллельность, прямоточность, пропорциональность, непрерывность и ритмичность сборочных работ.

РЛ: [1],155-165; [3] с. 13-20, 309-312; [5],24-28.

**4. МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ИХ**

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Философская и методологическая сущность системных методов в технологии РЭС. Общая характеристика, структура и показатели эффективности ТС. Функциональные свойства ТС: надежность, качество управления, помехозащищенность, устойчивость. Влияние внешних и внутренних факторов на функциональные характеристики ТС. Прогнозирование качества функционирования ТС. Управление ТС, алгоритмическое и программное обеспечение.

Р.Л.: [5], с. 88-96.

Математические модели ТС в производстве РЭУ. Математическое моделирование ТС, ТП, технологических операций (ТО). Статистическое моделирование ТС. Моделирующий алгоритм сборки электронного модуля на печатных платах. Методы теории массового обслуживания в задачах оценки производительности и надёжности функционирования ТС. Реализация методов, алгоритмы, область применения. Взаимосвязь теоретических методов с задачами обеспечения качества выпускаемой продукции, производительности и надежности функционирования ТС.

Р.Л.: [1] с.23-51. [5], с. 97-105. [5], с. 117-121.

**5. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ**

## ПОГРЕШНОСТЕЙ БЛОКОВ РЭС

Производственные погрешности, причины их возникновения, законы распределения. Методы анализа технологической точности: статистический, расчетно-аналитический, корреляционный.

Размерные сборочные цепи. Технологическая точность выходных параметров сборочных единиц при многооперационном технологическом процессе.

Методы обеспечения заданной точности сборки (полной и неполной взаимозаменяемости, подгонки, регулировки, компенсации, селективной сборки). Применение ЭВМ для оценки технологической точности. Надежность технологических процессов.

Р.Л.: [1] с.286-310., [5] с. 62-81.

**6.МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ**

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ**

Методы и критерии оптимизации. Применение аналитических и численных методов оптимизации в технологии РЭУ. Оптимизация ТП методами Гаусса-Зайделя, градиента, Бокса-Уилсона. Центральный ортогональный композиционный план. Поверхности отклика функций оптимума. Применение ЭВМ при исследовании и оптимизации ТП

Р.Л.: [5] с. 106–116.

Проектирование оптимальных ТС. Определение требований к параметрам элементов, обеспечивающих заданные показатели эффективности ТС.

Р.Л.: [2] с. 42-46, 232-243.

Выбор структуры ТС по экономическим показателям. Технологическая оптимизация. Обоснование технологических решений с применением метода деловых игр. Синтез оптимальной структуры ТС.

РЛ: [1] с. 41-131; [2] с. 232-243.

**7. ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТНЫХ, МНОГОСЛОЙНЫХ И КОММУТАЦИОННЫХ ПЛАТ**

Основные технические требования, предъявляемые к печатным платам (ПП). Конструктивно-технологические характеристики ПП, ДПП. Классификация методов изготовления ПП. Материалы для производства плат и их характеристика. Сравнительные технико-экономические характеристики технологических процессов печатного и многослойного печатного монтажа.

Типовые структуры процессов изготовления печатных и коммутационных плат различными методами. Механическая обработка ПП. Травление металлических фольг. Химическая и электрохимическая металлизация. Комбинированный, полуаддитивный и аддитивный методы изготовления двусторонних ПП.

Инструмент, оснастка и оборудование для производства печатных и коммутационных плат. Средства механизации и автоматизации процессов. Контроль качества и надежность плат. Проблемы производства плат и пути их преодоления.

Р.Л.: [1] с.224-285, [3] с.223-249, 298-308, [9] с.148-247, [18] с.15-37.,52-62.

Многослойные печатные платы (МПП), сравнительная характеристика методов получения. Технология прессования пакета МПП. МПП на полиимидной пленке и керамическом основании. Платы с высокой плотностью соединений и встроенными компонентами.

Многопроводный и стежковый монтаж. Тканные коммутационные платы. Многослойные керамические платы.

РЛ: [1] с.273-279., [5] с. 63-94

**8. ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Классификация методов формирования электрических соединений и их характеристика. Физико-технологические основы пайки: смачивание, растекание, капиллярные явления, диффузия, кристаллизация.

Припои, флюсы, пасты. Методы пайки: классификация и техническая характеристика. Оборудование, инструмент, оснастка.

РЛ: [1] с.273-279., [6] с. 5-32, с.33-51.

Активация процессов энергией механических и электромагнитных колебаний (ультразвук, ВЧ-колебания, инфракрасное и лазерное излучение). Автоматизация процессов пайки. Контроль и испытание паяных соединений. Пути повышения качества паяных соединений и эффективности процессов пайки.

РЛ: [14] с.4-41,[5] с. 55-63.

Физико-технологические основы сварки. Классификация методов сварки, конструкции соединений. Оборудование, оснастка и инструмент. Механизация и автоматизация процессов сварки.

Монтажная и лазерная микросварка. Качество и надёжность, контроль и испытание сварных соединений.

РЛ: [1] с.198-210.

Физико-технологические основы соединений накруткой и обжимкой. Конструкции соединений, классификация методов, их технические характеристики. Материалы контактных элементов. Механизация и автоматизация процессов. Контроль качества и надежность соединений.

Р.Л.: [1] с.210-214, [3] с.338-359.

**9. ТЕХНОЛОГИЯ НАМОТОЧНЫХ РАБОТ**

Классификация обмоток по конструктивно-технологическим признакам. Материалы проводов и каркасов. Типовые технологические процессы намотки.

Намоточные станки. Автоматизация намотки и контроль параметров обмоточных изделий. Производственные погрешности обмоток, выбор оптимального режима натяжения провода.

РЛ: [1] с. 153–164, [9], с.126-147

**10. ТЕХНОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ РЭС**

Конструктивно-технологические особенности волоконно-оптических линий связи (ВОС). Оптические кабели связи, их сопряжения с разъемами. Оптические диски, технология изготовления.

Технологические процессы изготовления запоминающих устройств (ЗУ). Классификация методов. Применяемые материалы и их технологические свойства. Технология матриц оперативных ЗУ на кольцевых ферритах и тонких магнитных плёнках, полупостоянных и постоянных ЗУ на оптических и магнитных дисках, магнитных барабанах, магнитных головок.

Оборудование, оснастка, инструмент. Средства механизации и автоматизации ТП. Контроль качества и надёжности ЗУ.

РЛ: [9]. с. 4-125.

**11. ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Физико-технологические основы формирования механических соединений. Классификация методов создания разъёмных и неразъёмных соединений, их технические показатели.

Резьбовые соединения. Расчёт усилия затяжки и методы стопорения резьбовых соединений. Конструкционная пайка и сварка. Оборудование, оснастка, инструмент. Механизация и автоматизация процессов, контроль качества и надёжность соединений.

Р.Л.: [1] c.206-221.

Физико-технологические основы склеивания. Конструкции соединений, классификация методов, их технические характеристики. Клеи, проводящие клеи. Механизация и автоматизация процессов. Контроль качества и надежность соединений.

Р.Л.: [1] с.172-206, [3] с.338-359.

**12. СБОРКА И МОНТАЖ ЯЧЕЕК И МОДУЛЕЙ РЭС**

Входной контроль ЭРЭ и его оптимизация. Подготовка выводов ЭРЭ к монтажу. Методы установки ЭРЭ и ИС на платы. Фиксация элементов. Групповые методы пайки. Демонтаж ИС. Технологическое оборудование, оснастка, инструмент. Автоматизация и механизация процессов. Контроль качества сборочно-монтажных работ.

Поверхностный монтаж электронных модулей. Типы SMD компонентов. Паяльные пасты и технология их нанесения. Автоматическая укладка компонентов. Варианты технологических процессов поверхностного монтажа.

Особенности сборки микроЭВМ, микроблоков СВЧ-диапазона, оптоэлектронных устройств. Оборудование и средства автоматизации. Контроль качества сборки и монтажа.

Р.Л.: [1] c. 310-348, 371-372; [3] c.309-337, 359-427, 441 453; [9] c.248-277.

**13. ТЕХНОЛОГИЯ МЕЖБЛОЧНОГО МОНТАЖА**

Сборка несущих конструкций. Технология внутриблочного монтажа: жгутами, ленточными проводами и кабелями, струнный монтаж. Подготовительные и сборочно-монтажные операции изготовления блоков. Общая сборка и монтаж РЭС. Оборудование и средства автоматизации. Контроль качества сборки и монтажа.

Р.Л.: [1] c. 333-348, 371-372, [3] c.309-337, 359-427, 441 453; [9] c.248-277.

**14. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ БЛОКОВ РЭС**

Классификация методов герметизации, их техническая характеристика. Физико-технологические основы процессов пропитки, заливки, обволакивания. Материалы для герметизации и их технологические свойства.

Методы получения герметичных соединений. Оборудование, оснастка и инструмент. Автоматизация и механизация процессов. Качество и надёжность изделий, контроль и испытания.

Р.Л.: [1] c. 348-371.

**15. КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА МОДУЛЕЙ И БЛОКОВ**

Общие вопросы организации контроля. Классификация и назначение видов контроля. Выбор мест контроля в структуре технологического процесса. Глубина контроля, его точность и достоверность. Построение модели подсистемы контроля. Контроль качества РЭС по обобщённым параметрам. Оптимизация числа контрольных операций по критерию минимальных затрат. Особенности контроля монтажно-сборочных работ. Контрольно-испытательное оборудование, автоматизация контроля. Техническая диагностика и ее назначение. Модели РЭС при поиске неисправностей. Основные методы поиска неисправностей. Построение программы поиска по способу время-вероятность, методом ветвей и границ, по иерархическому принципу. Методика составления простейших диагностических тестов. Оценка экономической эффективности применения автоматизированных систем контроля и диагностики.

Р.Л.: [1] с.378-410.

**16. ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛИРОВКИ И ИСПЫТАНИЙ**

Место регулировочных операций в общей структуре технологического процесса производства РЭУ. Основные принципы построения регулировочных операций. Методы организаций регулировочных работ в зависимости от типа производства и сложности объекта регулировки. Методы пассивной, активной, плавной, дискретной регулировки параметров. Проблема автоматизации регулировки аналоговых РЭУ и диагностики работоспособности цифровых устройств. Нестандартное оборудование и оснастка для регулировки РЭС.

Р.Л.: [1] с.375-377.

Технологический прогон. Постановка задачи. Методы определения зависимости параметра потока отказов от времени эксплуатации. Методы определения длительности технологического прогона. Принципы организации ускоренного технологического прогона. Классификация и назначение видов испытаний. Технологические испытания как средство обеспечения эксплуатационной надежности изделий в условиях производства.

Р.Л.: [1] с.375-377.

**17. КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

Комплексная автоматизация - основное направление в производстве РЭС. Основные понятия и определения. Пути комплексной автоматизации.

Интенсификация ТП и сокращение потерь времени - основные направления повышения производительности автоматов. Экономическая эффективность механизации и автоматизации ТП.

РЛ [11]

**18. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ**

### **ОСНАЩЕНИЕ**

Автоматизированное специальное технологическое оборудование и промышленные роботы. Рабочие машины, их классификация и структура.

Бункеры накопительные и ориентирующие устройства. Питатели и транспортные устройства. Агрегатирование АСТО.

Р.Л.: [1] с.427-441.

**19. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ**

Особенности проектирования автоматических линий для производства РЭС. Классификация линий. Исходные данные и основные элементы проектирования автоматических линий сборки РЭУ. Критерий оптимальности схемы компоновки автоматической линии. Планировка линий сборки. Организация питания линии сборки деталями, сборочными единицами и материалами. Объёмный расчёт. Расчёт однопредметной и многопредметной поточной линии. Выбор типа сборочного конвейера. Оснащение рабочих мест техническими средствами механизации и автоматизации.

Р.Л.: [1] с.441-449.

**20. ГПС И РТК В ПРОИЗВОДСТВЕ РЭС**

Роботизированные технологические комплексы (РТК). Классификация промышленных роботов, их основные характеристики. Гибкие производственные системы (ГПС) и принципы их построения.

Организационно технологическая структура ГПС. Классификация и функции типовых подсистем ГПС. Примеры ГПС сборки и монтажа РЭС.

РЛ: [1] с. 449-463; [7] с. 10-100, 191-211; [12] с. 7-42, 204-266;

[13] кн. 1,7,8, [4] c.239-275.

**21. ПРИНЦИПЫ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ТС**

Общие принципы управления ТС. Классификация, особенности построения и функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Точность, устойчивость и стабильность АСУТП. Математические модели систем управления ТП. Структура систем управления и их подсистем. Методы интегрированного управления ТП (ТС). Статистическое регулирование в задачах управления качества РЭС. Динамическая оптимизация систем управления.

Р.Л.: [1] с.463-483.

**22. АСУТП, СТРУКТУРА, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА**

Технические средства АСУТП. Роль оператора в системах. Взаимосвязь АСУТП с автоматизированной системой управления производством. Микро- и миниЭВМ, микропроцессоры в АСУТП.

Структура и организация управления ГПС на различных уровнях иерархии. Программное управление оборудованием, модулями и ячейками ГПС. Функции систем управления ГПС на различных уровнях. Информационное и программное управление систем управления ТП (ТС).

РЛ:[1]с.463-513,609-611;[8] с. 6-223; [10] с. 40-180; [13] кн.3,4.

Содержание и основные положения ТПП. Состав и содержание системы стандартов ЕСТПП. Особенности ТПП в условиях ГПС. Структура, функции и состав проектирующей и обслуживающей подсистем АСТПП. Техническое, алгоритмическое, информационное и организационное обеспечение АСТПП. Экономическая эффективность автоматизации ТПП.

РЛ:[1]с.463-513,609-611;[8] с. 6-223; [10] с. 40-180; [13] кн.3,4.

ТСО: АТК, стенды.

**23. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТП и ТО в АСТПП**

Основы организационно-технического проектирования ТП и систем производства РЭУ. Нормативно-технические документы на проектирование. Технологическая документация. Методы автоматизации проектирования ТП. Содержание и особенности решения задач автоматизированного проектирования ТП. Классификация сборочно-монтажных технологических приспособлений и нестандартных средств технологического оснащения. Основные типы конструкций. Унификация технологических приспособлений.

Этапы и содержание проектирования технологической оснастки и средств механизации и автоматизации. Содержание и особенности решения задачи проектирования технологической оснастки при автоматизации. Алгоритмы проектирования оснастки разных классов.

Р.Л.: [1] с.513-609.

24. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ТС

Понятие о процессе и фазах технической эксплуатации ТС. Эксплуатационные характеристики технологического оборудования. Критерии их количественной оценки. Расчёт основных показателей процесса эксплуатации. Содержание системы технического обслуживания. Обоснование контрольных и профилактических мероприятий. Система планово-предупредительных ремонтов, её достоинства и недостатки. Расчёт сил и средств для про ведения технологического обслуживания.

РЛ: [1] с. 609-611; [4] с. 5-31, 37-61, 90-121; [5] с. 197-248.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Таблица 2.4 Перечень лабораторных работ | | |
| N п/п | Наименование лабораторной работы | Объем в час |
| 1 | Исследование технологического процесса производства печатных плат | 4 |
| 2 | Исследование методов электромонтажной пайки | 4 |
| 3 | Исследование процесса монтажа накруткой | 2 |

**4.** **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

**3.1. Основная**

1. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства: учебник / А. П. Достанко [и др.] ; под общ. ред. А. П. Достанко. – Минск: Выш. школа, 2002. – 415 с.

2. Медведев, А. М. Сборка и монтаж электронных устройств / А. М. Медведев. – М. : Техносфера, 2007. – 256 с.

3. Медведев, А. М. Технология производства печатных плат / А. М. Медведев. – М.: Техносфера, 2005. – 430 с.

4. Технология поверхностного монтажа: учебное пособие / С. П. Кундас [и др.]. – Минск: Армита – Маркетинг, Менеджмент, 2000. – 350 с.

5. Кундас С. П., Кашко Т. А. Компьютерное моделирование технологических систем: учебное пособие. Ч 1.–- Минск: БГУИР, 2002.– 164 с.

6. Кундас С. П., Тонконогов Б. А., Кашко Т. А. Компьютерное моделирование технологических систем: учебное пособие. Ч 2. - Минск: БГУИР, 2003. – 179 с.

7. Ланин В.Л., Емельянов В.А., Хмыль А.А. Проектирование и оптимизация технологических процессов производства электронной аппаратуры. - Мн.: БГУИР, 1998.-196 с.

**3.2. Дополнительная**

7.Гуськов Г.Я., Блинов Г.А., Газаров А.А. Монтаж микроэлектронной аппаратуры М.: Радио и связь, 1986.-176с.

8.Мысловский Э.В. Промышленные роботы в производстве РЭА.-М.: Радио и связь, 1988.–224с.

9. Вальков В.М. Автоматизация управления производством изделий электроники. -М.: Радио и связь, 1982.-224 с.

11. Основы автоматизации производственных процессов /Под ред. И.М.Макарова.- М.: Высшая школа, 1983.- с

12. Технология групповой пайки в производстве РЭС. Минск: МРТИ,1992.- 61 с.

14.Сборочно-монтажные процессы / В.Л. Ланин [и др.]. Минск: БГУИР, 2008.– 67 с.

15. Ланин В.Л., Достанко А.П., Хмыль А.А. Технология радиоэлектронных средств. Курсовое проектирование : учеб. – метод. пособие. **–** Минск : БГУИР, 2013. – 108 с.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Вариант 1

1. Структура производственного и технологического процесса. Виды и типы технологических процессов. Расчет длительности производственного цикла.

2. Классификация обмоток по конструктивно-технологическим признакам. Основные параметры намоточных изделий. Конструктивное исполнение и технология получения обмоток с особыми свойствами.

3. Задача.



Рис. 1. Заготовка ПП

Разработать оптимальный технологический процесс изготовления основания печатной платы из стеклотекстолита (рис. 1) и составить маршрут обработки в условиях серийного производства, выбрать необходимое оборудование, рассчитать усилие вырубки-пробивки, исполнительные размеры инструмента. Точность изготовления ПП – 4 класс по ГОСТ 23751-86.

# Вариант 2

1. Методика расчета базовых показателей технологичности конструкции электронных модулей РЭС с поверхностным монтажом. Приведите пример вычисления комплексного показателя для конкретного изделия.

2. Методы пайки, применяемые в производстве РЭС. Схемы выполнения процессов пайки, активированных ультразвуковыми колебаниями, ВЧ-энергией, ИК и лазерным излучением.

3. Задача.

Привести схему технологического процесса и основные операции изготовления ДПП комбинированным негативным методом с эскизами по каждой операции, технологические режимы, применяемое технологическое оборудование и инструмент. Количество проводящих слоев – 2. Материал – СФ-2-50. Толщина металлизации в отверстиях – 25 мкм. Минимальная ширина печатных проводников – 0,25 мм.

# Вариант 3

1. Технико-экономические показатели технологических процессов, порядок их расчета при выборе оптимального варианта процесса по технологической себестоимости и производительности труда.

2. Привести схему технологического процесса намотки обмоток на кольцевой сердечник из феррита наружным диаметром 8,0 – 10 мм. Провод – ПЭЛШО-0,1. К30 = 10. Выбрать тип и характеристики намоточного станка.

3. Задача.

Рассчитать усилия, прикладываемые при расклепывании ручки к печатной плате и развальцовки пистона в ней. Диаметры: заклепки – 3 мм, пистона – наружный – 1,5 мм, внутренний – 0,8 мм. Материал – ЛС59-1. Толщина ПП – 2,0 мм. Привести эскизы соединений, конструкцию применяемой технологической оснастки.

## Вариант 4

1. Конструктивно-технологические особенности поколений РЭС. Структурные схемы поколений РЭС. Характеристики современных РЭС как объекта производства. Технологические проблемы отрасли.

2. Физико-технологическая сущность процессов накрутки и обжимки. Технологическое оснащение процесса, автоматизация и контроль качества соединений. Примеры применения соединений в блоках РЭС.

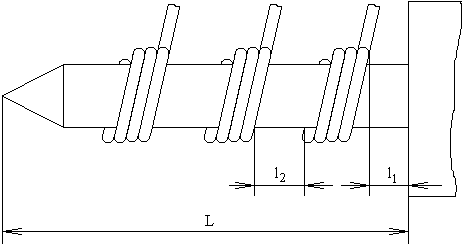
3. Задача.

Рассчитать момент затяжки резьбового соединения: винт с полупотайной головкой М4. Материал – сталь 20. Выбрать инструмент, обосновать вариант стопорения резьбового соединения. Вид аппаратуры – БРЭА, нормальные условия эксплуатации.

## Вариант 5

1. Технические требования к сборочным работам, схемы сборочного состава РЭУ, технологические схемы сборки. Коэффициенты сборочного состава.

2. Схемы технологических процессов пропитки и заливки намоточных изделий. Применяемые материалы и оборудование. Выбор оптимальных технологических режимов.



3. Задача.

Рис. 2. Соединение накруткой

Выбрать число витков и рассчитать длину вывода L для размещения на нем 3-х накруток (рис. 2). Диаметр провода 0,5 мм, расстояния l1=1,0 мм, l2=5 мм.

## Вариант 6

1. Структура и показатели эффективности технологических систем (ТС). Функциональные свойства ТС; влияние внешних и внутренних возмущающих факторов. Процесс функционирования технологических систем.

2. Точечная контактная сварка: сущность процесса, технологические схемы выполнения, характеристика применяемого оборудования, примеры выбора электродов и режимы сварки в зависимости от типа и толщины свариваемых материалов.

3. Задача.

Рассчитать диаметр и выбрать материал сверла для получения отверстий в ПП, изготовленных из материала СФ-2-50. Диаметр отверстий 0,8 мм, допуск 0,05 мм, усадка материала после сверления 5%. Привести эскиз инструмента и предложить мероприятия по улучшению качества сверления и повышению стойкости инструмента.

## Вариант 7

1. Методика проектирования технологических процессов сборки модулей РЭС с поверхностным монтажом. Выбор технологического оборудования и оснастки в зависимости от типа производства.

2. Технологические процессы получения двусторонних печатных плат. Сравнительная характеристика, достоинства и недостатки. Применяемое технологическое оборудование.

3. Задача.

Построить аналитическую модель технологического процесса склеивания 2-х металлических деталей на основании экспериментальных данных (табл. 2), полученных при планировании эксперимента (ПФЭ): Y – прочность соединения на срез, кг; Х1 – температура, оС; Х2 – давление, МПа; Х3 – время, ч.

Таблица 1. Начальные условия эксперимента

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Х1,оС | Х2, МПа | Х3, ч |
| Хi,о | 100 | 0,3 | 0,75 |
| Хi | 20 | 0,2 | 0,25 |
| –1 | 80 | 0,1 | 0,5 |
| +1 | 120 | 0,5 | 1,0 |

Таблица 2. Матрица планирования ПФЭ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Х1 | Х2 | Х3 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 1 | + | – | + | 70 | 80 | 75 |
| 2 | – | + | + | 70 | 70 | 71 |
| 3 | – | – | + | 50 | 60 | 55 |
| 4 | + | + | + | 100 | 110 | 120 |
| 5 | + | – | – | 60 | 63 | 65 |
| 6 | – | + | – | 60 | 70 | 65 |
| 7 | – | – | – | 40 | 50 | 45 |
| 8 | + | + | – | 80 | 81 | 82 |

Оценить достоверность коэффициентов в уравнении регрессии и адекватность математической модели. Построить графические зависимости, проанализировать влияние технологических параметров склеивания на прочность соединений.

## Вариант 8

1. Модели технологических систем в производстве РЭС. Математическое и статистическое моделирование технологических процессов. Примеры математических моделей технологических процессов.

2. Схемы технологических процессов изготовления МПП методами попарного прессования и послойного наращивания, эскизы по операциям, применяемое оборудование.

3. Задача.

Рассчитать усилие вырубки и определить исполнительные размеры пуансона и матрицы вырубного штампа для изготовления заготовки основания печатной платы. Исходные данные: размеры платы – 140х120 мм; материал платы – ГФ-1-50; толщина – 1,5 мм; степень точности изготовления платы – 13 квалитет.

## Вариант 9

1. Анализ технологии сборочных работ с использованием методов массового обслуживания. Пример – сборочный конвейер.

2. Холодная сварка металлов. Сущность способа, условия, необходимые для осуществления соединения холодной сваркой. Схемы выполнения операций сварки, характеристика применяемых оборудования и инструментов.

3. Задача.

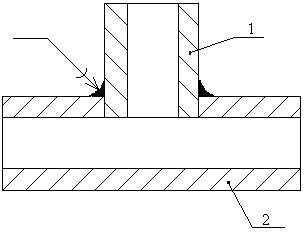


Рис. 3. Волноводный тракт: 1, 2 – волноводы

Выбрать метод локальной пайки и технологическое оборудование для соединения, приведенного на рис. 3. Указать припой, флюсы и технологические режимы пайки. Материал волноводов – латунь ЛС59-1. Гальваническое покрытие – Ср.9, К30 = 5.

## Вариант 10

1. Технологичность конструкций блоков РЭС. Виды технологичности. Виды показателей и их определение для различных классов и блоков. Нормативные значения комплексного показателя в зависимости от типа производства.

2. Неразъемные соединения при сборке РЭС. Характеристика и применяемость. Эскизы соединений, применяемые материалы. Технологическая оснастка и оборудование. Расчет усилий образования соединений.

3. Задача.

Изделие собирается на конвейере. Сменная программа линии – 34 шт. Трудоемкость сборки изделия 2ч 25 мин. Шаг конвейера – 1,6 м. Регламентированные остановки линии для отдыха рабочих – 7%. Рабочие места расположены с одной стороны конвейера. Рассчитать параметры конвейера и привести вариант планировки.

## Вариант 11

1. Техническая норма времени выполнения технологической операции, ее составляющие в сборочном производстве. Дифференциация и концентрация технологических операций в серийном производстве. Нормы выработки для различных типов производства.

2. Процессы герметизации изделий РЭС, их достоинства и недостатки. Технологические особенности этих процессов и выбор оптимального процесса в зависимости от конструкции и условий эксплуатации изделий.

3. Задача.

Построить аналитическую модель технологического процесса контактной сварки деталей на основании экспериментальных данных (табл. 4), полученных при планировании эксперимента (ПФЭ): Y – прочность на срез; Х1 – напряжение на электродах, В; Х2 – емкость батареи конденсаторов, мкФ; Х3 – усилие сжатия электродов, Н.

Таблица 3. Начальные условия эксперимента

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Х1 | Х2 | Х3 |
| Хi,о | 200 | 150 | 75 |
| Хi | 20 | 50 | 25 |
| +1 | 220 | 200 | 100 |
| –1 | 180 | 100 | 50 |

Таблица 4. Матрица планирования ПФЭ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Хо | Х1 | Х2 | Х3 | Y1 | Y2 | Y3 |
| 1 | + | + | – | + | 7,0 | 6,0 | 6,5 |
| 2 | + | – | + | + | 6,8 | 7,0 | 7,0 |
| 3 | + | – | – | + | 6,0 | 6,1 | 5,5 |
| 4 | + | + | + | + | 9,0 | 10 | 11,0 |
| 5 | + | + | – | – | 7,0 | 6,0 | 6,0 |
| 6 | + | – | + | – | 6,5 | 7,0 | 6,0 |
| 7 | + | + | + | – | 8,0 | 8,2 | 8,5 |
| 8 | + | – | – | – | 4,0 | 3,0 | 3,5 |

Оценить достоверность коэффициентов в уравнении регрессии и адекватность математической модели. Построить графические зависимости Y = F(Х1, Х2) при Х3 = const, проанализировать влияние технологических параметров сварки на прочность соединений.

## Вариант 12

1. Припои и флюсы, применяемые для пайки в производстве РЭУ. Диаграмма состояния системы Sn – Pb. Выбор припоев и флюсов в зависимости от метода пайки и конструкции соединений. Бессвинцовые припои для монтажа модулей.

2. Схемы технологических процессов изготовления универсальной и перекрестной обмоток, характеристики и расчетные данные, зависимость угла укладки провода и типа конструкции провода.

3. Задача.

В партии (n = 50 шт.) микромодульных усилителей низкой частоты измерены значения коэффициента усиления (К) после пайки и заливки изделия. Статистические показатели, рассчитанные значения коэффициента корреляции r и коэффициентов регрессии ао и а1 приведены в табл. 5;

Таблица 5. Статистические и расчетные показатели

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | Операции | |
| Пайка | заливка |
| Kср | 6,8 | 6,6 |
| (К) | 0,28 | 0,25 |
| r | 0,78 | |
| ао | 0,7 | |
| а1 | 1,8 | |

Проверить достоверность коэффициента корреляции. Рассчитать среднюю квадратическую погрешность выходных параметров (Квых/Квх), половину поля допуска на коэффициент усиления (Квых/Квх) после операции заливки при условии, что погрешности изготовления схемных элементов (qi/qi) составляют 10%, количество элементов схемы – 10, погрешность напряжения питания (Unum/Unum) = 1%, коэффициенты влияния погрешностей Аqi = 0,5; Aunum= 0,8.

## Вариант 13

1. Физико-технологическое содержание процесса сварки. Классификация методов сварки в производстве РЭУ. Оборудование, оснастка и инструмент.

2. Привести схему технологического процесса получения многослойной печатной платы методом металлизации сквозных отверстий, эскизы по операциям, применяемое технологическое оборудование.

3. Задача.

Составить технологический процесс пропитки катушек индуктивности, намотанных на пластмассовый каркас, проводом ПЭЛШО–0,1, К30 = 20. Условия эксплуатации жесткие. Выбрать оптимальный способ пропитки для данного производства и обосновать.

## Вариант 14

1. Технические средства и способы контроля качества печатных и многослойных плат. Виды дефектов и методика их поиска.

2. Физико-химическое содержание пайки: смачивание, растекание, капиллярные явления, диффузия, кристаллизация. Влияние физико-химических процессов при пайке на прочность паяных соединений.

3. Задача.

Изделие собирается на конвейере. Сменная программа конвейера – 196 шт. Трудоемкость сборки изделия 46 мин. Регламентированные остановки конвейера для отдыха рабочих 8 мин, для обслуживания – 12 мин; процент допустимого брака – 2%; габаритные размеры изделия – 800х400х300 мм. Рабочие места располагаются с одной стороны конвейера с шагом 1,2 м. Рассчитать параметры конвейера и привести его планировку.

## Вариант 15

1. Взаимосвязь технологических режимов пайки и конструкции паяемых соединений. Припои и флюсы, их характеристики и факторы, определяющие качество паяных соединений.

2. Многослойные керамические печатные платы, конструкции и технология получения.

3. Задача.

Составить технологический процесс получения заготовок из провода МГШВ и подобрать к каждой операции оборудование (К30 = 20).

## Вариант 16

1. Погрешности, влияющие на точность изготовления обмоток. Причины, вызывающие изменение выходных параметров обмоток, и способы их устранения.

2. Способы сварки в технологии РЭУ, характеристики, применяемость и особенности технологических процессов. Сравнение способов сварки по качеству получаемых соединений, методы контроля качества соединений.

3. Задача.

Привести схему технологического процесса получения печатных плат фотохимическим методом, составьте маршрут, рассчитайте количество необходимого оборудования, если программа выпуска 250,0 тыс. шт. в год. Штучное время выполнения операций рассчитайте, исходя из производительности выбранного оборудования.

## Вариант 17

1. Комплексная механизация и автоматизация. Разработка технологических процессов при комплексной механизации и автоматизации; технологическая оснащенность процессов. Организация безлюдной технологии.

2. Основные принципы построения и методы организации регулировочных работ в зависимости от типа производства и сложности объекта регулировки.

3. Задача.

Рассчитать допуск на коэффициент усиления по напряжению каскада УНЧ (рис. 4), учитывая, что:

h=h11h22 – h12h21

Параметры транзисторов: h11= 4,5 кОм; h21= 80; h12=11\*10-4; h22=33\*10-6 Ом-1; допуски (h/h) = 20%; (R/R) = 10%.

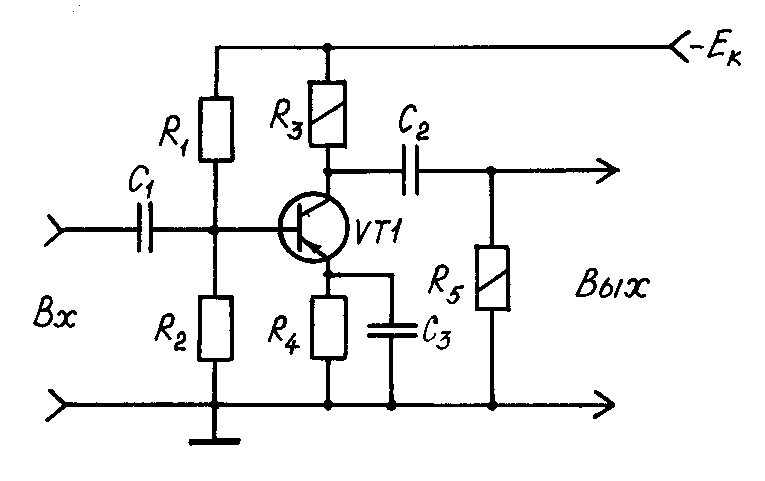


Рис.4. Схема УНЧ

## Вариант 18

1. Элементы технической диагностики сборочных единиц и блоков РЭС, автоматизация контроля и поиска неисправностей.

2. Автоматические линии и их разновидности. Характеристики и примеры их применения.

3. Задача.

Рассчитать коэффициенты технологической точности Т и смещения Е для технологического процесса изготовления резисторов МЛТ-0.125-10 кОм 10%, если фактические допуска =10,5 и 11 %, а математическое ожидание МХ = 9,85 и 10,5 кОм.

## Вариант 19

1. Клеевые соединения. Способы подготовки поверхности и нанесения слоя. Технология склеивания неразъемных соединений. Применяемые клеи и их характеристики.

2. Методы контроля качества электрических соединений. Технологическое оснащение контрольных операций. Летающие зонды, адаптеры.

3. Задача.

Составить технологический процесс получения коммутационной платы на керамическом основании. Программа выпуска – 200 тыс. шт. в год. Условия эксплуатации специальные – имеют место ударные нагрузки и вибрации. Выбрать материал проводников, рассчитать количество применяемого оборудования.

## Вариант 20

1. Групповые процессы пайки плат с установленными выводными ЭРЭ. Оборудование, выбор технологических режимов.

2. Схемы намоточных станков для рядовой, универсальной и тороидальной обмоток. Порядок настройки намоточных станков.

3. Задача.

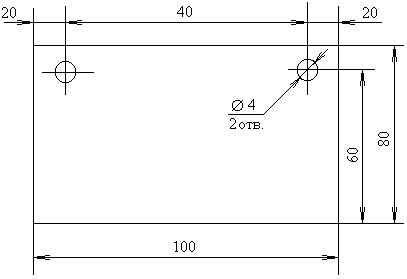


Рис.5. Чертеж печатной платы

Определить усилие вырубки основания печатной платы из материала ГФ-2-50 (толщиной 2 мм) (рис. 5). Составить технологическую карту процесса. К30 = 10.

## Вариант 21

1. Методы герметизации, физическая сущность и построение процесса. Материалы для защиты изделий РЭС.

2. Неразъемные соединения. Технологичность конструкции неразъемных соединений. Влияние технологии на механические и электрические свойства соединений.

3. Задача.

Составить технологический процесс подготовки к монтажу ЭРЭ с осевыми и однонаправленными выводами и подобрать к каждой операции оборудование. Производство серийное. Дать планировку участка, обосновать выбор оборудования и его местоположение на участке.

## Вариант 22

1. Комплексная и полная автоматизация в производстве РЭС. Гибкая автоматизация производства РЭС.

2. Выбор оптимальных технологических режимов пайки и их влияние на качество механических и электрических соединений.

3. Задача.

Рассчитать коэффициенты использования площади для робототехнологических комплексов, имеющих компоновку по дуге окружности и по линейке оборудования. Количество оборудования – 3. Типы технологического оборудования и роботов выбрать самостоятельно.

## Вариант 23

1. Технологические процессы контактной конденсаторной сварки. Оборудование, основные параметры процессов.

2. Робототехнологические комплексы и линии. Виды планировок, особенности применения. Расчет коэффициента эффективности использования площади.

3. Задача.

Рассчитать потребность и коэффициент загрузки оборудования по операциям, построить план-график работы и определить величины межоперационных заделов. Сменная программа сборки изделия на прямоточной линии составляет 200 шт. Действительный фонд рабочего времени за смену – 400 мин. Нормы времени по операциям:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер операции | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Тшт, мин | 4,0 | 7,6 | 5,4 | 1,35 | 0,65 | 6,4 |

## Вариант 24

1. Основные положения автоматизации технологической подготовки производства. Системы автоматизированного технологического проектирования: ТехноПро и TechCard.

2. Структура ГАП в зависимости от серийности производства. Ячейки и подсистемы ГАП. Управление в ГАП.

3. Задача.

Привести схемы взаимодействия односторонней и двусторонней волны припоя с печатной платой. Рассчитайте время пайки печатной платы размером 150х100 мм, если угол входа платы в волну =15о. Скорость конвейера установки волновой пайки выбирается исходя из оптимального времени пайки.

## Вариант 25

1. Методика выбора рационального технологического процесса по себестоимости и производительности труда. Расчет критической программы выпуска изделия.

2. Технология и оборудование для получения тканных коммутационных устройств.

3. Задача.

Составить алгоритм и программу расчета на ЭВМ характеристик закона распределения производственных погрешностей параметров элементов РЭУ (резисторы, конденсаторы, транзисторы). Выбрать самостоятельно тип элемента, измерить параметры элементов в партии количеством не менее 25 шт., рассчитать коэффициент технологической точности Т и коэффициент смещения от центра группирования Е.

## Вариант 26

1. Методика проектирования технологического оснащения с применением САПР. Примеры оборудования, оснастки и инструмента для сборочно-монтажных работ.

2.Статистическое моделирование сборочных процессов. Основные алгоритмы, примеры моделей.

3. Задача.

Определить сменную программу запуска и сменную норму выработки, если время на выполнение всех сборочных операций на поточной линии составляет 3 мин., время на организационно-техническое обслуживание –Тоб = 12 мин, время на отдых Тотд = 8 мин, сменное плановое задание Пс = 196 шт., процент допустимого брака р =2%. Провести анализ результатов расчета.

## Вариант 27

1. Технологические пути повышения надежности РЭА.

2. Моделирование технологических процессов. Этапы составления моделей. Основные требования к моделям.

3. Задача.

Выбрать конструкцию жгута и привести его чертеж, по которому разработать технологический процесс с применением электрифицированного шаблона и контроля качества. К30 = 20.

## Вариант 28

1. Конвекционная сушка обмоточных изделий. Сущность, области применения.

2. Виды дефектов печатных плат и способы их контроля. Техническая диагностика печатных плат.

3. Задача.

Рассчитать амплитудное значение звукового давления РЗВ в жидкости при ультразвуковой очистке деталей. Частота УЗ-колебаний – 22 кГц, амплитуда – 10 мкм, моющая жидкость – трихлорэтилен. Аппаратурные средства контроля звукового давления.

## Вариант 29

1. Автоматизация технологической подготовки производства.

2. Выбор оптимального процесса пропитки моточных изделий и контроль пропитанных изделий.

3. Задача.

Составить технологический процесс вакуумноплотной герметизации изделий РЭС. Выбрать материал корпуса, если изделие работает в легких условиях эксплуатации. Выбрать способы изготовления корпуса и его герметизации.

## Вариант 30

1. Химический, электрохимический и комбинированные методы получения печатных плат.

2. Подготовительные операции перед пайкой, их автоматизация в условиях серийного производства.

3. Задача.

Рассчитать конструктивно-технологические параметры односторонней ПП: диаметр контактных площадок, ширину проводников, число проводников, которые можно провести между соседними контактными площадками. Класс точности ПП – 1-й. Материал СФ-1-35.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

## Вариант 1

1. Технологическая точность выходных параметров сборочных единиц при многооперационном технологическом процессе.
2. Техническая диагностика. Модели РЭС при поиске неисправностей. Основные методы поиска неисправностей.
3. Задача.

Рассчитать число параллельных рабочих мест на автоматизированной поточной линии сборки переменных резисторов, если Тотр=2,1 мин, плановая годовая программа при односменной работе 100 000 штук.

## Вариант 2

1. Комплексная механизация и автоматизация разработка технологических процессов при комплексной механизации и автоматизации; технологическая оснащенность процессов. Организация безлюдной технологии.
2. Основные принципы построения и методы организации регулировочных работ в зависимости от типа производства и сложности объекта регулировки.
3. Задача.

Рассчитать допуск на коэффициент усиления по напряжению одного из каскадов УНЧ (рис. 5) учитывая, что: ;



Параметры транзисторов: h11=4,5 кОм; h21=80; h12=11\*10-4; h22=33\*10-6 Ом-1; допуски:

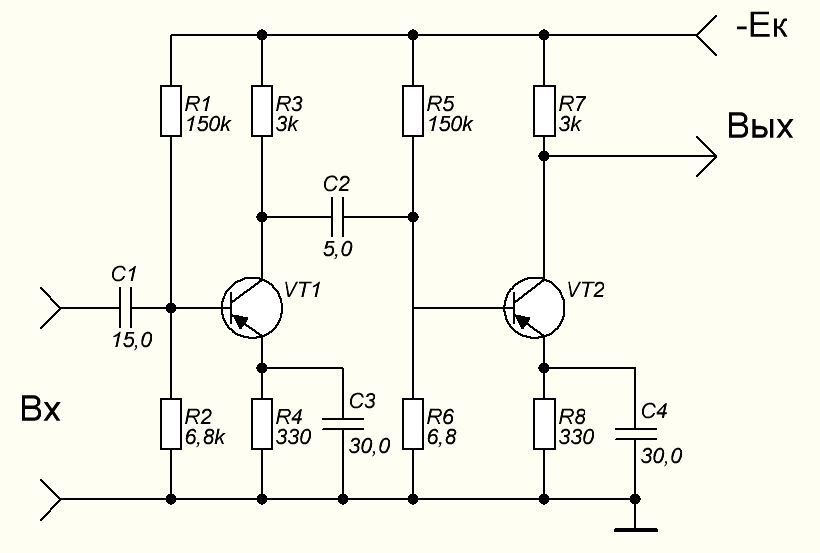


Рисунок 5. Схема УНЧ

**Вариант 3**

1. Методы обеспечения заданной точности сборочных единиц (полной, неполной и групповой взаимозаменяемости, подгонки, компенсации, регулировки).
2. Технологический прогон. Методы определения длительности и принципы организации.
3. Задача.

Рассчитать коэффициент роста производительности труда после замены поточной линии автоматической, если они имеют характеристики, приведенные в таблице 3.1

Таблица 3.1 Характеристики линий.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | Поточная | Автоматическая |
| Годовой выпуск продукции, шт. | 25000 | 10000 |
| Стоимость линии, млн. руб. | 1,0 | 5,0 |
| Текущие затраты на электроэнергию, материалы, инструмент, тыс. руб. | 25,0 | 50,0 |
| Текущие затраты на обслуживание линий, тыс. руб. | 20,0 | 60,0 |

**Вариант 4**

1. Сборка и монтаж микросборок. Проволочный микромонтаж, монтаж микрокомпонентов на основе жестких организованных выходов, лент-носителей, кристаллодержателей.
2. Эксплуатация технологического оборудования. методы расчета основных показателей процесса эксплуатации. система планово-предупредительных ремонтов.
3. Задача.

Построить аналитическую модель технологического процесса ультразвуковой монтажной сварки на основании экспериментальных данных, полученных при планировании эксперимента (центральный композиционный ортогональный план) и приведенных в табл. 5.5 в таблице приняты следующие обозначения:

Е - среднее значение прочности соединения на срез в мН/м2; х1 - кодированное значение амплитуды колебаний наконечника электрода; х2 - усилие сжатия.

Таблица 5.5 Матрица планирования

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | х1 | х2 | (х1)2 | (х2)2 |  |  | Еср |
| 1 | - | - | + | + | 0,34 | 0,34 | 0,6 |
| 2 | + | - | + | + | 0,34 | 0,34 | 0,4 |
| 3 | - | + | + | + | 0,34 | 0,34 | 1,0 |
| 4 | + | + | + | + | 0,34 | 0,34 | 0,8 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,66 | -0,66 | 0,7 |
| 6 | + | 0 | 1 | 0 | 0,34 | -0,66 | 0,7 |
| 7 | - | 0 | 1 | 0 | 0,34 | -0,66 | 0,6 |
| 8 | 0 | + | 0 | 1 | -0,66 | 0,34 | 0,8 |
| 9 | 0 | - | 0 | 1 | -0,66 | 0,34 | 0,1 |

**Вариант 5**

1. Методы механического крепления и электрического монтажа микрокомпонентов на микроплаты. Групповые методы монтажа. Поверхностный монтаж.
2. Структура систем и техническое обеспечение управления ГПС. Организация управления ГПС в системе цеха, участка.
3. Задача.

Установить допуски на параметры УНЧ (рис. 5), выбрать метод обеспечения заданной точности при сборке, если половина поля допуска коэффициента усиления на средней частоте . Остальные условия - в задаче варианта 3.



**Вариант 6**

1. Виды технологической документации в зависимости от серийного производства РЭС. Примеры заполненных технологических документов.
2. Основные ячейки ГАП, информационное обеспечение гибких автоматизированных производств.
3. Задача.

Разработать операционный технологический процесс сборки модуля на печатной плате (рис. 6). перечень элементов приведен в табл. 6.1 К30=10

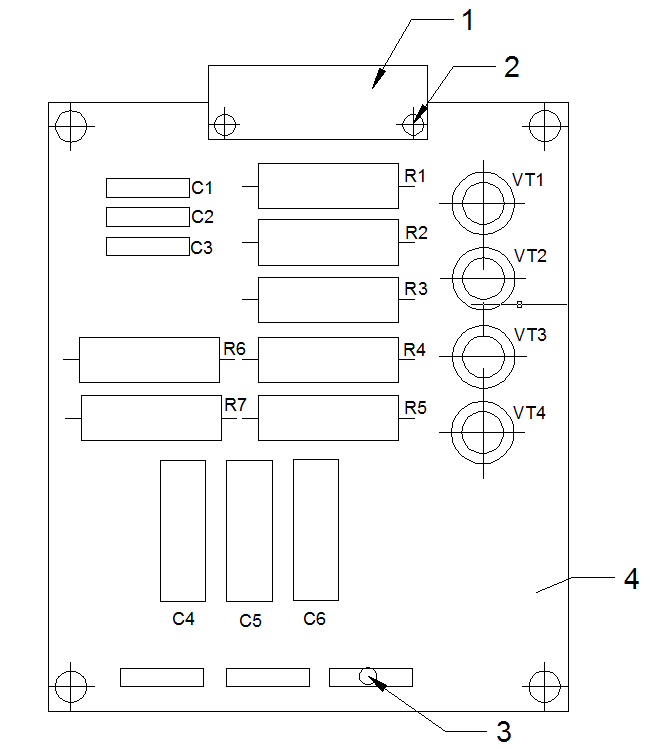


Рис. 6. Модуль на печатной плате

Таблица 6.1 перечень элементов и деталей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Поз. | Наименование | Количество |
| Транзистор КТ603А И93.365.005ТУ | | 4 |
| С1-С3 | КМ-5а-Н90-0.15 мкФ | 3 |
| С4-С5 | КМ6-Н90-0.33 мкФ | 3 |
| R1, R3 | МЛТ-0.25-15кОм±10% | 2 |
| R2, R4 | МЛТ-0.25-33кОм±10% | 2 |
| R5 | МЛТ-0.25-560 Ом±10% | 1 |
| R6, R7 | МЛТ-0.25-10кОм±10% | 1 |
| 1 | Ручка | 1 |
| 2 | Заклепка 2×10.35 | 2 |
| 3 | Штырек | 5 |
| 4 | Плата | 1 |

**Вариант 7**

1. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП), основные стандарты.
2. Общая характеристика и область применения роботов в производстве РЭС.
3. Задача.

Разработать операционный технологический процесс сборки УНЧ на печатной плате в микроминиатюрном исполнении (рис. 7). Типы элементов выбрать в табл. 5.6 или самостоятельно. К30=20.

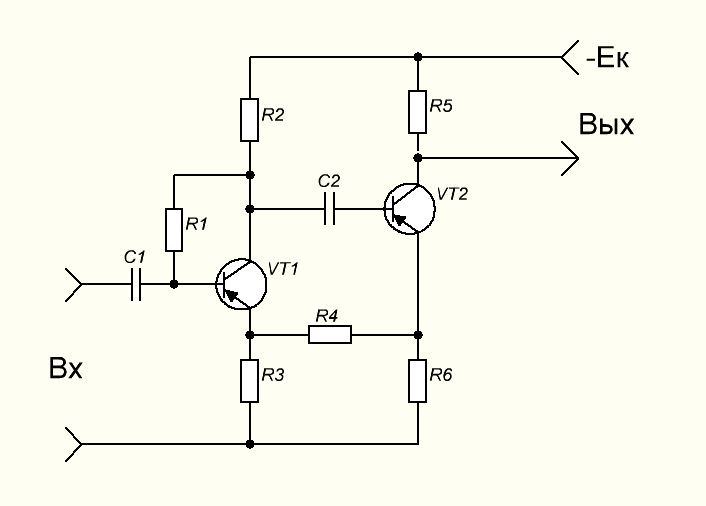


Рис. 7. Схема УНЧ

**Вариант 8**

1. Общие принципы управления технологическими системами. Классификация, особенности построения и функционирования АСУ ТП.
2. Особенности сборки и монтажа ЭВМ.
3. Задача.

Построить математическую модель технологического процесса ультразвуковой сварки деталей из никеля толщиной 0.2 мм. варьируемые параметры процесса: х1 - амплитуда колебаний, мкм; х2 - усилие сжатия, Н; параметр оптимизации; У - прочность соединений, Н. Экспериментальные данные в табл. 7.1.

Таблица 7.1 Матрица планирования

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Х0 | Х1 | Х2 | У | | |
| У1 | У2 | У3 |
| 1 | + | + | + | 26 | 22 | 21 |
| 2 | + | - | + | 15 | 17 | 18 |
| 3 | + | + | - | 14 | 16 | 15 |
| 4 | + | - | - | 18 | 16 | 12 |

**Вариант 9**

1. Комплексная автоматизация производства РЭС с учетом рентабельности.
2. Входной контроль электронных компонентов и его оптимизация.
3. Задача.

Привести схему сборочного состава "веерного типа" для самостоятельно выбранного изделия. Рассчитайте ритм сборки при условии, что плановая программа выпуска изделия 350 000 шт. в год. определите количество операций сборки и монтажа, их длительность. Проведите синхронизацию длительности операций по ритму.

**Вариант 10**

1. Индивидуальная и групповая пайка микросхем с планарными выводами. качество паяных соединений, причины дефектов.
2. Станки для намотки катушек. Принципы действия, схема технологического процесса намотки.
3. Задача.

Привести схему и рассчитать усилия, развиваемые пневмоприводом (одностороннего и двустороннего типа) робота-манипулятора, при давлении в пневмосети 0,2-0,5 МПа. Диаметры пневмоцилиндра внутренний –50 мм, штока – 10мм, усилие пружины – 10 Н. Коэффициенты негерметичности – 0,8-0,9.

**Вариант 11**

1. Зависимость показателей технологичности системы от внешних и внутренних возмущающих факторов.
2. Гибкое автоматическое производство (ГАП), его характеристика. Целесообразность применения для различных типов производств.
3. Задача.

Привести схему сборки с базовой деталью для самостоятельно выбранного изделия. Рассчитайте режим сборки при условии, что плановая программа выпуска изделия 500 000 шт. в год. Определите количество операций сборки, монтажа, контроля и регулировки и их трудоемкость. Дайте расчет количества необходимого технологического оборудования по каждой операции.

**Вариант 12**

1. Основные положения автоматизации технологической подготовки производства.
2. Структура ГАП в зависимости от серийного производства.
3. Задача.

Привести схемы взаимодействия односторонней и двухсторонней волны припоя с печатной платой. Рассчитайте время пайки печатной платы размером 150×100 мм, если угол входа платы в волну α=150. Скорость конвейера установки волновой пайки выбирается, исходя из оптимального времени пайки.

**Вариант 13**

1. Неразрушающие методы контроля электронных модулей. Дефекты поверхностного монтажа и методы их устранения.
2. Особенности технологических процессов сборки крупногабаритных устройств и систем РЭС. Межблочный монтаж.
3. Задача.

Привести схему и дать расчет параметров индукционного однофазного нагнетателя припоя для пайки печатных плат струёй высотой 20 мм шириной 50 мм. Масса припоя в рабочем зазоре 2 кг. Удельное электрическое сопротивление припоя ρ=13.9×10-2 Ом×м.

**Вариант 14**

1. Особенности технологических процессов сборки микроблоков с общей герметизацией.
2. Математическое описание процесса функционирования технологических систем сборки. Влияние внешних и внутренних возмущающих факторов.
3. Задача.

Сменная программа сборки блока на поточной линии – 112 шт., трудоемкость сборки 96 мин, габариты устройства 800х300х200 мм. Определить основные характеристики линии, если рабочие места расположены с двух сторон ленты транспортера в шахматном порядке с шагом 1,0 м; процент допустимого брака – 3 %; регламентированные остановки линии Тобс = 20 мин.

**Вариант 15**

1. Элементы технической диагностики сборочных единиц и блоков РЭС, автоматизация контроля и поиска неисправностей.
2. Автоматические линии и их разновидности. Характеристики и примеры их применения.

3.Задача. Сменная программа сборки портативного приемника на конвейере – 392 шт., трудоемкость сборки – 50 мин; габариты приемника 300х200х30 мм. Определить основные характеристики конвейера и составить его планировку, если рабочие места располагаются с двух сторон конвейера в шахматном порядке с шагом 1,5 м; регламентированные остановки конвейера – 20 мин, время обслуживания конвейера – 15 мин. в смену; процент допустимого брака –2%.

**Вариант 16**

1. Математическое описание процесса функционирования технологических систем регулировки РЭА.
2. Точность сборочных единиц при многооперационном процессе.
3. Задача.

Рассчитать параметры лазерного излучения (мощность, время воздействия) для технологического процесса пайки микрокомпонентов - конденсаторов К10-17 размером 2×4 мм на микроплату. Припой ПОС61. Углы падения луча 900 и 450. по рассчитанным параметрам выбрать тип лазерной установки.

**Вариант 17**

1. Математическое описание процесса функционирования технологических систем настройки РЭС.
2. Разновидности автоматических линий, их производительность. Привести пример линий для технологического процесса сборки.
3. Задача.

Рассчитать операционные характеристики системы массового обслуживания сборочного конвейера при следующих условиях:

* количество рабочих мест на конвейере – 15;
* количество каналов обслуживания – 3;
* количество заявок в минуту – 15.

**Вариант 18**

1. Технологические пути повышения надежности работы РЭС.
2. Моделирование технологических процессов. Этапы составления моделей. Основные требования к моделям.
3. Задача.

Выбрать конструкцию жгута и привести его чертеж, по которому разработать технологический процесс с применением электрофицированного шаблона и контроля качества. К30=20.

**Вариант 19**

1. Конвекционная сушка обмоточных изделий. Сущность, области применения.
2. Виды дефектов печатных плат и способы их контроля. техническая диагностика печатных плат.
3. Задача.

Рассчитать амплитудное значение звукового давления Рзв в жидкости при ультразвуковой очистке деталей. Частота УЗ-колебаний – 22 кГц, амплитуда – 10 мкм, моющая жидкость – трихлорэтилен. Аппаратурные средства контроля звукового давления.

**Вариант 20**

1. Принципы построения процессов контроля блоков РЭА.
2. Оптимизации производственных процессов по экономическим критериям.
3. Задача.

Рассчитать цикловую и фактическую производительность работы автомата, если длительность рабочего и холостого хода равны 1 и 0.5 с. соответственно, программа выпуска – 1 млн. шт. в год, технологические потери составляют 10 мин, организационные – 15 мин. в смену.

**Вариант 21**

1. Способы зачистки концов выводов радиоэлементов и проводов в зависимости от вида изоляции провода и типа производства.
2. Связь точности технологической системы с производительностью и экономичностью.
3. Задача.

Рассчитать силу удержания груза пневматическим схватом робота-манипулятора, если диаметр детали 10 мм, а остаточное давление в системе изменяется от 0.1 до 0,5 МПа.

**Вариант 22**

1. Обволакивание изделий. Методы, применяемые материалы и технология.
2. Влияние технологии производства на надежность РЭС.
3. Задача.

Рассчитать фактические размеры печатных проводникв шириной 0, 2 и 0,5 мм после травления заготовки из СФ-2-50 в хлорном железе. Коэффициент подтравливания К равен 0.5. Определить класс точности печатной платы.

**Вариант 23**

1. Вакуумная сушка изделий перед пропиткой и после пропитки. сущность, режимы, оборудование.
2. Методика оценки устойчивости технологических процессов.
3. Задача.

Рассчитать мощность нагрева токами ВЧ при пайке деталей из ковара (сплав 29Н18К). Число витков индуктора – 2. Диаметр трубки индуктора – 4 мм. Диаметр нагреваемой части детали – 20 мм. Напряжение на индукторе – 100 В. Выбрать тип ВЧ генератора, привести схему нагрева.

**Вариант 24**

1. Терморадиационная сушка. Сущность, область применения, оборудование.
2. Укрупненная схема АСУП. Объяснить её функционирование.
3. Задача.

Рассчитать время гальванической металлизации сквозных отверстий в МПП, если толщина металлизации – 20 мкм, плотность тока – 2 А/дм2, толщина платы – 3.0 мм, диаметр отверстий – 0.8 мм, их количество – 50 шт. привести схему гальванической металлизации отверстий в МПП.

**Вариант 25**

1. Методика выбора рационального технологического процесса по себестоимости и производительности труда.
2. Технология и оборудование для получения тканных коммутационных плат.
3. Задача.

Составить алгоритм и программу расчета на ЭВМ характеристик закона распределения производственных погрешностей параметров элементов РЭС (резисторы, конденсаторы, транзисторы). Выбрать самостоятельно тип элемента, измерить параметры элементов в партии количеством не менее 25 шт., рассчитать коэффициент технологической точности Т и коэффициент смещения от центра группирования Е.

**Вариант 26**

1. Переменно-поточные линии. Применение, методика расчета.
2. Функциональная модель технологической подготовки производства и её составляющие. Назначение и построение модели.
3. Задача.

Рассчитать коэффициенты использования площади для робото-технологических комплексов, имеющих компоновку по дуге окружности (

и по линейке оборудования .Количество оборудования – 3. Тип роботов и технологического оборудования выбрать самостоятельно.

**Вариант 27**

1. Поточное производство, его характеристика и примеры.
2. Позиционные системы программного управления. Принцип работы, характеристика.
3. Задача.

Составить схему управления сварочной машиной контактной микросварки с использованием микроконтроллера. Определить контролируемые параметры, датчики контроля, составить алгоритм работы системы управления.

**Вариант 28**

1. Аналоговые позиционные системы программного управления. Принцип работы. Примеры реализации.
2. Способы выполнения соединений сваркой в мелкосерийном производстве и массовом. Автоматизация процессов.
3. Задача.

Составить схему измерения электрического сопротивления металлизированного отверстия в МПП. Указать режимы измерения, аппаратурные средства.

**Вариант 29**

1. Характеристика и применяемость технологических схем сборки «веерного» типа и с базовой деталью. Привести пример их построения.
2. Особенности сборки микроблоков с общей герметизацией.
3. Задача.

Построить аналитическую модель технологического процесса металлизации отверстий в многослойных печатных платах на основании экспериментальных данных (табл. 29.1), полученных при планировании эксперимента (дробный факторный эксперимент). У – прочность сцепления в МН/м2; х1 – плотность тока А/м2; х2 – плотность анодного тока А/м2; х3 – температура электролита 0С; х4 – концентрация CuSO4, кг/м3; х5 – концентрация Н2SO4, кг/м3.

Таблица 29.1. Матрица планирования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № пп | х1 | х2 | х3 | х4 | х5 | У11 | У12 | У13 |
| 1 | - | - | - | - | - | 120 | 100 | 110 |
| 2 | + | + | - | - | - | 80 | 120 | 100 |
| 3 | - | - | + | + | - | 390 | 390 | 390 |
| 4 | + | - | + | - | + | 290 | 330 | 310 |
| 5 | - | + | + | - | + | 350 | 350 | 350 |
| 6 | + | - | - | + | + | 60 | 40 | 50 |
| 7 | - | + | - | + | + | 140 | 120 | 130 |
| 8 | + | + | + | + | - | 280 | 320 | 300 |

**Вариант 30**

1. Основные дефекты паяных соединений в блоках на печатных платах, причины их возникновения.
2. Пути автоматизации контроля и поиска неисправностей в РЭА. Физические модели отказов РЭА и ИС.
3. Задача.

Определить допуски на элементы проволочного резистора и выбрать метод достижения требуемой точности при следующих условиях: резистор наматывается на каркас диаметром D = 10×10-2 м. проводом диаметром d=0.5×106 Ом×м. Номинальная величина сопротивления резистора R=1000 Ом, а производственный допуск на нее . Величина сопротивления провода, наматываемого на цилиндрический каркас, определяется уравнением , Ом, где ω – число витков.



**КурсовАЯ РАБОТА**

Целью курсового проектирования является систематизация и закрепление теоретических знаний студентов по основным разделам дисциплины, углубленное изучение методики проектирования технологических процессов, получение практических навыков работы технологической документацией, системами государственных и отраслевых стандартов, нормативно-технической документации.

Курсовая работа должна соответствовать всем требованиям задания на курсовое проектирование и представляется к защите в установленные кафедрой сроки. Он состоит из пояснительной записки (25–30 страниц текстового материала, приложений на 10–15 страницах в виде комплекта технологических документов) и графической части – 2- 3 листа формата А1.

Темами курсовой работы могут быть:

* разработка технологического процесса сборки и монтажа блока РЭС
* разработка технологического процесса настройки и регулировки блока РЭС;
* разработка технологического оснащения для операций: подготовки ЭРЭ и ИМС к монтажу, механизированной установки и пайки навесных элементов на печатных платах, контроля и регулировки РЭС;
* исследование и оптимизация технологических операций сборки и монтажа микромодулей РЭС.

Исходными данными для курсовой работы являются: сборочный чертеж блока РЭС, годовая программа выпуска, производительность процесса, комплексный показатель технологичности конструкции, технические требования к сборке и монтажу.