Министерство образования и науки Российской Федерации

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

05.11.14 «Технология приборостроения»

по техническим, химическим и физико-математическим наукам

2007

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: «Основы технологии приборостроения», «АСТПП и САПР-Т в приборостроении», «Конструирование и производство типовых приборов и устройств», «Метрологическое обеспечение приборостроительного производства», «Обеспечение качества и сертификация изделий и производств», «Основы автоматического управления», «Материаловедение и технология конструкционных материалов» и «Компьютерные технологии в приборостроении».

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по электронике, измерительной техники, радиотехники и связи при участии МАТИ – Российского Государственного технологического университета им. К.Э. Циолковского и Санкт-Петербургского Государственного университета аэрокосмического приборостроения.

1. Основы технологического проектирования приборов

1.1. Прогнозирование и оценка технологической реализуемости разрабатываемого изделия.

Технологическое обеспечение проектирования изделий.

Организация технологической подготовки производства приборов и ее специфические особенности. Основные задачи технологической подготовки приборостроительного производства. Методы и средства ускорения подготовки производства и повышения ее качества.

Системный подход как методологическая основа технологического проектирования. Сущность системного подхода. Понятие технологической системы, ее структура и составные элементы. Задачи системного анализа при проектировании технологической системы.

Методы реализации основных свойств технологической системы при проектировании: загруженности, интегрируемости, гибкости, пропускной способности и др.

1.2. База данных технологического проектирования. Классификация и группирование в технологическом проектировании. Методическое, информационное, программное, аппаратное обеспечение процесса технологического проектирования.

1.3. Понятие технологичности конструкции изделия. Отработка технологичности конструкции изделия при проектировании. Задачи обеспечения технологичности конструкции изделия при подготовке производства.

1.4. Разновидности технологических процессов в производстве приборов. Типовые технологические процессы (ТП). Методические основы типизации ТП. Дифференциация и концентрация операций ТП. Методическая основа выбора степени дифференциации операций и определения последовательности их выполнения.

1.5. Характеристика задач технологического оснащения проектируемого ТП. Методические основы выбора оснащения ТП. Решение задач проектирования технологической оснастки, обеспечение процесса проектирования.

1.6. Современные методы технологического проектирования с использованием элементов искусственного интеллекта. Базы знаний технологического проектирования, их состав при решении конкретных задач.

Организация и последовательность проектирования технологических систем в интеллектуальной САПР.

Принципы построения экспертных систем технологического проектирования.

Применение CALS-технологии в приборостроении.

2. Основы технологии производства приборов

2.1. Производственный процесс и его основные характеристики.

Стадии производственного процесса изготовления приборов. Входные и выходные параметры производственной системы. Характеристика внешней среды производственной системы. Дестабилизирующие факторы внешней среды.

Организационно-технологическая характеристика структурных элементов производственной системы.

2.2. Виды технологических преобразований и методы технологических воздействий на объекты производства. Физико-химические основы технологических преобразований. Схемы технологических воздействий на объекты производства. Процессы взаимодействия жидких, газообразных и высокоэнергетических источников с твердыми телами. Теоретические основы размерного формообразования элементов приборов.

2.3. Основные закономерности процессов сборки и монтажа приборов. Методы создания неразъемных контактов и соединений элементов и узлов приборов. Физико-химические закономерности образования паяных, сварных, клеевых соединений.

2.4. Основные понятия о взаимозаменяемости. Размерная и функциональная взаимозаменяемость в приборостроении. Методы построения и расчет размерных и размерно-физических цепей.

Характеристика методов обеспечения заданной точности приборов при сборке: полной, частичной и групповой взаимозаменяемости, регулировки и пригонки.

Методы достижения заданной точности приборов по физическим параметрам.

2.5. Физико-механические, физико-химические и электрофизические основы процессов получения деталей с заданными свойствами из различных материалов.

2.6. Процессы термодинамики, кинетики и методы статистической физики в технологических операциях производства элементов и узлов приборов. Методы осаждения слоев из жидкой, газовой и плазменной сред.

2.7. Понятия и методические основы технологической преемственности и технологического наследования.

2.8. Основные положения теории технического контроля, задачи технического контроля в производственном процессе. Задачи и структура технического контроля.

3. Теория точности технологических операций при производстве приборов

3.1. Производственные погрешности. Методы определения полей рассеяния случайных погрешностей, практические и теоретические кривые распределения. Критерии соответствия. Методы определения систематических погрешностей. Определение наличия систематических погрешностей по критерию Стьюдента и методом дисперсионного анализа. Методы сравнения теоретического и экспериментального распределения погрешностей (выравнивание экспериментального распределения по теоретическому). Методы статистического анализа случайных и систематических погрешностей на основе использования точечных диаграмм среднегрупповых погрешностей и диаграмм текущих средних (систематических) погрешностей. Методики определения поля рассеяния суммарной погрешности, точностные диаграммы погрешностей.

3.2. Математическое моделирование точности ТП. Отбор факторов, влияющих на точность. Определение вида зависимости между исходными технологическими факторами и производственными погрешностями. Матричная форма записи уравнений связи. Переход от исходных уравнений связи к вероятностным характеристикам погрешностей. Предельные поля рассеяния суммарной погрешности. Безразмерная форма уравнений связи. Статистическая оценка уравнений связи между исходными факторами и производственными погрешностями. Статистические методы построения динамических полей ТП. Определение точности ТП, описываемого линейными и нелинейными зависимостями с применением динамических моделей.

3.3. Методы обеспечения точности при размерной обработке деталей. Технологические факторы, определяющие точность обработки при выполнении различных технологических операций.

3.4. Обеспечение точности при сборке. Методика суммирования погрешностей при неполной взаимозаменяемости деталей и узлов приборов.

Уравнения суммирования погрешностей составляющих звеньев размерных цепей при условии их рассеяния по законам нормального распределения, равной вероятности и др.

Методы оценки погрешностей кинематических цепей изделий и технологического оснащения.

4. Технология элементов электронных узлов приборов

4.1. Характеристика структурных элементов конструкций электронных приборов. Современная элементная база электронных приборов, ее конструктивно-технологическая характеристика.

4.2. Технологическая направленность миниатюризации электронных приборов. Технологичность конструкций компонентов и узлов электронных приборов.

4.3. Технология изготовления компонентов электронных узлов приборов. Материалы монтажных оснований электронных приборов и их конструктивно-технологическая характеристика. Технологические факторы, определяющие выбор вида и типа монтажного основания электронного узла прибора.

4.4. Технология изготовления печатных плат. Характеристика и физико-химические основы субтрактивной и аддитивной технологий. Тонко и толстопленочная технологии изготовления функциональных элементов и слоев электронных узлов приборной аппаратуры.

4.5. Технологические процессы изготовления полупроводниковых элементов электронных узлов.

4.6. Специфические операции сборки компонентов электронных приборов.

4.7. Испытания электронных компонентов, их виды и содержание. Специальные виды испытаний электронных компонентов частного применения.

4.8. Задачи моделирования операций тонко-, толстопленочной и полупроводниковой технологий. Физические и математические модели типовых операций формирования пленочных элементов (окисления, литографии, легирования, металлизации).

4.9. Моделирование управления технологической операцией микроэлектроники. Системы управления качеством технологических операций и процессов микроэлектроники. Стохастическая модель ТП, ее формализация. Оптимизация ТП изготовления элементов электронных узлов приборов.

4.10. Физические и физико-химические методы изготовления чувствительных элементов приборной аппаратуры на базе нанотехнологии и микромеханики.

4.11. Технологические процессы изготовления элементов волоконно-оптических, акустооптических устройств, сенсорных средств очувствления, микроэлектронных датчиков и др.

4.12. Методология разработки конкурентоспособных элементов электронных узлов приборов в рамках CALS.

5. Основы технологии изготовления деталей приборов

5.1. Методики технико-экономического анализа ТП при его разработке. Выбор вида заготовки детали и метода ее получения.

5.2. Выбор метода литья при получении заготовок деталей, характеристики методов.

5.3. Специфические особенности проектирования формообразующих операций методом штамповки.

5.4. Конструктивно-технологическая характеристика деталей приборов, изготавливаемых их пластических масс. Типовые технологии изготовления деталей приборов из пластмасс.

5.5. Физико-химические методы формирования деталей, изготовляемых порошковым формообразованием.

5.6. Основные направления автоматизации заготовительного производства и их выбор. Средства автоматизации и обоснования направления автоматизации.

5.7. Общая характеристика ТП механической и электро-физико-химической обработки деталей приборов.

5.8. Виды ТП механической обработки, их выбор.

5.9. Виды операций электро-физико-химической обработки деталей приборов (химические, электрохимические, эрозионные, лазерные, электронно-лучевые, плазменные, магнитно-импульсные, ультразвуковые и др.)

Выбор метода обработки. Критерии выбора.

5.10. Технологические методы обеспечения заданных характеристик поверхностей деталей. Геометрические и физико-химические характеристики поверхностей, критерии их оценки; влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства деталей. Методы оценки геометрических и физических характеристик поверхности деталей.

5.11. Оптимизация параметров механообработки и режимов электро-физико-химической обработки.

5.12. Технологии изготовления типовых элементов приборов: магнитопроводов, намоточных изделий, контактных групп, коммутационных изделий, механических и электрических чувствительных элементов, узлов систем индикации и регистрации и др.

5.13. Автоматизация процессов изготовления деталей приборов. Основные направления автоматизации. Построение циклограмм, разработка алгоритма функционирования, принципы разработки управляющих программ управления. Системы ЧПУ, методы адаптации и интеллектуализации управления обработкой.

6. Основы проектирования технологических процессов сборки приборов

6.1. Исходные данные по проектированию сборочных и сборочно-монтажных ТП в приборостроении. Виды процессов сборки по организационно-технологическим принципам построения.

6.2. Теоретические основы построения сборочных процессов в приборостроении. Структурные схемы сборочных технологических систем. Системная модель процесса сборки.

6.3. Комплектация сборки. Виды сборочных операций. Характеристика заготовительных и подготовительных операций сборки.

6.4. Методики разработки принципиальных схем операций сборочного ТП. Определение рациональной степени дифференциации и оптимальной последовательности операций при проектировании технологического маршрута сборки.

6.5. Методы проектирования технологических процессов сборки многономенклатурного мелкосерийного приборостроительного производства. Структурно-параметрический синтез сложной технологической системы сборки.

6.6. Алгоритм проектирования сборочного ТП. Принципы разработки операционной технологии сборки и проектирования автоматизированной сборочной операции.

6.7. Физическое и математическое моделирование операции сборки и монтажа.

7. Основы проектирования технического контроля приборов

7.1. Виды и цели технического контроля, признаки и классификация видов технического контроля. Выбор вида технического контроля. Применение различных видов технического контроля в зависимости от целей.

7.2. Технический контроль в различных видах производственных процессов, особенности организации, характеристика объектов контроля и дефектов. Место технического контроля в системе управления качеством.

7.3. Выбор стратегии и объектов контроля: продукция, технологические процессы изготовления, оборудование, документация, технологическая среда.

Оценка состояния объектов контроля. Цели контроля (вид решаемой задачи): контроль текущий, профилактический, прогнозирующий.

7.4. Методика проектирования ТП контроля. Обобщенный алгоритм проектирования ТП контроля. Технологическая документация на процессы контроля.

7.5. Информация о результатах контроля, способы ее получения, обработки и представления.

7.6. Методика выбора оптимального набора параметров контроля объекта по критериям достоверности, полноты оценки состояния, надежности, экономичности, полноты оценки функциональных параметров и др.

7.7. Типовые структурные схемы организации контроля в зависимости от типа производства и вида производственного процесса. Разработка организационно-технологических схем контроля. Критерии оценки эффективности схем контроля.

7.8. Направления и задачи автоматизации контроля. Типовые структуры автоматизированных систем контроля. Структурный синтез систем контроля.

8. Оптимизация технологических процессов производства приборов

8.1. Теоретические методы и математический аппарат исследования сложных технологических систем.

8.2. Моделирование сложных технологических систем производства приборов. Физическое и математическое моделирование. Требования к процессу моделирования. Классификация математических моделей. Детерминированные и стохастические модели. Основные задачи моделирования ТП в различных видах производственных процессов.

8.3. Оптимизация как основная задача моделирования. Понятие о критерии оптимизации, целевой функции, факторном пространстве и поверхности отклика. Классификация и цели методов оптимизации. Методы математического программирования. Градиентные методы оптимизации. Статистические методы. Дисперсионный анализ. Регрессионный анализ. Корреляционный анализ.

8.4. Экспериментально-статистические методы исследования и оптимизации ТП производства приборов. Роль эксперимента при разработке ТП изготовления приборов. Метод планирования эксперимента. Пассивный и активный эксперименты в технологии приборостроения. Концепция последовательного эксперимента. Задача оптимального использования пространства независимых переменных. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Разработка плана эксперимента. Статистическая обработка результатов эксперимента. Планирование экстремальных экспериментов. Центральные композиционные планы. Анализ моделей поверхностей отклика в районе экстремума. Нахождение оптимальных режимов ТП.

8.5. Определение наиболее существенных технологических факторов в производстве приборов. Метод ранговой корреляции. Применение насыщенных и сверхнасыщенных планов для определения доминирующих технологических факторов.

8.6. Стратегия исследования. Анализ результатов эксперимента. Применение компьютерного моделирования при исследовании ТП. Компьютерные пакеты и системы моделирования и оптимизации.

9. Управление качеством в технологии производства приборов

9.1. Методологические основы контроля и управления качеством. Основ ные понятия качества. Системы качества. Формирование иерархической системы управления качеством. Энтропийный подход к управлению качеством приборов. Многостадийный подход к оптимизации системы управления качеством. Принципы проектирования и общие требования к организации системы управления качеством в соответствии со стандартами ИСО серии 9000.

9.2. Управление качеством изготовления приборов. Техническая, организационная и информационная базы управления качеством. Моделирование системы управления качеством и ее подсистем. Этапы разработки и внедрения системы управления качеством. Оценка эффективности управления качеством.

9.3. Прогнозирование качества изделий. Основные направления реализации процесса прогнозирования качества изделий. Методы распознавания образов и их использование при прогнозировании качества приборов. Методы индивидуального статистического прогнозирования состояния. Использование квазидетерминированных моделей при прогнозировании качества приборов. Интерпретация результатов прогнозирования качества приборов на разных стадиях производства. Технологическая наследственность и ее учет при прогнозировании качества.

10. Автоматизированные системы управления технологическими процессами производства приборов (АСУ ТП)

10.1. Основные задачи и принципы построения АСУ ТП. Методологические принципы разработки АСУ ТП. Состав и структура АСУ ТП.

10.2. Методы анализа при построении системы управления технологическими процессами приборостроительных предприятий. Особенности и этапы раз-

работки модели системы управления. Исследование материальных и информационных потоков в производственной и технологической системах. Метод последовательного анализа задач управления.

10.3. Информационное обеспечение АСУ ТП. Документы в условиях автоматизированного управления производством. Потоки информации в условиях автоматизации управления производством.

10.4. Программно-математическое обеспечение управления технологическими объектами. Состав программно-математического обеспечения. Алгоритмизация процесса управления технологическими объектами.

10.5. Технические средства АСУ ТП. Классификация средств механизации и автоматизации управления производством. Требования к техническим средствам АСУ ТП. Выбор технических средств.

11. Технологические основы надежности и испытания приборов

11.1. Обеспечение надежности приборов на этапе проектирования и изготовления. Пути повышения надежности приборов. Модель производства как совокупность ТП, обеспечивающих надежность приборов.

11.2. Математико-статистические методы оценки надежности приборов. Определение надежности и ее основных свойств: безотказности, долговечности, ремонтопригодности и сохраняемости. Обеспечение свойств надежности изделия в процессе производства.

11.3. Количественные показатели надежности восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий. Экспериментальные методы определения количественных показателей надежности.

11.4. Исследование отказов приборов в процессе их изготовления и испытаний. Классификация отказов и критерии отказов приборов. Характерные виды отказов элементов, функциональных блоков и приборных систем.

11.5. Виды испытаний на надежность. Испытания на надежность при проектировании и изготовлении приборов.

Граничные испытания на надежность. Ускоренные испытания, физико-математическая модель ускоренных испытаний, задачи решаемые с применением модели.

11.6. Виды климатических испытаний, методики проведения испытаний.

11.7. Механические воздействия на приборы. Виды механических испытаний. Разработка операций механических испытаний и средств проведения.

11.8. Испытания на воздействие других природных и технических факторов (биологических, радиационных, электромагнитных, термических и др.)

11.9. Методология комплексных исследований и натурных испытаний. Комплексный метод построения и анализа физико-математических моделей по результатам натурных испытаний.

12. Обеспечение требований безопасности и экологии при технологическом проектировании

12.1. Классификация производственных источников опасностей и вредностей. Направление обеспечения безопасного выполнения ТП. Принципы проектирования безопасного технологического оснащения.

12.2. Основы экологической экспертизы проектируемых ТП. Методы обеспечения экологической безопасности ТП. Утилизация и регенерация отходов производства как составная часть проектирования технологий.

Рекомендуемая основная литература:

1. Проектирование технологии. Под ред. Ю.М. Соломенцева. Учебник для вузов. М. Машиностроение, 1990 г.
2. И.П. Норенков. Основы автоматизированного проектирования. Учебник для вузов. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000 г.
3. Тилипалов В.Н., Алексеев Л.И., Лобановский А.И., Сандалин Е.Н. Комплексная автоматизация производства в радиоэлектронной промышленности. М. Машиностроение, 1990 г.
4. Курейчик В.М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР: Учебник для вузов. М. Радио и связь, 1990 г.
5. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. Всеобщее управление качеством. Учебник для вузов. М. Радио и связь, 1999 г.
6. Б.А. Артамонов, Ю.С. Волков, В.И. Дрожалов, Ф.В. Седыкин и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. Учебное пособие для вузов. М. Высшая школа, 1983 г.

Дополнительная литература:

1. Точность производства в машиностроении и приборостроении. Под ред. А.Н. Гаврилова. М. Машиностроение, 1973 г.
2. Гаврилов А.Н. Технология авиационного приборостроения. М. Машиностроение, 1981 г.
3. Надежность технических систем. Под ред. И.А. Ушакова. М. Радио и связь, 1985 г.
4. Буловский П.И., Ларин В.П., Павлова А.В. Проектирование и оптимизация технологических процессов и систем сборки РЭА. М. Радио и связь, 1989