



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ПГУ»)

---

Утверждаю»

Председатель приемной комиссии,  
Ректор ПГУ  А. Д. Гуляков

27 сентября 2019



## ПРОГРАММА

вступительного испытания по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре направление подготовки 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии

Составитель  
д.т.н, профессор  
А.В. Светлов

Пенза, ПГУ 2019

Настоящая программа подготовлена на основе требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (уровень подготовки кадров высшей квалификации). Стандарт утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 877.

Программа разработана в соответствии с ФГОС ВО магистратуры и специалитета соответствующих направлений.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### вступительного испытания по программе подготовки

#### 05.11.01 - Приборы и методы измерений (электрические и магнитные величины)

**Предмет и задачи метрологии.** Важнейшие термины и определения. Физические величины. Единицы физических величин. Системы единиц физических величин. Принципы создания естественной системы единиц. Размерность величин и единиц. Практические приложения теории размерностей. Международная система единиц (СИ).

**Средства измерений.** Виды средств измерений. Меры и наборы мер. Измерительные аналоговые и цифровые преобразователи. Измерительные установки и принадлежности. Параметры и свойства средств измерений. Исходные (эталонные) средства измерений. Рабочие средства измерений. Отсчетные устройства: шкальные, цифровые, регистрирующие. Нормирование метрологических характеристик и классы точности. Способы выражения пределов допускаемой погрешности.

**Эталоны.** Общие понятия. Государственные эталоны – первичные и специальные. Вторичные эталоны (эталон-копии, сравнения и рабочие). Одиночный и групповой эталоны. Эталонный набор. Хранение эталонов. Перспективы развития эталонов.

**Методы и принципы измерений.** Виды методов измерений. Преобразование измеряемой величины в процессе измерений. Метод непосредственной оценки. Дифференциальный метод. Нулевой метод. Метод совпадений. Принципы измерений.

**Общие требования к измерениям.** Анализ постановки измерительной задачи. Выбор средств и методов измерений. Выбор числа измерений. Методика выполнения измерений. Способы обнаружения и исключения систематических погрешностей. Методы замещения, компенсации погрешности по знаку, противопоставления, симметричных наблюдений.

**Прямые и косвенные измерения.** Совокупные и совместные измерения. Однократные и многократные измерения. Равноточные и неравноточные измерения.

**Погрешности измерений.** Погрешность и достоверность результата измерения. Виды погрешности измерений. Точность, правильность, сходимости результатов измерений. Округление результатов измерений. Погрешности измерительных устройств в статическом и динамическом режиме. Расчет доверительных границ поля допусков погрешности измерительных устройств. Суммирование погрешностей измерительного канала для зависимых и независимых составляющих. Расчет динамических погрешностей линейных и нелинейных измерительных устройств. Концепция неопределенности результатов измерений.

**Обработка результатов измерений.** Требования к методам обработки результатов измерений. Группирование экспериментальных данных. Проверка гипотезы о виде распределения экспериментальных данных. Исключение грубых погрешностей. Обработка нормального распределения данных и отличного от нормального. Обработка результатов прямых однократных измерений. Обработка результатов косвенных, совместных, совокупных измерений. Проверка однородности и равноточности групп измерений при нормальном и отличном от нормального распределении. Обработка результатов нескольких однородных равноточных и неравноточных групп измерений.

**Обеспечение единства измерений.** Система воспроизведения единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерения. Эталоны. Поверочные установки. Стандартные образцы. Поверочные схемы и их обоснование. Обоснование межповерочных интервалов. Калибровка средств измерений.

**Измерения при контроле.** Измерение зондирующего сигнала. Измерение параметров системы. Измерение показателей качества. Точность измерений показателей качества. Контрольные допуски. Гарантированные допуски. Принципы назначения допусков. Алгоритм определения допусков. Ошибки при контроле по допускам. Вероятности ошибок контроля.

## **Методы и средства измерений электрических и магнитных величин**

Законы Кирхгофа и Ома. Закон магнитной индукции Ампера. Теорема Ампера. Методы измерений электрических и магнитных величин. Классификация средств измерений электрических и магнитных величин. Электрические измерительные преобразователи. Основные узлы электроизмерительных приборов. Измерения силы токов и напряжений. Измерения частоты, энергии и количества электричества. Измерения частоты и фазы, анализ спектра электрических сигналов. Измерения параметров цепей постоянного и переменного тока. Измерения параметров магнитного поля, определение характеристик и параметров магнитных материалов. Методы и средства поверки средств измерений электрических и магнитных величин.

## **Основы метрологического обеспечения**

Особенности метрологического обеспечения при разработке, производстве и эксплуатации технических устройств. Средства измерений как основа метрологического обеспечения. Влияние средств измерений на точность и надежность технических устройств. Выбор средств измерений по точности. Автоматические измерительные системы как средства диагностики, контроля и поверки. Сигнатурные и логические анализаторы. Метрологическое обеспечение автоматических измерительных систем. Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Общие положения, единицы величин. Средства и методики выполнения измерений. Метрологические службы. Государственный метрологический контроль и надзор. Калибровка и сертификация средств измерений. Сущность методологии проведения метрологического сопровождения и метрологической экспертизы технических объектов. Основные направления их совершенствования.

## **Рекомендуемая литература**

1. Дубов, Г.М. Методы и средства измерений, испытаний и контроля : учеб. пособие. [Электронный ресурс] / Г.М. Дубов, Д.М. Дубинкин. – Электрон. дан. – Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. – 224 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/6659>.
2. Пелевин, В.Ф. Метрология и средства измерений: Учебное пособие / В.Ф. Пелевин. – М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. – 272 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=406750>
3. Аристов, А.И. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько и др. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 256 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=369646>
4. Дубовой, Н.Д. Основы метрологии, стандартизации и сертификации: Учебное пособие / Н.Д. Дубовой, Е.М. Портнов. – М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. – 256 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=371141>.
5. Хромоин, П. К. Электротехнические измерения: Учебное пособие / - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 288 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=538860>.
6. Метрология, стандартизация и сертификация. В 2-х ч. : учебное пособие, Ч. 1 : Метрология / Ю. М. Голубинский, К. В. Горшунов, К. В. Сафронова. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2014. – 218 с. – 70 экземпляров.
7. Мурашкина, Т.И. Техника физического эксперимента и метрология: учебное пособие / Т. И. Мурашкина. – СПб. : Политехника, 2015. – 138 с. (Учебное пособие для вузов). – 90 экземпляров.
8. Миронов, Э.Г. Метрология и технические измерения : учебное пособие / Э. Г. Миронов, Н. П. Бессонов. – М. : КНОРУС, 2016. – 421 с. – 25 экземпляров.

**СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**  
**вступительного испытания по программе подготовки**  
**05.11.14 - Технология приборостроения**

**Основы технологического проектирования приборов**

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

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

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

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.

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

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.

**Основы технологии производства приборов**

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.

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.

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.

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: полная, частичная и групповая взаимозаменяемости, регулировка и пригонка.

Методы достижения заданной точности приборов по физическим параметрам.

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

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

Понятия и методические основы технологической преемственности и технологического наследования.

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

#### **Технология элементов электронных узлов приборов**

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

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

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.

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

Технологические процессы изготовления полупроводниковых элементов электронных узлов.

Специфические операции сборки компонентов электронных приборов.

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

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

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.

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

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

Методология разработки конкурентоспособных элементов электронных узлов приборов в рамках CALS.

#### **Основы проектирования технологических процессов сборки приборов**

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

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

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

Физическое и математическое моделирование операции сборки и монтажа.

### **Основы проектирования технического контроля приборов**

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

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

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

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

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

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

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

### **Оптимизация технологических процессов производства приборов**

Теоретические методы и математический аппарат исследования сложных технологических систем.

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.

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.

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.

### **Управление качеством в технологии производства приборов**

Методологические основы контроля и управления качеством. Основные 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 - 9000.

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.

### **Автоматизированные системы управления технологическими процессами производства приборов(АСУ ТП)**

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

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

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

### **Технологические основы надежности и испытания приборов**

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

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

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

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

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

Виды климатических испытаний, методики проведения испытаний.

Механические воздействия на приборы. Виды механических испытаний. Разработка операций механических испытаний и средства ее проведения.

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

Методология комплексных исследований и натурных испытаний.

### **Рекомендуемая литература**

1. Юрков, Н.К. Технология производства электронных средств. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 480 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/41019>.
2. Технология конструкционных материалов в приборостроении: Учебник / Р.М. Гоцеридзе. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 423 с <http://znanium.com/bookread2.php?book=363469>
3. Макаров Ю. Н. и др. Перспективные технологии приборостроения. М.: Изд-во Экономика, 2011 г. — 406 с.
4. Полупроводниковые пьезочувствительные элементы микроэлектронных датчиков давлений. Основы проектирования и разработки: учеб. пособие / Е. А. Мокров, И. Н. Баринов, П. Н. Цибилов. — Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2009. — 101 с.
5. Аверин И.А., Головяшкин А.Н., под ред. Печерской Р.М. Физика и технология тонких пленок / Учебное пособие. — Пенза: Изд.-во ПГУ, 2009.
6. Пасынков В.В., Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы. Лань, 2010. <https://e.lanbook.com/reader/book/300/#1>
7. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. — Лань, 2001.



**СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**  
**вступительного испытания по программе подготовки**  
**05.11.17 - Приборы, системы и изделия медицинского назначения**

Объекты, явления, процессы и методы научного анализа в области преобразований медико-биологических сигналов.

Способы улучшения качества передачи сигналов в медицинских приборах и аппаратах.

Основные научно-технические проблемы и перспективы развития средств диагностики.

Основы построения приборов и аппаратов для диагностики, терапии и хирургии.

Физиологические, биомеханические и механические условия и принципы построения систем замены утраченных органов.

Методы составления математической модели преобразований сигнала в медицинской технике.

Методики определения и устранения неисправностей технических средств диагностики, терапии и хирургии.

**Рекомендуемая литература**

1. Кожин А. А. Физические методы в медицине: Учебное пособие / Кожин А.А. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2010. - 296 с. ISBN 978-5-9275-0760-3 <http://znanium.com/bookread2.php?book=5562292>.
2. Алдонин Г. М. Системы и устройства в кардиологии / Алдонин Г.М., Желудько С.П. - Красноярск: СФУ, 2014. - 181 с.: ISBN 978-5-7638-3003-3 <http://znanium.com/bookread2.php?book=549877#>.
3. Пелевин, В.Ф. Метрология и средства измерений: Учебное пособие / В.Ф. Пелевин. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 272 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=406750>.
4. Аристов, А.И. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 256 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=369646>.
5. Дубовой, Н.Д. Основы метрологии, стандартизации и сертификации: Учебное пособие / Н.Д. Дубовой, Е.М. Портнов. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 256 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=371141>.
6. Душин, В. К. Теоретические основы информационных процессов и систем [Электронный ресурс] : Учебник / В. К. Душин. - 5-е изд. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2014. - ISBN 978-5-394-01748- <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=450784>.
7. Проектирование информационных систем: Учебное пособие / Н.З. Емельянова, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-91134-274-6, 500 экз. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=419815>.
8. Цифровые методы обработки измерительной информации: Методические указания / Б.В. Цыпин, Д.И. Нефедьев, М.Г. Мясникова, В.В. Козлов. - Пенза: ИИЦ ПГУ, 2006.

Разработчик:

Зав. кафедрой «Радиотехника и радиоэлектронные системы»



А. В. Светлов