

# **ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА**

в аспирантуру

по научным специальностям

## **2.2.5 Приборы навигации**

## **2.2.6 Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы**

## **2.2.7 Фотоника**

## **2.2.8 Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды**

## **2.2.11 Информационно-измерительные и управляющие системы**

## **2.2.12 Приборы, системы и изделия медицинского назначения**

### **1. Основы метрологии и измерительной техники**

#### **1.1. Современное понимание метрологии как науки**

Роль измерений в познании физических явлений и объектов, в научных исследованиях и технических испытаниях.

#### **1.2. Система основных понятий и определений**

Физические величины. Эталоны физических величин. Истинное и действительное значение физической величины.

#### **1.3. Объекты измерений и сигналы**

Модели объектов измерений. Входные сигналы и помехи. Сигналы измерительной информации. Классификация сигналов. Квантование и дискретизация сигналов.

#### **1.4. Общие сведения о средствах измерений**

Классификация средств измерений. Метрологические характеристики средств измерений. (статический режим).

#### **1.5. Структурные схемы средств измерений**

Первичные и вторичные измерительные преобразователи. Преобразование сигналов и погрешностей в СИ. Уравнение измерений.

#### **1.6. Динамический режим средств измерений**

Понятие динамической погрешности, редукция к идеальному средству измерений. Полные и частные динамические характеристики СИ.

#### **1.7. Общие сведения об электрических измерениях**

Классификация измерений. Виды и методы измерений. Прямые, косвенные, совместные и совокупные измерения.

#### **1.8. Погрешности измерений**

Классификация погрешностей измерений. Обработка результатов измерений. Однократные и многократные измерения. Систематические и случайные погрешности при прямых, косвенных и совместных измерениях.

#### **1.9. Аналоговые средства измерений**

Измерительные преобразователи электрических сигналов. Электромеханические измерительные приборы (в т.ч. с преобразователями). Электронные измерительные приборы.

Электронные вольтметры постоянного и переменного тока, универсальные, импульсные, селективные.

### 1.10. Цифровые измерительные приборы

Аналого-цифровые преобразователи последовательного счета, поразрядного уравнивания, считывания, конвейерные.

### 1.11. Измерительно-вычислительные средства

Обобщенные структурные схемы. Периферийные устройства, первичные измерительные преобразователи, нормирующие и коммутирующие устройства, концентраторы, АЦП.

### 1.12. Информационно-измерительные и управляющие системы

Основные принципы построения информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС). Анализ и синтез ИИУС.

### 1.13. Элементы планирования измерительного эксперимента

Определение целей и задач проведения измерительного эксперимента. Активный и пассивный эксперименты. Априорные сведения об объектах испытаний; оценка моделей входных воздействий, влияющих факторов и помех.

### 1.14. Измерение амплитудных и временных параметров электрических сигналов

Измерение токов и напряжений. Измерение частоты, периода и фазы периодических электрических сигналов. Измерение параметров импульсных сигналов.

### 1.15. Измерение параметров электрических цепей (R, C, L, M)

Применение измерительных мостов, аналоговых и цифровых измерителей параметров электрических цепей. Особенности измерения больших и малых сопротивлений.

### 1.16. Измерение мощности, энергии и количества электричества

Индукционные измерительные преобразователи. Электронные преобразователи мощности. Измерения в маломощных цепях.

### 1.17. Электрические измерения неэлектрических величин

Физические принципы построения первичных измерительных преобразователей. Параметрические и генераторные преобразователи.

### 1.18. Методы и средства измерения магнитных величин

Измерение напряженности постоянного и переменного магнитного поля. Измерение магнитного потока и индукции. Измерение характеристик магнитных материалов.

## Литература к разделу 1

1. Метрология и измерительная техника: Методические указания к лабораторным работам / Под ред. Б.Я. Авдеева и Е.М. Антонюка: СПбГЭТУ (ЛЭТИ). СПб., 1998.
2. Основы структурного проектирования измерительно-вычислительных систем / В.В. Алексеев, П.Г. Королев, Н.С. Овчинников, Е.А. Чернявский. - СПб.: Энергоатомиздат, 1999.

## 2. Приборы навигации

### 2.1. Общая теория гироскопов

Теория гироскопа на неподвижном основании. Постулаты и теоремы теоретической механики, используемые при анализе вращения осесимметричного тела. Теорема Резаля. Уравнения Эйлера. Уравнения Лагранжа второго рода. Составление системы дифференциальных уравнений движения гироскопа и их линеаризация. Укороченные уравнения. Основные свойства гироскопов с двумя и тремя степенями свободы.

## 2.2. Теоретические основы оптической гироскопии

Уравнения Максвелла и распространение световых волн в изотропной среде, законы отражения и преломления. Световые волны в анизотропных средах. Двухлучепреломление, поляризаторы, фазовые пластинки. Электрооптические и магнитооптические эффекты. Теория интерференции световых волн. Двухлучевые и многолучевые интерферометры. Волновая теория дифракции. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дифракционные решетки. Элементы Фурье оптики. Релятивистская оптика движущихся сред. Эффект Доплера. Эффект Саньяка. Распространение света в волокне. Типы оптических резонаторов и их характеристики.

## 2.3. Теория оптических гироскопов и микромеханических гироскопов

Эффект Саньяка. Концепции построения и основные характеристики лазерных гироскопов (ЛГ). Явление синхронизации встречных волн в ЛГ. Методы борьбы с синхронизацией встречных волн. ЛГ с виброподставкой. Многочастотные ЛГ. Волоконнооптические гироскопы (ВОГ). Принципы построения, элементная база, выходные характеристики. Потенциальная точность ВОГ. Основные источники погрешности. Точностные характеристики ЛГ и ВОГ.

Основы теории микромеханических гироскопов (ММГ). Принципы построения ММГ и угловых акселерометров. Метод конечных элементов в теории ММГ. Источники погрешностей ММГ. Емкостные, резистивные, пьезоэлектрические и др. методы преобразования выходных параметров. Компенсационные ММГ.

## 2.4. Классификация гироскопических приборов

Гироскопы с двумя степенями свободы. Основные схемы датчиков угловых скоростей (ДУС) с механической и электрической пружинами, с цифровым выходом, поплавковых, вибрационных, лазерных, с жидкостным ротором.

Уравнения движения и передаточные функции. Динамические характеристики ДУС с учетом нежесткости конструкции.

Интегрирующие гироскопы (ИГ). Уравнения движения, передаточные функции, динамические характеристики ИГ. Поплавковые интегрирующие гироскопы (ПИГ); определение собственной скорости прецессии ПИГ и ее составляющих.

Гироприборы с тремя степенями свободы. Гирогоризонт, гировертикант; их начальная выставка; основные погрешности.

Акселерометры. Ускорения, измеряемые акселерометрами на подвижном объекте. Акселерометры компенсационного типа с непрерывным и дискретным выходом. Основные погрешности акселерометров и меры, способствующие повышению точности их работы.

Гироскопический компас (ГК). Определение курса на подвижном объекте. Гиромагнитный компас (ГМК). Основные схемы. Погрешности ГМК. Выбор параметров ГМК. Уравнения движения простого маятникового ГК; их анализ. Компенсация скоростных и баллистических погрешностей ГК.

## 2.5. Гироскопические стабилизаторы

Теория одноосных стабилизированных платформ. Принцип действия и кинематические схемы стабилизированных платформ (СП). Классификация СП. Математические модели СП. Теория одноосных индикаторных и силовых СП. Уравнения движения СП на подвижном основании. Учет нежесткости элементов. Особенности одноосных СП на оптических гироскопах. Расчет устойчивости одноосных платформ. Частотные методы расчета СП. Собственные и

вынужденные колебания одноосных СП. Уходы СП и методы коррекции. Начальная выставка одноосных СП. Теория гироскопов продольных ускорений (ГИ). Математическая модель ГИ. Инструментальные и методические погрешности ГИ. Специальные методы расчета СП.

## **2.6. Основные методы и средства навигации**

Общая теория пространственной навигации. Основы общей теории навигации. Теория пространства, времени и тяготения как основа общей теории навигации. Мерные пространства и их преобразование. Навигационная информация.

Методы и средства навигационных определений. Принципы радиопеленгации и угловых навигационных измерений. Гиперболические радионавигационные методы и средства (импульсные, фазовые, импульсно-фазовые).

Сетевые спутниковые радионавигационные системы (ССРНС). Принципы построения и классификация ССРНС. Выбор орбит навигационных спутников (НС). Геометрические свойства методов измерений в ССРНС. Оптимальные созвездия НС. Применение псевдошумовых сигналов в ССРНС. Каналы передачи информации в ССРНС.

## **2.7. Инерциальные системы навигации и управления**

Принцип действия и классификация инерциальных навигационных систем (ИНС).

Системы навигационных координат и их преобразование. Классификация систем координат. Уравнения движения в проекциях на квазигеографические оси и горизонтную систему координат со свободной в азимуте ориентацией осей. Классификация ИНС и сравнительная оценка различных типов. Полуаналитические (ПА) ИНС. ИНС аналитического типа, схема и алгоритмы. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС).

Классификация, кинематические параметры и уравнения.

Теория погрешностей ИНС. Погрешности ИНС и их связь с погрешностью построения инерциального трехгранника и построения вертикали. Особенности уравнений погрешностей других типов ИНС. Демпфирование шулеровских и суточных колебаний ИНС с помощью внутренних связей и внешних источников информации. Режимы и способы начальной выставки. Применение фильтра Калмана в режиме гироскопирования. Особенности начальной выставки на движущемся основании и учет деформации объекта.

## **2.8. Интегрированные навигационные системы.**

Основы теории комплексирования навигационных измерителей. Характеристика методов комплексирования. Комплексирование по методу компенсации и фильтрации.

Комплексирование измерителей с преимущественным откликом на определенный навигационный параметр.

Оптимальная фильтрация и интегрированные системы. Представление уравнений динамической системы в векторно-матричной форме. Марковские случайные процессы и формирующие фильтры. Оценивание и оптимальное оценивание измеряемых величин. Оптимальные фильтры. Вывод уравнений фильтра Калмана и его структурная схема. Структурные схемы интегрированных систем и определение уровня интеграции. Уравнения интегрированной системы с замкнутыми обратными связями.

## Литература к разделу 2

1. Яблонский А.А., Никифорова В.И. Курс теоретической механики. Учебник в 2-х частях.- М.: Высшая школа, 1977.
2. Одинцов А.А. Теория и расчет гироскопических приборов. Учебник.-Киев: Вища школа, 1985.
3. Ишлинский А. Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация.- М.:Наука, 1976.
4. Бутиков Е.И. Оптика: Учеб. пособие для вузов/Под ред. Н.И. Калитеевского.-М.: Вышш.шк., 1986.
5. Филатов Ю.В., Бурнашев М.Н. Основы лазерной техники: Учеб.пособие / СПбГЭТУ(ЛЭТИ).-С.-Пб., 2000.
6. Цвелко О. Принципы лазеров.-М.: Мир, 1990.
7. Бычков С.И., Лукьянов Д.П., Бакаляр А.И. Лазерный гироскоп.- М.: Сов.радио, 1975.
8. Инерциальные навигационные системы морских объектов / Д.П. Лукьянов, А.В. Мочалов, А.А. Одинцов, И.Б.Вайсгант.- Л.: Судостроение, 1989.
9. Сетевые спутниковые радионавигационные системы. / В.С.Шебаевич, П.П.Дмитриев, Н.В.Иванцевич и др.- М.: Радио и связь, 1982.
10. Ривкин С. С., Ивановский Р. И., Костров А. В. Статистическая оптимизация навигационных систем. - Л.: Судостроение, 1976.
11. Гупалов В.И., Мочалов А.В., Боронахин А.М. Инерциальные методы и средства определения параметров движения объектов: Учебное пособие/ ГЭТУ.-С.Пб., 2000.
12. Анучин О.Н., Емельянцева Г.И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов/Под общей ред. чл.-кор. РАН В.Г. Пешехонова.- СПб., 1999.

## 3. Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»

### 3.1. Теоретические основы контроля технических и природных объектов

#### 3.1.1. Объекты контроля

Общая характеристика и классификация объектов контроля: веществ, материалов, изделий, природной среды. Вещества и их агрегатные состояния веществ: газы, жидкости, твердые вещества. Общие сведения о физических и физико-химических свойствах веществ как объектов контроля.

#### 3.1.2. Общие сведения о методах и приборах контроля

Выбор средств контроля. Источники погрешностей контроля. Условные вероятности ошибочных и правильных решений. Достоверность контроля. Характеристики выборочного контроля. Статистические методы контроля. Области применения различных приборов и методов контроля, комплексное применение методов.

#### 3.1.3. Основы метрологии и метрологического обеспечения

Предмет и задачи метрологии. Физические величины, единицы величин, системы единиц физических величин. Размерности величин и единиц, анализ размерности. Классификация измерений, виды и методы измерений. Погрешности измерений, классификация погрешностей.

### 3.2. Приборы и методы контроля качества окружающей среды

#### 3.2.1. Качество окружающей среды

Воздух. Общая характеристика атмосферы и ее загрязнений. Основные источники выбросов в атмосферу, их классификация. Классификация и характеристики загрязнителей воздуха. Перечень веществ, подлежащих контролю. Организация наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы. Отбор проб воздуха.

Вода. Наблюдения за загрязнением поверхностных вод. Качество вод и виды водопользования. Отбор проб воды. Показатели, характеризующие органолептические свойства, химический состав, эпидемиологическую безопасность воды.

Почва. Нормирование качества почвы. Эколого-гигиеническая оценка почв. Контроль за загрязнением почв пестицидами, вредными веществами промышленного происхождения, радиоактивными веществами. Отбор проб для оценки качества почв.

Особенности процедур пробоотбора, пробоподготовки, измерения и обработки информации. Специфические особенности аппаратов и систем, предназначенных для аналитических исследований характеристик окружающей среды и методик их использования.

### **3.2.2. Приборы и методы для контроля характеристик окружающей среды**

Оптические методы и приборы контроля. Фотометрические дисперсионные и недисперсионные анализаторы. Абсорбционные фотометрические анализаторы, работающие в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра. Турбодиметрические и фотоколориметрические анализаторы. Типовые структурные схемы абсорбционных приборов, их основные характеристики и области применения.

Радиоизотопные аналитические методы и приборы: ионизационные, активационные, абсорбционные и др. Их особенности, типовые структурные схемы, области применения.

Электрохимические методы и приборы контроля: кондуктометрические (контактные и бесконтактные), диэлькометрические, полярографические, потенциометрические и др. Физикохимические основы методов.

Измерение электропроводности растворов контактными двух- и четырехэлектродными ячейками. Измерительные схемы кондуктометров. Методы и схемы температурной коррекции. Низко- и высокочастотная бесконтактная кондуктометрия. Эквивалентные электрические схемы ячеек. Измерительные схемы бесконтактных кондуктометров. Диэлькометрические анализаторы жидкостей. Первичные измерительные преобразователи и вторичные приборы диэлькометров. Полярографические анализаторы. Полярограммы одно- и многокомпонентных растворов. Полярографические анализаторы, работающие на постоянном и переменном токе, их структурные схемы и характеристики.

Потенциометрические анализаторы, теоретические основы метода. Электродная система рН-метра, измерительная схема рН-метра. Определение координат изопотенциальной точки, схемы температурной компенсации. Приборы для измерения рН. Ионоселективные электроды, иономеры.

Масс-спектрометрический метод анализа. Структурные схемы масс-спектрометров, их основные характеристики. Тенденции развития масс-спектрометрии. Хроматографический метод анализа. Физико-химические основы процесса разделения смесей. Автоматизированная обработка хроматограмм и масс-спектрограмм с использованием микропроцессорной техники.

Механические анализаторы жидкостей. Особенности измерения состава газов.

### **3.2.3. Биологические методы контроля.**

Методы биологического контроля, их определения и ключевые отличия. Области контроля, в которых применяются биологические методы. Биоиндикация. Биотестирование как интегральный метод оценки качества окружающей среды.

### **3.3. Экологический мониторинг природных сред**

Природная среда как объект экологического мониторинга. Структура экологического мониторинга антропогенного загрязнения природной среды, основные подсистемы мониторинга. Основные загрязнители природной среды и их источники. Нормирование загрязнений в воздухе, воде, почве. Основные стадии и характеристики процесса контроля природной среды (отбор пробы, подготовка пробы, измерение состава, обработка и представление результатов измерения). Основные требования к методам и средствам контроля природной среды.

### **3.4. Нормирование качества окружающей среды**

#### **3.4.1. Основные понятия, определения и структура системы нормирования**

Документация в области охраны атмосферного воздуха. Оценка воздействия хозяйствующих субъектов на атмосферный воздух. Расчетные и инструментальные методы определения выбросов загрязняющих веществ от источников выделений загрязняющих веществ. Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Разработка и согласование проекта нормативов допустимых выбросов (ПДВ). Проект санитарно-защитной зоны (СЗЗ).

Документация в области охраны водных объектов. Оценка воздействия хозяйствующих субъектов на водные объекты. Разработка и согласование проекта нормативов допустимых сбросов (НДС). Проект зоны санитарной охраны источника питьевого водоснабжения (ЗСО).

Документация в области обращения с отходами производства и потребления. Принципы определения количества образующихся отходов от различных процессов. Разработка и согласование проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР).

#### **3.4.2. Производственный экологический контроль в области обращения с отходами**

Виды обращения с отходами. Федеральный квалификационный каталог отходов. Лицензируемые виды деятельности в области обращения с отходами, роль договорных отношений. Инвентаризация отходов производства и потребления. Основные методики расчета нормативов образования отходов. Планирование мероприятий, направленных на уменьшение НВОС отходов производства и потребления. Требования к местам временного накопления отходов (МВН), периодичности вывоза, содержанию территории в состоянии, соответствующем санитарным нормам и правилам. Виды ответственности при отсутствии контроля в области обращения с отходами.

### **Литература к разделу 3**

1. Дмитренко В.П., Сотникова Е.В., Черняев А.В. Экологический мониторинг техносферы, - СПб. ; М.; Краснодар: Лань, 2012. - 363 с. : табл., ил.
2. Дмитриенко В.П., Сотникова Е.В., Кривошеин Д.А., Экологическая безопасность в техносфере, СПб, ООО Издательство «Лань», 2014, исправленное и дополненное.
3. Бузников А.А. Дистанционное зондирование окружающей среды [Комплект]: учебное пособие / А.А. Бузников. - СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. - 43, [2] с.
4. Севрюкова Е.А. Надзор и контроль в сфере безопасности [Текст]: учеб. для бакалавров : учеб. для вузов по инженер.-техн. направлениям и специальностям / Е.А. Севрюкова; под общ. ред. В.И. Каракеяна; [Национальный исследовательский университет "МИЭТ"]. - М.: Юрайт, 2014. – 395

5. Охрана окружающей среды на предприятии. Н.Д. Сорокин, Компания «Интеграл», Санкт-Петербург, 2010. – 696 с.
6. Кирилловский В.К., Современные оптические исследования и измерения, СПб, изд.: Лань, 2-ое издание, 2010 г.
7. Кустов Т.В., Ковалевская А.С., Информационные системы для мониторинга окружающей среды, учеб.-метод. пособие; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ». - СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. - 48 с. <https://lk.etu.ru/dashboard/api/download/4463>.

#### **4. Приборы, системы и изделия медицинского назначения**

##### **4.1. Системные аспекты изучения биологических объектов. Моделирование в изучении живого организма**

Характеристика биологических систем как объектов исследования. Система методов медико-биологических исследований. Методы пассивных физиологических исследований. Активные методы физиологических исследований. Функциональные методы исследования.

Моделирование как основа для изучения биологического объекта. Типы моделей. Физические модели. Математические модели. Электрические модели. Использование моделей для описания свойств и поведения биологических объектов.

Математическое описание биологических систем. Свойства биосистем: многомерность, динамичность, стохастичность, нестационарность, нелинейность. Определение адекватного математического аппарата для описания биообъектов. Методы создания моделей: теоретический и эмпирические подходы.

##### **4.2. Биологические сигналы и их регистрация.**

Классификация биологических сигналов. Электрофизиологические сигналы. Основные характеристики. Физиологические показатели функционирования биосистем. Основные показатели.

Измерительные преобразователи для регистрации механических параметров: давления, деформации, перемещения. Измерительные преобразователи для регистрации температуры. Оптические измерительные преобразователи и их применение для оценки состояния кожных покровов, оксиметрии. Электромагнитные измерительные преобразователи и их применение для изучения жизнедеятельности биообъекта. Акустические измерительные преобразователи и их использование для оценки состояния биообъекта. Применение ультразвуковых преобразователей для оценки параметров движения, гемодинамики. Электроды и электродные системы для регистрации электрофизиологических сигналов. Типы электродов и их характеристики. Биосенсоры и бесконтактные методы съема физиологической информации для оценки состояния человека.

Типы преобразователей. Уравнения преобразования. Уравнения преобразования. Схемы включения преобразователей в измерительную цепь. Согласование характеристик преобразователей с усилительными устройствами.

##### **4.3. Методы и технические средства медико-биологических исследований.**

Средства съема электрофизиологических сигналов. Влияние помех и шумов при регистрации электрофизиологических сигналов. Усилители биопотенциалов. Входные цепи усилителей. Особенности построения усилителей биопотенциалов для регистрации ЭКГ, ЭМГ, ЭЭГ, ЭОГ.



Ультразвуковая диагностическая аппаратура. Прохождение ультразвуковых колебаний в тканях и органах биообъекта. Типы ультразвуковых диагностических приборов.

Рентгеновская аппаратура. Прохождение рентгеновского излучения через ткани организма. Физические процессы формирования рентгеновского изображения. Термографическая диагностическая аппаратура. Физические основы формирования тепловизионного изображения. Чувствительность методики и инструментальных средств.

Интроскопические диагностические приборы. Физические основы интроскопии. Энергетические и спектральные характеристики оптического излучения.

Биотелеметрические приборы. Обобщенная структурная схема биотелеметрических систем. Назначение и особенности построения передатчиков.

Медицинские лабораторные анализаторы, обобщенное уравнение измерения биологических параметров, общие требования к медицинским анализаторам. Оптикоэлектронные анализаторы, электрохимические анализаторы, хроматографические анализаторы, анализаторы для специальных медицинских исследований. Биохимические автоанализаторы.

Электротерапевтическая и электрохирургическая аппаратура. Принцип действия. Физические основы воздействия электростатического поля, постоянного и переменного тока на организм. Аппаратура для электрофореза, приборы для Дарсанвализации. СВЧ и КВЧ терапевтическая аппаратура. Ультразвуковая терапевтическая аппаратура.

#### **4.4. Средства обработки медико-биологической информации.**

Случайный процесс, случайный сигнал, случайная величина, случайное событие, случайная функция, случайный поток, случайный вектор как модели данных медикобиологических наблюдений. Особенности описания одномерных, двумерных и многомерных сигналов. Аддитивные нестационарные сигналы. Квазистационарные сигналы.

Предварительная обработка сигналов. Обобщенная структура блока предварительной обработки сигналов.

Фильтрация биологических сигналов. Оптимальная линейная фильтрация. Синтез оптимальных фильтров. Цифровые фильтры.

Сглаживание и центрирование сигналов. Центрирование к среднему значению. Операторы сглаживания. Оператор текущего среднего.

Корреляционный анализ. Авто и кросскорреляционные функции стационарных случайных сигналов, их свойства. Методы расчета автокорреляционной функции. Корреляционный анализ нестационарных сигналов.

Спектральный анализ. Особенности спектрального анализа сигналов в медикобиологической практике. Интервал определения сигнала и интервал ортогональности. Системы базисных функций. Быстрые алгоритмы вычисления спектров.

Анализ биомедицинских данных как задача выделения однородных групп данных. Понятие об однородности данных. Отношение эквивалентности. Функции близости и функции связи. Оценка однородности групп данных. Параллельные и последовательные процедуры группировки данных. Функционалы качества. Анализ многомерных наблюдений с использованием корреляционных связей. Метод корреляционных плеяд. Алгоритмы экстремальной группировки признаков.

Методы построения разделяющих функций в задачах классификации медицинских данных. Линейные разделяющие функции и поверхности. Обобщенные линейные разделяющие функции. Коррекция ошибок разбиения. Метод потенциальных функций.

Методы исследования взаимозависимости многомерных данных и снижения размерности пространства описаний. Понятие геометрической структуры данных. Метод главных компонент. Геометрическая интерпретация и экстремальные свойства главных компонент. Факторный анализ. Модель факторного анализа. Методы оценки факторных нагрузок. Метод максимального правдоподобия. Вращение факторов.

#### **Литература к разделу 4**

1. Попечителей Е.П. Системный анализ медико-биологических исследований. Старый Оскол. Изд-во «Тонкие наукоемкие технологии».- 2014.
2. Корневский Н.А., Попечителей Е.П. Узлы и элементы биотехнических систем. Учебное пособие.- 2013.- Издательство «Тонкие наукоемкие технологии»
3. Корневский Н.А., Попечителей Е.П. Биотехнические системы медицинского назначения. Учебное пособие.- 2013.- Издательство «Тонкие наукоемкие технологии», Старый Оскол.
4. Корневский Н.А., Попечителей Е.П. Эксплуатация и ремонт биотехнических систем медицинского назначения.- 2012.- Издательство «Тонкие наукоемкие технологии», Старый Оскол.
5. Пахарьков Г.Н. Биомедицинская инженерия: проблемы и перспективы. Учебное пособие. Санкт-Петербург, изд-во Политехника, 2011
6. Бегун П.И. Биомеханическое моделирование объектов протезирования. Учебное пособие. СПб. Изд-во Политехника. 2011
7. Немирко А.П., Манило Л.А Методы исследования операций в диагностике и управлении состоянием человека. СПбГЭТУ, 2009.
8. Попечителей Е.П., Корневский Н.А. Серегин С.Н. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы. Курск. Изд-во КГТУ.-2009
9. Попечителей Е.П., Корневский Н.А. Узлы и элементы медицинской техники. Курск. Изд-во КГТУ. – 2009

### **5. Фотоника. Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы.**

#### **5.1. Вводные положения**

Стандартная терминология, основные понятия и определения. Классификация приборов фотоники, их роль в современной науке и технике. Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы (ОиОЭПиК). Краткий исторический обзор и роль отечественных ученых и инженеров в развитии оптического и оптико-электронного приборостроения. Перспективы и тенденции развития фотоники.

#### **5.2. Основы оптики**

Электромагнитная и квантовая природа оптического излучения. Основные законы оптического излучения. Приближения геометрической оптики. Уравнение эйконала. Принцип Ферма. Распространение света в изотропных и анизотропных средах. Поляризация. Двойное лучепреломление. Применение поляризации. Интерференция. Когерентность. Применение интерференции. Многолучевая интерференция. Дифракция. Применение дифракции. Разрешающая способность. Голография и ее применение в оптике. Распространение оптического излучения в атмосфере и других поглощающих, рассеивающих, преломляющих и турбулентных средах.

### **5.3. Физические основы квантовой и оптической электроники**

Энергетические состояния атомов и молекул.

Спонтанное и вынужденное излучение. Коэффициенты Эйнштейна. Уширение спектральных линий. Рассеяние света.

Принцип работы лазеров и мазеров. Инверсия населенностей. Возбуждение активного вещества (накачка). Кинетические уравнения. Оптические резонаторы. Собственные типы колебаний (моды).

Условие генерации излучения. Одномодовая и многомодовая генерация. Нестационарная генерация. Модуляция добротности резонатора. Гигантские импульсы. Методы модуляции добротности. Синхронизация мод и сверхкороткие лазерные импульсы. Свойства лазерных пучков.

Оптические переходы в полупроводниках. Особенности оптических свойств важнейших полупроводниковых материалов. Рефракция света в полупроводниках. Люминесценция полупроводников. Квазиуровни Ферми. Механизмы излучательной рекомбинации.

Фотоэлектрические эффекты в однородных кристаллах. Фотоэлектрические эффекты в неоднородных структурах и p-n-переходах.

Гетеропереходы в полупроводниках. Свойства гетеропереходов.

Одно-, двух- и трехмерные фотонные кристаллы. Методы получения и основные свойства. Особенности зонной структуры 1D-, 2D- и 3D -фотонных кристаллов. Идеальные и реальные фотонные кристаллы. 0D- и 1D-дефекты. Локализованные моды в фотонном кристалле с дефектом. Волноведущие системы и оптические волокна на основе фотонных кристаллов.

### **5.4. Некогерентные источники оптического излучения**

Основные виды источников оптического излучения. Параметры и характеристики источников. Некогерентные искусственные излучатели. Естественные источники излучения.

Лампы как источники оптического излучения. Лампы накаливания. Газоразрядные лампы низкого и высокого давления.

Светодиоды. Эффективность светодиодов. Эффективность вывода оптического излучения и методы его улучшения. Светодиоды на основе гомо- и гетероструктур. Светодиоды на основе квантоворазмерных наноструктур. Конструкция и основные параметры светодиодов. Спектр излучения и яркость. Диаграмма направленности.

Органические светодиоды. Материалы органических светодиодов. Структуры и характеристики органических светодиодов. Белые органические светодиоды. Органические дисплеи и светоизлучающие панели.

### **5.5. Лазерная техника**

Современные лазеры: принципы действия, принципиальные схемы, режимы работы, параметры и характеристики.

Газовые лазеры. Общая характеристика и особенности газовых лазеров. Требования к материалам и методы накачки. Атомарные газовые лазеры. Гелий - неоновый лазер. Лазеры на парах металлов. Ионные газовые лазеры. Аргоновый лазер. Гелий - кадмиевый лазер.

Молекулярные CO<sub>2</sub>-лазеры. Газодинамические лазеры. Азотный лазер. Эксимерные лазеры. Химические и фотохимические лазеры. Твердотельные лазеры. Рубиновый лазер. Лазеры на кристаллах и стеклах, активированных неодимом. Твердотельные перестраиваемые лазеры.

Общая характеристика и особенности жидкостных лазеров. Активные материалы. Лазеры на органических красителях. Перестройка частоты жидкостных лазеров.

Полупроводниковые лазеры. Типы и основные характеристики. Лазеры с электронной и оптической накачкой.

Инжекционные лазеры на гетеропереходах. Гетеролазеры с распределенной обратной связью. Лазеры на основе квантовых ям. Каскадные лазеры. Перестраиваемые полупроводниковые ИКлазеры. Поверхностно-излучающие микролазеры на квантовых точках. Мощные инжекционные лазеры, лазерные линейки и решетки.

### **5.6. Приемники оптического излучения**

Основные виды приемников оптического излучения. Глаз человека как приемник излучения и измерительной информации. Свойства зрительного анализатора. Параметры и характеристики приемников оптического излучения. Тепловые фотоприемники. Фотоэлектронные умножители. Полупроводниковые фотоприемники. Фоторезисторы. Фотодиоды. P-i-n фотодиоды и лавинные фотодиоды.

Многоэлементные приемники излучения. Приемники оптических изображений. Приборы с зарядовой связью и КМОП матрицы в качестве фотоприемников. Многоэлементные фотоприемники ИК диапазона.

Солнечные элементы. Эффективность преобразования солнечного излучения. Солнечные элементы на основе гомо- и гетеропереходов.

Многокаскадные солнечные фотопреобразователи. Солнечные элементы на основе квантоворазмерных структур.

Органические фотодетекторы. Органические солнечные батареи. Эффективность органических солнечных батарей. Структуры на основе фуллеренов. Тандемные солнечные батареи. Солнечные элементы на основе перовскитов.

### **5.7. Нелинейная оптика и приборы управления оптическим излучением**

Нелинейная оптика. Нелинейная поляризуемость кристалла и нелинейные оптические эффекты. Пространственное, амплитудное и фазовое преобразования лазерных пучков. Поляризационные преобразования. Генерирование гармоник оптического излучения. Условие фазового синхронизма. Генераторы гармоник. Параметрическое преобразование частот. Вынужденное рассеяние. Параметрические генераторы света.

Модуляторы лазерного излучения. Электрооптические модуляторы. Магнитооптические модуляторы. Абсорбционные модуляторы. Акустооптические модуляторы света.

Пассивные затворы. Методы сканирования света. Дефлекторы.

### **5.8. Интегральная и волоконная оптика**

Классификация оптических волноводов, области применения различных типов волноводов.

Диэлектрические волноводы, планарные волноводы с параболическим распределением показателя преломления. Круглые диэлектрические волноводы (оптическое волокно).

Активные функциональные узлы и элементы волоконной и интегральной оптики. Волноводные лазеры и усилители.

Волоконно-оптические линии связи. Дисперсия и потери в оптическом волокне.

Волоконно-оптические датчики и измерители физических величин. Волоконная оптика в медицине.

Элементы интегральной оптики. Тонкопленочные волноводы. Связь между волноводами. Оптическая бистабильность. Направленные ответвители. Тонкопленочные модуляторы, фильтры, переключатели, детекторы.

Взаимодействие оптического излучения и СВЧ радиочастотного сигнала при приеме, передаче и обработке информации. Оптическая связь. Модули для передачи ВЧ/СВЧ и спутниковых сигналов по волокну.

### **5.9. Оптико-физические измерения**

Основы метрологии применительно к оптическим измерениям. Методы и приборы для измерения и контроля основных параметров и характеристик оптических материалов, оптических деталей и оптических систем.

Оптико-физические измерения в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра. Фотометрия и радиометрия. Виды спектрального анализа. Принципы работы и схемы основных типов фотометров, радиометров, спектрофотометров и спектро радиометров. Интерференционные спектральные приборы. Оптическая Фурье-спектроскопия.

Поляризационные методы исследований. Типы поляризационной аппаратуры. Эллипсометрия.

Способы измерения параметров и характеристик лазерного излучения.

### **5.10. Прием и преобразование сигналов в оптических и оптико-электронных приборах и комплексах**

Пространственное, временное, пространственно-частотное и частотно-временное представление оптических сигналов. Статистические параметры и вероятностное описание оптических полей и сигналов. Модели фона.

Анализаторы оптического изображения. Преобразование многомерных оптических сигналов в одномерные электрические.

Сканирование в оптико-электронных приборах. Типы сканирующих систем.

Математические модели отдельных типовых звеньев и оптико-электронной системы в целом.

Методы фильтрации сигналов в ОиОЭПиК. Спектральная, пространственная и пространственно-временная фильтрация. Оптимальная фильтрация в когерентных и некогерентных оптических системах.

Модуляция и демодуляция сигнала в ОиОЭПиК. Основные виды модуляторов; их параметры и характеристики.

Оптическая корреляция. Схемы некогерентных и когерентных оптикоэлектронных корреляторов.

Математические операции, осуществляемые с помощью оптических систем. Оптические анализаторы спектра. Цифровая обработка оптических изображений.

### **Литература**

1. Бутиков Е.И. Оптика. Учеб. пособие для вузов / Под ред. Н. И. Калитеевского. — М.: Высш. шк., 2012.
2. Ландсберг Г.С. Оптика. Учеб. пособие для вузов. — 6-е изд., стереот. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
3. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика - М.: Изд. МГУ, 2006.
4. Информационная оптика / Н.Н. Евтихийев, О.А. Евтихьева, И.Н. Компанец и др. Под ред. Н.Н. Евтихьева. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
5. Пихтин А. Н. Квантовая и оптическая электроника. - М.: Абрис, 2012
6. Шуберт Ф. Е. Светодиоды. - М.: Физматлит, 2008.
7. Ишанин Г.Г., Челибанов В.П. Приёмники оптического излучения: учебное. СПб: Лань, 2014.

8. Ишанин Г. Г., Козлов В.В. Источники оптического излучения. Учебное пособие для вузов. СПб.: Политехника, 2009.
9. Звелто О. Принципы лазеров. - СПб: Лань, 2008.
10. Малышев В.А. Основы квантовой электроники и лазерной техники. - М.: ВШ, 2005.
11. Дмитриев В. Г., Тарасов Л. В. Прикладная нелинейная оптика. М.: Физматлит, 2004.
12. Дудкин В.И., Пахомов Л.Н. Квантовые электронные приборы и их применение. М.: Техносфера, 2006
13. Панов М.Ф., Соломонов А.В., Филатов Ю.В. Физические основы интегральной оптики. М.: Академия. 2010.
14. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. М.: Техносфера, 2004.
15. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. М.: Техносфера, 2004.
16. Андреев А. Н., Гаврилов Е.В., Ишанин Г.Г. и др. Оптические измерения. Учебное пособие для вузов. М.: Университетская книга. Логос, 2008.
17. Шредер Г., Трайбер Х. Техническая оптика. М.: Техносфера, 2006.
18. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов. Учебник для вузов. Изд. 6е, перераб. и доп.- М.: Логос, 2012.