

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

\_\_\_\_\_ /С.Ю. Рощин/

Одобрено на заседании Академического  
совета Аспирантской школы по  
техническим наукам

Согласовано

Академический директор Аспирантской  
школы по техническим наукам

\_\_\_\_\_ /И.С. Монахов/

**Программа вступительного испытания по специальности  
основной образовательной программы высшего образования – программы  
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
Электроника, радиотехника и системы связи**

Научные специальности: 2.2.2. Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств

2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники

2.2.10 Метрология и метрологическое обеспечение

2.2.13 Радиотехника, в т.ч. системы и устройства телевидения

2.2.14 Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций

## **1. Область применения и нормативные ссылки**

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

## **2. Структура вступительного экзамена**

Вступительное испытание основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по образовательной программе Электроника, радиотехника и системы связи состоит из двух частей: оценки индивидуальных достижений (портфолио) и оценки знаний по направлению подготовки (собеседование).

Максимальная возможная оценка за обе части вступительного испытания по специальности составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе по итогам вступительного испытания по специальности необходимо набрать суммарно не менее 30 баллов. Оценка за вступительное испытание по специальности от 1 до 29 баллов считается неудовлетворительной.

### **2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио**

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 50 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

- 1) Документы, подтверждающие опыт научно-исследовательской деятельности абитуриента.**
  - a. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.
  - b. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.
  - c. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.
  - d. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.
- 2) Рекомендательное письмо** от потенциального научного руководителя планируемого диссертационного исследования, в котором отражено его согласие выступить научным руководителем абитуриента в аспирантуре, а также, при знакомстве потенциального руководителя с научной и учебной деятельностью абитуриента, ее характеристика.
- 3) Описание исследовательского проекта** (не более четырех страниц), который поступающий предполагает реализовать во время обучения в аспирантуре (на русском

или английском языке). Описание проекта должно содержать: а) актуальность - краткое введение в область предполагаемого исследования, текущее состояние выбранной отрасли; б) формулировку проблемы исследования и научную новизну; в) цели и задачи исследования; г) обоснование теоретической или практической значимости; д) краткое описание предполагаемых подходов и методов в решении поставленных задач.

## 2.2. Критерии оценки портфолио

<b>Критерий оценки</b>	<b>Количество баллов</b>
<b>Доклады на конференциях</b>	<b>Максимум 5 баллов</b>
с публикацией докладов (за каждую)	2 балла
без публикации докладов (за каждую)	1 балл
<b>Публикация научных работ</b>	<b>Максимум 20 баллов</b>
<i>Публикация в журнале или в сборнике докладов, индексируемом в Web of Science/Scopus:</i>	
публикация в журнале первого квартиля (Q1) без соавторов	20 баллов
публикация в журнале первого квартиля (Q1) в соавторстве	19 баллов
публикация в журнале второго квартиля (Q2) без соавторов	18 баллов
публикация в журнале второго квартиля (Q2) в соавторстве	17 баллов
публикация в журнале третьего квартиля (Q3) без соавторов	15 баллов
публикация в журнале третьего квартиля (Q3) в соавторстве	14 баллов
публикация в журнале четвертого квартиля (Q4) без соавторов	13 баллов
публикация в журнале четвертого квартиля (Q4) в соавторстве	12 баллов
публикация в журнале без квартиля без соавторов	11 баллов
публикация в журнале без квартиля в соавторстве	10 баллов
<i>Публикация в журнале, входящем в Дополнительный перечень журналов НИУ ВШЭ:*</i>	
без соавторов	12 баллов
в соавторстве	10 баллов

<i>Публикация в журнале или в сборнике докладов, не индексируемом в Web of Science/Scopus:</i>	
Публикация в журнале из списка ВАК без соавторов	8 баллов
Публикация в журнале из списка ВАК в соавторстве	6 баллов
<b>Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.</b>	<b>5 баллов</b>
<b>Участие в научно-исследовательских проектах</b>	<b>5 баллов</b>
<b>Рекомендательное письмо от потенциального научного руководителя</b>	<b>5 баллов</b>
<b>Описание исследовательского проекта</b>	<b>до 10 баллов</b>

\* Дополнительный перечень журналов НИУ ВШЭ представлен по ссылке:

<https://scientometrics.hse.ru/goodjournals>

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

*Минимальный балл (неудовлетворительная оценка) за портфолио – до 9 баллов включительно. Для участия в конкурсе по итогам оценки индивидуальных достижений необходимо набрать суммарно не менее 10 баллов.*

### **2.3. Структура и процедура проведения оценки знаний по направлению подготовки (собеседование)**

Максимальная возможная оценка за собеседование составляет 50 баллов.

Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с направленностью (научной специальностью) будущей научно-исследовательской работы (диссертации). Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы. Оценка за ответы по каждому из вопросов составляет максимум 15 баллов.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы. Оценка за данную часть собеседования составляет максимум 20 баллов.

Собеседование проводится на русском или английском языке (по желанию абитуриента), собеседование может проводиться дистанционно с использованием информационных технологий.

### **2.4. Критерии оценки собеседования**

<b>Критерии оценивания ответа по вопросам программы собеседования</b>	<b>Баллы</b>
Ответ полный, без замечаний, продемонстрированы знания по специальной дисциплине	14-15
Ответ полный, с незначительными недочетами, продемонстрированы знания по специальной дисциплине	11-13
Ответ полный, с незначительными замечаниями	6-10
Ответ не полный, с существенными замечаниями	3-5
Ответ на поставленный вопрос не дан	0-2
<b>Критерии оценивания ответа по планируемому направлению исследований</b>	<b>Баллы</b>
Ответ полный, без замечаний, продемонстрировано представление о планируемом направлении исследований	20
Ответ полный, с незначительными недочетами, продемонстрировано представление о планируемом диссертационном исследовании	16-19
Ответ полный, с незначительными замечаниями	11-15
Ответ не полный, с существенными замечаниями	7-10
Ответ на поставленный вопрос не дан	0-6

В случае набора абитуриентами равного количества баллов (полупроходного балла), преимущество получает абитуриент, соответствующий перечисленным ниже критериями. Критерии представлены в порядке убывания значимости.

1. оценка за собеседование;
2. оценка за индивидуальные достижения;

### **3. Программа собеседования**

К собеседованию абитуриент готовится по темам одного из 4 блоков в соответствии с направленностью (научной специальностью) будущей научно исследовательской работы (диссертации), указанной в заявлении о поступлении в аспирантуру.

**Блок 1. Направленность 2.2.13 «Радиотехника, в т.ч. системы и устройства телевидения»**

#### **1. Статистическая радиотехника**

*1.1. Математическое описание и методы анализа сигналов и помех*  
Представления сигналов. Преобразования Фурье.

Разложение сигнала по заданной системе функций. Гармонический анализ сигналов. Спектры периодических и непериодических сигналов. Теорема отсчетов Котельникова в частотной области.

Дискретные сигналы и их анализ.

Сообщения, сигналы и помехи. Передача, извлечение и разрушение информации. Радиосигналы. Радиосигналы с амплитудной и угловой (частотной и фазовой) модуляцией и их спектры. Радиосигналы со сложной (смешанной) модуляцией и их спектры.

Шумы и помехи как случайные процессы. Плотности распределения вероятностей, характеристические функции и функции распределения случайных процессов.

Энергетические характеристики случайных процессов. *1.2. Модели радиотехнических цепей и устройств*

Линейные и нелинейные цепи и устройства. Методы анализа стационарных и переходных режимов в радиотехнических цепях, устройствах и динамических системах.

Линейные цепи и устройства с постоянными параметрами. Активные линейные цепи. Усилители и их характеристики. Прохождение сигналов и помех (детерминированных и случайных колебаний) через линейные цепи с постоянными параметрами.

Нелинейные цепи и устройства. Методы анализа нелинейных цепей. Умножители частоты. Амплитудные ограничители. Детекторы. Преобразователи частоты колебаний. Генераторы колебаний. Автоколебательные системы. Модуляторы колебаний. Цепи и устройства с переменными параметрами.

*1.3. Цифровые методы обработки сигналов*

Дискретизация сигналов по времени и квантование по уровню. Аналого цифровые преобразователи (АЦП) и выбор параметров кода. Ошибки квантования и округления.

## **2. Системы радиосвязи и телевидения**

*2.1. Радиосистемы и устройства передачи информации*

Области применения и задачи передачи информации. Пропускная способность канала связи. Основная теорема кодирования. Понятие о кодировании информации: код, алфавит, основание и значность кода. Виды модуляции при передаче непрерывных сообщений. Мощность шума на выходе демодулятора и его энергетический спектр. Применение АМ, БМ, ОПМ, ФМ и ЧМ, их сравнение по выигрышу и физическое объяснение.

Цифровые методы передачи непрерывных сообщений. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ).

Радиолинии. Диапазон радиоволн в системах передачи информации. Виды радиосистем передачи информации (РСПИ): связные, телевизионные, телеметрические и командные. Канал связи и его характеристики. Пропускная способность канала. Характеристики и параметры передаваемой информации.

Структура радиосигналов. Методы модуляции и кодирования. Модемы и кодеки. Защита информации.

Межсистемная электромагнитная совместимость.

*2.2. Радиотелевизионные системы*

Физические принципы, используемые для формирования, передачи, приема и консервации изображений. Диапазон радиоволн, используемый в телевидении. Методы разложения изображений на элементы. Принцип последовательной передачи элементов изображения. Кадр, строки и элементы изображения. Слитность изображения. Синхронизация смены кадров и начала развертки строк. Формат телевизионного сигнала.

Стандарты телевизионных сигналов.

Особенности построения телевизионных передатчиков. Передача радиосигнала изображения. Передача звукового сопровождения. Формирование и передача сигналов синхронизации и кода цветности сигнала. Преобразование оптического изображения в электрический сигнал в передающей телевизионной камере (ПТК).

Особенности телевизионных приемников. Селектор каналов, преобразователь частоты, УПЧ, видеоусилитель и декодер цветности.

Основы построения систем на основе телевизионных устройств: цифровое телевидение, спутниковые телевизионные системы, телевизионные системы обзора и наблюдения (в том числе и скрытного), охранные телевизионные системы. *2.3. Системы радиоэлектронной борьбы*

Задачи радиоэлектронной борьбы (РЭБ) с системами телевидения и радиосвязи. Радиотехническая разведка (РТР). Методы определения местоположения систем радиосвязи и телевидения. Эффективность средств РТР.

Методы и средства радиоэлектронного противодействия.

*2.4. Методы проектирования и конструирования радиоэлектронных средств*  
Зависимость технических требований к РЭС от их назначения и условий эксплуатации. Технологичность конструкции. Методы стандартизации в конструировании. Компоновка и комплексная микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Интегральная микросхемотехника, большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) интегральные схемы.

Печатный монтаж. Ремонтопригодность РЭА. Способы защиты РЭА от воздействия окружающей среды, динамических перегрузок и электромагнитного излучения. Тепловой режим РЭА. Надежность РЭА.

Внутрисистемная электромагнитная совместимость.

### **3. Радиотехнические устройства**

*3.1. Антенны: излучение и прием радиоволн, распространение электромагнитных волн*

Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Электромагнитные волны. Канализация радиоволн. Волноводы и фидеры. Элементы теории антенн. Типы направляющих систем. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Приемная и передающая антенны, их параметры и характеристики.

*3.2. Устройства генерирования и формирования сигналов*

Основы построения генераторов и автогенераторов. Стабильность частоты и методы ее повышения. Умножители частоты. Синтезаторы частоты. *3.3. Устройства приема и преобразования сигналов*

Основные типы радиоприемных устройств. Узлы радиоприемников, их схемные решения: преобразователи частоты сигналов, смесители и гетеродины, детекторы сигналов, усилители различных частотных диапазонов. Вторичные источники электропитания.

### **Основная литература**

1. Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1994.
2. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.
3. Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ. М.: Высш. шк., 1990. 4. Антенны и

- устройства СВЧ: Учебник для вузов / Под ред. Д.И. Воскресенского. М: Изд-во МАИ, 1999.
5. Коновалов Г.Ф. Радиоавтоматика: Учебник для вузов. М: «ИПРЖР», 2003. 6. Устройства генерирования и формирования радиосигналов / Под ред. Г.М. Уткина, М.В. Благовещенского, В.Н. Кулешова. М.: Радио и связь, 1994. 7. Радиотехнические системы передачи информации / Под ред. В.В. Калмыкова. М.: Радио и связь, 1990.
  8. Уилльямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. Пер. с англ. Кармашев В.С., Кечиев Л.Н. М.: ИДТ «Технологии», 2004. 508 с.
  9. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. М.: ИДТ «Технологии», 2007. 616 с.
  10. Кечиев Л.Н., Акбашев Б.Б., Степанов П.В. Экранирование технических средств и экранирующие системы. ИДТ «Технологии», 2010. 470 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Самойленко В.И., Пузырев В.А., Грубрин И.В. Техническая кибернетика: Учеб. пособие для вузов. М: Изд-во МАИ, 1994.
2. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория: Справочник / Под ред. Я.Д. Ширмана. М.: ЗАО «МАКВИС», 1998.
3. Спутниковая связь и вещание: Справочное издание / Под ред. Л.Я. Кантора. М.: Радио и связь, 1997.
4. Окунев Ю.Б. Цифровая передача информации фазоманипулированными сигналами. М.: Радио и связь, 1991.
5. Цифровые процессоры обработки сигналов: Справочник / Под ред. А.Г. Остапенко. М.: Радио и связь, 1994.
6. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2000.

### **Блок 2. Направленность 2.2.14 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»**

#### **1. Общая теория антенн и СВЧ-устройств**

Уравнения Максвелла для нестационарных и монохроматических полей. Материальные уравнения и типы сред. Векторные и скалярные потенциалы электромагнитного поля. Волновые уравнения и уравнения Гельмгольца. Граничные условия. Энергия электромагнитного поля. Теорема Умова–Пойнтинга.

Постановка задач электродинамики, методы их решения. Внутренние и внешние задачи электродинамики. Теорема единственности.

Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Теорема эквивалентности, эквивалентные поверхностные источники. Численные методы электродинамики. Постановка задачи, представление полей, алгоритмизация задач возбуждения, излучения и дифракции электромагнитных полей и волн.

#### **2. Теория и техника СВЧ-устройств**

Типы направляющих систем. Полые и коаксиальные волноводы. Диэлектрические волноводы и линии поверхностных волн. Полые волноводы с частичным диэлектрическим и гиротропным заполнением. Полосковые и микрополосковые линии, щелевые и копланарные волноводы. Оптические волноводы, световоды. Замедляющие структуры. Искусственные диэлектрики. Квазиоптические направляющие системы.

Теория электромагнитных резонаторов. Полые резонаторы. Диэлектрические и ферритовые резонаторы. Резонаторы на основе планарных структур. Открытые квазиоптические резонаторы.



Принципы построения и методы проектирования приёмо – передающих устройств СВЧ. Особенности активных СВЧ-устройств на основе полупроводниковых и миниатюрных вакуумных приборов (генераторы, умножители частоты, малошумящие усилители). Применение биполярных и полевых транзисторов, лавинно-пролетных диодов, туннельных диодов и диодов Ганна.

Особенности мощных СВЧ-устройств (клистронные усилители, магнетронные генераторы и генераторы на ЛБВ и ЛОВ).

Применение СВЧ-устройств и систем в технологии производства, биологии и медицине.

### **3. Теория и техника антенных устройств и систем**

Теория антенн. Приёмная и передающая антенны, их основные параметры и технические характеристики. Соотношение режимов приёма и передачи, теорема взаимности. Эффективная поверхность антенны. Обратное излучение приемной антенны. Приближение заданных токов и применение сведений об элементарных излучателях в теории антенн. Учет влияния земной поверхности и экранов.

Фазированные антенные решетки (ФАР). Частотное, фазовое и фазочастотное сканирование. Дискретный и дискретно-коммутационный методы. Приближение бесконечной решетки, теорема Флоке. Многолучевые антенные решетки.

Антенны длинных, средних и коротких волн. Вибраторные антенны для диапазонов КВ и УКВ. Антенны бегущей волны дискретного и непрерывного типов. Спиральные, диэлектрические и ребристо-стержневые антенны. Частотно независимые антенны. Рупорные, зеркальные, линзовые, щелевые и другие антенны СВЧ.

Применение антенных устройств и систем в технологии производства, биологии и медицине.

### **4. Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ-устройств, а также технология их производства**

Современные компьютерные технологии проектирования, расчёта и оптимизации антенных и СВЧ – устройств широкого применения. Модели базовых элементов разных уровней. Составление модели сложного объекта. **Основная литература**

1. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика / Под ред. Ю.В. Пименова. М.: Радио и связь, 2000.
2. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Радио и связь, 2000.
3. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Высш. шк., 1992.
4. Никольский В.В., Никольская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Наука, 1989.
5. Григорьев А.Д. Электродинамика и техника СВЧ. М.: Высш. шк., 1990. 6. Черенкова Е.Л., Чернышов О.В. Распространение радиоволн. М.: Радио и связь, 1988.
7. Яковлев О.И. Космическая радиофизика. М.: РФФИ, 1998.
8. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решёток / Под ред. Д.И. Воскресенского. М.: Радио и связь, 1994.
9. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов / Под ред. Д.И. Воскресенского. М.: МАИ, 1999.
10. Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1994.

11. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Высш. шк., 2000.
12. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. М.: Радио и связь, 1991.
13. Крылов К.И., Прокопенко В.Т., Тарлыков В.А. Основы лазерной техники. Л.: Машиностроение, 1990.
14. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. М.: Радио и связь, 1991.
15. Кугушев А.М., Голубева Н.С., Митрохин В.И. Основы электроники. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.

### **Блок 3. Направленность 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникаций**

#### **1. Организация ЭВМ, комплексов и систем**

Архитектура, организация и проектирование аппаратных и программных средств вычислительных систем. Вычислительные системы с массовым параллелизмом. Параллельное программирование. Принципы параллельной обработки информации. Архитектура систем реального времени. Интерфейсы аппаратной среды, средства взаимодействия с объектом. Структура пользовательского интерфейса. Методы и средства программирования систем реального времени. Особенности организации отказоустойчивых ВС. Автоматизация системотехнического этапа проектирования ЭВМ и систем.

#### **2. Микропроцессорные системы**

Элементная база вычислительной техники. Типы БИС/СБИС, системы на кристалле. Классификация микропроцессорных средств. Базовый набор функций и модулей микропроцессорных систем (МПС). Архитектура, особенности программирования и применение микропроцессоров общего назначения и микроконтроллеров. Специализированные микропроцессоры. Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов; микропроцессоры ЦОС. Микропроцессоры с RISC архитектурой. Транспьютеры. Мультимикропроцессорные системы. Базовые конфигурации. Программное обеспечение МПС: особенности, операционные системы для встраиваемых приложений реального времени. Этапы проектирования.

#### **3. Системное программное обеспечение**

Назначение, функции и структура операционной системы (ОС). Понятие процесса, управление процессами. Виды ресурсов и управление ими. Управление памятью. Файловая система, управление файлами. Устройства, виды устройств, драйверы устройств. Синхронизация процессов, семафоры, сообщения, использование семафоров для решения задач взаимного исключения и синхронизации; тупики. Мультизадачные ОС. Состав ОС. Загрузка и настройка ОС. Трансляторы. Формальные языки и грамматики. Структура компиляторов и интерпретаторов, Оверлейные структуры. Графические оконные интерфейсы.

#### **4. Основы алгоритмизации и программирования**

Основные этапы решения задач на ЭВМ. Критерии качества программы. Постановка задачи и спецификация программы. Алгоритм и его свойства; способы описания алгоритма; проверка правильности построения алгоритма. Инструментальные средства систем программирования; технология программирования в интегрированной среде. Языки программирования. Основные сведения о процедурном языке. Структуры и типы данных, их внутреннее представление; операции и выражения; операторы управления

вычислительным процессом; структурированные данные; функции; файловый ввод-вывод. Модульное программирование. CASE-средства. Верификация программ.

### **5. Методы анализа и проектирования ВС**

Понятие о моделях, их классификация; требования к моделям; моделирование, как этап проектирования. Математическое и имитационное моделирование. Модели массового обслуживания. Моделирование случайных величин, событий и потоков событий. Сети Петри. Обработка результатов эксперимента, планирование эксперимента. Языки моделирования. Верификация как метод анализа схемных решений. Формализация структурного синтеза; классификация задач синтеза. Задача оптимизации, основные методы оптимизации параметров, допусков и технических требований; многокритериальная оптимизация.

### **6. Сети ЭВМ и средства телекоммуникаций**

Классификация сетей ЭВМ: локальные, региональные и глобальные сети; корпоративные сети. Архитектура сетей и систем телекоммуникаций. Состав средств телеобработки и телекоммуникаций для построения сетей ЭВМ Концепция открытых систем. Эталонная модель взаимодействия открытых систем. Локальные сети ЭВМ. Требования, предъявляемые к ЛВС. Типовые структуры ЛВС. Структуризация локальных сетей. Структура сетей передачи данных (СПД). Принципы передачи дискретной информации. Типы каналов и их особенности: кабельные, спутниковые, радиорелейные, оптоволоконные Управление потоками в СПД. Методы маршрутизации. Интернет. Принципы построения сети. Услуги, предоставляемые в Интернете: электронная почта, электронные конференции, передача файлов, голосовая связь, мультимедиа, дистанционное обучение. Базовые протоколы семейства TCP/IP.

### **7. Базы данных**

Понятия «база объектов» и «объектно-ориентированная СУБД». Языки систем баз данных. Архитектура систем баз данных. Модели данных для систем БД. Реляционная модель данных. Реляционные языки запросов. Язык запросов SQL Сетевая модель данных. Иерархическая модель данных. Объектно-ориентированная модель. Физическая организация данных. Администрирование баз данных. Средства проектирования баз данных. CASE-технологии. Технология разработки программных систем с использованием СУБД. Программирование на языках СУБД. Организация интерфейса языков программирования высокого уровня с СУБД.

### **8. Защита информации**

Проблемы защиты информации. Особенности защиты в компьютерах и информационно-вычислительных системах, несанкционированный доступ (НСД). Аппаратные и программные средства защиты от НСД и разграничение доступа к ресурсам. Штатные средства защиты, встроенные в операционные системы. Криптографические средства защиты. Надежность средств защиты.

### **Основная литература**

1. Орлов С. А. Организация ЭВМ и систем. СПб: Питер, 2013. – 688 с. 2. Бройдо В. Л., Ильина О. П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. СПб: Питер, 2011 г. - 560 с.
3. Таненбаум Э., Остин Т. Архитектура компьютера: пер. с англ. / СПб.: Питер, 2013.-816 с.
4. Костров Б.В., В. Н. Ручкин В.Н. Микропроцессорные системы. М.: ТехБук, 2005 г. -208 с.

5. Хартов В.Я. Микропроцессорные системы. М.: Академия, 2010. 352 с.
6. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Сетевые операционные системы. СПб: Питер, 2009. – 673 с.
7. Молчанов А.Ю. Системное программное обеспечение. СПб: Питер, 2010. - 400с.
8. Гордеев А.В. Операционные системы СПб: Питер, 2009. - 416 с.
9. Таненбаум Э. Современные операционные системы /пер. с англ.СПб: Питер, 2013 г.- 1120 с.
10. Иванова Г.С.. Программирование. КноРус, 2013. – 432 с.
11. Иванова Г.С. Технология программирования. М.: КноРус, 2013. – 336 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных (+ CD-ROM). М.: ДМК Пресс, 2011 г. 2.
2. Орлов С.А.. Теория и практика языков программирования. СПб.: Питер, 2013. 688с.
3. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ /пер. с англ. М.: МЦНМО, 1990. - 960 с.
4. Советов Б.Я., Яковлев С.А.. Моделирование систем. М.: Юрайт, 2011. – 352 с.
5. Вишневецкий В.С. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
6. Олифер В.Г., Олифер Н.А.. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер, 2013. - 944 с.
7. Бройдо В.Л., Ильина О.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. СПб.: Питер, 2011. – 560 с.
8. Таненбаум Э., Уэзеролл, Д. Компьютерные сети / пер. с англ. СПб.: Питер, 2012. – 960с.
9. Кузнецов. С.Д. Базы данных. М.: Академия, 2012. – 496с.
10. Малыгина М.П. Базы данных. Основы, проектирование, использование. СПб: БХВ-Петербург, 2006. – 528 с.
11. Илюшечкин В.М. Основы использования и проектирования баз данных. М.: Юрайт, 2011. - 224 с.
12. Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях. М.: ДМК Пресс, 2012. – 592 с.
13. Платонов В.В. Программно-аппаратные средства защиты информации. М.: Академия, 2013. – 336 с.

#### **Блок 4. Направленность 2.2.2 Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств; 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники;**

##### **1. Физические основы компонентов и приборов микро- и наноэлектроники**

Структура твердых тел. Кристаллическая решетка. Структура кристаллов. Комплексный физико-химический анализ и его основные принципы. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Термический анализ.

Газовый разряд. Плазма и ее свойства.

Магнитные свойства пара- и ферромагнетиков. Ферриты. Магнитные пленки.

Цилиндрические магнитные домены.

Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.

Электровакuumные и газоразрядные приборы, газовые лазеры.

Жидкие кристаллы.

Электрические свойства металлов и диэлектриков.

Свойства основных монокристаллических материалов микроэлектроники: Si, GaAs, Ge.

Зонная теория твердого тела. Собственные и примесные полупроводники

Рекомбинация носителей. Диффузионная длина и время жизни свободных носителей заряда. Подвижность электронов и дырок. Диффузия и дрейф носителей заряда.

Электронно-дырочный переход (p-n), вольт-амперная и вольт-фарадная характеристики p-n перехода. Пробой p-n перехода.

Гетеропереходы. Контакт металл-полупроводник. Омический контакт и выпрямляющий переход Шоттки.

Структуры металл-диэлектрик полупроводник (МДП). Полевой эффект в МДП структурах.

Теплопроводность полупроводников. Термоэлектрические явления. Эффект Холла. Фотопроводимость полупроводников.

Поглощение излучения в полупроводниках. Виды люминесценции: инжекционная, катодо-фотолюминесценция. Основные материалы оптоэлектроники: соединения  $A^3B^5$  и  $A^2B^6$ .

Электро-, магнито- и акустооптические эффекты в твердых телах.

## **2. Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники**

Полупроводниковые диоды, их разновидности. Основные параметры и характеристики диодов.

Биполярные транзисторы Структура и принцип действия. Основные параметры и характеристики транзисторов. Мощные транзисторы.

Полевые транзисторы: МДП, с p-n переходом и с барьером Шоттки. Принцип действия. Основные параметры и характеристики полевых транзисторов. Частотные и импульсные свойства транзисторов. Влияние температуры на характеристики полупроводниковых приборов.

Эквивалентные схемы и математические модели приборов твердотельной электроники и микроэлектроники.

Интегральные микросхемы (ИС) и их элементы. Цифровые и аналоговые ИС. Полупроводниковые ЗУ и микропроцессоры. Приборы с зарядовой связью. Оптоэлектронные приборы. Фотоприемники. Полупроводниковые излучатели: светодиоды и лазеры. Оптроны.

Акустоэлектроника, магнитоэлектроника, криоэлектроника (общее представление). Функциональная электроника.

## **3. Технологические процессы и оборудование для производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем**

Основы кинетической теории газов. Вакуум, методы получения и измерения. Электролиз и электрохимические процессы. Законы Фарадея. Коррозия металлов. Гальванотехника.

Методы формообразования деталей изделий электронной техники (ИЭТ) и обработки поверхности. Оборудование физико-химических методов обработки. Методы и оборудование для выращивания монокристаллов.

Методы получения пленочных покрытий.

Эпитаксия.

Выращивание диэлектрических покрытий.

Планарная технология.

Физические основы процесса диффузии. Ионное легирование. Дефекты, вносимые электронно-ионной обработкой, их устранение.

Фотолитография. Фотошаблоны и их изготовление.

Методы изоляции элементов ИС. Методы пассивации и защиты полупроводниковых приборов и ИС.

Структуры и свойства элементов ИС. Субмикронная технология.

Моделирование физико-химических процессов в технологии производства изделий электронной техники.

Корпуса полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Методы отвода тепла в мощных полупроводниковых приборах

Прецизионное оборудование для сборки ИЭТ. Контрольно-измерительное оборудование. Испытательное оборудование.

Технология и оборудование для изготовления печатных плат.

Общие принципы автоматизации оборудования. Тенденция развития технологии.

#### **4. Основы нанoeлектроники**

Структура, физические свойства, технология получения низкоразмерных пленок и структур. Особенности механических, электрофизических и оптических свойств наноразмерных пленок. Понятие о квантовых ямах в слоистых структурах. Полупроводниковые сверхрешетки и их приборные применения. Применения атомно силового и сканирующего туннельного микроскопов для нанолитографии и прецизионного контроля наноразмерных структур.

#### **5. Вопросы обеспечения качества и надежности полупроводниковых приборов и интегральных микросхем**

Организация контроля качества полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Методы измерения статических, динамических и импульсных параметров. Количественные характеристики надежности. Надежность элементов ИС. Классификация и основные виды отказов. Методы повышения надежности полупроводниковых приборов и ИС. Действие радиации на полупроводниковые приборы и микросхемы.

#### **Основная литература**

1. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники. Высшее образование, Юрайт-Издат., 2009.
2. А.Н. Игнатов, Н.Е. Фадеева, В.Л. Савиных, и др. Классическая электроника и нанoeлектроника. – М., Флинта: Наука, 2009, 728 с.
3. Пасынков, В. В. Полупроводниковые приборы. СПб. Лань, 2006. - 480 с. 4. Зи С.М. Физика в полупроводниковых приборах в 2-х книгах. -М., Мир, 1984 г., 964 с.
5. Ю.Д. Чистяков, Ю.П. Райнова. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. – М., Бином, 2010, 392 с.
6. Г.И. Зебрев. Физические основы кремниевой нанoeлектроники. – М., МИФИ, 2008 г., 288 с.
7. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. Сборник статей под ред. П.П. Мальцева – М., Техносфера, 2005, 590 с.
8. Р.Маллер, Т.Кейминс. Элементы интегральных схем. М., Мир, 1989, 630 с. 9. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. - М. Наука, 1977.
10. Шалимова К.В. Физика полупроводников. -М., Энергия. 1976. 11. .Н.М. Тугов, Б.А. Глебов, Н.А. Чарыков. Полупроводниковые приборы, М., Энергоатомиздат 1990, 575 с.
12. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. -М.:Сов. Радио, 1980. 13. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника. -М.: Сов. Радио, 1977.

14. Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. – М., Бином, 2010, 392 с.
15. Дриц М.Е., Москалев М.А. Технология конструкционных материалов и материаловедение. - М.: Высшая школа, 1990.
16. Березин А.С., Мочалкина О.Р. Технология и конструирование интегральных микросхем. -М: Радио и связь. 1983.
17. Валиев К.А., Раков А.В. Физические основы субмикронной литографии. -М: Радио и связь, 1984.
18. Ю.Тилл У., Лаксон Дж. Интегральные микросхемы, материалы, приборы, изготовление. – М: Мир, 1985.
19. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии –М Мир, 1985. 20.
- Бургер Р., Донован Р. Окисление, диффузия, эпитаксия -М Мир, 1969. 21. Киреев В.Д., Данилин Б.С., Кузнецов В.И. Плазмохимическое и ионно химическое травление микроструктур. -М: Радио и связь, 1983.
22. Пономарев М.Ф., Коноплев Б.Г. Конструирование и расчет микросхем и микропроцессоров. -М: Радио и связь, 1986, 175с.
23. Сугано Т., Икома Т., Такаэси Е. Введение в микроэлектронику -М Мир, 1988, 320с.
24. Емельянов В.А. Корпусирование интегральных схем. - Мн.: Полифакт, 1998. 25.
- Кундас С.П., Достанко А.П., Ануфриев Л.П., Русецкий А.М., Семашко В.И., Коробченко В.Ф. Технология поверхностного монтажа. - Мн.: Ар-мита Маркетинг, Менеджмент, 2000.
26. Кундас С.П., Кашко Т.А. Компьютерное моделирование технологических систем. Учебное пособие, Мн.: БГУИР, 2001.
27. Киреев В.Ю. Введение в технологии микроэлектроники и нанотехнологии. – М.: ФГУП «ЦНИИХМ», 2008. -428 с.
28. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. Сборник статей под ред. П.П. Мальцева – М., Техносфера, 2005, 590 с.

#### **Блок 5. Направленность 2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение»**

1. Измеряемые величины и их меры. Системы единиц. Истинное и действительное значения измеряемой величины.
2. Однократные и многократные измерения. Точечные и интервальные оценки. Статические и динамические измерения.
3. Средства измерений. Классификация средств измерений. Метрологические характеристики средств измерений и их нормирование. Классы точности.
4. Эталоны. Классификация эталонов. Эталоны основных единиц системы СИ. Передача информации о размерах единиц от эталонов рабочим средствам измерений. Использование фундаментальных физических констант для создания системы эталонов единиц физических величин.
5. Измерительная информация. Преобразование входного измерительного сигнала. Теорема отсчетов Котельникова. Запись и хранение измерительной информации. Преобразование и передача измерительной информации.
6. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Правовые аспекты деятельности органов по обеспечению единства измерений. Государственные научные метрологические центры и территориальные органы, их полномочия и формы деятельности. Нормативно-технические документы, регламентирующие государственные

испытания.

7. Метрологическая служба России. Метрологические службы федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц, их взаимодействие с ГМС.

8. Международное сотрудничество в области метрологии. Межправительственные международные организации по метрологии. 9. Содержание и организация работ по анализу состояния измерений. Оформление результатов анализа и их реализация.

10. Метрологическая экспертиза проектов стандартов, технической и технологической документации.

11. Разработка и аттестация методик выполнения измерений (МВИ). Формирование исходных данных, в том числе требуемой точности, для разработки МВИ.

12. Выбор или разработка алгоритма обработки экспериментальных данных и правил оформления результатов измерений.

13. Поверка и калибровка средств измерений. Нормативное различие поверки и калибровки средств измерений.

14. Управление качеством продукции в соответствии с требованиями стандартов ИСО 9000.

15. Метрологическое обеспечение сертификационных испытаний.

### **Список рекомендуемой литературы**

#### ***Основная литература***

1. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология: общая теория измерений – СПб.: Питер, 2010.
2. А.Г. Сергеев, В.В. Краюхин. Метрология. Учебное пособие для вузов, 2001.
3. Г.А. Садовский. Теоретические основы информационно-измерительной техники: Учебное пособие- М.: Высшая школа 2008, 478 с.
4. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: учебник – М.: Юрайт 2007, 399 с.
5. К.К. Ким, Г.Н. Анисимов. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника – СПб.: Питер 2006, 368 с.
6. Я. М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе. Метрология, стандартизация, сертификация (3-е изд. перераб.) – М.: Высшая школа, 2007
7. Артемьев Б.Г. Поверка и калибровка средств измерений – М.: Стандартиформ 2006, 408 с.
8. Артемьев Б.Г., Лукашов Ю.Е. Справочное пособие для специалистов метрологических служб – М.: Стандартиформ 2009.
9. М.А. Земельман. Метрологические основы технических измерений М.: Изд-во стандартов 1991, - 228 с.
10. Артемьев Б.Г. Метрология и метрологическое обеспечение – М.: Стандартиформ, 2010 – 568 с.
11. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники. Г.П. Богданов, В.А. Кузнецов и др.– М.: Радио и связь 1990, 238 с. 12. П.П. Орнатский. Автоматические измерения и приборы - К.; Высш. шк. Головное изд-во, 1986 - 504 с.
13. Правиков Ю.М. Метрологическое обеспечение производства – М.: КноРус 2009, 240 с.
14. В.Д. Фрумкин, Н.А. Рубичев. Теория вероятностей и статистика в метрологии и измерительной технике - М.: Машиностроение, 1987, - 168 с. 15.



Forouhi, Rahim (2012). "Optical Metrology for thin films and OCD measurements"  
<http://www.nandk.com/>

16. Bureau International des Poids et Mesures. (2005), "What is metrology",  
Copyright BIPM 2004, <http://www.bipm.org/en/bipm/metrology/>

*Дополнительная литература*

17. International Organization for Standardization. (2007), ISO Guide 99:  
International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms  
(VIM),

[http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=45324](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=45324) 18.

Majcen N., Taylor P. (Editors): Practical examples on traceability, measurement uncertainty  
and validation in chemistry, Vol 1; ISBN 978-92-79-12021-3, 2010.

19. Majcen N., Taylor P., T. Martisius (Editors): Practical examples on traceability,  
measurement uncertainty and validation in chemistry, Vol 2; ISBN 978-92-79- 18998-2, 2011.

20. Measurement Uncertainties in Science and Technology, Grabe, Michael 2005,  
XII, 269 p. 47 illus.