

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Лазерная и оптическая измерительная электроника**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Статистические методы в квантовой электронике**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|                                                                                   |                                                    |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|                                                                                   | Владелец                                           | Сапронов М.В.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Rd33df1e8-SapronovMV-9c31c84d |

М.В.  
Сапронов

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|                                                                                   |                                                    |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|                                                                                   | Владелец                                           | Скорнякова Н.М.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6 |

Н.М.  
Скорнякова

Заведующий  
выпускающей  
кафедрой

|                                                                                   |                                                    |                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|                                                                                   | Владелец                                           | Скорнякова Н.М.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R984920bc-SkorniakovaNM-67f74b6 |

Н.М.  
Скорнякова

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы

ИД-1 Знает методы синтеза и исследования моделей

2. ПК-4 Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач

ИД-1 Умеет осуществлять выбор наиболее оптимальных прикладных программных пакетов для решения соответствующих задач научной и образовательной деятельности

ИД-2 Владеет современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест 1 (Контрольная работа)

2. Тест 2 (Контрольная работа)

3. Тест 3 (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторных работ (Дискуссия)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                                                                       | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                                                         | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                                                         | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 16   |
| Статистические характеристики оптического поля                                          |                                 |      |      |      |      |
| Случайные переменные в оптике                                                           |                                 | +    |      |      | +    |
| Прохождение случайного светового сигнала через устройства, чувствительные к поляризации |                                 | +    |      |      | +    |
| Случайные процессы в оптике                                                             |                                 | +    |      |      | +    |
| Спектральный анализ случайного оптического поля                                         |                                 |      |      |      |      |

|                                                                               |    |    |    |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| Фурье-преобразование случайных оптических сигналов                            | +  |    |    | +  |
| Спектральное представление случайных процессов в оптике                       |    | +  |    | +  |
| Теория частичной когерентности                                                |    |    |    |    |
| Комплексное представление случайного оптического поля                         |    | +  |    | +  |
| Временная когерентность оптического излучения                                 |    | +  |    | +  |
| Пространственная когерентность оптического излучения                          |    | +  |    | +  |
| Методы измерения статистических характеристик случайного оптического поля     |    |    |    |    |
| Основы интерферометрических измерений когерентности                           |    |    | +  | +  |
| Измерение спектральной плотности оптических волн классическими спектрометрами |    |    | +  | +  |
| Вес КМ:                                                                       | 20 | 30 | 20 | 30 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

| Индекс компетенции | Индикатор                                                                                                                                                      | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                         | Контрольная точка                                                    |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ПК-2               | ИД-1ПК-2 Знает методы синтеза и исследования моделей                                                                                                           | Знать:<br>Принципы статистического подхода к теоретическому описанию оптического излучения.<br>(КМ-1 и КМ-4)                                                                                                                                                              | Тест 1 (Контрольная работа)<br>Защита лабораторных работ (Дискуссия) |
| ПК-4               | ИД-1ПК-4 Умеет осуществлять выбор наиболее оптимальных прикладных программных пакетов для решения соответствующих задач научной и образовательной деятельности | Уметь:<br>Формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития квантовой электроники, а также обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач.<br>(КМ-3 и КМ-4) | Тест 3 (Контрольная работа)<br>Защита лабораторных работ (Дискуссия) |
| ПК-4               | ИД-2ПК-4 Владеет современными программными средствами (CAD)                                                                                                    | Уметь:<br>Синтезировать и исследовать модели объектов и процессов в                                                                                                                                                                                                       | Тест 2 (Контрольная работа)<br>Защита лабораторных работ (Дискуссия) |

|  |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                           |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <p>моделирования,<br/>оптимального<br/>проектирования и<br/>конструирования<br/>приборов, схем и<br/>устройств электроники и<br/>наноэлектроники<br/>различного<br/>функционального<br/>назначения</p> | <p>системах квантовой<br/>электроники<br/>статистическими<br/>методами. (КМ-2 и КМ-4)</p> |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## **II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания**

### **КМ-1. Тест 1**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вариант, состоящий из 3 задач. На решение задач отводится 2 академических часа.

#### **Краткое содержание задания:**

1. Найти среднее значение, дисперсию, ширину функции плотности вероятности (ПВ) на уровне 0,5, коэффициенты асимметрии и эксцесса случайной величины, имеющей нормальное распределение вероятностей.
2. Найти Фурье-образ для импульса гауссовой формы и проверить соотношение взаимности расчетом произведения длительности импульса и ширины реальной части его спектра по уровню 0,5.
3. Определить характеристическую функцию и рассчитать по ней среднее значение, дисперсию, коэффициенты асимметрии и эксцесса случайной величины, имеющей нормальное распределение вероятностей.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Знать:</b> Принципы статистического подхода к теоретическому описанию оптического излучения. (КМ-1 и КМ-4) | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Что характеризует коэффициент асимметрии распределения случайной величины? Как он связан с моментами распределения?</li><li>2. Запишите выражения для расчета <math>k</math>-го центрального момента закона распределения вероятности случайной величины. Чему равен 1-ый центральный момент? Какой вероятностный смысл имеет 2-ый центральный момент?</li><li>3. Как рассчитать начальные моменты закона распределения случайной величины с помощью характеристической функции?</li><li>4. Доказать теорему о свертке для преобразования Фурье.</li></ol> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если намечен рациональный путь решения всех задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех единиц измерения.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если намечен рациональный путь решения 2 из 3 задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех единиц измерения, либо верно решены 3 задачи с незначительными ошибками в расчётах.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если намечен рациональный путь решения 1 из 3 задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех единиц измерения, либо верно решены 2 задачи с незначительными ошибками в расчётах.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если задачи не решены, либо решены неверно, с некорректным конечным результатом в виде формулы и численных значений.

## **КМ-2. Тест 2**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 30**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вариант, состоящий из 3 задач. На решение задач отводится 2 академических часа.

### **Краткое содержание задания:**

1. Автокорреляционная функция процесса имеет вид  $B(\tau) = 25 \exp(-4|\tau|) \cos(2\pi\nu_0\tau) + 16$ .  
Определите среднее значение, дисперсию, спектральную плотность.
2. Рассчитать степень пространственной когерентности излучения в точках экрана, удаленного на 1 м от пространственно некогерентного квазимонохроматического источника с  $\langle \lambda \rangle = 500$  нм, представляющего собой прямоугольную щель шириной 0,1 мм и высотой 10 мм. Плоскости экрана и источника параллельны. На каком максимальном расстоянии друг от друга можно расположить отверстия в плоскости экрана, чтобы видность интерференционной картины, получаемой в результате наложения волн, дифрагируемых на этих отверстиях, составляла не менее 0,5? Как должны быть ориентированы эти отверстия относительно щели?
3. Получить уравнения распространения взаимной когерентности  $G_{12}(t)$ , исходя из определения  $G_{12}(t)$  и волнового уравнения для  $E(\mathbf{r}, t)$ .

### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: Синтезировать и исследовать модели объектов и процессов в системах квантовой электроники статистическими методами. (КМ-2 и КМ-4) | 1. Каким образом количество продольных мод резонатора влияет на степень пространственной когерентности лазерного излучения?<br>2. Влияет ли степень взаимной когерентности двух интерферирующих пучков света на видность интерференционной картины? Ответ обоснуйте.<br>3. Сформулируйте теорему Винера-Хинчина. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если намечен рациональный путь решения всех задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех единиц измерения.

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 75

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если намечен рациональный путь решения 2 из 3 задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех единиц, либо верно решены 3 задачи с незначительными ошибками в расчётах.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если намечен рациональный путь решения 1 из 3 задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех единиц измерения, либо верно решены 2 задачи с незначительными ошибками в расчётах.

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если задачи не решены, либо решены неверно, с некорректным конечным результатом в виде формулы и численных значений.

### **КМ-3. Тест 3**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается вариант, состоящий из 3 задач. На решение задач отводится 2 академических часа.

#### **Краткое содержание задания:**

1. Измерения показали, что среднеквадратичная флуктуация частоты излучения одномодового одночастотного гелий-неонового лазера без системы стабилизации определяется техническими факторами и составляет  $10^6$  Гц. Оценить время и длину когерентности излучения данного лазера.
2. Лазерное излучение с длиной волны 632,8 нм представлено двумя продольными модами одинаковой интенсивности. Построить график степени временной когерентности  $|g(t)|$ , рассчитать время и длину когерентности такого излучения, если длина резонатора лазера составляет 0,5 м. Считать, что уширение линий, соответствующих отдельным модам, пренебрежимо мало.
3. Определить характерные времена и длины когерентности излучения гелий-неонового лазера 632,8 нм с длиной резонатора  $L=1,5$  м, если лазер работает в режиме одновременной генерации 10 продольных мод одинаковой интенсивности и уширение каждой отдельной линии составляет  $10^6$  Гц. Построить график степени временной когерентности.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: Формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития квантовой электроники, а также обоснованно выбирать | 1.Перечислите основные методы измерения взаимной когерентности?<br>2.Что такое взаимная когерентность излучения?<br>3.На чём основан принцип работы интерферометра Майкельсона для измерения взаимной когерентности? |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                               |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| теоретические и<br>экспериментальные методы и<br>средства решения<br>сформулированных задач. (КМ-3<br>и КМ-4) |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если намечен рациональный путь решения всех задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех единиц измерения.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если намечен рациональный путь решения 2 из 3 задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех единиц измерения, либо верно решены 3 задачи с незначительными ошибками в расчётах.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если намечен рациональный путь решения 1 из 3 задач, получен верный конечный результат в виде формулы и численного значения, с корректным указанием всех единиц измерения, либо верно решены 2 задачи с незначительными ошибками в расчётах.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если задачи не решены, либо решены неверно, с некорректным конечным результатом в виде формулы и численных значений.

#### **КМ-4. Защита лабораторных работ**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Дискуссия

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенту выдается по одному вопросу на каждую лабораторную работу. На подготовку к ответу отводится 30 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

1. Каким образом соответствие гистограммы выборки и законы распределения вероятности зависят от числа элементов выборки и шага случайной величины?
2. Каким образом основные статистические параметры распределения вероятности связаны с моментами этого распределения?
3. Как закон распределения мгновенной интенсивности монохроматического излучения зависит от его степени поляризации?
4. Нарисуйте сигнал ЛДА и ЛВА.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|        |                                                            |                                                                                                     |
|--------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: | Принципы статистического подхода к теоретическому описанию | 1. Как связаны интегральный и дифференциальный законы распределения вероятности случайной величины? |
|--------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| оптического излучения. (КМ-1 и КМ-4)                                                                                                                                                                                                                                | 2.Какому закону распределения подчиняется действительная часть комплексной амплитуды напряженности электрического поля хаотичного излучения, мнимая часть?                                                                                      |
| Уметь: Формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития квантовой электроники, а также обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач. (КМ-3 и КМ-4) | 1.Какие возможности создания статистических моделей случайных величин и случайных процессов существуют в среде MathCAD?                                                                                                                         |
| Уметь: Синтезировать и исследовать модели объектов и процессов в системах квантовой электроники статистическими методами. (КМ-2 и КМ-4)                                                                                                                             | 1.Что такое матрица когерентности? Каким образом определяются ее элементы? Какими свойствами она обладает?<br>2.Какие статистические характеристики временной когерентности случайного оптического сигнала Вам известны? В чем они заключаются? |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если дан корректный и исчерпывающий ответ на основные и дополнительные вопросы.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если дан в целом корректный и исчерпывающий ответ на основные и дополнительные вопросы, но допущены незначительные ошибки или неточности.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если ответы на все вопросы даны преимущественно верно.*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется в случае: - отсутствия допуска к защите лабораторных работ; - дан полностью неверный ответ хотя бы на один из вопросов и отсутствуют корректные ответы на дополнительные наводящие на верный ответ вопросы преподавателя.*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Плотность вероятности напряженности и интенсивности поляризованного и неполяризованного теплового излучения.
2. Измерение спектральной плотности оптических волн классическими спектрометрами. Аппаратная функция спектрального прибора. Разрешающая способность. Элементы теории восстановления сигналов.

### Процедура проведения

Зачет проводится письменно. Студенту выдается билет с 2 теоретическими заданиями. Время проведения зачета - 2 астрономических часа.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Знает методы синтеза и исследования моделей

### Вопросы, задания

1. Плотность вероятности напряженности и интенсивности поляризованного и неполяризованного теплового излучения.
2. Функция взаимной когерентности. Волновые уравнения, описывающие распространение функции взаимной когерентности. Распространение взаимной спектральной плотности.
3. Плотность вероятности напряженности и мгновенной интенсивности одномодового и многомодового лазерного излучения.
4. Комплексное представление случайного оптического поля. Аналитический сигнал. Преобразование Гильберта.
5. Анализ функций когерентности и спектральной плотности излучения ансамбля осцилляторов при естественном, доплеровском и диффузионном механизме релаксации.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какому распределению плотности вероятности случайной величины соответствует выражение  $w(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}\right)$ ?

Ответы:

- а) Нормальное распределение
- б) Равномерное распределение
- в) Рэлееское распределение
- г) Экспоненциальное распределение

Верный ответ: а)

2. Что показывает гистограмма массива выборочных значений случайной величины?

Ответы:

- а) Вероятность каждого значения массива
- б) Интегральный закон распределения случайной величины
- в) Число попаданий выборочных значений случайной величины в некоторые заданные интервалы ее значений

г) Основные статистические параметры плотности вероятности случайной величины

Верный ответ: в)

3. На основе какой теоремы можно утверждать, что действительная и мнимая часть комплексной амплитуды напряженности поля хаотического излучения подчиняются нормальному закону распределения вероятности?

Ответы:

- а) Теорема Винера-Хинчина
- б) Центральная предельная теорема теории вероятности
- в) Теорема Ван-Циттерта-Цернике
- г) Теорема о свертке

Верный ответ: б)

4. Что характеризует коэффициент асимметрии плотности вероятности  $w(x)$  случайной величины?

Ответы:

- а) Смещение среднего значения случайной величины  $x$  относительно нулевого значения
- б) Ширину распределения плотности вероятности  $w(x)$
- в) Остроту вершины функции плотности вероятности  $w(x)$  относительно остроты вершины гауссовой функции
- г) Степень асимметрии функции плотности вероятности  $w(x)$  относительно среднего значения

Верный ответ: г)

5. Что характеризует коэффициент эксцесса плотности вероятности  $w(x)$  случайной величины?

Ответы:

- а) Смещение среднего значения случайной величины  $x$  относительно нулевого значения
- б) Ширину распределения плотности вероятности  $w(x)$
- в) Остроту вершины функции плотности вероятности  $w(x)$  относительно остроты вершины гауссовой функции
- г) Степень асимметрии функции плотности вероятности  $w(x)$  относительно среднего значения

Верный ответ: в)

6. Как связаны функция плотности вероятности и характеристическая функция случайной величины?

Ответы:

- а) Парой преобразований Фурье
- б) Парой преобразований Гильберта
- в) Парой преобразований Лапласа
- г) Парой Z-преобразований

Верный ответ: а)

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-4</sub> Умеет осуществлять выбор наиболее оптимальных прикладных программных пакетов для решения соответствующих задач научной и образовательной деятельности

### Вопросы, задания

1. Однородное и неоднородное уширения спектральных линий. Когерентные свойства излучения тепловых источников.
2. Временная когерентность одночастотного и многочастотного лазерного излучения.
3. Частичная поляризация излучения. Прохождение случайного светового сигнала через устройства, чувствительные к поляризации. Матрица когерентности. Степень поляризации.
4. Пространственная когерентность. Теорема Ван Циттерта-Цернике.

## 5. Пространственная когерентность одномодового и многомодового лазерного излучения.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. О чем гласит теорема о свертке двух функций?

Ответы:

- а) Фурье-образ результата свертки двух функций равен произведению Фурье-образов этих функций
- б) Свертке во временной области соответствует свертка в частотной области
- в) Фурье-образ результата свертки двух функций равен отношению Фурье-образов этих функций
- г) Фурье-образ результата свертки двух функций равен сумме Фурье-образов этих функций

Верный ответ: а)

2. Как связаны между собой действительная и мнимая части аналитического представления оптического сигнала?

Ответы:

- а) Парой преобразований Фурье
- б) Парой преобразований Гильберта
- в) Парой преобразований Лапласа
- г) Парой Z-преобразований

Верный ответ: б)

3. Что называется временем когерентности?

Ответы:

- а) Время полного колебания оптического сигнала
- б) Минимальное время усеченной реализации случайного процесса, достаточное для его полного статистического описания
- в) Величина, обратная несущей частоте оптического сигнала
- г) Характерное время затухания степени временной когерентности

Верный ответ: г)

4. При каком механизме уширения спектра излучения контур спектральной линии описывается функцией Лоренца?

Ответы:

- а) однородный механизм уширения
- б) неоднородный механизм уширения
- в) диффузионный механизм уширения
- г) смешанный механизм уширения

Верный ответ: а)

5. При каком механизме уширения спектра излучения контур спектральной линии описывается гауссовой функцией?

Ответы:

- а) однородный механизм уширения
- б) неоднородный механизм уширения
- в) диффузионный механизм уширения
- г) смешанный механизм уширения

Верный ответ: б)

6. С помощью какого прибора можно осуществить измерение поперечной пространственной когерентности?

Ответы:

- а) Лазерный рефрактометр
- б) Интерферометр по схеме Юнга
- в) Лазерный доплеровский анемометр
- г) Лазерный виброметр

Верный ответ: б)

7.С помощью какого прибора можно осуществить измерение временной когерентности?

Ответы:

- а) Лазерный рефрактометр
- б) Лазерный доплеровский анемометр
- в) Лазерный виброметр
- г) Интерферометр Майкельсона

Верный ответ: г)

8.Что характеризует степень когерентности квазимонохроматического оптического сигнала?

Ответы:

- а) Ширину спектральной линии сигнала
- б) Состояние поляризации сигнала
- в) Согласованность флуктуаций медленно меняющихся амплитуд и фаз сигнала
- г) Форму волнового фронта сигнала

Верный ответ: в)

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-4</sub> Владеет современными программными средствами (CAD) моделирования, оптимального проектирования и конструирования приборов, схем и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

### Вопросы, задания

- 1.Функция когерентности и односторонняя спектральная плотность оптических колебаний. Теорема Винера-Хинчина.
- 2.Измерение спектральной плотности оптических волн классическими спектрометрами. Аппаратная функция спектрального прибора. Разрешающая способность. Элементы теории восстановления сигналов.
- 3.Полуклассическая теория фотоэлектрической регистрации. Статистика фотоотсчетов. Параметр вырождения.
- 4.Спекл-эффекты при формировании изображения
- 5.Интерферометрия интенсивностей. Эксперимент Брауна-Твисса. Звездная интерферометрия интенсивностей.
- 6.Спектрометрия флуктуаций интенсивности. Режимы прямого детектирования и фотогетеродинамирования.
- 7.Лазерная интерферометрия интенсивностей.

### Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.Аппаратная функция линейной системы с постоянными параметрами может быть определена как

Ответы:

- а) Фурье-образ выходного сигнала
- б) Отношение выходного сигнала системы к входному сигналу
- в) Разность между выходным и входным сигналами системы
- г) Отклик системы на  $\delta$ -образное воздействие

Верный ответ: г)

- 2.Что определяет первый начальный момент распределения плотности вероятности случайной величины?

Ответы:

- а) Среднее значение
- б) Дисперсию
- в) Отклонение от среднего
- г) Коэффициент асимметрии

Верный ответ: а)

3. Что определяет второй центральный момент распределения плотности вероятности случайной величины?

Ответы:

- а) Среднее значение
- б) Коэффициент асимметрии
- в) Дисперсию
- г) Отклонение от среднего

Верный ответ: в)

4. Какой случайный процесс называется стационарным в широком смысле?

Ответы:

- а) Процесс, корреляционная функция которого имеет вид нормального распределения
- б) Процесс, среднее значение и дисперсия которого не зависят от времени
- в) Процесс, среднее значение которого зависит от времени, а дисперсия не зависит от времени
- г) Процесс, дисперсия которого равна нулю

Верный ответ: б)

5. Какой случайный процесс называется эргодическим?

Ответы:

- а) Процесс, средние значения которого по времени и по ансамблю реализаций равны
- б) Процесс, среднее значение которого не зависит от времени
- в) Процесс, дисперсия которого не зависит от времени
- г) Процесс, время корреляции которого не зависит от времени

Верный ответ: а)

6. Как связаны аппаратная и передаточная функции линейной системы?

Ответы:

- а) Передаточная функция равна производной аппаратной функции
- б) Передаточная функция является первообразной аппаратной функции
- в) Аппаратная и передаточная функции являются парой преобразования Фурье
- г) Аппаратная и передаточная функции не связаны между собой

Верный ответ: в)

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***