

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

**Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Светотехника и источники света**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**


**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Математическое моделирование зрительной системы человека**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Григорьев А.А.
	Идентификатор	R28090f70-GrigoryevAA-7e2fdc05

(подпись)

А.А.  
Григорьев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Григорьев А.А.
	Идентификатор	R28090f70-GrigoryevAA-7e2fdc05


(подпись)

А.А.  
Григорьев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Боос Г.В.
	Идентификатор	R4494501d-BoosGeorV-031c67c1

(подпись)

Г.В. Боос

(расшифровка  
подписи)

## 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-1 Способен осуществлять проектирование, расчёты и конструирование, измерение параметров светотехнического оборудования, осваивать теоретическую и прикладную фотометрию

ИД-1 Измерение параметров, контроль качества и испытание световых приборов и их составных частей, решение проблем теоретической фотометрии

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Анализ расчетных соотношений статистической модели ЗС (Контрольная работа)
2. Законы распределения случайных процессов и связь отношения правдоподобия с вероятностными характеристиками оптимального приемника излучения (Контрольная работа)
3. Оптимальный приемник излучения и основные расчетные соотношения статистической модели ЗС (Контрольная работа)
4. Статистические характеристики случайных процессов (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Классификация моделей зрительной системы					
Эмпирические модели ЗС	+				
Физиологические модели ЗС	+				
Информационные модели ЗС	+				
Модели ЗС основанные на статистике Пуассона	+				
Модели, основанные на теории статистических решений	+				
Статистическая модель ЗС для задач обнаружения объектов					
Обнаружение объектов			+	+	

Статистическая модель ЗС для задач опознавания объектов				
Опознавание объектов			+	+
Математическая моделирование порогового цветового зрения				
Структурная схема математической модели порогового цветового зрения (ММЦЗ)				+
Метод определения функций сложения (спектральной чувствительности) колориметрической системы (КЗС) физ				+
Вес КМ:	10	25	30	35

\$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-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Измерение параметров, контроль качества и испытание световых приборов и их составных частей, решение проблем теоретической фотометрии	Знать: статистический подход к описанию порогов цветового зрения и методы обработки результатов экспериментальных исследований характеристик ЗС связь статистический законов с математической моделью ЗС и взаимосвязь между пороговыми и надпороговыми условиями наблюдения исходя из статистической модели ЗС основные этапы обработки информации зрительной системой (ЗС) и статистические закономерности порогового и надпорогового обнаружения объектов ЗС основные расчетные выражения статистической	Статистические характеристики случайных процессов (Контрольная работа) Законы распределения случайных процессов и связь отношения правдоподобия с вероятностными характеристиками оптимального приемника излучения (Контрольная работа) Оптимальный приемник излучения и основные расчетные соотношения статистической модели ЗС (Контрольная работа) Анализ расчетных соотношений статистической модели ЗС (Контрольная работа)

		<p>модели ЗС и границы их применения и положения статистической модели порогового, надпорогового и цветового зрения</p> <p>Уметь:</p> <p>аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования характеристик ЗС, параметров и характеристик приборов, устройств и систем визуализации изображений электроники и наноэлектроники</p> <p>применять статистический подход к разработке элементов статистической модели ЗС, анализировать полученные расчетные выражения и формулировать границы применения полученных расчетных выражений, а также применять свойства преобразования Фурье к упрощению расчетных выражений</p> <p>применять выводы</p>	
--	--	--	--

		статистической модели ЗС для объяснения закономерностей порогового, надпорогового и цветового зрения человека	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Статистические характеристики случайных процессов

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется по вариантам на практическом занятии. В задание входит 2 вопроса. Время на проведение 40 минут.

#### Краткое содержание задания:

Ознакомьтесь с заданием, при возникновении вопросов по условиям задания обратитесь к преподавателю.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные расчетные выражения статистической модели ЗС и границы их применения и положения статистической модели порогового, надпорогового и цветового зрения	1.Опишите структуру зрительной системы человека, проведите аналогию со структурой математической модели зрительной системы для задач обнаружения объектов. Сформулируйте определения разных моделей зрительной системы. 2.Сформулируйте правило принятия решения. Приведите критерии идеального наблюдателя. Приведите критерий Неймана-Пирсона. 3.Выведите закон распределения сигнала на выходе ПИ. Выведите формулу вероятности обнаружения на неслучайном фоне.
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа считается выполненной на оценку «Отлично», если на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.



**КМ-2. Законы распределения случайных процессов и связь отношения правдоподобия с вероятностными характеристиками оптимального приемника излучения**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется по вариантам на практическом занятии. В задание входит 2 вопроса. Время на проведение 40 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ознакомьтесь с заданием, при возникновении вопросов по условиям задания обратитесь к преподавателю.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: основные этапы обработки информации зрительной системой (ЗС) и статистические закономерности порогового и надпорогового обнаружения объектов ЗС</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приведите определение величины <math>\ln(\Lambda)</math></li> <li>2. Опишите взаимосвязь положительных и отрицательных пороговых контрастов и приведите график</li> <li>3. Опишите взаимосвязь пороговых контрастов на появление и на исчезновение объекта</li> <li>4. Флуктуационный предел разрешения глаза по Луизову с точки зрения ТСП</li> <li>5. Опишите пороговые характеристики зрительной системы при низких уровнях яркости</li> <li>6. Сформулируйте пять вариантов ответов наблюдателя при проведении экспериментов по методу постоянных стимулов. Что такое поправка на случайный успех по Блэкуэллу?</li> </ol>
<p>Уметь: применять статистический подход к разработке элементов статистической модели ЗС, анализировать полученные расчетные выражения и формулировать границы применения полученных расчетных выражений, а также применять свойства преобразования Фурье к упрощению расчетных выражений</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выполните формирование массив распределения яркости по поверхности объекта</li> <li>2. Рассчитайте ФРТ оптической системы ОЭС. ФТР – гауссоида с произвольным параметром размытия</li> <li>3. Получите массив распределения облученности в плоскости анализатора изображения</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа считается выполненной на оценку «Отлично», если на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но до-пустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

### **КМ-3. Оптимальный приемник излучения и основные расчетные соотношения статистической модели ЗС**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется по вариантам на практическом занятии. В задание входит 2 вопроса. Время на проведение 40 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Ознакомьтесь с заданием, при возникновении вопросов по условиям задания обратитесь к преподавателю.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: связь статистической законов с математической моделью ЗС и взаимосвязь между пороговыми и надпороговыми условиями наблюдения исходя из статистической модели ЗС</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем заключается теория высокого порога зрительной системы человека Блэкуэлла?</li> <li>2. Опишите вероятность обнаружения объектов при проведении экспериментов по методу принудительного выбора</li> <li>3. Сформулируйте все варианты вариантов ответов наблюдателя при проведении экспериментов по методу принудительного выбора</li> <li>4. Опишите вероятность обнаружения на случайном аддитивном фоне</li> <li>5. Сформулируйте совместный закон распределения сигналов приемников излучения мозаики</li> <li>6. Приведите преобразование Фурье в пространственно-частотной области</li> <li>7. Опишите особенности ЗС при больших яркостях фона</li> </ol>
<p>Уметь: аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования характеристик ЗС, параметров и характеристик приборов, устройств и систем визуализации изображений электроники и наноэлектроники</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Получите спектр сигнала на выходе АИ</li> <li>2. Сформируйте массив шума с заданной дисперсией на выходе ПИ при сканировании поля обзора</li> <li>3. Сформировать массив смеси сигнал+шум с варьируемым положением объекта в поле обзора</li> </ol>

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа считается выполненной на оценку «Отлично», если на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.*

#### **КМ-4. Анализ расчетных соотношений статистической модели ЗС**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 35**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа выполняется по вариантам на практическом занятии. В задание входит 2 вопроса. Время на проведение 40 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ознакомьтесь с заданием, при возникновении вопросов по условиям задания обратитесь к преподавателю.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: статистический подход к описанию порогов цветового зрения и методы обработки результатов экспериментальных исследований характеристик ЗС	1.Что необходимо учитывать при больших яркостях фона? 2.Нелинейность приемников модели и граничные условия 3.Какие условия выполняются в области Вебера-Фехнера? 4.Опишите функцию рассеяния точки ЗС 5.Как меняется облученность сетчатки при наблюдении дисков? 6.Приведите выражение для определения спектральной чувствительности глаза 7.Сравните данные спектральной чувствительности глаза по результатам разных экспериментальных исследований 8.В чем заключается суть физиологической равновероятностной системы?
Уметь: применять выводы статистической модели ЗС для объяснения закономерностей порогового, надпорогового и цветового зрения человека	1.Сформируйте массив частотной характеристики оптимального фильтра (ОФ) 2.Получить реализацию шума, сигнал+шум на входе и выходе ОФ 3.Рассчитайте теоретические рабочие характеристики ОЭС

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа считается выполненной на оценку «Отлично», если на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но до-пустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

## Билет №1

1. История разработки моделей ЗС. Функции зрительного восприятия. Эмпирические модели.
2. Принцип построения статистической модели.
3. Решить задачу.

## Процедура проведения

Проводится в письменной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-1 Измерение параметров, контроль качества и испытание световых приборов и их составных частей, решение проблем теоретической фотометрии

## Вопросы, задания

1. Расчет вероятности обнаружения объекта на случайном аддитивном фоне
2. Определение закона распределения  $\ln\Lambda$  и его параметров на аддитивном фоне
3. Расчет вероятности обнаружения при наличии квантовых, аддитивных и аппликативных шумов
4. Опознавание двух (пар) объектов на неслучайном фоне
5. Опознавание пар объектов на случайном аддитивном фоне
6. Структурная схема математической модели порогового цветового зрения (ММЦЗ)
7. Отношение правдоподобия для трехкомпонентного цветового зрения
8. Модели ЗС основанные на статистике Пуассона
9. Расчет вероятности обнаружения объекта на случайном аддитивном фоне
10. Метод определения функций сложения (спектральной чувствительности) колориметрической системы (КЗС) физ

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Структура зрительной системы человека  
Ответы:  
Привести рисунок и описать все элементы  
Верный ответ: Объект/Фон-Глаз человека-Высшие отделы головного мозга-Ответная реакция
2. Структура математической модели ЗС для задач обнаружения объектов  
Ответы:  
Привести рисунок и описать все элементы  
Верный ответ: Объект/Фон-ОС- оптическая система, ПИ – мозаика приемников излучения, УА – устройство анализа, ПУ – пороговое устройство.
3. Что такое алгоритм «оптимального приемника»?  
Ответы:

Это одно из базисных понятий дисциплины и студент должен своими словами описать его суть

Верный ответ: В математической статистике при решении задачи выделения сигналов на фоне случайных помех, был получен алгоритм, лучше которого никакой другой алгоритм не может решить задачу обнаружения объектов. Для математического описания этого алгоритма используется функция отношения правдоподобия.

4.Что такое “отношение правдоподобия”?

Ответы:

Это одно из базисных понятий дисциплины и студент должен своими словами описать его суть

Верный ответ: По сути, отношение правдоподобия на вероятностном языке показывает, на что больше похож видимый человеком образ (случайное распределение) - на изображение с объектом, или на изображение с эталоном, поэтому при анализе двух изображений задачи обнаружения их отличий и опознавания объектов совпадают.

5.Решающее правило о наличии объекта описывается следующим выражением...

Ответы:

$\Lambda > \Lambda_p$

Верный ответ: После приведения формулы стоит сказать о возможности реализации любого критерий (алгоритм) принятия решения. При этом различные критерии характеризуются лишь различными численными значениями  $\Lambda_p$ . Определив значение  $\Lambda_p$  один раз для простейших экспериментальных ситуаций, можно использовать модель зрительной системы с этим численным значением  $\Lambda_p$  для всего круга задач (всех типов и цветов объектов, фонов, уровней яркости и т.д.), где оно остается постоянным.

6.Определение эмпирических моделей. В чем заключаются недостатки эмпирических моделей?

Верный ответ: Функции зрительного восприятия - эмпирические модели, полученные на основе аппроксимации экспериментальных данных. Основным недостатком эмпирического подхода является выборочность параметров изображений и условий проведения эксперимента, при которых проводятся аппроксимации. Изменение каких-либо условий наблюдения приводит к необходимости проведения новых экспериментов с последующей аппроксимацией полученных результатов для получения эмпирических моделей.

7.Определение физиологических моделей. В чем заключаются недостатки физиологических моделей?

Верный ответ: Физиологические модели - использующие в основном данные нейрофизиологии и отражающие различные свойства рецептивных полей сетчатки. или Физиологические модели основаны на моделировании ЗС в пороговых условиях с поэтапная детализация зрительного процесса на основе широкого привлечения данных физиологии. Основным недостатком физиологических моделей является отсутствие достаточных экспериментальных результатов о преобразовании информации на пути даже от одного от рецепторов до головного мозга и тем более об алгоритме ее обработки в его коре. Тем не менее в перспективе, по мере получения достоверных данных о функционировании головного мозга, физиологический подход к моделированию порогового зрения может стать весьма эффективным

8.Определение информационных моделей. В чем заключаются недостатки информационных моделей?

Верный ответ: Информационные модели - предполагающие постоянство количества информации для решения определенной зрительной задачи в заданных условиях

наблюдения с заданной вероятностью. Основным недостатком информационных моделей в том, что количество информации не выводится авторами из его определения, а постулируется исходя из физических соображений.

#### 9. Определение статистических моделей

Верный ответ: Статистические модели: а) учитывающие квантовую структуру света и рассматривающие ЗС как статистический приемник излучения; б) базирующиеся на теории статистических решений и представляющие ЗС как оптимальный приемник изображения.

#### 10. Как с помощью статистической модели порогового цветового зрения найти спектральную чувствительность рецепторов глаза?

Ответы:

Студенты должны вспомнить выведенную взаимосвязь для эксперимента по обнаружению объекта

Верный ответ: Полученные в рамках модели выражения позволяют получить расчетные соотношения для порогового обнаружения монохроматического объекта на аддитивном белом фоне, либо решить обратную задачу – по результатам эксперимента по пороговому обнаружению монохроматического объекта на белом фоне рассчитать удельные координаты цвета системы КЗС.

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно решившему задачу, который пока-зал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно решившему задачу и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом принципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

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

В итоговой оценке по курсу учитывается, как экзаменационная составляющая, так и составляющая по совокупным результатам работы в семестре.