

**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

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**  
**ЧЕЛОВЕКА**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.01.09</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 93,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2020**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

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)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Цель освоения дисциплины состоит в получении современных представлений об обработке информации зрительной системой человека (ЗС), математическом моделировании этого процесса и выводе расчетных выражений, описывающих пороговое и надпороговое восприятие изображений ЗС

### Задачи дисциплины

- приобретение научных представлений о свете как одной из форм материи;
- освоение статистических законов применительно к моделированию характеристик зрительной системы человека;
- приобретение навыков математического моделирования зрительных процессов;
- приобретение навыков выделения значимых факторов, определяющих законы обнаружения и опознавания объектов зрительной системой человека;
- овладение способами моделирования порогового цветового зрения на базе статистического подхода;
- приобретение навыков использования законов цветоведения, колориметрическими и равноконтрастными системами;
- овладение теоретическими и эмпирическими положениями физиологической оптики, моделей пороговой чувствительности.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен осуществлять проектирование, расчёты и конструирование, измерение параметров светотехнического оборудования, осваивать теоретическую и прикладную фотометрию	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Измерение параметров, контроль качества и испытание световых приборов и их составных частей, решение проблем теоретической фотометрии	

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Светотехника и источники света (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Высшая математика», «Информатика», «Теория вероятностей и математическая статистика» и «Введение в программирование»

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа						СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Классификация моделей зрительной системы	46	7	10	-	8	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 20-30 [3], 25-45 [4], 100-120 [7], 30-50 [9], 10-20
1.1	Эмпирические модели ЗС	9		2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
1.2	Физиологические модели ЗС	9		2	-	1	-	-	-	-	-	6	-	
1.3	Информационные модели ЗС	10		2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
1.4	Модели ЗС основанные на статистике Пуассона	10		2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
1.5	Модели, основанные на теории статистических решений	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2	Статистическая модель ЗС для задач обнаружения объектов	38	7	16	-	2	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 20-40
2.1	Обнаружение объектов	38		16	-	2	-	-	-	-	-	20	-	
3	Статистическая модель ЗС для задач опознавания объектов	8		2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
3.1	Опознавание объектов	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], 45-60	
4	Математическая	16	4	-	4	-	-	-	-	-	8	-		<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>

	моделирование порогового цветового зрения												<b>источников:</b> [2], 15-35 [8], 25-35
4.1	Структурная схема математической модели порогового цветового зрения (ММЦЗ)	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
4.2	Метод определения функций сложения (спектральной чувствительности) колориметрической системы (КЗС) физ	8	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>60</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>60</b>	<b>93.5</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Классификация моделей зрительной системы

#### 1.1. Эмпирические модели ЗС

Модель Мешкова. Модель Ле Грана. Модель Мурашовой. Модель Никитиной. Модель Беловой. Модель Горина. Модель Луизова. Модель Островского. Модель Оверингтона.

#### 1.2. Физиологические модели ЗС

Модель Зиви. Модель Шницлера. Модель Шаде. Модель Лонгвиненко. Модель Новиковой. Модель Емельянова.

#### 1.3. Информационные модели ЗС

Модель Соколова. Модель Катаева. Модель Ричардса.

#### 1.4. Модели ЗС основанные на статистике Пуассона

Модель Роуза. Модель Кагана. Модель Титкова. Модель Ратнера. Модель Шницлера.

#### 1.5. Модели, основанные на теории статистических решений

Модель Светса. Модель Корнфельда. Модель Холла. Модель Мартынова. Модель Красильникова. Модель Васьковского. Модель Сивякова. Модель Сивякова. Модель Берджеса. Модель Хотеллинга.

### 2. Статистическая модель ЗС для задач обнаружения объектов

#### 2.1. Обнаружение объектов

Понятие отношения правдоподобия. Закон распределения сигналов на выходе приемников статистической модели. Связь положительных и отрицательных пороговых контрастов. Обнаружение равнояркого объекта на равномерном фоне. Связь пороговых контрастов на появление и исчезновение объектов. Критерий согласия и оценка диапазона возможных значений  $\ln\Lambda$ . Обнаружение неравноярких объектов на неслучайном неравномерном фоне. Расчет вероятности обнаружения при проведении экспериментов по методу постоянных стимулов. Функция рассеяния точки оптической системы глаза. Расчет вероятности обнаружения объекта на случайном аддитивном фоне. Определение закона распределения  $\ln\Lambda$  и его параметров на аддитивном фоне. Расчет вероятности обнаружения при наличии квантовых, аддитивных и аппликативных шумов. Зависимость вероятности обнаружения от дисперсии аппликативного фона. Распределение чувствительности по полю зрения наблюдателя. Определение величины  $\ln\Lambda$ . Анализ полученных расчетных выражений.

### 3. Статистическая модель ЗС для задач опознавания объектов

#### 3.1. Опознавание объектов

Опознавание двух (пар) объектов на неслучайном фоне. Опознавание пар объектов на случайном аддитивном фоне. Опознавание объекта в наборе объектов расположенных на неслучайном фоне. Опознавание объекта в наборе объектов расположенных на случайном аддитивном фоне. Анализ полученных расчетных выражений. Зависимость вероятности опознавания от числа объектов набора.

### 4. Математическое моделирование порогового цветового зрения

4.1. Структурная схема математической модели порогового цветового зрения (ММЦЗ)  
Отношение правдоподобия для трехкомпонентного цветового зрения. Закон распределения  $\ln\Lambda$  для ММЦЗ. Моменты закона распределения  $\ln\Lambda$ . Связь контрастов на выходе приемников излучения ММЦЗ с фотометрическим контрастом.

4.2. Метод определения функций сложения (спектральной чувствительности) колориметрической системы (КЗС) физ

Выражение для порогового перепада яркости объект-фон для монохроматических и цветных объектов на белом и цветном фонах.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Исследовать зависимость вероятности опознавания пары равновеликих ромба;
2. Исследовать зависимость вероятности опознавания пары равновеликих по площади эллипсов;
3. Исследовать зависимость порогового контраста по опознаванию пары равновеликих эллипсов от отношения их осей;
4. Исследовать зависимость вероятности опознавания равновеликих по площади прямоугольников от отношения их сторон;
5. Исследовать зависимость пороговых контрастов равновеликих по площади эллипсов от отношения их осей;
6. Исследовать зависимость вероятности обнаружения объектов от яркости фона;
7. Исследовать зависимость порогового контраста объекта от его углового смещения с оси зрения;
8. Исследовать зависимость вероятности обнаружения равновеликих по площади эллипсов от отношения их осей;
9. Исследовать зависимость вероятности обнаружения объекта от величины  $\ln(\Lambda_p)$  в диапазоне  $\ln(\Lambda_p)=1-10$ ;
10. Исследовать зависимость порогового контраста равновеликих по площади прямоугольников от отношения их сторон;
11. Составить программу для расчета порогового контраста объекта;
12. Исследовать зависимость вероятности обнаружения объектов ( $K_{об}=K_p$ ) от его углового смещения с оси зрения;
13. Исследовать зависимость порогового контраста по опознаванию пары равновеликих по площади прямоугольников от отношения их сторон;
14. Исследовать зависимость порогового контраста объекта от величины  $\ln(\Lambda_p)$  в диапазоне  $\ln(\Lambda_p)=1-10$ ;
15. Составить программу для расчета плотности распределения реакции рецепторов ММЦЗ в зависимости от яркости и смещения с оси зрения;
16. Исследовать зависимость пороговых контрастов объектов от яркости фона;
17. Составить программу для расчета вероятности обнаружения объекта;
18. Сформировать ФРТ оптической системы ОЭС;
19. Исследовать зависимость вероятности обнаружения равновеликих по площади прямоугольников от отношения их сторон;
20. Получить массив углового распределения облученности от единичной яркости в плоскости сетчатки.;
21. Рассчитать погрешности расчетов по формуле В.В.Мешкова для пограничных точек перехода по  $\alpha$  и по  $L_f$ ;
22. Исследовать зависимость пороговых контрастов объектов от его углового размера;
23. Рассчитать погрешности расчетов по формуле В.В. Мешкова от экспериментальных данных Блекуэлла.

**3.4. Темы лабораторных работ**  
не предусмотрено

**3.5 Консультации**

**3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**  
Курсовой проект/ работа не предусмотрены



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №7)

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

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Боос, Г. В. Светотехнические величины и единицы : учебное пособие по курсу "Основы светотехники" по направлению "Электроника и нанoeлектроника" / Г. В. Боос, А. А. Григорьев, С. М. Лебедкова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 63 с. - ISBN 978-5-7046-1941-3 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10082](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10082);
2. Боос, Г. В. Цвет и цветовые расчеты : учебное пособие по курсам "Основы светотехники", "Моделирование и оценка цветоцветовой среды" по направлению "Электроника и нанoeлектроника" / Г. В. Боос, А. А. Григорьев, В. Ю. Снетков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 40 с. - ISBN 978-5-7046-1702-0 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8652](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8652);
3. Григорьев, А. А. Статистическая теория восприятия изображений в светотехнике. Обнаружение объектов наблюдателем : Учебное пособие по курсу "Теория оптико-электронных систем" по направлению "Электроника и микроэлектроника" / А. А. Григорьев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 64 с. - ISBN 5-7046-0885-X .;
4. Справочная книга по светотехнике / Ред. Ю. Б. Айзенберг . – 3-изд., перераб. и доп . – М. : Знак, 2006 . – 972 с. - ISBN 5-87789-051-4 .;
5. Мешков, В. В. Основы светотехники. Ч. 1 : учебное пособие для вузов по специальности "Светотехника и источники света" / В. В. Мешков . – 2-е изд., перераб . – М. : Энергия, 1979 . – 368 с.;
6. Мешков, В. В. Основы светотехники. В 2 ч. Ч.2. Физиологическая оптика и колориметрия : учебное пособие по специальности "Светотехника и источники света" / В. В. Мешков, А. Б. Матвеев . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоатомиздат, 1989 . – 432 с. - ISBN 5-283-00551-8 .;
7. Гуторов, М. М. Сборник задач по основам светотехники : учебное пособие для вузов по специальности "Светотехника и источники" / М. М. Гуторов . – М. : Энергоатомиздат, 1988 . – 128 с. - ISBN 5-283-00514-3 .;
8. Оптическая часть зрительной системы : учебное пособие по курсам "Основы светотехники", "Измерения в светотехнике" по направлению "Электроника и

наноэлектроника" / Н. П. Елисеев, А. В. Кистенева, В. Ю. Снетков, И. П. Шестопалова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – Москва : Изд-во МЭИ, 2021 . – 44 с. - ISBN 978-5-7046-2389-2 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11461](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11461);

9. Ю. Б. Айзенберг- "Что нужно знать о светильниках с люминесцентными лампами",  
 Издательство: "Энергия", Москва, Ленинград, 1964 - (75 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=118057>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Windows / Операционная система семейства Linux;
2. Acrobat Reader;
3. DIALux;
4. Libre Office.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-511, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
	Е-513, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-511, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
	Е-513, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-511, Аудитория кафедры "Светотехника"	стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет
	Е-513, Аудитория кафедры	стол, стул, доска

	"Светотехника"	интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	Е-506, Компьютерный класс по курсам «Основы светотехники», «Естественное и искусственное освещение», «Компьютерная графика»	стол, стул, компьютер персональный, журналы
Помещения для консультирования	Е-627, Кабинет сотрудников	стол, стул, шкаф
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-628, Прочее каф. "Светотех."	стол, стул, шкаф

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Математическое моделирование зрительной системы человека

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:
		Неделя КМ:
1	Классификация моделей зрительной системы	
1.1	Эмпирические модели ЗС	
1.2	Физиологические модели ЗС	
1.3	Информационные модели ЗС	
1.4	Модели ЗС основанные на статистике Пуассона	
1.5	Модели, основанные на теории статистических решений	
2	Статистическая модель ЗС для задач обнаружения объектов	
2.1	Обнаружение объектов	
3	Статистическая модель ЗС для задач опознавания объектов	
3.1	Опознавание объектов	
4	Математическая моделирование порогового цветового зрения	
4.1	Структурная схема математической модели порогового цветового зрения (ММЦЗ)	
4.2	Метод определения функций сложения (спектральной чувствительности) колориметрической системы (КЗС) физ	
		Вес КМ, %: