

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

**Направление подготовки/специальность: 12.03.01 Приборостроение**

**Наименование образовательной программы: Компьютерная фотоника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Заочная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Приемники оптического излучения**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Печинская О.В.
	Идентификатор	Re5ee8217-ZhukovaOV-c5929df5

(подпись)

О.В.  
Печинская

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

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

(подпись)

Н.М.  
Скорнякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

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

(подпись)

Н.М.  
Скорнякова

(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 обеспечивать проектирование и конструирование оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей, определение номенклатуры и типов комплектующих изделий

ИД-1 Разработка эксплуатационно-технической документации на оптико-электронные приборы и комплексы

ИД-3 Разработка документации по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

ИД-6 Разработка технических заданий на проектирование и конструирование оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Основы работы электронных устройств регистрации излучения (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Параметры и характеристики приёмников излучения (Контрольная работа)

2. Передача энергии излучения оптической системой (Контрольная работа)

3. Фотоэлектрические системы (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	3	6	9	12
Основы работы электронных устройств регистрации излучения					
Приемники оптического излучения. Параметры и характеристики приёмников излучения. Источники шумов приёмников излучения			+		
Передача энергии излучения оптической системой					
Светоэнергетический расчёт		+			
Фотоэлектрические системы					

Расчёт светового потока и потока излучения на светочувствительной поверхности приёмника.			+	
Приёмники излучения				
Приёмники излучения различных типов				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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> Разработка эксплуатационно-технической документации на оптико-электронные приборы и комплексы	Знать: методы и принципы оптических и светотехнических измерений и исследований	Основы работы электронных устройств регистрации излучения (Тестирование)
ПК-1	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Разработка документации по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла опtotехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	Уметь: использовать оптические контрольно-измерительные приборы для решения задач опtotехники планировать эксперимент для получения данных с целью решения определенной научно-технической задачи	Передача энергии излучения оптической системой (Контрольная работа) Фотоэлектрические системы (Контрольная работа)
ПК-1	ИД-6 <sub>ПК-1</sub> Разработка технических заданий на проектирование и конструирование опtotехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов	Уметь: получать необходимую информацию об объектах с использованием современных методов и средств исследований, технологических приемов, автоматизации и	Параметры и характеристики приёмников излучения (Контрольная работа)

		обработки данных	
--	--	------------------	--

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

### КМ-1. Основы работы электронных устройств регистрации излучения

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с выполнением контрольного теста по изученной теме. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается не более 30 минут. Количество попыток не более 3-х. Тестирование проводится с использованием СДО "Прометей". К тестированию допускается пользователь, изучивший материалы, авторизованный уникальным логином и паролем

#### Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на проверку знаний по разделу 1

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы и принципы оптических и светотехнических измерений и исследований	1. Одним из способов уменьшить токовый шум является... Рекомендуемый ответ: повышение частоты 2. Пирометры, термоэлектрические приёмники, болометры относят к _____ приёмникам излучения. Рекомендуемый ответ: тепловым 3. Назовите причины возникновения шумов в приёмниках излучения. Рекомендуемый ответ: тепловое движение электронов, флуктуация носителей заряда, флуктуация числа фотонов в пучке, дефекты кристаллической решётки
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-2. Передача энергии излучения оптической системой

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 25**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решенные задания по вариантам отправляются в СДО "Прометей" в рамках функционала "Письменная работа"

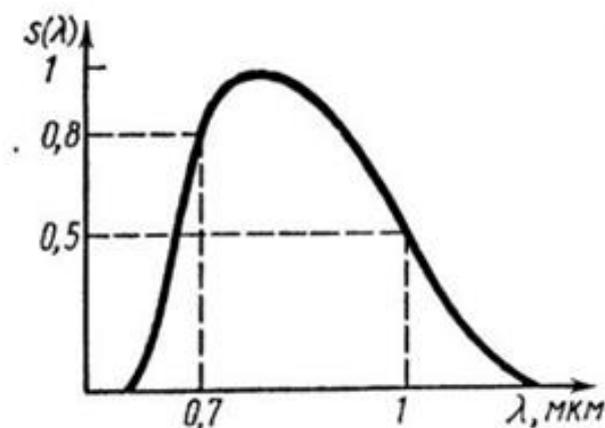
**Краткое содержание задания:**

Контрольная точка направлена на проверку знаний по разделу 2

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: планировать эксперимент для получения данных с целью решения определенной научно-технической задачи

1. Оптическая система регистрирует излучение звёзд. Фокусное расстояние оптической системы 4000 мм, относительное отверстие 1:4, коэффициент пропускания 0,8. В задней фокальной плоскости оптической системы установлен болометр с интегральной чувствительностью 500 В/Вт. Определить максимально возможную звёздную величину звезды, регистрируемой оптической системой, если коэффициент пропускания атмосферы 0,8, световая эффективность излучения звезды 50 лм/Вт, а болометр должен давать реакцию 2 мкВ.
2. Определить реакцию приёмника ФД-5Г на излучение вольфрамового шарика, если известно, что его энергетическая светимость 40,8 Вт/см<sup>2</sup>, а коэффициент теплового излучения 0,45. Диаметр шарика 5 мм, расстояние от источника до входного зрачка оптической системы 2 м. Относительное отверстие оптической системы 1:5, потерями на поглощение и отражение в системе пренебречь.
3. На расстоянии 0,5 м от приёмника расположен точечный монохроматический источник, дающий излучение с длиной волны 0,7 мкм. Площадь светочувствительной поверхности 10 мм<sup>2</sup>. Максимальная спектральная чувствительность 5 мА/Вт, спектральная характеристика приведена на рисунке. Определить силу излучения источника, если реакция приёмника на излучение источника 0,16 мкА.

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### **КМ-3. Фотоэлектрические системы**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решенные задания по вариантам отправляются в СДО "Прометей" в рамках функционала "Письменная работа"

**Краткое содержание задания:**

Контрольная точка направлена на проверку знаний по разделу 3

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: использовать оптические контрольно-измерительные приборы для решения задач оптотехники</p>	<p>1.Лазер создаёт поток излучения 200 Вт с полным плоским углом расходимости 0,002. На расстоянии 1 км от лазера расположен подсвечиваемый объект. Диффузно отражённое от объекта излучение регистрируется оптической фотоэлектрической системой, расположенной рядом с лазером. Характеристики оптической системы: фокусное расстояние 1000 мм, диаметр входного зрачка 500 мм, коэффициент пропускания 0,8. В плоскости изображения объекта установлен приёмник диаметром 3 мм. Абсолютная спектральная чувствительность к излучению лазера составляет 2 А/Вт. Коэффициент пропускания атмосферы принять равным 0,2. Определить отклик приёмника, если коэффициент диффузного отражения объекта равен 0,2.</p> <p>2.Излучение Луны регистрируется оптической системой, имеющей фокусное расстояние 100 мм и относительное отверстие 1:2, коэффициент пропускания 0,8. Приёмник установлен в плоскости изображения Луны и имеет интегральную чувствительность 20 мА/лм, диаметр рабочей поверхности 1,5 мм. Найти яркость Луны, если реакция приёмника составляет 4 мкА. Угловой размер Луны принять равным 30'.</p> <p>3.Какова будет реакция приёмника излучения на излучение Луны яркостью 2500 кд/м<sup>2</sup> без оптической системы, если :чувствительность приёмника 20 мА/лм, диаметр рабочей поверхности</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 60**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 50**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено***КМ-4. Параметры и характеристики приёмников излучения****Формы реализации:** Письменная работа**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Решенные задания по вариантам отправляются в СДО "Прометей" в рамках функционала "Письменная работа"**Краткое содержание задания:**

Контрольная точка направлена на проверку знаний по разделу 4

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: получать необходимую информацию об объектах с использованием современных методов и средств исследований, технологических приемов, автоматизации и обработки данных

1. Рассчитать ток шума фотодиода ФДК-142 при наличии фоновой засветки 1 мкВт и температуре окружающей среды 20°C. При расчёте учитывать влияние дробового и теплового шумов. Темновой ток при напряжении питания 120 В не превышает 1,15 мкА. Интегральная чувствительность приёмника 0,4 А/Вт.
2. Определить дробовый шум приёмника ФСА-Г1, регистрирующего излучение в условиях задачи 1 в полосе частот 400 Гц. Коэффициент использования излучения паспортного источника 0,016; коэффициент использования излучения заданного теплового источника 0,347.
3. Пересчитать интегральную чувствительность фоторезистора СФ4-1А на основе селенида свинца из энергетических фотометрических величин в световые, если он паспортизовался по ЧТ с температурой 573 К.

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

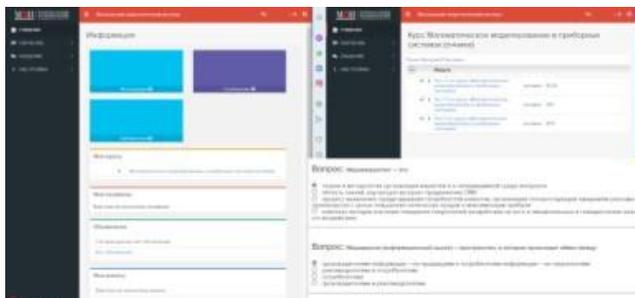
*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета



### Процедура проведения

В тесте 20 вопросов встречаются вопросы следующих типов: 1. с одним вариантом ответа ( в вопросах «один из многих», система сравнивает ответ слушателя с правильным ответом и автоматически выставляет за него назначенный балл) 2. с выбором нескольких вариантов ответов ( в вопросах «многие из многих» система оценивает каждый ответ отдельно; есть возможность разрешить слушателю получить за вопрос 0,75 балла, если он выберет 3 правильных ответа из 4) 3. на соответствие слушатель должен привести в соответствие левую и правую часть ответа (в вопросах «соответствие» система оценивает каждый ответ отдельно; можно разрешить слушателю получить за вопрос 0,75 балла, если он выберет 3 правильных ответа из 4) 4. развернутый ответ, вводится в ручную в специально отведенное поле (ручная оценка преподавателем)

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-1 Разработка эксплуатационно-технической документации на опико-электронные приборы и комплексы

#### Вопросы, задания

1. Определить коэффициент яркости ЭОП ЭП-15, если световая отдача экрана 15 кд/Вт, интегральная чувствительность 0,18 мА/лм, напряжение питания 10 кВ.
2. Определить пороговый поток для ФЭУ с темновым током анода 0,15 мкА, токовой чувствительностью фотокатода и анода 60 мкА/лм и 100 А/лм, соответственно, при 300 К, сопротивлении нагрузки 10 кОм, в единичной полосе частот. Считать  $(1 + B) = 2,5$ . Влиянием фона пренебречь.
3. Координатно-чувствительные приёмники. Сравнение ПЗС и ПЗИ матриц.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Принцип действия ФЭУ основан

Ответы:

- 1) на внешнем фотоэффекте
- 2) на внутреннем фотоэффекте
- 3) на фотоэлектрическом эффекте

Верный ответ: 1

2. Коэффициент использования излучения глазом определяется соотношением

Ответы:

$$1) = \frac{\int_0^0 0_0 \Phi_{e_e}^e(\lambda)v(\lambda)d\lambda}{\int_0^0 0_0 \Phi_{e_e}^e(\lambda)d\lambda}$$

$$2) = \frac{\int_0^0 0_0 \Phi_{e_e}^e(\lambda)s(\lambda)d\lambda}{\int_0^0 0_0 \Phi_{e_e}^e(\lambda)d\lambda}$$

$$3) = \frac{\int_0^0 0_0 m_{e_e}^e(\lambda)v(\lambda)d\lambda}{\int_0^0 0_0 m_{e_e}^e(\lambda)d\lambda}$$

Верный ответ: 1

3. Максимальная спектральная световая эффективность монохроматического излучения для дневного зрения равна

Ответы:

1) 683 Вт/лм

2) 683 лм\*Вт

3) 1

4) 683 лм/Вт

Верный ответ: 4

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Разработка документации по обеспечению качества, надежности и безопасности на всех этапах жизненного цикла оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

### Вопросы, задания

1. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ). Принцип действия. Режимы работы ФЭУ.
2. Фотоэлемент Ф-5 с кислородно-серебряно-цезиевым фотокатодом паспортизовался по источнику типа «А» при полосе пропускания усилительного тракта 160 Гц. Найти порог чувствительности фотоэлемента в заданной полосе частот для излучения паспортного источника в световых величинах. Считать преобладающим дробовой шум.
3. Основные характеристики фотоприёмников: спектральные, частотные, шумовые.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какова функция делителя напряжения?

Ответы:

- 1) обеспечение линейности выходного сигнала
- 2) создание ускоряющей разности потенциалов
- 3) фокусировка пучка электронов

Верный ответ: 2

2. Для чего используют увиолетовые и кварцевые окна?

Ответы:

- 1) для работы в ИК-диапазоне
- 2) для работы в УФ-диапазоне
- 3) для работы в видимом диапазоне
- 4) для отсечки фонового излучения

Верный ответ: 2

3. Дробовой шум ФЭУ определяется выражением

Ответы:

- 1  $\sqrt{4kTR\Delta f}$
- 2  $\sqrt{4kTR(1+B)\Delta f}$
- 3  $\sqrt{4kTR\Delta f}$
- 4  $\sqrt{4kTRM^2(1+B)\Delta f}$

Верный ответ: 4

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-бПК-1 Разработка технических заданий на проектирование и конструирование оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов

#### **Вопросы, задания**

1. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) ФД. Зависимость ВАХ от потока излучения.
2. Вычислить напряжение дробового шума фотоприёмника, если сила тока, протекающего в цепи, равна 1 мА, полоса частот 100 Гц, а сопротивление 0,5 МОм.
3. Роль неосновных носителей заряда в формировании сигнала фотодиода.

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Шумы какого типа обусловлены хаотическим движением свободных электронов в приемнике?

Ответы:

- 1) токовый
- 2) тепловой
- 3) генерационно-рекомбинационный
- 4) дробовый

Верный ответ: 2

2. Сформулируйте принципиальное отличие ПЗС-приёмника (CCD) от ПЗИ-приёмника (CMOS).

Верный ответ: Поскольку в CMOS-приёмниках для считывания, хранения и санирования используется инжекция и перенос заряда внутри отдельной ячейки, возможно проводить выборку заряда от любой ячейки. В CMOS-приёмниках также возможна предварительная обработка сигнала в пределах ячейки.

3. Напряжение фотосигнала может быть рассчитано по формуле

Ответы:

- 1)  $U_{\phi}^{\phi} = S_U^U \Phi_e^e$
- 2)  $U_{\phi}^{\phi} = \frac{\Phi_e^e}{S_U^U}$
- 3)  $U_{\phi}^{\phi} = S_I^I \Phi_e^e$
- 4)  $U_{\phi}^{\phi} = S_U^U \Phi_v^v$

Верный ответ: 1, 4

## **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.

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

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о бально-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»