

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе  
д.т.н. проф. Драгунов В.К.



2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
специальной дисциплины 2.4.11. Светотехника

Москва 2022

Программа составлена на основе паспорта специальности научных работников и программы - минимум кандидатского экзамена по специальности «Светотехника» в действующей редакции и в соответствии с Положением о подготовке научных и научно- педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021г. № 2122.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** дисциплины является изучение основных разделов светотехники, включая теоретические и экспериментальные исследования по совершенствованию существующих и разработке принципиально новых источников искусственного освещения и облучения, методы проектирования световых приборов, осветительных установок и фотометрических систем контроля.

**Задачами** дисциплины являются:

- познакомить обучающихся с физическими основами источников и систем искусственного освещения;
- познакомить обучающихся с методами проектирования световых приборов, осветительных установок и фотометрических систем контроля;
- познакомить обучающихся с процессами, происходящими в объеме газоразрядных и накаливаемых источников излучения, элементах источников, материалах и системах управления режимами работы источников;
- познакомить обучающихся с физическими основами полупроводниковых источников излучения;
- научить создавать высокоэффективные, экологически чистые источники света, обеспечивающих необходимое эстетическое восприятие объектов, комфорт, существенное снижение энергопотребления, экономичность в эксплуатации;
- научить производить расчеты и проектирование новых систем освещения.

## **МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ**

Специальная дисциплина в структуре программы аспирантуры входит в Блок 2 «Образовательный компонент. Общая трудоемкость составляет 7 зачетных единиц (з.е.).

### **Формула специальности**

Светотехника - научная специальность, объединяющая теоретические и экспериментальные исследования по совершенствованию существующих и разработке принципиально новых источников искусственного освещения и облучения. В рамках специальности разрабатываются методы проектирования световых приборов, осветительных установок и фотометрических систем



контроля, проводятся исследования процессов, происходящих в объеме газоразрядных и накаливаемых источников излучения, элементах источников, материалах и системах управления режимами работы источников. Исследования проводятся с целью создания высокоэффективных, экологически чистых источников света, обеспечивающих необходимое эстетическое восприятие объектов, комфорт, существенное снижение энергопотребления, экономичность в эксплуатации.

### **Области исследований**

1. Разработка научных основ, исследование и математическое моделирование процессов, происходящих в газоразрядных и накаливаемых источниках света, с целью оптимизации параметров, существующих и создания принципиально новых источников света.

2. Разработка новых методов расчета и оптимизации параметров пусковых и регулирующих аппаратов для разрядных источников излучения.

3. Разработка методов расчета и проектирования светооптических систем световых приборов, обеспечивающих заданные светотехнические и экономические параметры приборов.

4. Разработка методов расчета параметров световых полей в осветительных установках и создание оптимальных способов регулирования освещенности.

5. Теоретические и экспериментальные исследования, математическое моделирование воздействия световой среды на биологические и другие объекты с целью выявления оптимальных параметров световой среды.

6. Разработка научных подходов и аппаратуры для контроля параметров источников света, световых приборов и осветительных установок.

### **Отрасль науки**

- технические науки (по специальности не рассматриваются работы, основным содержанием которых является оптимизация структуры и режимных параметров источников электропитания для световых приборов и осветительных установок).

### **Основы светотехники**

Материальность излучения. Значение опытов Столетова для выяснения природы света. Проявление в фотоне корпускулярных и волновых свойств материи. Субъективная и объективная природа зрительного ощущения. Роль теории отражения в учении о зрительных ощущениях и зрительных образах как актах познания.

Энергетические и световые величины и единицы. Распределение излучения по спектру. Относительные спектральные световые эффективности излучения для дневного и ночного зрения. Энергетические величины и единицы. Светотехнические величины и единицы. Телесный угол. Яркость пучка лучей. Эквивалентная яркость. Актиничность и относительная актиничность излучения.

Оптические и светотехнические характеристики материалов. Спектральные и интегральные коэффициенты отражения, пропускания и поглощения излучения. Френелевское отражение. Коэффициент яркости. Инвариант Штраубеля.

Световое поле. Интегральные характеристики светового поля. Функция ценности поля. Пространственная, средняя сферическая, средняя полусферическая, плоскостная и средняя цилиндрическая освещенности, фотонная сферическая освещенность. Световой вектор и методы определения его проекций. Расчет светового вектора для равных по яркости излучателей. Общий случай расчета координат светового вектора. Интегральные характеристики светового поля различных источников излучения.

Общие законы преобразования излучения. Механизм поглощения излучения. Законы квантовой эквивалентности. Основные законы фотохимии. Фотографическое действие излучения. Фотобиологическое действие излучения и фотосинтез.

Прохождение излучения через поглощающие и рассеивающие среды. Уравнение переноса излучения. Закон Бугера-Ламберта. Рассеяние излучения (Рэля, Ми, Смолуховского). Коэффициент многократных отражений.

Глаза как органы зрения. Установившийся и неуставившийся зрительные процессы. Особенности глаза как приемника оптического излучения. Методы определения зрительных порогов. Пороговые контрасты. Светлота. Острота зрения. Эквивалентные параметры. Световая адаптация и адаптация в темноте. Зрительная индукция. Слепящее действие излучения.

Основы учения о цвете. Трехцветная теория зрения. Цвет и его компоненты. Современные цветовые системы. Цветовые расчеты в различных системах. Восприятие цвета.

### **Фотометрия**

Основные понятия и законы геометрической оптики. Параметры оптической системы. Преломление лучей в оптической системе. Теория идеальной оптической системы. Аберрации оптических систем.

Типовые оптические системы фотометрии. Сложные оптические системы. Элементы оптических систем. Принципы габаритного расчета типовых оптических систем.

Метрологические основы фотометрии. Виды и методы измерений. Эталоны и образцовые средства измерений. Использование моделей черного тела в фотометрии. Светоизмерительные лампы. Типы приёмников оптического излучения и их основные характеристики. Методы количественного регулирования излучения при измерениях.

Методы фотометрии. Основы зрительной фотометрии. Основы физической фотометрии. Принципиальные схемы физических фотометров. Фотографическая фотометрия и ее возможности. Методы измерения



освещенности, силы света и светового потока. Методы измерения яркости и фотометрических характеристик материалов.

Спектральные приборы и принципы их действия. Градуировка спектральных приборов. Измерение спектральных коэффициентов пропускания и отражения. Определение спектральной чувствительности приемников излучения. Методы импульсной фотометрии и их возможные погрешности.

Цветовые измерения и пирометрия излучения. Принципы зрительной и объективной колориметрии. Задачи и методы пирометрии излучения. Определение эквивалентных температур.

### **Источники оптического излучения**

Тепловые источники света. Основные параметры, характеризующие источники света. Закон Кирхгофа. Особенности и законы излучения черного тела. Селективные излучатели. Идеальные тела накала и их основные характеристики. Метод расчета тепловых потерь тел накала через газ. Эквивалентные поправки. Физические процессы, определяющие срок службы ламп накаливания. Методы оптимизации параметров ламп накаливания. Галогенные лампы накаливания и механизм галогенного цикла. Инженерные методы расчета ламп накаливания.

Источники излучения низкого давления. Элементы теории излучения разрядов низкого давления. Метод расчета лучистого потока спектральной линии (формула В.А. Фабриканта). Способы увеличения выхода резонансной линии ртути 253,7 и 184,9 нм в люминесцентных лампах. Основные характеристики люминофоров. Методы расчета и оптимизации параметров люминесцентных ламп, их физический и полезный сроки службы.

Пробой и зажигание газоразрядных ламп. Современные представления о механизме пробоя. Общие закономерности таунсендовского и стримерного механизмов пробоя. Моделирование предпробойных полей. Методики расчетной оценки напряжения пробоя. Эффект Пеннинга. Способы облегчения и управления условиями зажигания газоразрядных ламп.

Газоразрядные лампы высокой интенсивности. Элементы теории столба термических дуг. Проводимость, ток и излучение в термической плазме. Методы оценки и регулирования распределения температуры по сечению разряда ламп высокой интенсивности. Ртутные лампы высокой интенсивности, их перспективность. Устройство и принципиальные возможности металлогалогенных и натриевых ламп высокой интенсивности.

Импульсные источники света. Физические процессы в импульсных разрядах. Баланс энергии, электрические, излучательные и поглощательные свойства квазистационарной плазмы. Особенности излучения и надежность трубчатых и шаровых импульсных источников света. Основные свойства генераторов оптического излучения. Принцип действия лазеров. Активная среда, оптический резонатор. Устройство, отличительные особенности,

основные параметры и области использования современных лазеров.

### **Световые приборы**

Основы теории элементарных отображений. Принципы определения и использования элементарных отображений при расчете световых приборов. Фигура отображения светлых точек и коэффициент заполнения светлой частью поверхности оптического устройства. Усложненные оптические системы и образование их элементарных отображений. Яркость лучей элементарных отображений усложненных систем.

Принципы расчета световых приборов. Законы формирования светового пучка и методы расчета силы света прожекторных приборов. Последовательность расчета силы света дисковых и цилиндрических френелевских линз. Способы расчета оптических устройств отражателей и рассеивателей. Особенности расчета оптических устройств с направленно-рассеянным отражением и пропусканием света. Принципы оптимизации параметров световых приборов различного конструктивного исполнения. Усложненные оптические системы и методы их расчета. Принципы работы световодов.

### **Пускорегулирующие устройства**

Блок-схема комплекта «лампа-аппаратура пуска и регулирования». Основные параметры, характеризующие аппаратуру пуска и регулирования. Статические и динамические вольт-амперные характеристики газоразрядных ламп. Принципы электротехнического расчета контура с газоразрядной лампой. Условия устойчивости работы газоразрядной лампы в контуре.

Схемы зажигания и стабилизации работы газоразрядных ламп. Схемы зажигания газоразрядных ламп с холодными электродами. Схемы включения ламп с предварительным подогревом электродов. Схемы зажигания импульсом. Стартерные схемы. Схемы стартеров, обеспечивающих работу ламп в импульсном режиме. Принципы выбора типа схем для различных газоразрядных ламп.

Методы электротехнического расчета. Методы расчета контуров газоразрядная лампа - линейный индуктивный балласт, "газоразрядная лампа - емкостно-индуктивный линейный балласт". Особенности работы газоразрядных ламп с нелинейными балластами. Методы электротехнического расчета многоэлементных схем. Согласование пускового и рабочего режимов. Метод расчета многофазных схем включения газоразрядных ламп.

Расчет и конструирование индуктивного балласта. Определение исходных данных. Конструктивный расчет дросселя. Метод расчета балласта с использованием стандартного магнитопровода. Принципы оптимизации параметров индуктивного балласта. Метод конструктивного расчета трансформатора с большим внутренним сопротивлением.



## Светотехнические установки

Общие принципы нормирования светотехнических установок. Нормирование по видимости, работоспособности, технико-экономическим показателям. Качество освещения. Принципы нормирования количественных показателей освещения. Показатели ослепленности и дискомфорта, методы их определения. Цилиндрическая освещенность, способы определения и использования. Пульсация излучения. Правила и нормы искусственного освещения. Световой климат и его составляющие. Системы естественного освещения. Дополнительное искусственное освещение. Проблемы экологии и энергосбережения в осветительных установках.

Принципы светотехнического расчета. Методики расчета освещенности от точечного, линейного и поверхностного источников излучения.

Методы определения коэффициентов потока. Учет многократных отражений при расчете установок.

Методы проектирования установок. Выбор и принципы оценки эффективности вариантов. Выбор и определение исходных светотехнических параметров. Метод расчета мощности светотехнических установок. Схемы питания, расчет и конструктивное выполнение осветительных сетей. Системы освещения. Оптимальное расположение светильников.

Механизм действия, способы и особенности расчета, способы оценки эффективности и принципы конструирования светотехнических установок. Установки инфракрасного нагрева и отверждения лакокрасочных покрытий. Установки ультрафиолетового облучения. Фотохимические облучательные (электрографического действия) установки, установки облучения растений.

Архитектурное освещение. Приемы освещения. Моделирование архитектурного освещения. Использование программных средств для проектирования архитектурного освещения.

### Вопросы для самоконтроля:

1. Чему равен один стерадиан?
2. Рассчитайте телесный угол для части сферической поверхности площадью  $0,8 \text{ м}^2$ , расположенной на расстоянии 4 м от источника света.
3. Чему равна пространственная облученность внутри замкнутой равнорядкой поверхности?
4. Чему равен световой вектор внутри замкнутой равнорядкой поверхности?
5. Построить зависимость облученности от двух точечных источников, находящихся на расстоянии  $l$  друг от друга, поверхности, перпендикулярной прямой их соединяющей, от расстояния между ними вдоль этой прямой.
6. Возможен ли оптический прибор усиливающий яркость?
7. Найти зависимость облученности от равнорядкой сферы радиуса  $R$  плоскости нормальной прямой, соединяющей центр сферы с исследуемой точкой, от расстояния до центра сферы.

8. Найти зависимость облученности от равнояркого диска радиуса  $R$  плоскости нормальной прямой, соединяющей центр диска с исследуемой точкой, от расстояния до центра диска.
9. Определить облученность на нижней границе диффузно освещенной сверху плоскопараллельной пластины толщиной  $d$  из материала с показателем поглощения  $\square$ .
10. Определить нормальную облученность излучения, отраженного от прозрачной плоскопараллельной пластины, освещенной параллельным пучком, имеющей коэффициент направленного пропускания  $\square$  и отражения от границ  $\square$ .
11. Каково пропускания нормального параллельного светового пучка стеклянной пластиной без поглощения.
12. Найти связь коэффициента отражения с коэффициентом яркости.
13. Найти связь яркости поверхности со светимостью.
14. Как определить яркость неба.
15. Почему небо синее, а закат и восход красный?
16. Почему радуга дугой?
17. Что такое показатель преломления? Чему равен показатель преломления вакуума? Воздуха?
18. Что такое дисперсия как характеристика материала?
19. Закон Снеллиуса.
20. Что означает выражение "поляризованный свет"? Почему отраженный свет является поляризованным?
21. Что такое угол полного внутреннего отражения?
22. Что такое угол Брюстера?
23. Объясните парадокс поглощения света веществом: после поглощения фотона атом переходит в состояние с большей энергией, после чего возвращается в исходное состояние с испусканием кванта той же энергии. Поглощение света невозможно.
24. Назовите причины уширения спектральной линии.
25. Что такое правила отбора?
26. Опишите спектр молекулы: электронные уровни, колебательные уровни, вращательные уровни.
27. Что такое вырождение?
28. Получите закон Аллара – зависимость облученности от точечного источника в чисто поглощающей среде от расстояния до источника?
29. Почему в темноте от фонаря струится свет?
30. Почему небо синее, а облака белые?
31. Когда тени более резкие: днем или ночью? Почему?
32. Кардинальные точки идеальной оптической системы.
33. Типы диафрагм оптической системы.
34. Как изменяется освещенность в фокальной плоскости идеальной оптической системы от равнояркого протяженного источника.
35. Как связаны длина волны и частота излучения?
36. Чему равен  $1 \text{ \AA}$ ?  $1 \text{ нм}$ ?



37. Какие длины волн соответствуют видимой области?
38. Перечислите основные источники излучения? Какой из них не требует электропитания?
39. Опишите абсолютно черное тело. Каковы его основные свойства?
40. Сформулируйте закон Кирхгофа, описывающий излучательную способность любого тела.
41. Какую физическую величину описывает закон Вина? В какую область длин волн происходит смещение максимума излучения черного тела при увеличении температуры?
42. Как определяется цветовая температура источника излучения?
43. Какова цветовая температура прямого солнечного света?
44. Что происходит внутри лампы накаливания, когда через ее спираль проходит электрический ток?
45. Почему угольная нить в лампах накаливания была заменена на вольфрамовую?
46. Почему важным свойством нити накаливания является скорость испарения материала нити? Как можно изменять скорость испарения?
47. Какова цветовая температура ламп накаливания?
48. Какой части спектра лампы накаливания соответствует максимум излучаемой ею энергии?
49. Если сравнивать две лампы накаливания: с цветовой температурой 2700 и 3200 К – какая из них будет давать свет, более близкий по спектральному составу к солнечному свету?
50. Как определяется к.п.д. лампы? В каких пределах лежат значения к.п.д. лампы накаливания?
51. Почему в свете лампы накаливания труднее, чем при солнечном свете, различать оттенки голубого цвета и легче различить желтое изображение на белой бумаге? Чем следует руководствоваться при выборе источника излучения, если требуется передать тонкие оттенки голубого?
52. Как определяется световая отдача источника света?
53. Зачем вместо стекла колба лампы делается из кварца? Какие свойства дают этим лампам преимущества перед стеклянными? В чем недостатки кварцевых ламп?
54. Каков средний срок службы ламп накаливания?
55. Что происходит внутри ртутной и натриевой лампы, когда они излучают свет?
56. Сравните световую отдачу ламп накаливания и ртутных ламп?
57. Какого цвета излучение ртутной лампы? Натриевой лампы? У какой из них цветовая температура выше?
58. Почему ртутная и натриевая лампы плохо передают цвет?
59. Во сколько раз интенсивность лунного "света" меньше, чем интенсивность солнечного света?
60. Что такое люминесценция?
61. Чем отличается фосфоресценция от флуоресценции?

62. Почему холодно белые лампы получили такое название? Сравните с тепло-белыми.
63. В чем различие стандартных ламп и ламп типа "делюкс"? Какие позволяют получить лучшую цветопередачу? Какая из этих ламп является более экономичной?
64. Каков принцип работы импульсных ламп? Какие характеристики этих ламп ограничивают их использование?
65. Качественные характеристики осветительных установок.
66. Роль многократных отражений в оценке восприятия сцены освещения.

**Вопросы, включенные в билеты для проведения экзамена:**

1. Энергетические и световые величины и единицы. Распределение излучения по спектру. Относительные спектральные световые эффективности излучения для дневного и ночного зрения. Телесный угол. Яркость пучка лучей. Эквивалентная яркость. Актиничность и относительная актиничность излучения.
2. Оптические и светотехнические характеристики материалов. Спектральные и интегральные коэффициенты отражения, пропускания и поглощения излучения. Френелевское отражение. Коэффициент яркости. Инвариант Штраубеля.
3. Световое поле. Интегральные характеристики светового поля. Функция ценности поля. Расчет светового вектора для равных по яркости излучателей. Общий случай расчета координат светового вектора. Интегральные характеристики светового поля различных источников излучения.
4. Общие законы преобразования излучения. Механизм поглощения излучения. Законы квантовой эквивалентности. Основные законы фотохимии. Фотографическое действие излучения. Фотобиологическое действие излучения и фотосинтез.
5. Прохождение излучения через поглощающие и рассеивающие среды. Уравнение переноса излучения. Закон Бугера-Ламберта. Рассеяние излучения (Рэля, Ми, Смолуховского). Коэффициент многократных отражений.
6. Глаза как органы зрения. Установившийся и неуставившийся зрительные процессы. Особенности глаза как приемника оптического излучения. Методы определения зрительных порогов. Пороговые контрасты. Светлота. Острота зрения. Эквивалентные параметры. Световая адаптация и адаптация в темноте. Зрительная индукция. Слепящее действие излучения.
7. Основы учения о цвете. Трехцветная теория зрения. Цвет и его компоненты. Современные цветовые системы. Цветовые расчеты в различных системах. Восприятие цвета.
8. Основные понятия и законы геометрической оптики. Параметры оптической системы. Преломление лучей в оптической системе. Теория идеальной оптической системы. Аберрации оптических систем.



9. Типовые оптические системы фотометрии. Сложные оптические системы. Элементы оптических систем. Принципы габаритного расчета типовых оптических систем.
10. Метрологические основы фотометрии. Виды и методы измерений. Эталоны и образцовые средства измерений. Использование моделей черного тела в фотометрии. Светоизмерительные лампы. Типы приёмников оптического излучения и их основные характеристики. Методы количественного регулирования излучения при измерениях.
11. Методы фотометрии. Основы зрительной фотометрии. Основы физической фотометрии. Принципиальные схемы физических фотометров. Фотографическая фотометрия и ее возможности. Методы измерения освещенности, силы света и светового потока. Методы измерения яркости и фотометрических характеристик материалов.
12. Спектральные приборы и принципы их действия. Градуировка спектральных приборов. Измерение спектральных коэффициентов пропускания и отражения. Определение спектральной чувствительности приемников излучения. Методы импульсной фотометрии и их возможные погрешности.
13. Цветовые измерения и пирометрия излучения. Принципы зрительной и объективной колориметрии. Задачи и методы пирометрии излучения. Определение эквивалентных температур.
14. Тепловые источники света. Закон Кирхгофа. Особенности и законы излучения черного тела. Селективные излучатели. Идеальные тела накала и их основные характеристики. Метод расчета тепловых потерь тел накала через газ. Эквивалентные поправки. Физические процессы, определяющие срок службы ламп накаливания. Галогенные лампы накаливания и механизм галогенного цикла. Инженерные методы расчета ламп накаливания.
15. Источники излучения низкого давления. Элементы теории излучения разрядов низкого давления. Метод расчета лучистого потока спектральной линии. Способы увеличения выхода резонансной линии ртути 253,7 и 184,9 нм в люминесцентных лампах. Основные характеристики люминофоров. Методы расчета и оптимизации параметров люминесцентных ламп, их физический и полезный сроки службы.
16. Пробой и зажигание газоразрядных ламп. Современные представления о механизме пробоя. Общие закономерности таунсендовского и стримерного механизмов пробоя. Моделирование предпробойных полей. Методики расчетной оценки напряжения пробоя. Эффект Пеннинга. Способы облегчения и управления условиями зажигания газоразрядных ламп.
17. Газоразрядные лампы высокой интенсивности. Элементы теории столба термических дуг. Проводимость, ток и излучение в термической плазме. Методы оценки и регулирования распределения температуры по сечению разряда ламп высокой интенсивности. Ртутные лампы высокой



- интенсивности, их перспективность. Устройство и принципиальные возможности металлогалогенных и натриевых ламп высокой интенсивности.
18. Импульсные источники света. Физические процессы в импульсных разрядах. Баланс энергии, электрические, излучательные и поглотительные свойства квазистационарной плазмы. Особенности излучения и надежность трубчатых и шаровых импульсных источников света. Основные свойства генераторов оптического излучения. Принцип действия лазеров. Активная среда, оптический резонатор. Устройство, отличительные особенности, основные параметры и области использования современных лазеров.
  19. Основы теории элементарных отображений. Принципы определения и использования элементарных отображений при расчете световых приборов. Фигура отображения светлых точек и коэффициент заполнения светлой частью поверхности оптического устройства. Усложненные оптические системы и образование их элементарных отображений. Яркость лучей элементарных отображений усложненных систем.
  20. Принципы расчета световых приборов. Законы формирования светового пучка и методы расчета силы света прожекторных приборов. Последовательность расчета силы света дисковых и цилиндрических френелевских линз. Способы расчета оптических устройств отражателей и рассеивателей. Особенности расчета оптических устройств с направленно-рассеянным отражением и пропусканием света. Принципы оптимизации параметров световых приборов различного конструктивного исполнения. Усложненные оптические системы и методы их расчета. Принципы работы световодов.
  21. Блок-схема комплекта «лампа-аппаратура пуска и регулирования». Основные параметры, характеризующие аппаратуру пуска и регулирования. Статические и динамические вольт-амперные характеристики газоразрядных ламп. Принципы электротехнического расчета контура с газоразрядной лампой. Условия устойчивости работы газоразрядной лампы в контуре.
  22. Схемы зажигания и стабилизации работы газоразрядных ламп. Схемы зажигания газоразрядных ламп с холодными электродами. Схемы включения ламп с предварительным подогревом электродов. Схемы зажигания импульсом. Стартерные схемы. Схемы стартеров, обеспечивающих работу ламп в импульсном режиме. Принципы выбора типа схем для различных газоразрядных ламп.
  23. Методы электротехнического расчета. Методы расчета контуров газоразрядная лампа - линейный индуктивный балласт, "газоразрядная лампа - емкостно-индуктивный линейный балласт". Особенности работы газоразрядных ламп с нелинейными балластами. Методы электротехнического расчета многоэлементных схем. Согласование пускового и рабочего режимов. Метод расчета многофазных схем включения газоразрядных ламп.



24. Расчет и конструирование индуктивного балласта. Определение исходных данных. Конструктивный расчет дросселя. Метод расчета балласта с использованием стандартного магнитопровода. Принципы оптимизации параметров индуктивного балласта. Метод конструктивного расчета трансформатора с большим внутренним сопротивлением.
25. Общие принципы нормирования светотехнических установок. Нормирование по видимости, работоспособности, технико-экономическим показателям. Качество освещения. Пульсация излучения. Правила и нормы искусственного освещения. Световой климат и его составляющие. Системы естественного освещения. Дополнительное искусственное освещение. Проблемы экологии и энергосбережения в осветительных установках.
26. Принципы светотехнического расчета. Методики расчета освещенности от точечного, линейного и поверхностного источников излучения. Методы определения коэффициентов потока. Учет многократных отражений при расчете установок.
27. Методы проектирования установок. Выбор и принципы оценки эффективности вариантов. Выбор и определение исходных светотехнических параметров. Метод расчета мощности светотехнических установок. Схемы питания, расчет и конструктивное выполнение осветительных сетей. Системы освещения. Оптимальное расположение светильников.
28. Механизм действия, способы и особенности расчета, способы оценки эффективности и принципы конструирования светотехнических установок. Установки инфракрасного нагрева и отверждения лакокрасочных покрытий. Установки ультрафиолетового облучения. Фотохимические облучательные (электрографического действия) установки, установки облучения растений.
29. Архитектурное освещение. Приемы освещения. Моделирование архитектурного освещения. Использование программных средств для проектирования архитектурного освещения.

## **ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

### **Требования и критерии оценивания ответов экзамена**

В процессе экзамена оценивается уровень научно-исследовательской компетентности аспиранта, что проявляется в квалифицированном представлении результатов обучения.

При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется аспиранту, который показал 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 «ХОРОШО» выставляется аспиранту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который:

- а) не ответил на вопросы экзаменационного билета
- б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

**Данные критерии указаны Инструктивном письмом И-23 от 14 мая 2012 г.**

## **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Основная литература:

1. Справочная книга по светотехнике / под общ. ред. Ю.Б. Айзенберга и Г.В.Бооса. – 4-е изд., полностью перераб. и доп. – М., 2019.
2. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. – М.: Энергоиздат, 2012.
3. Щепетков Н.И. Световой дизайн города. – М.: Архитектура-С, 2006.
4. Шашлов А.Б. Основы светотехники: учебник для вузов. – М.: Логос 2011
5. Энергоэффективное электрическое освещение: учебное пособие / С.М. Гвоздев, Д.И. Панфилов, Т.К. Романова и др.; под ред. Л.П. Варфоломеева. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013.
6. Шеховцов В.П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов. – М.: ФОРУМ, 2009.

Дополнительная литература:

1. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Знак, 2006.



2. Handbook of optics. Volume 2. Design, Fabrication, and Testing; Sources and Detectors; Radiometry and Photometry / Ed. Michael Bass. The McGraw-Hill, 2010.
3. Handbook of optics. Volume 3. Vision and Vision Optics / Ed. Michael Bass. The McGraw-Hill, 2010.
4. Handbook of optics. Volume 4. Optical Properties of Materials, Nonlinear Optics, Quantum Optics / Ed. Michael Bass. The McGraw-Hill, 2010.
5. IESNA Lighting Handbook, 10 edition /, Eds. David DiLaura, Kevin Houser, Richard Mistrick, Gary Steffy. – IESNA, 2012.

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение: *(программное обеспечение, на которое кафедра или МЭИ имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение)*

Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ»  
<https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>

Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>

База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>

База данных Scopus <https://www.scopus.com>

Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ  
<https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
<https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ  
<http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование»  
<https://openedu.ru>

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ"  
<https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому  
регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры светотехники  
к.ф.-м.н.

А.Н. Туркин

Зам. заведующего кафедрой  
светотехники  
канд. техн. наук, доцент

В.Ю. Снетков

Директор ИРЭ  
к.т.н., доцент

Р.С. Куликов