

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра электроснабжения

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ О.Г.Локтионова

« ____ » _____ 2021г.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Методические указания к практическим занятиям

для студентов направления подготовки 13.03.02

УДК 621.31

Составители: В.И. Бирюлин, О.М. Ларин

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электро-снабжение»

А.Н. Горлов

Электрическое освещение: методические указания к практическим занятиям / Юго-Зап.. гос. ун-т; сост.: В.И. Бирюлин, О.М. Ларин. Курск, 2021. 26 с.: ил. 7. Библиогр.: с.23.

Содержат сведения по выполнению практических занятий по дисциплине «Электрическое освещение» для направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84/16.

Усл.печ.л. . Уч.–изд.л . Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94

ВВЕДЕНИЕ

Электрическим источником света называют устройство, предназначенное для преобразования поступающей из сети электрической энергии в световое излучение, вызывающее зрительное ощущение при попадании на сетчатку глаза. Световое излучение имеет длины волн в пределах 380-780 нм.

Для систем электрического освещения производственных помещений и территорий предприятий применяются электрические источники света, которые делятся на две большие группы по способу генерирования ими светового излучения:

- газоразрядные лампы низкого и высокого давления;
- лампы накаливания.

В системах электрического освещения производственных помещений предпочтение должно отдаваться газоразрядным лампам, как более экономичным источникам света. Использование ламп накаливания допускается только в случае невозможности или же экономической нецелесообразности применения газоразрядных ламп.

Основные характеристики ламп:

- номинальное напряжение питающей сети U , В;
- номинальная мощность W , Вт;
- световой поток Φ , лм;
- световая отдача (отношение светового потока лампы к ее мощности) Φ/W , лм/Вт;
- срок службы t , ч;
- спад светового потока через определенное время эксплуатации.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Электрические лампы накаливания, газоразрядные лампы низкого давления

Лампы накаливания (ЛН)

Действие ЛН основано на излучении раскаленной нити накала из тугоплавкого металла (вольфрама) видимого света. В настоящее время выпускается много типов ЛН, отличающихся номинальным напряжением, мощностью и родом тока, но они объединены единым принципом получения видимого излучения (нагрев электрическим током вольфрамовой нити до температуры 2200-2800°С) и сходством применяемых во всех конструкциях основных составляющих элементов.

Они имеют широкое распространение (но главным образом для освещения жилых помещений), благодаря своим следующим достоинствам:

- относительно низкая стоимость;
- простота в изготовлении;
- удобство и надежность в эксплуатации (не требуют включения в сеть дополнительных пусковых устройств, имеют незначительный период разгорания, компактны, практически не зависят от условий окружающей среды, световой поток к концу срока службы снижается незначительно).

Однако ЛН имеют и существенные недостатки:

- низкая световая отдача (7...20 лм/Вт), а, следовательно, неэкономичность эксплуатации;
- небольшой срок службы (до 2,5 тыс. часов.);
- неблагоприятный спектральный состав излучения (преобладание желтой и красной частей спектра при недостатке в синей и фиолетовой его частях по сравнению с естественным светом);
- нерациональное распределение светового потока для большинства ламп, что требует применения осветительной арматуры (светильников).

Галогенные лампы накаливания (ГЛН)

Они имеют по сравнению с обычными ЛН более высокий срок службы, значительно меньшие размеры, более высокие термостойкость и механическую прочность, благодаря применению кварцевой колбы, а также повышенную светоотдачу. Источником оптического излучения в ГЛН является разогретый электрическим током до температуры свечения проводник, находя-

щийся в среде, обеспечивающей галогенный цикл (образование на стенке колбы летучих соединений галогенидов вольфрама, которые испаряются со стенки, разлагаются на раскаленной спирали и возвращают испарившиеся атомы вольфрама).

ГЛН обеспечивают световую отдачу от 25-30 лм/Вт и имеют значительно более долгий по сравнению с обычными лампами накаливания срок службы (3000 - 5000 часов). Эти лампы имеют сплошной спектр, в основном в видимой и инфракрасной области спектра, и высокое постоянство светового потока на протяжении всего срока эксплуатации, обеспечивая к концу срока службы 85-95% от его начального значения. При эксплуатации включаются в сеть питания напряжением от нескольких вольт, до 380 В без каких либо дополнительных устройств.

Люминесцентные лампы

ЛЛ – газоразрядные лампы низкого давления, выполненные в виде запаянной с двух сторон стеклянную трубку, на внутреннюю поверхность которой нанесен слой люминофора — вещества, светящегося под действием ультрафиолетовых лучей.

В торцы лампы впаяны два электрода. Воздух из лампы удален, и вместо него введены небольшое количество аргона и капля ртути, которая при работе лампы превращается в пар (аргон облегчает создание электрического разряда). Давление внутри лампы составляет 400 Па.

Приложенное к электродам лампы переменное сетевое напряжение вызывает электрический разряд внутри лампы между электродами люминесцентной лампы и прохождение тока в парах ртути и аргона, наполняющих лампу. Электрод, с которого в текущий момент осуществляется выделение электронов, называется катодом. Эмиссия (выделение) электронов в люминесцентной лампе происходит при нагреве катода до достаточно высокой температуры и поэтому называется термоэлектронной.

ЛЛ применяются для освещения внутренних отапливаемых помещений и являются более предпочтительными, чем лампы накаливания.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Газоразрядные лампы высокого давления, системы освещения с использованием световодов и светодиодных ламп

Дуговая ртутная люминесцентная лампа ДРЛ

ДРЛ - газоразрядная лампа высокого давления. В ртутных лампах ДРЛ используется газовый разряд в парах ртути при давлениях, намного превышающих атмосферное. Такие лампы представляют собой толстостенную кварцевую трубку (горелку) с двумя или более электродами, вмонтированную во внешнюю колбу из термостойкого стекла, стенки которой изнутри покрыты люминофором.

Внутри горелки находятся дозированная капля ртути и газ аргон; в торцы ее впаяны вольфрамовые электроды. Аргон облегчает зажигание разряда в холодной трубке, и после зажигания разряда начинается процесс испарения ртути, которая переходит в парообразное состояние, после этого устанавливается дуговой разряд между рабочими электродами.

Существенным недостатком ламп ДРЛ является преобладание в спектре сине-зеленой части, что исключает их применение, когда объектами различия являются лица людей или окрашенные поверхности.

Преимущество ламп ДРЛ перед ЛЛ заключается в независимости их работы от температуры окружающей среды. Поэтому они применяются для освещения территорий предприятий, населенных пунктов, а также производственных помещений большой высоты.

Металлогалогенная лампа (МГЛ)

Металлогалогенная лампа типа ДРИ (дуговая ртутная с излучающими добавками) по своей конструкции аналогична лампе ДРЛ. Принципиальное различие заключается в том, что внутри разрядных колб МГЛ кроме ртути и аргона (или другого инертного газа) дополнительно вводят определенные элементы, обычно металлы, но не в чистом виде, а в форме химических соединений. В результате этого удается в широких пределах изменять спектр излучения разряда.

МГЛ имеют маркировку ДРИ - дуговая ртутная с излучающими добавками. Далее следуют буквы, обозначающие конструктивные особенности: З - зеркальная, Ш - шаровая и т.п., цифры обозначают мощность в ваттах, затем через дефис следует номер разработки.

Внешне лампа ДРИ отличается от лампы ДРЛ отсутствием люминофорного покрытия колбы. Лампы ДРИ излучают практически сплошной спектр, приближающийся к естественному (преимущество перед ДРЛ), кроме того они имеют более высокую светотдачу. Недостатком ламп этого типа является значительный разброс по цветности между отдельными лампами в зависимости от положения горения. Время разгорания ламп 2-5 мин. Время повторного зажигания определяется скоростью ее остывания и в зависимости от мощности лампы, ее конструкции и схемы включения меняется от 3 до 20 мин.

Натриевые лампы высокого давления (НЛВД)

В результате весьма большой работы были созданы натриевые лампы со световыми отдачами от 90 до 130 лм/Вт на сроки службы 10-20 тыс.ч.

Данные лампы содержат смесь паров натрия, ртути при высоком давлении и зажигающий газ – ксенон. Натрий является основным рабочим веществом, ртуть вводится для повышения температуры разряда, ксенон повышает световую отдачу. НЛВД имеет цилиндрическую разрядную трубку, смонтированную в вакуумированной внешней колбе, которая изготавливается из стекла вольфрамовой группы или кварца.

Лампы, как правило, не имеют зажигающих электродов, и для их зажигания необходим импульс напряжения от 2 до 4 кВ. Разработаны также лампы, которые зажигаются непосредственно от сети 220 В, но их световая отдача на 20-25% ниже обычной.

Системы освещения с использованием световодов

Системы освещения с использованием световодов являются новым направлением в создании экономичных, надежных и удобных в эксплуатации систем освещения.

Световоды предназначены для передачи светового потока от электрического источника света к освещаемому объекту. Их преимущество перед традиционным построением систем электрического освещения состоит в следующем:

- возможность создания полностью взрыво-, пожаро- и электробезопасных осветительных установок;
- обеспечение высокой равномерности распределения освещенности при отсутствии слепящего действия;
- резкое снижение числа используемых источников света и, вместе с этим, затрат на монтаж и эксплуатацию осветительных установок;
- значительное сокращение питающих электрических сетей;

- энергосбережение в осветительных установках за счет использования мощных и экономичных источников света.

В настоящее время используются два основных типа полых протяженных световодов: зеркальные щелевые световоды на основе использования металлического отражения от большей части внутренней поверхности световода (цилиндрические и плоские клиновидные световоды) и призматические световоды, основанные на использовании эффекта полного внутреннего отражения в призмах, покрывающих всю их наружную поверхность.

Светодиоды и светодиодные лампы

В последние годы происходит стремительное совершенствование светодиодов – полупроводниковых источников света, которые с высокой вероятностью в ближайшем будущем преобразят мир искусственного освещения. Светодиоды, или светоизлучающие диоды широко применяются как миниатюрные индикаторы (обычно красного или зеленого цвета) в различных отраслях техники.

По своей конструкции светодиод – это полупроводниковый диод, основанный на p-n – переходе, представляющем соединенные вместе два куска полупроводника с разными типами проводимости. (один с избытком электронов – «n-тип», второй с избытком дырок – «р-тип»). Если к p-n – переходу присоединить плюсом электрической цепи к р-части, то через него потечет ток, и при этом при рекомбинации электрических зарядов может выделяться излучение квантов света – фотонов.

Кроме высокой световой отдачи, малого энергопотребления и возможности получения любого цвета излучения, светодиоды обладают целым рядом других привлекательных свойств.

Отсутствие нити накала (или же нагреваемых электродов в газоразрядных лампах), благодаря нетепловой природе излучения светодиодов, обуславливает фантастический срок службы. Производители светодиодов декларируют срок службы до 100 тыс. ч, или 11 лет непрерывной работы, – срок, сравнимый с жизненным циклом многих осветительных установок. Также отсутствие стеклянной колбы обеспечивает очень высокую механическую прочность и надежность.

Малое тепловыделение и низкое питающее напряжение обеспечивает высокий уровень безопасности, а безынерционность излучения делает светодиоды незаменимыми, когда нужно как можно меньше время срабатывания (например, для стоп-сигналов или аварийных индикаторов).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Схемы включения в электрическую сеть ламп различных типов

Схемы включения ламп накаливания

Лампы накаливания включают в сеть между фазным и нулевым проводами при помощи патронов (пластмассовых или керамических), имеющих стандартные размеры E14, E27 и E40 – числа показывают диаметр резьбы цоколя лампы. К верхнему контакту патрона подсоединяют фазный провод, а к боковой резьбе патрона - нулевой. Выключатель устанавливают в рассечку фазного провода.

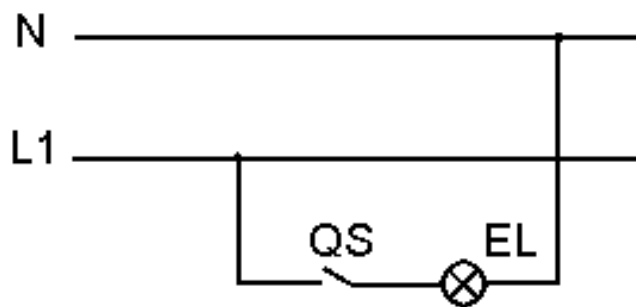


Рисунок 1. Схема включения электрических ламп накаливания

Схемы включения люминесцентных ламп

Включение люминесцентных ламп более сложно, так как требуется пробить газовый промежуток между электродами и зажечь лампу. Возникающий газовый разряд необходимо стабилизировать, иначе ток в лампе возрастет выше допустимого и перегорят электроды.

Для зажигания люминесцентной лампы и ее нормальной работы требуется стартер (зажигатель), дроссель (ПРА - пускорегулирующий аппарат), конденсаторы. Стартер служит для автоматического включения и выключения предварительного накала электродов. Дроссель облегчает зажигание лампы, а также ограничивает ток и обеспечивает ее устойчивую работу. На рис. 2 приведена простейшая схема стартерного (импульсного) зажигания люминесцентной лампы, включенной в сеть 127-220 В. При этом следует помнить, что стартеры включаются параллельно лампе, а дроссели - последовательно с лампой.

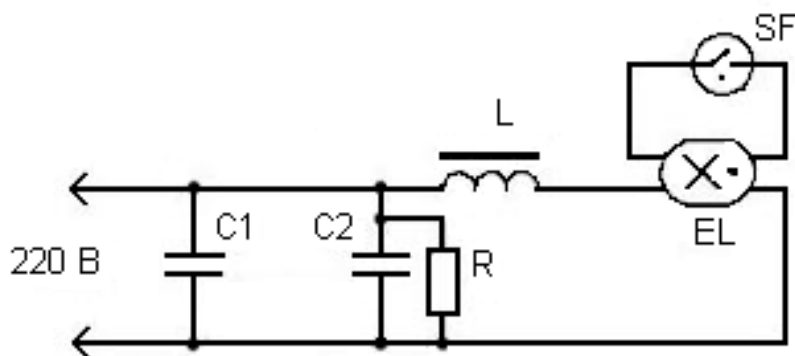


Рисунок 2. Схема включения ЛЛ: EL - лампа люминесцентная; SF – стартер; C1,2 - конденсаторы; LL – дроссель

Для облегчения зажигания ламп широко применяют предварительный нагрев электродов до температуры, обеспечивающей термоэмиссию, достаточную для зажигания разряда при более низких напряжениях. Нагрев производится путем их кратковременного включения в цепь тока, что достигается замыканием контакта соответствующего устройства (стартера, динистора и др.). При последующем размыкании контакта возникает импульс напряжения, превышающий напряжение сети.

Схемы включения ламп типа ДРЛ

Схемы включения ламп ДРЛ в сеть просты (рис. 3). Последовательно с лампой включается дроссель LL. В отдельных случаях, когда лампы приходится зажигать при особо низких температурах наружного воздуха, можно применить ПРА с автотрансформатором, обеспечивающим необходимое повышение напряжения питающей сети.

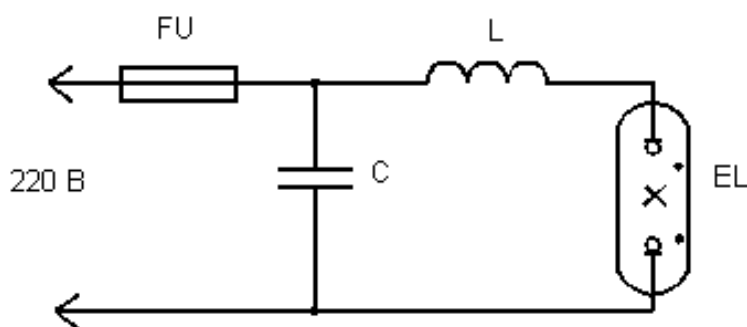


Рисунок 3. Схема включения ламп ДРЛ: FU - предохранитель; C - конденсатор; EL - лампа ДРЛ; LL – дроссель.

Характерной особенностью ламп ДРЛ является то, что после включения лампы в сеть и зажигания в ней разряда для установления стационарного режима ее работы, в зависимости от мощности лампы, требуется время от 3 до 10 мин. Этот период можно назвать периодом разжигания лампы. Стационарное состояние наступает при полном испарении ртути, после чего все электрические и световые параметры лампы не изменяются. На длительность пускового периода лампы оказывает влияние температура окружающей среды. При пониженных температурах время пускового периода растет.

Схемы включения МГЛ

Вследствие более высоких напряжений зажигания и перезажигания МГЛ, чем у ртутных ламп ДРЛ, для эффективной работы МГЛ в сетях 220 В, 50 Гц необходимы специальные схемы включения и пускорегулирующая аппаратура, обеспечивающие надежное зажигание и перезажигание ламп.

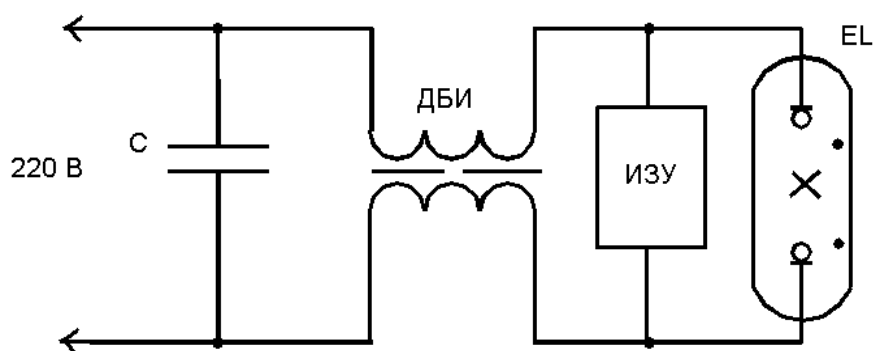


Рисунок 4. Схема включения ламп ДРИ: С - конденсатор; EL - лампа ДРИ; ДБИ – дроссель балластный индуктивный, ИЗУ – импульсное зажигающее устройство.

Схемы включения НЛВД

На рис.5 приведены один вариант схемы, устраняющий этот недостаток. Здесь последовательно со стартером включена лампа накаливания мощностью 150 Вт на напряжение 220 В, выполняющая роль токоограничивающего сопротивления

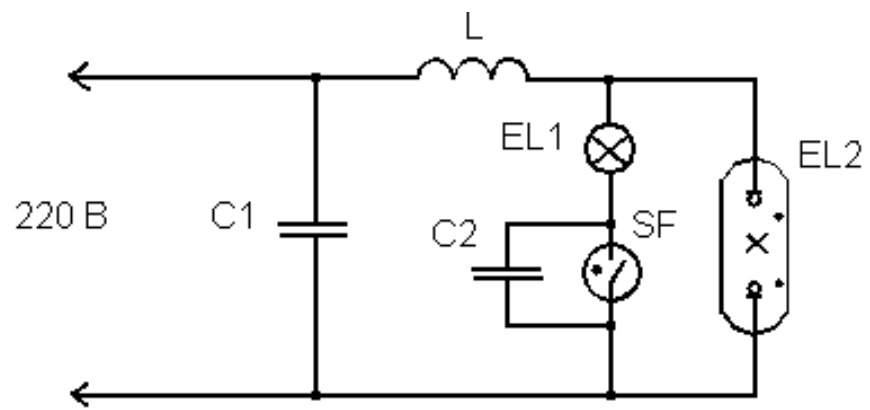


Рисунок 5. Схема включения ламп ДНаТ: C1 и C2 - конденсаторы; EL1 - лампа накаливания; EL2 – лампа ДНаТ; L – дроссель, SF - стартер.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Выбор светильников

Светильник представляет собой совокупность источника электрического света и осветительной арматуры, перераспределяющей световой поток источника света в окружающем пространстве. Также осветительная арматура служит для подвода электроэнергии к источнику света, крепления самого светильника и защиты источника света от загрязнения и механического повреждения.

Светильники характеризуются следующими основными параметрами:

- распределением светового потока в пространстве (рис. 6);
- защитным углом (рис. 7);
- типом кривой силы света;
- коэффициентом полезного действия.

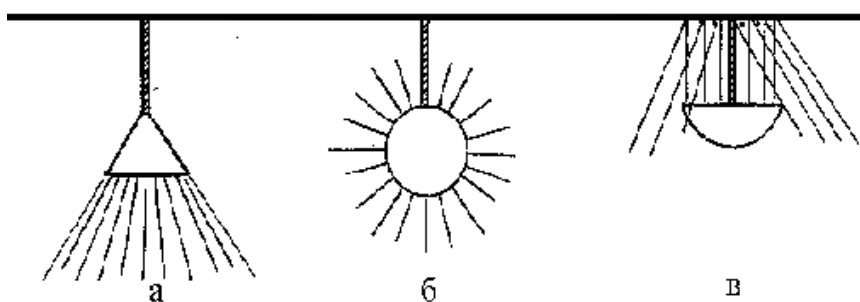


Рисунок 6. Распределение светового потока в светильниках: а – прямого; б – рассеянного; в – отраженного света.

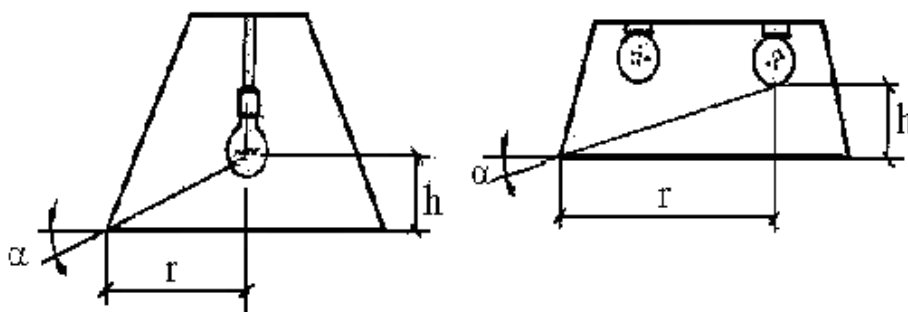


Рисунок 7. Защитный угол светильника: а – с лампами накаливания или газоразрядными лампами высокого давления; б – с люминесцентными лампами.

Распределение светового потока в пространстве определяется конструкцией данного светильника. В зависимости величины светового потока (F), направляемого в нижнюю полусферу, все светильники подразделяются на 5 классов:

- 1) прямого света П, если эта F более 80 %;
- 2) преимущественно прямого Н, F составляет от 60 до 80 %;
- 3) рассеянного Р, F составляет от 40 до 60 %;
- 4) преимущественно отраженного В, F составляет от 20 до 40 %;
- 5) отраженного О, F менее 20 %.

Защитный угол α (см. рис. 7) определяется отношением h и r (рис.7), т.е. это угол между горизонталью и линией, соединяющей нить накала (поверхность лампы) с противоположным краем отражателя. Защитный угол характеризует степень пространственного ограничения рассматриваемым светильником слепящего действия источника света.

Кривая силы света дает зависимость значений силы света от углов направления на светильник и определяется тем или иным типом, имеющим буквенное обозначение.

Коэффициент полезного действия светильника – это отношение фактического светового потока светильника к световому потоку источника света.

Светильники классифицируются также по степени защиты от пыли, воды, взрыва, способу установки и электроизоляции.

Условные обозначения светильников

Принята следующая схема условных обозначений светильников:

Пример: РСП 26 - 1 x 125 - 001.У4.

•*Р – Источник света:*

Н – лампа накаливания общего назначения;

И – кварцевая галогенная лампа накаливания;

Л – прямые люминесцентные лампы;

Р – ртутные лампы типа ДРЛ;

Г – ртутные лампы типа ДРИ;

Ж – натриевые лампы;

Б – бактерицидные лампы;

К – ксеноновые трубчатые лампы.

•*С – способ установки:*

С – подвесные;

П – потолочные;

Б – настенные;

Т – напольные и венчающие;

- В – встраиваемые;
- К – консольные;
- Р – ручные, сетевые;
- Ф – ручные, аккумуляторы;
- П – Назначение светильника:*
 - П – для промышленных предприятий;
 - Р – для рудников и шахт;
 - О – для общественных зданий;
 - Б – для жилых (бытовых) помещений;
 - У – для наружного освещения;
- 26 – Номер серии.*
- 1 – Количество ламп в светильнике.*
- 125 – Мощность лампы.*
- 001 – Номер модификации.*
- У – Климатическое исполнение:*
 - У – для районов с умеренным климатом;
 - Т – для районов с тропическим климатом;
 - ТВ – тропического влажного климата;
 - О – общеклиматического исполнения;
 - ХЛ – холодного.
- 4 - Категория размещения светильника:*
 - 1 – на открытом воздухе;
 - 2 – под навесом;
 - 3 – в закрытых неотапливаемых помещениях;
 - 4 – в закрытых отапливаемых помещениях.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

Выбор типа ламп, выбор мест расположения светильников

Построение систем электрического освещения во многом зависит от геометрических размеров производственных помещений, среди которых наиболее распространенными являются цеха. Типовые цеха промышленных предприятий располагаются в зданиях, имеющих высоту от 3,2 до 18 м и ширину пролетов от 9 до 30 м.

Расстояние между несущими железобетонными колоннами вдоль пролета составляет, как правило, 6 м. Таким образом, в зависимости от назначения цеха и отрасли, к которой относится предприятие, размеры производственных помещений изменяются в широких пределах

Выбор типа ламп

Большая часть механических цехов различных предприятий располагается в производственных зданиях, состоящих из пролетов и имеющих высоту до 6 м и ширину пролета от 9 до 30 м. Сборочные цеха приборостроительных, часовых и им подобных заводов располагаются, как правило, в многоэтажных зданиях высотой до 6 м и пролетами шириной 6-9 м. Для освещения таких цехов используются преимущественно ЛЛ.

На автомобильных, станкостроительных, трансформаторных и аналогичных им заводах сборочные и подобные им цеха, а также механические цеха машиностроительных предприятий размещаются на значительных площадях многопролетных корпусов с высотой зданий до 18 м, что объясняется необходимостью использования различных подъемно-транспортных средств. В таких помещениях целесообразно использовать газоразрядные лампы типа МГЛ или ДРЛ.

В большинстве цехов технологическое оборудование (станки, сборочные конвейеры и т.п.) располагается, как правило, явно выраженными рядами вдоль пролетов (станки могут иногда располагаться под небольшими углами к продольной оси цеха). Число рядов оборудования может изменяться в пределах от одного до четырех, в зависимости от размеров помещения.

Основной проход между рядами станков располагается в центре пролета и имеет ширину 2- 4 м, которая должна быть достаточной для проезда внутризаводского транспорта. Слесарные верстаки и столы работников тех-

нического контроля размещаются поодиночке или рядами на специально выделенных участках.

Работы в механических и сборочных цехах (на металлообрабатывающих станках, сборочных конвейерах, верстаках и стеллажах) состоят в основном в контроле правильности установки и обработки детали, фиксации деталей относительно друг друга и в зажимах станков, настройки станка, инструмента, контроле размеров, а также качества обработки и сборки.

Такие работы они относятся к I – IV разрядам зрительных работ (обработка деталей, связанная с контролем предельными калибрами – IVa; обработка деталей, связанная с контролем универсальным инструментом – IIIa; сборка инструмента – Ia; сборка в цехах машиностроения – IIIa, IIIб; сборка в цехах приборостроения – Ib; сборка в цехах деревообрабатывающих заводов – IVв и т.д.).

Такая зрительная нагрузка требует комбинированного освещения с преимущественным использованием для общего освещения ЛЛ типа ЛБ (белого цвета). Для местного освещения оборудования с блестящими металлическими поверхностями следует применять лампы типа ЛД (дневного света) или ЛХБ (холодного белого цвета), а в сборочных цехах приборостроения – ЛДЦ (дневного света с улучшенной светопередачей).

Использование ламп МГЛ или ДРЛ для общего освещения возможно лишь в высоких цехах (6 м и выше), когда применение ЛЛ приводит к резкому и неприемлемому увеличению их количества, значительно затрудняющему и удорожающему эксплуатацию систем освещения.

ЛН используются в основном для местного освещения металлообрабатывающих станков и слесарных верстаков. При этом светильники местного освещения должны иметь отражатели, не пропускающие свет, и располагаться так, чтобы световой поток направлялся непосредственно в рабочую зону и не падал в глаза работающих.

Выбор расположения светильников

Для повышения равномерности освещения и уменьшения затенения рабочей поверхности корпусами оборудования и другими предметами (особенно в цехах небольшой высоты) светильники с ЛЛ целесообразно размещать в виде непрерывных линий или с небольшим разрывом. Поэтому при устройстве освещения данных цехов наиболее целесообразными могут оказаться ЛЛ небольшой мощности (например, ЛБ65 или ЛБ40).

Для создания требуемых условий освещенности на рабочих местах и лучшего освещения механизмов управления станками рекомендуется ряды светильников размещать не над рабочими органами станков, а сдвигать их в

сторону механизмов управления на 0,5– 1 м, что наиболее важно при небольшой высоте установки светильников, когда возможно затенение пульта управления различными выступающими частями.

Наилучшими вариантами равномерного размещения являются шахматное размещение светильников и по сторонам квадрата (расстояния между светильниками в ряду и между рядами светильников равны). Размещение светильников по сторонам квадрата следует производить по оптимальным значениям относительного расстояния γ в зависимости от типа кривой силы света светильника (L – расстояние между светильниками, H_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью).

При общем равномерном освещении расстояние от крайних светильников или рядов светильников до стен или осей колонн следует выдерживать в помещениях, предназначенных для работы, равным 1:3, а в остальных помещениях — 1:2 стороны поля или расстояния между рядами светильников. При размещении рабочих мест непосредственно у стен или колонн крайние ряды светильников следует в пределах целесообразности приближать к стенам или колоннам, в частности устанавливая светильники на кронштейнах.

Подвесные светильники общего освещения, устанавливаемые на потолках или фермах, как правило, должны крепиться к последним со свесом не более 1,5 м.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

Светотехнические расчеты

Методы расчета освещения

Задачей расчета является определение потребной мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности. При проектировании различных систем электрического освещения применяются различные методы.

Наиболее распространенными из них являются следующие:

- **метод светового потока** (коэффициента использования), применяемый для расчета общего равномерного освещения;
- **точечный метод**, используемый для расчета общего локализованного и комбинированного освещения;
- **метод удельной мощности**, наиболее применимый при ориентировочных расчетах.

Метод использования светового потока

В основу метода светового потока заложена формула

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{100 \cdot E_{\text{н}} \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (1)$$

где $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток одной лампы, лм;

$E_{\text{н}}$ – нормируемая минимальная освещенность, лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

Z – коэффициент минимальной освещенности;

K – коэффициент запаса;

N – число светильников в помещении;

n – число ламп в светильнике;

η – коэффициент использования светового потока лампы (%), зависящий от типа лампы, типа светильника, коэффициента отражения потолка и стен, высоты подвеса светильников и индекса помещения i .

Индекс помещения (i) определяется по формуле

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{\text{р}}(A + B)}, \quad (2)$$

где A и B – длина и ширина помещения, м;

$H_{\text{р}}$ – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

При проектировании систем электрического освещения соблюдается следующая последовательность:

1. Выбирается система освещения (общее равномерное, общее локализованное, комбинированное).
2. Определяется площадь, подлежащая освещению.
3. Устанавливается норма освещенности на рабочих поверхностях в зависимости от разряда зрительных работ по СНиП 23–05–95.

Порядок выполнения расчета

1. Выбрать тип лампы и светильника.
 2. Установить норму освещенности на рабочей поверхности.
 3. Выбрать схему размещения светильников, определить расстояния между светильниками.
 4. Уточнить количество светильников.
 5. Определить индекс помещения i .
 6. Выбрать коэффициент запаса k и коэффициент использования светового потока η .
 7. Определить величину светового потока Φ для одной лампы по и сравнить полученное значение с табличными.
 8. Проверить, укладывается ли полученная расчетная величина Φ в допустимый диапазон (от -10 до $+20$ % от табличного значения)?
- При необходимости скорректировать проектируемую систему освещения.

Метод удельной мощности

Метод удельной мощности W использует следующую формулу:

$$W = \frac{n * P}{S}, \quad (3)$$

где n – число светильников; P – мощность лампы, Вт; S – освещаемая площадь, m^2 .

Значение удельной мощности указывается в таблицах справочников по светотехнике с учетом: типа светильника, высоты его подвеса, площади пола и требуемой освещенности.

С учетом формулы получаем значение установленной мощности осветительной установки как:

$$P = \frac{W * S}{n}. \quad (4)$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

Электротехнические расчеты

Расчет электрических нагрузок осветительной сети

Расчетная нагрузка P_{p0} питающей осветительной сети определяется умножением установленной мощности $P_{уст}$ ламп на коэффициент спроса, а для газоразрядных ламп — еще и умножением на коэффициент $K_{ПРА}$, учитывающий потери мощности в пускорегулирующей аппаратуре (ПРА):

$$P_{p0} = P_{уст} * K_c * K_{ПРА}, \quad (5)$$

где $K_c = 1$ - для групповой сети и всех звеньев сети аварийного освещения, для мелких производственных зданий, торговых помещений, наружного освещения;

$K_c = 0,95$ - для производственных зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов;

$K_c = 0,9$ - для библиотек, административных зданий и предприятий общественного питания;

$K_c = 0,8$ - для производственных зданий, состоящих из большого числа отдельных помещений;

$K_c = 0,6$ - для складских зданий и электростанций, состоящих из большого числа отдельных помещений;

$K_{ПРА} = 1,1$ - Для ламп типов ДРЛ и ДРИ;

$K_{ПРА} = 1,2$ - для люминесцентных ламп со стартерными схемами включения;

$K_{ПРА} = 1,3 \div 1,35$ — для люминесцентных ламп с бесстартерными схемами включения.

Выбор сечения проводников осветительной сети.

Сечения проводников осветительной сети должны обеспечивать: достаточную механическую прочность, прохождение тока нагрузки без перегрева сверх допустимых температур, необходимые уровни напряжений у источников света, срабатывание защитных аппаратов при КЗ.

Достаточная механическая прочность проводников необходима, чтобы во время эксплуатации и монтажа не было чрезмерного провисания или обрывов проводов. Наименьшие допустимые сечения проводников по механической прочности составляют: для медных проводов 1 мм^2 , алюминиевых $2,5 \text{ мм}^2$. При тросовой прокладке проводников в зависимости от нагрузки сталь-

ные тросы следует принимать диаметром 1,95—6,5 мм, катанку — диаметром 5,5—8 мм.

Нагрев проводников вызывается прохождением по ним тока I_{po} , значение которого при равномерной нагрузке фаз определяется по формулам:

для трехфазной сети (с нулевым проводом и без него)

$$I_{po} = \frac{P_{po}}{\sqrt{3} U_{л} \cos \varphi} \quad (6)$$

для двухфазной сети с нулевым проводом

$$I_{po} = \frac{P_{po}}{2 U_{\phi} \cos \varphi} \quad (7)$$

для однофазной сети

$$I_{po} = \frac{P_{po}}{U_{\phi} \cos \varphi} \quad (8)$$

Для каждой двух- или трехпроводной сети с нулевым проводом при любой, в том числе и неравномерной, нагрузке ток определяется по формуле

$$I_{po} = \frac{P_{po}}{U_{\phi} \cos \varphi} \quad (9)$$

В приведенных формулах приняты следующие обозначения:

P_{po} - активная расчетная мощность одной, двух и трех фаз;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности нагрузки;

U_{ϕ} , $U_{л}$ - номинальные напряжения сети — фазное и линейное.

Важным условием при проектировании осветительных сетей является обеспечение у ламп необходимого уровня напряжения. Для этих целей выполняют расчет осветительной сети по потере напряжения.

Принимая за U_{min} минимально допустимое напряжение у наиболее удаленных ламп, можно определить величину располагаемых потерь ΔU_p напряжения в сети по формуле

$$\Delta U_p = U_{xx} - U_{min} - \Delta U_T, \quad (10)$$

где U_{xx} - номинальное напряжение при холостом ходе трансформатора;

ΔU_T - потеря напряжения в трансформаторе, приведенная ко вторичному напряжению. Все составляющие, приведенные в указаны в процентах $U_{ном}$.

Располагаемые потери напряжения осветительной сети ΔU_p в зависимости от мощности трансформатора $S_{нт}$, коэффициента его загрузки и коэффициента мощности нагрузки приведены в табл. Причем они рассчитаны для $U_{min} = 97,5 \%$; при других значениях должны быть внесены изменения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 21.608-84. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи. М. Изд-во стандартов, 1984.
2. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст]: учебник для студентов вузов / Б. И. Кудрин. - М.: Интермет Инжиниринг, 2005.
3. Правила устройства электроустановок [Текст]: все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. вып. № 3 (с изм. и доп., по состоянию на 1 января 2006 г.). - 6-е и 7-е изд. - Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2006.
4. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. - изд. офиц. - М. : ГУП ЦПП, 2001.
5. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1995.
6. Справочная книга по проектированию электрического освещения / Под ред. Г.И.Кнорринга. Л.: Энергия, 1976.
7. Электрическое освещение [Текст]: учебное пособие / В.И. Бирюлин. – Курск: КурскГТУ, 2007.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Пример расчета освещения производственного помещения

Исходные данные: длина цеха $A = 54$ м, ширина цеха $B = 24$ м, высота цеха $H = 10$ м, высота рабочей поверхности над полом цеха $h_p = 1,2$ м, расстояние светильника от перекрытия $h_c = 1,0$ м. Требуемое значение освещенности на рабочих местах в цехе, составляющее 300 люкс, будет создаваться системой общего освещения – светильниками, подвешенными под потолком цеха.

Расчет начинаем с определения расстояния от светильников до рабочей поверхности по следующей формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 10 - 1,2 - 1 = 7,8 \text{ м.}$$

где h_p – высота рабочей поверхности над полом, равная 1,2 метра.

Предварительно выбираем светильники типа ЖСП с лампами ДНаТ. Данные светильники, имеют глубокую кривую распределения силы света. Находим для них отношение λ_s , расстояния между светильниками к расстоянию до рабочей поверхности. Значение λ_s равно 1, тогда расстояние между соседними светильниками найдем как:

$$L_a = h * \lambda_s = 1 * 7,8 = 7,8 \text{ м}$$

Исходя из найденного расстояния определим число пролетов в ряду между светильниками

$$n_{пр} = A / L_a = 54 / 7,8 = 6,9 \text{ , принимаем } n_{пр} = 6.$$

Число светильников в ряду

$$n_{св} = n_{пр} + 1 = 6 + 1 = 7.$$

Расстояние от крайнего светильника до стены

$$a = (A - n_{пр} * L_a) / 2 = (54 - 6 * 7,8) / 2 = 3,6 \text{ м.}$$

Принимаем расстояние между рядами по ширине цеха $L_b = 6$ м. Тогда число рядов по ширине

$$n_{ряд} = B / L_b = 24 / 6 = 4.$$

Число пролетов между рядами

$$n_{пр} = n_{ряд} - 1 = 4 - 1 = 3.$$

Общее число светильников

$$n_{св\Sigma} = n_{св} * n_{ряд} = 7 * 4 = 28.$$

Тогда световой поток лампы определяется по следующей формуле:

$$\Phi = E_n * K_{зап} * F * z / \eta * n_{св\Sigma} \text{ , ЛМ}$$

где E_n - нормированная освещенность, равная 300 лк;
 $K_{зап}$ - коэффициент запаса, равный 1,5;
 F - площадь цеха, равная $54 \cdot 24$ м;
 z - коэффициент минимальной освещенности, равный

1,15;

η - коэффициент использования, равный 0,55.

$$\Phi = 300 \cdot 1,5 \cdot 54 \cdot 24 \cdot 1,15 / 0,55 \cdot 28 = 43551 \text{ лм.}$$

Выбираем для установки светильники ЖСП72-400-001/002 с лампой типа ДНаТ-400 с $P = 400$ Вт. Световой поток выбранной лампы составляет 48000 лм.

Расчет освещения во вспомогательных помещениях производится аналогично. Устанавливаем в комнате мастеров 4хЛПО-05 2х40, в кладовой - 2хЛПО-05 2х40.

Электротехнический расчет освещения

Определим расчетную мощность освещения цеха:

$$P_{ро} = P_{ндрл} \cdot N_{дрл} \cdot K_n \cdot K_z, \text{ кВт}$$

$$P_{ро} = 28 \cdot 400 \cdot 0,9 \cdot 1,2 = 12,1 \text{ кВт.}$$

Выбираем кабель для питания осветительной нагрузки.

Расчетный ток:

$$I_{ро} = P_{ро} / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi),$$

$$I_{ро} = 12100 / (\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85) = 21,6 \text{ А.}$$

Сечение питающего кабеля выберем по условию нагрева расчетным током. Выбираем кабель с медными жилами типа ВВГ 5х2,5 мм², $I_{доп} = 21$ А. Проверим выбранное сечение на потерю напряжения:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 21,6 \cdot 0,035 \cdot (13,3 \cdot 0,85 + 1,8 \cdot 0,64) \cdot 100 / 380 = 4 \%$$

что в пределах допустимого. Для защиты осветительной сети и групп светильников применим выключатели автоматические ВА-47.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1. Примерный перечень тем рефератов и докладов

1. Роль электрического освещения.
2. Историческое развитие электрического освещения.
3. Современные проблемы построения и управления системами электрического освещения.
4. Современные технологии в системах электрического освещения.
5. Современные технологии повышения качества электроэнергии в системах электрического освещения.
6. Современные мероприятия по снижению потерь мощности и электроэнергии в системах электрического освещения.
7. Общие сведения об электрических источниках света.
8. Электрические лампы накаливания.
9. Галогенные лампы накаливания.
10. Газоразрядные лампы низкого давления: люминесцентные лампы.
11. Энергоэкономичные люминесцентные лампы.
12. Компактные люминесцентные лампы.
13. Газоразрядные лампы высокого давления: дуговые ртутные лампы, , и
14. Металлогалогенные лампы
15. Натриевые лампы высокого давления
16. Системы освещения с использованием световодов
17. Системы освещения с использованием светодиодных ламп.