

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. И.РАЗЗАКОВА**

**Кафедра «Электроснабжение»**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**

**Методические указания к лабораторным работам  
для студентов специальности 551703.03**

**БИШКЕК – 2011**

«Рассмотрено»  
на заседании кафедры  
«Электроснабжение»  
Прот. № 3 от 20.10.2010 г.

«Одобрено»  
Методическим советом ЭФ  
Прот. № 4 от 17.02.2011 г.

Составлено ЖУСУБАЛИЕВА Б.К. с использованием материалов  
Ткаченко В.Г. (1993 г.).

Электрическое освещение: Методические указания к лабораторным работам. / КГТУ им. И. Раззакова; Сост. Б.К. Жусубалиева. – Б.: ИЦ «Текник», 2010. – 30 с.

Излагается методика выполнения лабораторных работ, контрольные вопросы и задания, используемая литература. Изложены теоретические сведения по электрическому освещению.

Предназначены для студентов КГТУ дневной и дистантной форм обучения по специальности 551701.03.

Рецензент проф. С.С. Кадыркулов

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**  
**Методические указания к лабораторным работам**  
**для студентов специальности 551703.03**

Составитель *Жусубалиева Б.К.*

---

Тех. редактор *Бейшеналиева А.И.*

---

Подписано к печати 16.06.2011 г. Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офс. Печать офс. Объем 2 п.л. Тираж 50 экз. Заказ 256. Цена 34,2 с.

---

Бишкек, ул. Сухомлинова, 20. ИЦ «Текник» КГТУ им. И.Раззакова, т.: 54-29-43  
e-mail: [beknur@mail.ru](mailto:beknur@mail.ru)

## Лабораторная работа №1

### Обследование и контроль осветительных установок

**Цель работы:** Изучение методики обследования и контроля осветительных установок с точки зрения соответствия уровня освещенности и качественных показателей.

#### Теоретические сведения

Необходимость обследования осветительной установки возникает при приеме в эксплуатацию вновь вводимых или реконструированных осветительных установок (ОУ), при плановых проверках ОУ, а также при наличии жалоб работающих на плохое освещение.

Задача обследования ОУ заключается в определении ее соответствия отраслевым нормам искусственного освещения, ПУЭ, ПТЭ и ПТБ /1, 2, 3/. Предварительно выясняется продолжительность эксплуатации, нормативный документ, на основании которого спроектирована ОУ. Срок службы ОУ определяется, прежде всего, сроком службы светильников. При сроке службы светильников 8-10 лет ОУ считается непригодной для дальнейшей эксплуатации и подлежащей реконструкции, если не отвечает нормам, по которым была спроектирована или нормам, действующим на момент обследования, или морально устарела и не соответствует современному состоянию техники.

При приеме в эксплуатацию ОУ создается комиссия, в состав которой включаются представители заказчика, проектной и монтажной организаций, технической инспекции профсоюза, органов государственного пожарного надзора и госэнергонадзора. При мощности ОУ менее 100 кВт допускается неполный состав комиссии, но с обязательным участием представителей эксплуатирующей, проектной и монтажной организаций.

Предварительно приемная комиссия проводит сопоставление проекта ОУ и исполнительных чертежей и устанавливает изменения, сделанные при монтаже ОУ. В процессе приема комиссия принимает от монтажной организации ОУ по исполнительным чертежам с учетом всех внесенных и согласованных отступлений от проекта. Проверяет соответствие проекта типам и мощностям светильников общего и местного освещения, а также их конструктивного исполнения данным условиям среды; типов, спектру и мощности источников света; системы освещения; размещения и высоте установки светильников общего освещения. Согласовывает и наносит на чертежи контрольные точки, в которых периодически должна измеряться освещенность. Проводит контрольные измерения уровня освещенности рабочих поверхностей на соответствие их нормированному значению. Производит измерения напряжения со стороны питания и в наиболее удаленных точках при характерных режимах нагрузки. Выборочно проверяет наличие заземления (зануления) металлических частей ОУ. Проверяет наличие и работу аварийного и эвакуационного освещения и их соответствие требованиям /1,2/. Проверяет соответствие выполненного монтажа требованиям

/1, 3/ и исправность работы всех элементов ОУ. Проверяет наличие и исправность средств доступа к светильникам.

В ходе приемки ОУ выявляются ее недостатки, и определяется возможность приемки в эксплуатацию. Комиссия в ряде случаев может допустить временную эксплуатацию ОУ при ряде отступлений от требований действующих норм искусственного освещения или проекта. Например, сроком до 1 года – при отсутствии на отдельных рабочих местах светильников местного освещения (исключая места контроля продукции), при этом число рабочих мест без местного освещения должно быть не более 20% для зрительных работ I и II разрядов, а уровень фактической освещенности на них от общего освещения должен быть

$$E_{\phi} \geq 0,9 \cdot E_H \cdot K_3 ,$$

где  $E_H$  – нормируемый уровень освещенности при системе общего освещения для работ, выполненных на данном рабочем месте;  $K_3$  – коэффициент запаса ОУ;

Сроком до полугода – при системе общего освещения в случае несоответствия уровня освещенности нормированному, если уровень освещенности рабочих мест при номинальном напряжении сети составляет

$$E_p < E_{\phi} < 0,9 \cdot E_H \cdot K_3 .$$

Сроком до месяца – при невыполнении требований к ограничению прямой и отраженной блескости или коэффициента пульсации освещенности;

Сроком до трех месяцев – при отсутствии средств компенсации реактивной мощности. Не допускается эксплуатация ОУ, если установленные светильники соответствуют по своей конструкции условиям пожароопасной и взрывоопасной среды; при отсутствии средств доступа к светильникам; при несоответствии цветности люминесцентных ламп проекту, если по условиям технологии требуется правильное цветоразличение; при отсутствии аварийного и эвакуационного освещения или несоответствия его схем питания требованиям /1,2/; при отсутствии заземления (зануления) осветительного оборудования; если изменение уставок расцепителей автоматов и плавких вставок не согласовано с проектной организацией.

По окончании работ по приемке ОУ в эксплуатацию составляется акт.

При ежегодном плановом осмотре ОУ проверяется уровень освещенности на рабочих местах, качественные показатели (коэффициент пульсации, показатель ослепленности). При этом ОУ перед обследованием приводится в порядок - чистятся светильники, заменяются все не горящие лампы.

При инспекторском контроле ОУ измерение количественных и качественных характеристик производятся без соответствующей подготовки. При этом проверяется состояние обслуживания установки (количество не горящих ламп, степень загрязненности светильников и остекления окон), состояние окраски стен, потолков, оборудования, наличие средств доступа к светильникам; исправность работы аварийного и эвакуационного освещения; наличия и надежность зануляющих и заземляющих устройств светильников.

Обследованию ОУ должно предшествовать изучение проектной документации. Необходимо установить неизменность назначения помещения

по сравнению с проектом; соответствие размещения технологического оборудования; систем освещения; размещение светильников общего освещения, а также исполнения их по условиям окружающей среды; наличие местного освещения, типа и мощности светильников. При проведении обследования необходимо проводить опрос работающих для выявления жалоб на состояние освещения, обращая особое внимание на рабочие места, где выполняется работа с блестящими поверхностями и с цветоразличением.

### **Методика измерения освещенности и определение качественных показателей освещения**

Измерения освещенности в производственных помещениях должны производиться в определенных контрольных точках, зафиксированных на исполнительных чертежах ОУ. В случае отсутствия чертежей перед проведением обследования ОУ необходимо нанести на плане обследуемого помещения постоянные контрольные точки. Они должны обеспечить возможность оценить общий уровень освещенности по помещению и на рабочих местах. Общий уровень освещенности помещения оценивается по контрольным точкам, располагаемым в нейтральных и крайних строительных модулях помещения под светильниками и между ними на уровне 0,8м от пола. Контрольные точки для оценки освещения на рабочих местах располагаются на отдельных рабочих местах в рабочей зоне – в зоне резания, обработки деталей, на столах сборки, шкалах приборов и т.д., в плоскости расположения рабочей поверхности – горизонтальной, вертикальной, наклонной. Контрольные рабочие места должны быть распределены равномерно по помещению с учетом различных условий освещения – различные типы светильников и расположение рабочих мест по отношению к ним, наличие затенений на рабочих местах и т.д. Контрольные точки должны быть также на рабочих местах, где имелись жалобы на плохое качество освещения. Количество контрольных точек устанавливается в зависимости от площади помещения. До 500м<sup>2</sup> 10-30 точек, более 500м<sup>2</sup> 30-50. При площади более 1000м<sup>2</sup> число точек составляет примерно 50 на каждые 1000м<sup>2</sup>. Контрольные точки для измерения освещенности от эвакуационного освещения должны располагаться на полуосновных проходах между светильниками и лестницах, служащих для эвакуации людей, а также в местах опасных для прохода людей; от аварийного освещения – на рабочих местах, на которых недопустимо прекращение работ при аварийном режиме. Измерения уровня освещенности рабочего и аварийного освещения производятся фотоэлектрическими люксметрами типов Ю-16, Ю-116, эвакуационного и наружного освещения люксметрами Ю-17, Ю-117. Люксметры должны регулярно (один раз в год) проверяться, и иметь соответствующее клеймо или свидетельство. При производстве измерений освещенности необходимо контролировать уровень напряжения в осветительной сети. Измерения освещенности выполняются в темное время суток, когда отношение естественной освещенности  $E_E$  искусственной  $E_\phi$  на рабочей поверхности не превышает 0,1. Измерение освещенности от аварийного освещения выполняется при отключенном рабочем освещении при условии, что естественная освещенность  $E_E$  не превышает 0,1 лк.

При оценке комбинированного освещения измерения производятся отдельно для общего освещения, а затем измеряется суммарная освещенность при включенном местном освещении на рабочем месте (при комбинированном освещении).

Измерения освещенности производятся с учетом следующих правил: при оценке общего освещения по помещению приемная пластина фотоэлемента устанавливается в горизонтальной плоскости, при определении уровня освещенности на рабочих местах – в рабочей зоне в плоскости расположения рабочей поверхности; на приемную пластину фотоэлемента не должны попадать случайные тени от людей и оборудования, за исключением случаев, когда они создаются самим работником или рабочими частями оборудования; при отклонении напряжения от номинального в момент измерения освещенности добавить на уровень освещенности, соответствующей номинальному напряжению по формуле:

$$E_{\phi} = \frac{E_{изм} \cdot U_n}{U_n - K(U_n - U_{изм})},$$

где  $E_{\phi}$  – освещенность при номинальном напряжении, лк;

$E_{изм}$  – измеренная освещенность в момент измерения освещенности, лк;

$U_n$  – номинальное напряжение сети, В;

$K$  – коэффициент, учитывающий изменение освещенности в процентах на 1% изменения напряжения питания, равный для ламп накаливания 4,0; для люминесцентных ламп с индуктивным балластом – 2,0, емкостным – 1,0, для ламп ДРЛ – 2,0, ламп ДРИ – 3,0.

Уровень напряжения осветительной сети контролируется на шинах групповых щитков.

Необходимо также учитывать неодинаковую чувствительность фотоэлементов к излучению различных по спектру источников света.

В табл.1 приведены поправочные коэффициенты, на которые необходимо умножать показания люксметров при измерении освещенности.

Таблица 1

| Тип источника света        | Значения поправочных коэффициентов |                             |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
|                            | Люкметры типов Ю-16, Ю-17          | люкметры типов Ю-116, Ю-117 |
| Люминесцентные лампы типа: |                                    |                             |
| ЛБ                         | 1,15                               | 1,17                        |
| ЛД                         | 0,88                               | 0,99                        |
| ЛДЦ                        | 0,95                               | 0,99                        |
| ЛХБ                        | 1,03                               | 1,15                        |
| Лампы типа: ДРЛ            | 1,20                               | 1,09                        |
| ДРИ 400                    | -                                  | 1,22                        |
| ДРИ 1000                   | -                                  | 1,06                        |
| ДРИ 3500                   | -                                  | 1,03                        |
| Лампы накаливания          | 1,0                                | 1,0                         |

## Определение качественных показателей электрического освещения

К качественным показателям ОУ относят показатель ослепленности, коэффициент пульсации светового потока, показатель дискомфорта, цилиндрическая освещенность. Значение показателя ослепленности зависит от взаимного расположения светильников и их светораспределения.

Показатель ослепленности зависит от относительного расстояния между светильниками в ряду  $L_1/H_p$  и между рядами  $L_2/H_p$ , где  $H_p$  – высота установки светильников над рабочей поверхностью. Коэффициент пульсаций помимо этих отношений определяется также схемой расфазировки светильников, для люминесцентных ламп еще и типом ПРА. Поэтому если обследованием устанавливается, что расположение светильников, их расфазировка и типы ПРА соответствуют проектным решениям, то не измеряются и не рассчитываются уровни качественных показателей этой ОУ, а делается вывод о соответствии показателя указанным в проекте. Это утверждение будет справедливо только при горящих лампах в ОУ.

В этом случае, если обнаружено несоответствие фактического расположения светильников запроектированному или отсутствие в проекте данных о значениях качественных показателей, следует определять соответствие значений коэффициента пульсаций и показателя ослепленности требованиям отраслевых норм, пользуясь инженерными методами расчета этих величин. Для определения коэффициента пульсации, помимо расположения светильников, требуется установить схему их расфазировки путем пофазного отключения от групповой сети, а для светильников с люминесцентными лампами также и типы ПРА. Инженерные методы качества ОУ приведены в /5-7/.

## Обработка результатов измерений и заключение по обследованию осветительной установки

После приемки новой или реконструируемой ОУ заводится журнал или паспорт состояния освещения, где заносятся результаты периодического контроля освещения (табл.6 приложения). Результаты измерения освещенности заносят в табл.2 приложения. Они должны сопоставляться с уровнями освещенности, предусмотренными проектом или отраслевыми нормами искусственного освещения с учетом значений коэффициентов запаса. Во всех контрольных точках значение освещенности должны быть: при системе общего освещения – не ниже

$$0,9 \cdot E_{н.о} \cdot K_3,$$

где  $E_{н.о}$  – освещенность от светильников общего и местного освещения в системе комбинированного Измерения уровней освещенности от светильников аварийного  $E_{ав}$  и эвакуационного  $E_{эв}$ , освещения во всех контрольных точках должны быть не менее  $E_{нав}$  и  $E_{нэв}$ , соответственно.

В действующих ОУ периодические чистки светильников и замена перегоревших ламп должны приводить уровни освещенности на всех рабочих местах к значению, разрешающему дальнейшую эксплуатацию ОУ, т.е. уровню,

находящемуся между  $E_n$  и  $E_n \cdot K_3$ . Некоторое превышение уровня освещенности под нормированным позволяет дольше эксплуатировать ОУ. Степень этого превышения определяется условиями среды помещения и значениям  $K$ , вводимым при проектировании ОУ. Так, установка в помещениях с большим выделением пыли и не менее 1,5 для газообразных ламп (1,3 для ламп накаливания) из-за значительного следа освещенности в процессе эксплуатации после чистки светильников должны иметь освещенность большую, чем  $1,2 \cdot E_n$ . В особо чистых помещениях с меньшими  $K_3=1,5$  и 1,3, освещенность после чистки может быть на уровне нормируемом. В табл.3 приведены условия сравнения фактических уровней освещенности с нормируемыми.

При оценке состояния ОУ целесообразно, результаты измерений, внесенные в приложение табл.2, обработать по форме табл.4. При несоответствии измеренных уровней освещенности требованиям, приведенным в табл.2, ОУ считается неудовлетворенной и непригодной к эксплуатации и требует либо полной замены всех ламп, либо реконструкции.

При инспекторском контроле ОУ уровень освещенности в контрольных точках должен удовлетворять условиям, представленным в табл.5. Результаты измерений освещенности при инспекторском контроле (табл.2) обрабатываются по формуле табл.6 и сопоставляются с требованиями, приведенными в табл.5. При несоответствии измеренных уровней освещенности требованиям табл.5 делается вывод о неудовлетворенном состоянии установки и дается предписание администрации о проведении чистки светильников и замене перегоревших ламп. Если в результате чистки и замены перегоревших ламп уровень освещенности удовлетворяет требованиям табл. 2, то делается вывод о некачественном и несвоевременном обслуживании ОУ, а если не удовлетворяет, то делается вывод о непригодности ОУ к дальнейшей эксплуатации и необходимости ее реконструкции.

Таблица 5

**Значения минимальной освещенности в действующих ОУ  
при инспекторском контроле**

| Система освещения  | Значения минимальной освещенности |                                   |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
|  | В 80%<br>контрольных точек        | В 20%<br>контрольных точек        |
| Общее освещение  | $E_{\phi} \geq E_n$               | $0,75 \cdot E_n < E_{\phi} < E_n$ |
| Комбинированное освещение:<br>от светильников общего освещения | $E_{\phi} \geq E_n$               | $0,75 \cdot E_n < E_{\phi} < E_n$ |
| от светильников общего и местного освещения                    | $E_{\phi} \geq E_n$               | $E_{\phi} \geq E_n$               |

**Примечание 1.** Отклонение от нормированного значения до 0,75 или до 0,75 соответственно допустимо лишь на рабочих местах расположенных у стен помещения или на расстоянии, не превышающем 1,5 м от них.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить литературу, методические указания к лабораторной работе. Ознакомиться с устройством люксметра и порядком пользования им.
2. По заданию преподавателя произвести обследование осветительной установки. (Учебной лаборатории, аудитории, помещения производительного характера.)
3. Используя таблицы 1-6 выполнить измерения в контрольных точках и сделать заключение о состоянии ОУ и дать рекомендации по улучшению ее.
4. Определить соответствие качественных показателей ОУ нормам.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие факторы определяют величину нормируемой освещенности на рабочем месте?
2. Дайте определение качественным показателям электрического освещения.
3. Какие факторы оказывают влияние на уровень освещенности ОУ?
4. Каков порядок обследования ОУ?
5. Как выбираются контрольные точки ОУ?
6. Какова методика освещенности и качественных показателей освещения?

**Приложения**  
*Таблица 2*

Результаты измерения количественных и качественных показателей освещения производственных помещений

Предприятие

Цех

Дата монтажа осветительной установки

Тип светильника

Тип и мощность ламп

1. Дата измерения освещенности

Число (процент) не горящих ламп

Замена ламп произведена (дата)

Напряжение сети, В                      прибора

| № контрольных точек на схеме | Наименование рабочих поверхностей | Плоскость измерения (вертикальная, горизонтальная, наклонная) | Условия измерения освещенности (фильтр, шкала) | Измеренный уровень освещенности, лк |                          |                   |                          |                          |                          |
|------------------------------|-----------------------------------|---|--|-------------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                              |                                   |   |  | Система комбинированного освещения  |                          |                   |                          | Система общего освещения |                          |
|                              |                                   |   |  | общее                               |                          | Общее + мест      |                          | Показания прибора        | Фактическая освещенность |
|                              |                                   |   |  | Показания прибора                   | Фактическая освещенность | Показания прибора | Фактическая освещенность |                          |                          |
| 1                            | 2                                 | 3   | 4  | 5                                   | 6                        | 7                 | 8                        | 9                        | 10                       |

2. Дата измерения освещенности

Примечания: 1. Сравнение производится по нормам, действующим в момент проектирования ОУ.

2. Результаты измерений уровней освещенности эвакуационного и аварийного освещения заносятся в графы 9, 10, 13.

*Продолжение табл.2*

| Требуемый уровень освещенности по нормам, лк |              | Измеренные (рассчитанные) качественные показатели |                                   | Требуемые нормами качественные показатели |                                    |                               |
|--|--------------|---|-----------------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------|
| Система комбинированного освещения           |              | Система общего освещения                          | Коэффициент пульсаций $K_{п}, \%$ | Показатель ослепленности, $P$             | Коэффициент пульсаций, $K_{п}, \%$ | Показатель ослепленности, $P$ |
| общее  | общее + мест |   |                                   |   |                                    |                               |
| 11   | 12           | 13  | 14                                | 15  | 16                                 | 17                            |

Таблица 3

Значения освещенности в действующих ОУ при ежегодных контрольных измерениях

| Система освещения                           | $E_{\phi}$ , измеренное в 80% контрольных точек при $K_3$ |                           | $E_{cp}$ , измеренное в 20% контрольных точек при $K_3$ |  |
|---|---|---------------------------|---|--|
|   | не менее 1,5<br>(1,3 при ЛН)                              | менее 1,5<br>(при 1,3 ЛН) | не менее 1,5<br>(1,3 при ЛН)                            | менее 1,5<br>(при 1,3 ЛН)              |
| Общее освещение (внутреннее и наружное)     | $E_{\phi} \geq 1,2 \cdot E_{н.о}$                         | $E_{\phi} \geq E_n$       | $E_n \leq E_{\phi} \leq 1,2 \cdot E_n$                  | $0,9 \cdot E_n \leq E_{\phi} \leq E_n$ |
| Комбинированное освещение:                  |   |                           |   |  |
| от светильников общего освещения            | $E_{\phi} \geq 1,2 E_{н.о}$                               | $E_{\phi} \geq E_{н.о}$   | $E_{н.о} \leq E_{\phi} \leq 1,2 \cdot E_{н.о}$          | $0,9 \cdot E_n \leq E_{\phi} \leq E_n$ |
| от светильников общего и местного освещения | $E_{\phi} \geq E_n$                                       | $E_{\phi} \geq E_n$       | $E_{\phi} \leq E_n$                                     | $E_{\phi} \geq E_n$                    |

Таблица 4

Оценка фактической освещенности при ежегодных контрольных измерениях. А. При 1,5(1,3 для Л.Н)

| Дата проведения измерений | Количество точек, % при            |  |                         |                         |                     |                                   |  |                  | Состояние ОУ:<br>(удовлетворительное,<br>неудовлетворительное) |
|---------------------------|------------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------------|--|------------------|--|
|                           | Системе комбинированного освещения |  |                         |                         |                     | Системе общего освещения          |  |                  |  |
|                           | общее                              |  |                         | общее + местное         |                     |                                   |  |                  |  |
|                           | $E_{\phi} \geq 1,2 \cdot E_{н.о}$  | $E_{н.о} \leq E_{\phi} \leq 1,2 \cdot E_{н.о}$ | $E_{\phi} \leq E_{н.о}$ | $E_{\phi} \geq E_{н.о}$ | $E_{\phi} \leq E_n$ | $E_{\phi} \geq 1,2 \cdot E_{н.о}$ | $E_{н.о} \leq E_{\phi} \leq 1,2 \cdot E_{н.о}$ | $E_{\phi} < E_n$ |  |

Б. При 1,5 (1,3 для ЛН)

| Дата проведения измерений | Количество точек, % при            |  |                                |                      |                    |                          |                                    |                              | Состояние ОУ:<br>(удовлетворительное,<br>неудовлетворительное) |
|---------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------|--|
|                           | Системе комбинированного освещения |  |                                |                      |                    | Системе общего освещения |                                    |                              |  |
|                           | общее                              |  |                                | общее + местное      |                    |                          |                                    |                              |  |
|                           | $E_{\phi} \geq 1,2 \cdot E_{н.о}$  | $E_{н.о} < E_{\phi} < 1,2 \cdot E_{н.о}$ | $E_{\phi} < 0,9 \cdot E_{н.о}$ | $E_{\phi} > E_{н.о}$ | $E_{\phi} < E_{н}$ | $E_{\phi} \geq E_{н.о}$  | $0,9 E_{н.о} < E_{\phi} < E_{н.о}$ | $E_{\phi} < 0,9 \cdot E_{н}$ |  |

Таблица 6

Оценка фактической освещенности рабочих мест при инспекторском контроле

| Дата проведения измерений | Количество точек, % при            |   |  |                             |                             |                             |   |  | Состояние ОУ:<br>(удовлетворительное,<br>неудовлетворительное) |
|---------------------------|------------------------------------|---|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|--|--|
|                           | Системе комбинированного освещения |   |  |                             |                             | Системе общего освещения    |   |  |  |
|                           | общее                              |   |  | общее + местное             |                             |                             |   |  |  |
|                           | $E_{\phi}$ не менее $E_{н.о}$      | $E_{\phi}$ на уровне между $0,75 \cdot E_{н.о}$ и $E_{н.о}$ | $E_{\phi}$ не менее $0,75 \cdot E_{н.о}$ | $E_{\phi}$ не менее $E_{н}$ | $E_{\phi}$ не менее $E_{н}$ | $E_{\phi}$ не менее $E_{н}$ | $E_{\phi}$ на уровне между $0,75 \cdot E_{н.о}$ и $E_{н}$ | $E_{\phi}$ не менее $0,75 \cdot E_{н}$ |  |

## Лабораторная работа №2

### Исследование световых и электрических характеристик ламп накаливания

**Цель работы:** Изучение конструкций и исследование световых и электрических характеристик ламп накаливания.

#### Общие сведения

Лампы накаливания (ЛН) в настоящее время занимают примерно 30-40% в общем, световом потоке источника света. Это объясняет, что по многим показателям ЛН превосходят газоразрядные источники света, и возможности их совершенствования далеко не исчерпаны. Они широко применяются в быту, в промышленности и сельском хозяйстве благодаря простоте конструкции, дешевизне, конструктивному многообразию, компактности и другим положительным качествам.

Принцип работы ЛН заключается в том, что при нагреве тела накала лампы электрическим током до температуры 2800-2950 К<sup>0</sup> в окружающее пространство излучается лучистый поток. Часть лучистого потока приходится на оптический диапазон, а большая оставшаяся часть на инфракрасный диапазон.

Доля видимого излучения зависит от температуры тела накала. Согласно закону Стефана-Больцмана плотность излучения пропорциональна абсолютной температуре в четвертой степени и в соответствии с законом Вина максимум излучения нити смещается в сторону более коротких волн, т.е. в сторону видимых излучений. Световой КПД ламп накаливания не превышает 2-3%, что является существенным их недостатком.

Светотехнические и электрические характеристики ЛН в значительной мере зависят от напряжения. Поэтому в данной лабораторной работе этому уделяется большое внимание.

#### Описание экспериментальной установки

Для проведения экспериментов необходимо на лабораторном стенде собрать схему, соответствующей рис.1.

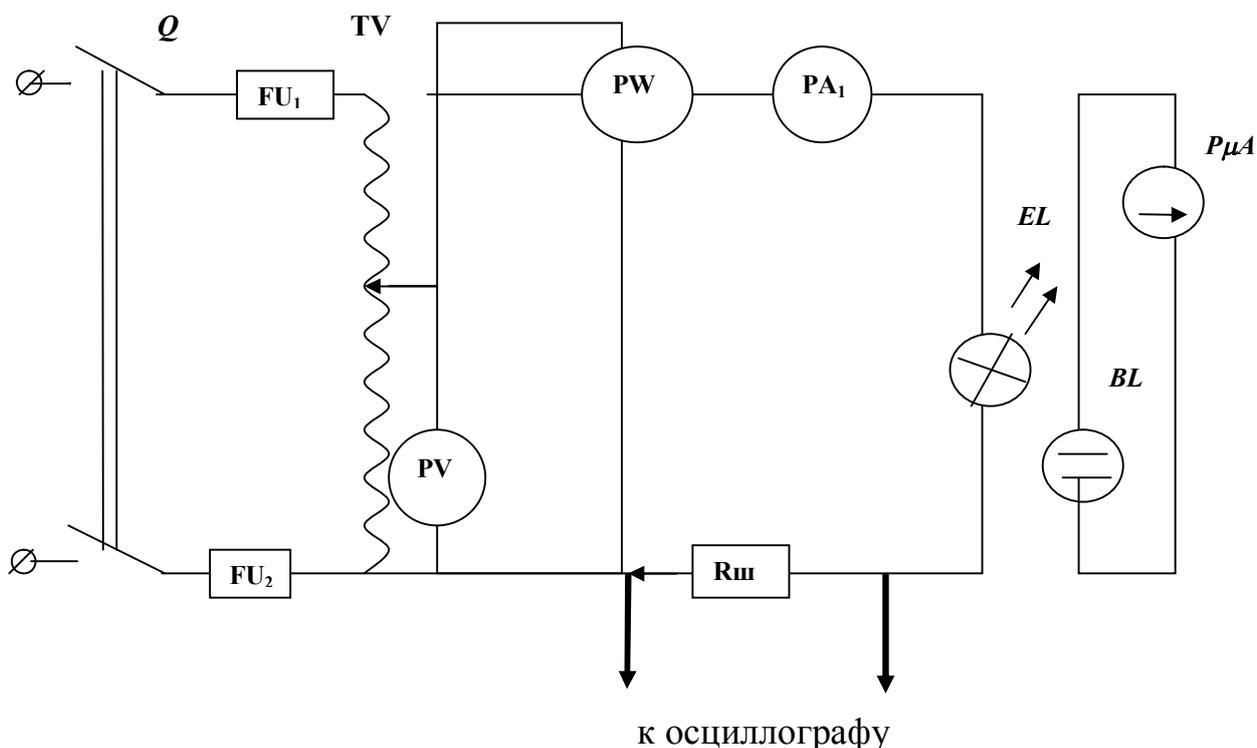


Рис.1. Схема для исследования световых и электрических характеристик ламп накаливания:  
*Q* – выключатель; *FU1*, *FU2* – предохранители; *TV* – лабораторный автотрансформатор;  
*PV* – вольтметр; *PW* – ваттметр; *PA1* – амперметр; *EL* – лампа накаливания  
*Rш* – токовый шунт; *BL* – люкс метр

Схема позволяет изменять напряжение на зажимах ЛН от 0 до 240 вольт. Для измерения освещенности используется люксметр Ю-116, Ю-117.

### Проведение эксперимента и обработка результатов

1. Изучить конструкцию лампы накаливания.
2. Экспериментальным путем снять и построить зависимости тока; мощности, освещенности и температуры накала лампы от напряжения на зажимах лампы.
3. Рассчитать и построить зависимости сопротивления, температуры тела накала, светового потока, светоотдачи и срока службы лампы от напряжения.
4. Определить значения и построить кривые зависимостей светового и лучистого КПД, а также длины волны, при которой кривая Вина имеет максимум, от значений напряжений 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,1 номинального напряжения лампы.
5. Исследовать переходные процессы включения лампы накаливания в сеть.
6. Выяснить зависимости световой отдачи ламп от номинальных значений мощности и напряжения сети.

Для выполнения указанной программы необходимо изучить устройство ЛН, назначение элементов конструкции лампы. Составить эскиз лампы и записать паспортные данные исследуемых ламп.

В соответствии с рис.1 собрать схему на лабораторном стенде для снятия характеристик ЛН. Изменяя напряжение на зажимах ламп с помощью автотрансформатора снять зависимости тока, мощности, освещенности и температуры накала лампы. Интервал изменения напряжения целесообразно принять 20 В, а диапазон изменения напряжения от 0 до 240 В. Для исключения влияния посторонних источников света при измерениях освещенности необходимо брать разность показаний люксметра при включенной и выключенной лампе.

Результаты измерений вводятся в табл.1.

Таблица 1

| № опыта | Результаты измерения |     |          |     |          |     |     |     | Результаты измерения |     |     |     |             |     |       |     |
|---------|----------------------|-----|----------|-----|----------|-----|-----|-----|----------------------|-----|-----|-----|-------------|-----|-------|-----|
|         | $U_{EL}$             |     | $I_{EL}$ |     | $P_{EL}$ |     | $E$ | $T$ | $r_{EL}$             |     | $T$ |     | $\Phi_{EL}$ |     | $H$   |     |
|         | В                    | о.е | А        | о.е | Вт       | о.е | лк  | К   | Ом                   | о.е | К   | о.е | лм          | о.е | лм/Вт | о.е |

Значение величин в правой части табл. 1 находится следующим образом. Сопротивление лампы, Ом, при ее работе равно:

$$r_{EL} = \frac{U_{EL}}{I_{EL}}. \quad (1)$$

Световой поток, лм, приближенно определяется по формуле:

$$\Phi_{EL} \approx 3,4\pi\ell^2 E, \quad (2)$$

где  $\ell$  - расстояние от тела накала до фотоэлемента, м.

Световая отдача, лм/вт, равна:

$$H = \frac{\Phi_{EL}}{P_{EL}}. \quad (3)$$

Температура, К, тела накала равна:

$$T = \frac{r_{EL} - r_0}{\alpha_1 \cdot r_0} + 273, \quad (4)$$

где  $r_0$  – сопротивление нити при 0 °С, значение температуры окружающей среды и сопротивления нити накала при этой температуре;

$\alpha_1$  – температурный коэффициент сопротивления для вольфрама.

$\alpha_1 = 0,3052$  град<sup>-1</sup>.

Сопротивление нити накала при температуре окружающей среды измеряется любым прибором с погрешностью не более 5%.

Световой КПД лампы при номинальном напряжении равен:

$$\eta = \Phi_{EL} / (683\eta_e \cdot P_{EL}) \quad (5)$$

где  $\eta_e$  - коэффициент преобразования мощности лампы в лучистый поток, т.е. лучистый КПД.

Для ламп накаливания общего назначения при  $U = U_n$ ;  $\eta_e = 0,9$ .

При любом напряжении на лампе коэффициент преобразования мощности лампы в лучистый поток находят по формуле:

$$\eta_e = \varepsilon_T \cdot \delta \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \cdot \frac{S_{TH}}{P_{EL}}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon_T$  - интегральный коэффициент излучения (см. табл. 2);  
 $\sigma$  - постоянная Больцмана, равна  $5,672 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{град}^{-4}$ ;  
 $S_{TH}$  – площадь поверхности тела накала,  $\text{м}^2$ .

Исходя из номинального режима, для любой лампы из (6) можно определить  $S_{TH}$ .

При любом напряжении по измеренной мощности лампы и рассчитанной температуре тела накала, найдя из таблицы 2 значение  $\varepsilon_T$ , вычисляется лучистый КПД  $\eta_e$ , а затем световой  $\eta$  КПД.

Результаты расчетов по формулам (5),(6) вводятся в табл.3.

Таблица 2

| Параметры       | Значение параметров |      |       |      |      |       |       |       |      |       |       |       |       |
|-----------------|---------------------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
|                 | T, (K)              | 1000 | 1200  | 1400 | 1600 | 1800  | 2000  | 2200  | 2400 | 2600  | 2800  | 3000  | 3200  |
| $\varepsilon_T$ | 0,1                 | 0,14 | 0,176 | 0,21 | 0,24 | 0,264 | 0,285 | 0,304 | 0,32 | 0,334 | 0,342 | 0,356 | 0,368 |

Таблица 3

| Параметры            | Значение параметров |     |      |     |     |
|----------------------|---------------------|-----|------|-----|-----|
| $U_{EL}/U_H$ , о.е   | 0,5                 | 0,7 | 0,85 | 1,0 | 1,1 |
| $T_e, K$             |                     |     |      |     |     |
| $\eta_e$ , о.е       |                     |     |      |     |     |
| $\eta$ , о.е         |                     |     |      |     |     |
| $\lambda_{MAX}$ , нм |                     |     |      |     |     |

Длину волны, мкм, соответствующую максимуму кривой спектральной интенсивности потока излучения можно определить по формуле Вина;

$$\lambda_{MAX} = \frac{2896}{T}. \quad (7)$$

Результаты расчета вводятся в табл.3.

Срок службы лампы при изменениях напряжения определяется в диапазоне  $(0,9-1,2)/U_H$  по формуле:

$$t_{cl} = t_{cl,n} \cdot (U/U_H)^{-13,8}, \quad (8)$$

где  $t_{cl,n}$  – срок службы лампы при номинальном напряжении.

Результаты расчета сводятся в табл.4.

Таблица 4

| Параметры         | Значение параметров |      |   |      |     |      |     |
|-------------------|---------------------|------|---|------|-----|------|-----|
| $U_{EL}/U_H$      | 0,9                 | 0,95 | 1 | 1,05 | 1,1 | 1,15 | 1,2 |
| $t_{cl}/t_{cl,n}$ | .                   |      |   |      |     |      |     |

По полученным данным табл.1 и табл.4 в относительных единицах на миллиметровой бумаге построить зависимости тока, мощности, световой отдачи и срока службы лампы от напряжения. По данным табл.3 построить зависимости  $\eta_e, \eta = f(U_{EL} / U_H)$ ,  $\lambda_{MAX} = f(U_{EL} / U_H)$ . По результатам экспериментов сделать краткие выводы.

Переходной процесс включения лампы можно зафиксировать электронным импульсным осциллографом.

К вертикальному входу осциллографа подключить проводники шунтирующего резистора  $R_{ш}$ . Осциллограф переключить на работу в ждущем режиме. Коэффициенты усиления вертикального входа и длительность развертки устанавливается путем нескольких включений лампы. После этого лампу включают до полного остывания и включают на номинальное напряжение сети. Осциллограмма тока с экрана перечерчивают на кальку и прикладывают к отчету. На осциллограмме находят кратность пускового тока лампы  $K_i = I_n / I_{уст}$ , продолжительность переходного процесса включения лампы  $t_n$ .

Включая разные по мощности ЛН, определяют  $K_i$  и  $t_n$  и для каждой из них делают выводы.

Общий вид осциллограммы тока при включении и при выключении приведен на рис.2.

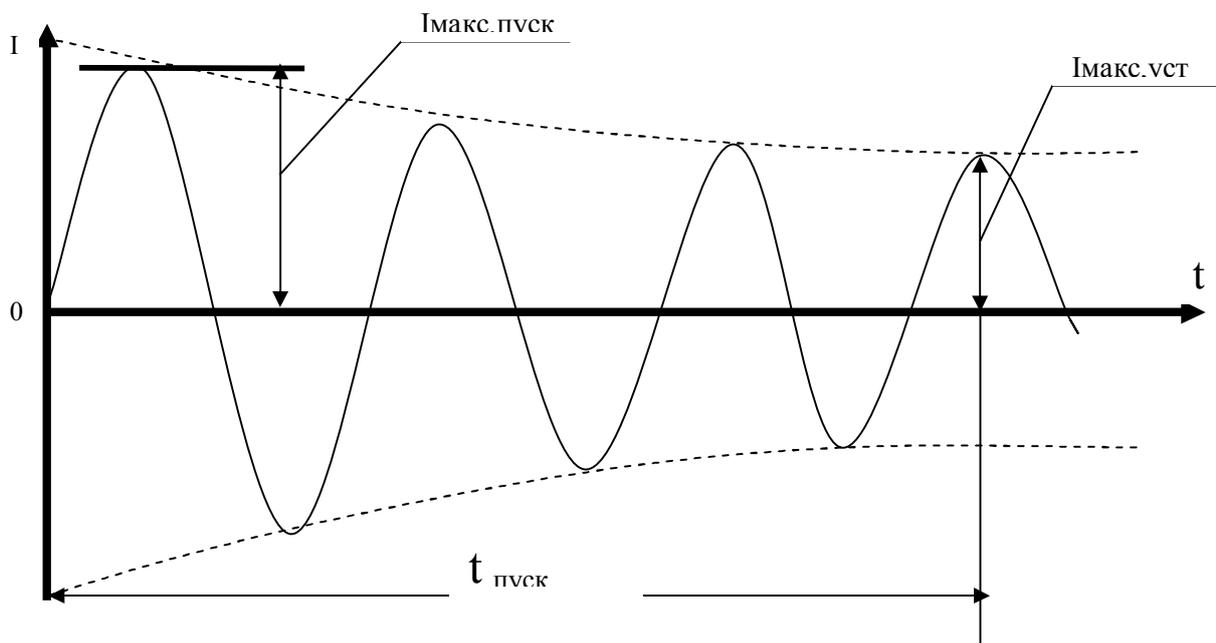


Рис.2. Осциллограмма тока включения ЛН

### Контрольные вопросы

1. Как устроена лампа накаливания? Каково назначение элементов конструкции?
2. Почему снижается световой поток в процессе работы ЛН?
3. Какие меры конструктивного характера приводят к увеличению продолжительности работы ЛН?
4. Чем обусловлен пусковой ток лампы?
5. Почему отсутствуют пульсации светового потока ЛН?
6. Какие достоинства и недостатки имеют ЛН? Где их целесообразно применять?

## Лабораторная работа №3

### Исследование световых и электрических характеристик люминесцентных ламп

**Цель работы:** Изучение конструкций и исследование световых и электрических характеристик люминесцентных ламп.

#### Общие сведения

Люминесцентные лампы /ЛЛ/ находят широкое применение для освещения производственных, административных помещений, учебных заведениях, конструкторских и других помещениях. По сравнению с лампами накаливания ЛЛ обладают большим сроком службы, более высоким КПД, лучшим спектром излучения.

Принцип работы ЛЛ основан на преобразовании ультрафиолетового излучения возникающего при прохождении через газовый промежуток с парами ртути, в видимое излучение с помощью слоя люминофора, на котором падает ультрафиолетовое излучение. Изменяя состав люминофора можно менять спектральный состав излучения ЛЛ.

По мощности ЛЛ выпускают от нескольких ватт до 80 Вт. Форма колбы ЛЛ может быть прямой, круглой,  $W,U$  –образными. Для применения в быту разработаны варианты комплектных ЛЛ, имеющих обычный винтообразный цоколь, как у ламп накаливания со встроенным пускорегулирующим устройством. Недостатком ЛЛ является наличие пульсаций светового потока, чувствительность к температуре окружающей среды, напряжению сети.

#### Описание экспериментальной установки

Для проведения экспериментов необходимо на лабораторном стенде собрать схему в соответствии с рис.1. Изменение напряжения производится с помощью автотрансформатора. Измерения световых величин производится с помощью люксметра Ю-116, Ю-117.

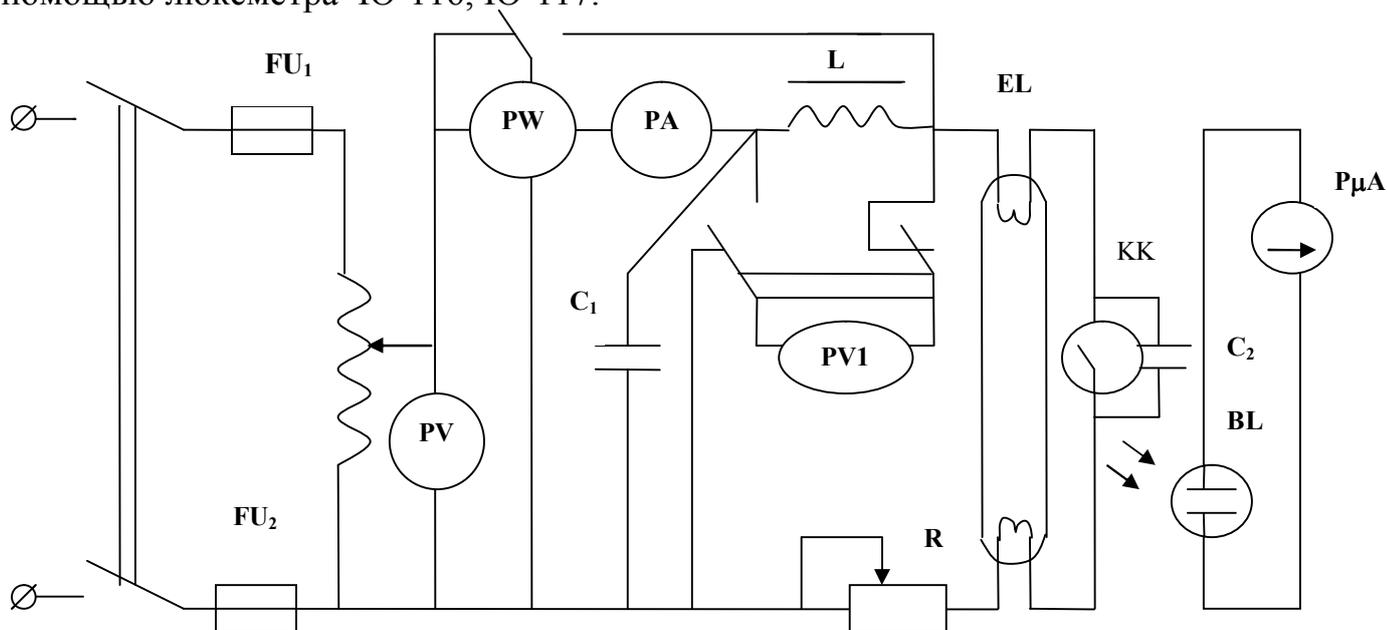


Рис.1. Схема для исследования световых и электрических характеристик люминесцентных ламп;  $L$  – индуктивное балластное сопротивление (дроссель);  $KK$  – стартер;  $C_1$  – конденсатор для повышения  $\cos\phi$  схемы;  $BL, P_{\mu A}$  – люксметр;  $R$  – активное сопротивление

## Проведение эксперимента и обработка результатов

1. Изучить конструкцию ЛЛ, устройство, назначение пускорегулирующей аппаратуры (ПРА), электрическую схему включения лампы и ее работу. Начертить осциллограмму тока включения ЛЛ.
2. Снять данные для построения вольт-амперных характеристик лампы и балластного сопротивления.
3. Снять зависимости тока, мощности, напряжения на лампе и освещенности от напряжения питания.
4. Найти поток, светоотдачу, коэффициент искажения в зависимости от напряжения питания.
5. Для номинального режима определить емкость конденсатора  $C_1$ , необходимую для повышения  $\cos\varphi$  до значения 0,9-0,95.

Для выполнения указанной программы необходимо изучить устройство лампы, ПРА. Составить эскиз лампы и записать паспортные данные исследуемой лампы.

Для построения токовой осциллограммы включения лампы необходимо измерить ток стартера при тлеющем разряде, ток разогрева электродов лампы, а также номинальный ток лампы. Ток тлеющего разряда ввиду его малости можно принять 0,1 номинального тока лампы, ток разогрева электродов измеряют при укороченном стартере.

Вольтамперные характеристики лампы и балласта снимают по схеме рис. 1 при изменении сопротивления  $R$  и поддержании ЛАТРом постоянного напряжения на зажимах схемы. При этом по амперметру устанавливают ток, а затем снимают показания вольтметров на зажимах элементов схемы. Ток лампы изменяется в диапазоне от 0,2 А до  $1,3-1,5/I_n$ . Результаты измерений вводятся в табл.1.

Таблица 1

| $U_{сети}, В$ | $I_{EL}, А$ | $U_{EL}, В$ | $U_L, В$ | $Z_{cx}, Ом$ |
|---------------|-------------|-------------|----------|--------------|
|               |             |             |          |              |

По данным табл.1 строится вольт-амперная характеристика лампы и балластного сопротивления.

Зависимости тока, мощностей лампы и схемы напряжения на лампе и освещенности от напряжения питания схемы получают, изменяя напряжение при помощи автотрансформатора через интервал 10 В.

Целесообразно измерения начинать с максимального значения 250 В. Освещенность от лампы находят как разность показаний люксметра при включенной и выключенной лампе. Результаты измерений заносятся в табл.2.

Таблица 2

| Номер измерения | Опытные данные   |     |          |     |          |     |               |           |          |     |     |     |
|-----------------|------------------|-----|----------|-----|----------|-----|---------------|-----------|----------|-----|-----|-----|
|                 | $U_{питания}$    |     | $I_{EL}$ |     | $U_{EL}$ |     | $P_{cx}$      |           | $P_{EL}$ |     | $E$ |     |
|                 | В                | о.е | А        | о.е | В        | о.е | Вт            | о.е       | Вт       | о.е | лк  | о.е |
| Номер измерения | Расчетные данные |     |          |     |          |     |               |           |          |     |     |     |
|                 | $\Phi_{EL}$      |     | $h_{EL}$ |     | $h_{cx}$ |     | $\cos\varphi$ | $K_{иск}$ |          |     |     |     |
|                 | лм               | о.е | лм/Вт    | о.е | лм/Вт    | о.е | о.е           | о.е       |          |     |     |     |

Световой поток  $\Phi_{EL}$  находится по формуле;

$$\Phi_{EL} = \frac{2\pi^2 \ell h E_A}{\left[ \left( \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \cos^2 \gamma \right]}, \quad (1)$$

где параметры формулы (1) поясняются из рис.2. для упрощения расчетов точку  $A$  следует брать так, чтобы угол  $\gamma=0$ .

Световая отдача лампы равна:

$$\eta_{EL} = \frac{\Phi_{EL}}{P_{EL}}. \quad (2)$$

Световая отдача всей схемы:

$$\eta_{CX} = \frac{\Phi_{EL}}{P_{CX}}. \quad (3)$$

Коэффициент мощности схемы:

$$\cos \varphi = \frac{P_{CX}}{U_{EL} I_{EL}}. \quad (4)$$

Коэффициент искажения:

$$K_{ИСК} = \frac{P_{EL}}{U_{EL} I_{EL}}. \quad (5)$$

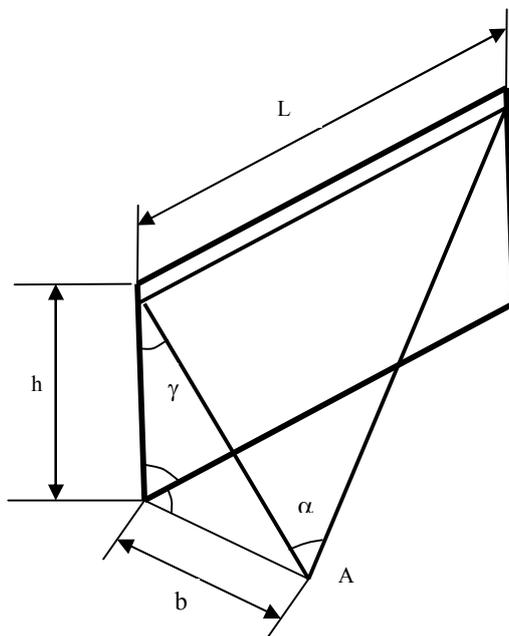


Рис. 2.

По данным табл.2 на миллиметровке в относительных единицах строится зависимости тока лампы  $I_{EL}$ , мощности лампы  $P_{EL}$ , мощности схемы  $P_{CX}$ , светового потока, светоотдачи лампы  $\eta_{EL}$ , и схемы  $\eta_{CX}$ , коэффициента мощности  $\cos \varphi$ , коэффициента искажения  $K_{ИСК}$  в зависимости от напряжения на зажимах схемы.

Коэффициент мощности схемы ЛЛ без конденсатора  $C_1$  составляет 0,5-0,6. Для определения емкости конденсаторов, предназначенных для повышения коэффициента мощности установки от  $\cos\varphi_1$  до  $\cos\varphi_2$  применяется формула:

$$C = \frac{P_{cx}(tg\varphi_1 - tg\varphi_2)}{\omega U_c^2},$$

где  $\cos\varphi_1=0,92$ ;  $\omega=2\pi f$ ; где  $\omega$  – угловая частота;  $\pi=3,14$ ;  $f=50$  Гц.

Результаты измерений и расчетов параметров схемы в двух вариантах (без компенсации  $C_1=0$ , и при включенной расчетной компенсирующей емкости) заносят в табл.3 и сравнивают между собой.

Таблица 3

| $U_{сети}$ , В | $I_{EL}$ , А | $P_{cx}$ , Вт | $P_{EL}$ , Вт | $U_{EL}$ , В | $E$ , лк | $C_1$ , мкФ | $\cos\varphi$ , о.е |
|----------------|--------------|---------------|---------------|--------------|----------|-------------|---------------------|
| 220            |              |               |               |              |          |             |                     |
| 220            |              |               |               |              |          |             |                     |

### Контрольные вопросы

1. Каково устройство ЛЛ, схемы ее включения?
2. Назовите достоинства и недостатки ЛЛ.
3. Назовите основные функции балластного сопротивления, стартера.
4. В каких осветительных установках целесообразно применять ЛЛ?
5. Почему на ЛЛ оказывает влияние температура, влажность окружающей среды?

## **Лабораторная работа № 4**

### **Исследование световых и электрических характеристик дуговых ртутных люминесцентных ламп высокого давления**

**Цель работы:** Изучение устройства лампы типа ДРЛ, электрическую схему и аппаратуру для включения ее в сеть. Исследовать процессы зажигания и принцип действия лампы.

#### **Теоретические сведения**

Ртутные лампы высокого давления с исправленной цветностью (ДРЛ) представляют собой кварцевую разрядную трубку, установленную внутри стеклянной колбы. В разрядную трубку вводятся дозированное количество ртути и аргон для облегчения зажигания и улучшения условий работы электродов, установленных по концам разрядной трубки.

Стеклянная колба в виде грушеобразного баллона служит для изоляции разрядной трубки от окружающей среды. На внутренней поверхности колбы нанесен люминофор, преобразующий излучение ртутного разряда в видимое.

Лампы ДРЛ обладают высокой световой отдачей, значительно превышающей световую отдачу ламп накаливания.

Период разгорания лампы 3-7 минут. За период разгорания происходит нагревание горелки и испарение ртути. Давление, паров ртути, повышается, и изменяются характеристики. Напряжение повышается с 25-30В до 115-145В, ток уменьшится в 2-2,6 раза. При погасании, лампу можно зажигать после того, как она остынет (через 10-15 минут).

Основные характеристики:

- 1) электрические:
  - номинальное напряжение 220 В, 380 В;
  - номинальная мощность 80, 125, 250, 400, 700, 1000, 2000 Вт;
- 2) светотехнические:
  - световой поток зависит от мощности ламп, снижается к концу срока службы на 25-30%;
  - спектр излучения содержит длины волн с  $\lambda < 580$  нм;
- 3) эксплуатационные:
  - световая отдача  $\eta = 50-60$  лм/Вт;
  - срок службы  $T = 10-16$  тыс. часов.

#### **Задание**

1. Изучить устройство, принцип действия и основные характеристики лампы ДРЛ, аппаратуру для включения их в сеть и работу электрических схем.
2. Исследовать процесс разгорания лампы ДРЛ.
3. Снять вольт-амперную характеристику лампы.
4. Установить зависимости основных параметров лампы от напряжения питания.
5. Оформить отчет о работе.

### Порядок выполнения работы

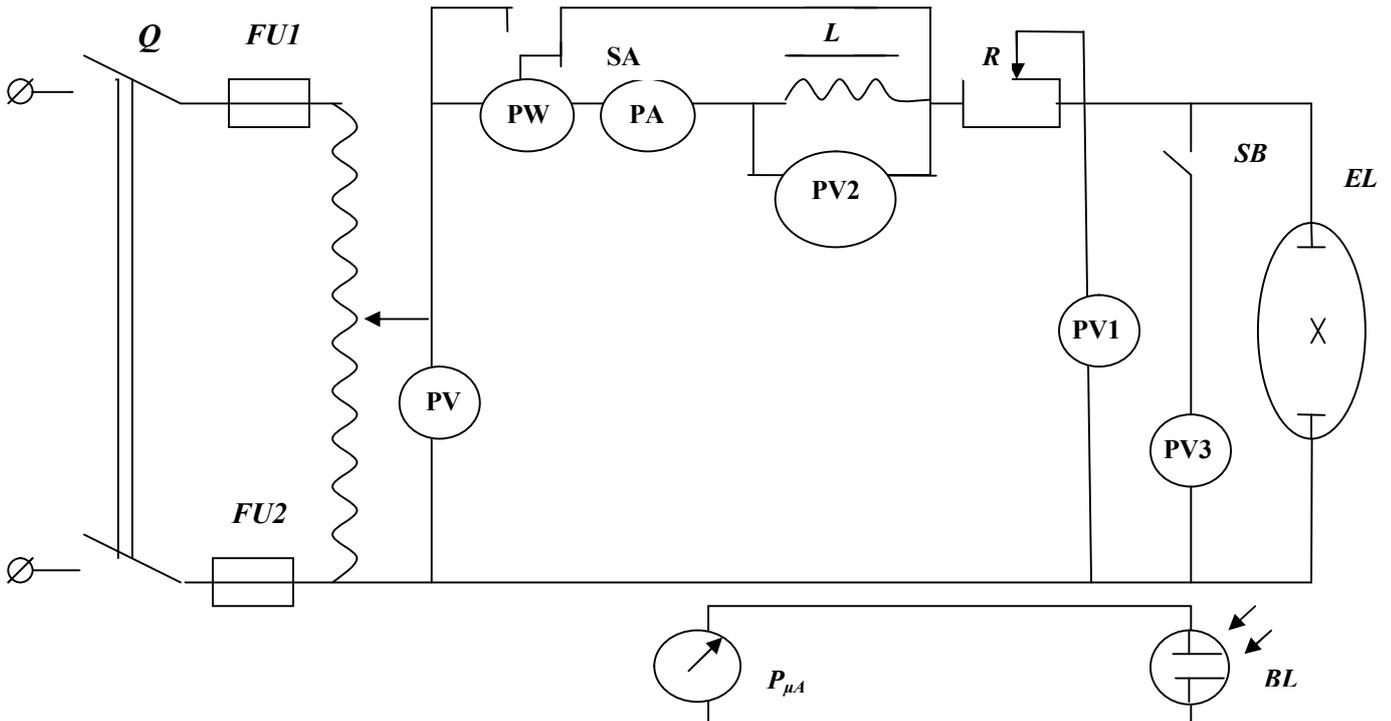


Рис.1. Схема для исследования световых и электрических характеристик лампы типа ДРЛ;  $L$  – индуктивное балластное сопротивление (дроссель);  $BL$ ,  $P_{\mu A}$  – люксметр;  $R$  – активное сопротивление

Ознакомиться со стендом и по рис.1. собрать схему для проведения опытов. По этой схеме записать технические данные входящих в нее приборов и аппаратуры. Включить схему на номинальное напряжение сети. Лампа начнет разгораться. Через каждые 30с и до установившегося режима, характеризующегося установившимися значениями, прежде всего тока и напряжения на лампе, необходимо измерять ток на лампе  $I_{EL}$ , мощность схемы  $P_{cx}$ , мощность лампы  $P_{EL}$ , напряжение на лампе  $U_{EL}$ , напряжение на балласте  $U_L$ , и освещенность  $E$ . Освещенность измеряют люксметром, в точке, лежащей на перпендикуляре к оси лампы, проведенном через ее центр. Расстояние от точки до лампы должно быть 1 м. Освещенность определяют как разность показаний люксметра при включенной и выключенной лампе. Т.к. напряжение на лампе при разгорании изменяется от 15...20 В до 120...130 В, то для повышения точности измерений этого напряжения в схеме следует использовать два вольтметра: один постоянно включенный на 220 В, другой – на напряжение 60 В с ключом или кнопкой  $SB$  для включения его на момент измерений.

Результаты занести в табл.1.

Таблица 1

| № измерения | Опытные данные |               |                |                |            |               |         | Расчетные данные |         |          |           |
|-------------|----------------|---------------|----------------|----------------|------------|---------------|---------|------------------|---------|----------|-----------|
|             | $t, c$         | $I_{EL}, (A)$ | $P_{cx}, (Вт)$ | $P_{EL}, (Вт)$ | $U_L, (В)$ | $U_{EL}, (В)$ | $E, лк$ | $F_{EL}, лм$     | $S, ВА$ | $Q, Вар$ | $cos\phi$ |
| 1           | 2              | 3             | 4              | 5              | 6          | 7             | 8       | 9                | 10      | 11       | 12        |
|             |                |               |                |                |            |               |         |                  |         |          |           |

По данным табл.1. рассчитывают поток лампы  $F_{EL}$ , полную  $S$ , реактивную мощности  $Q$  и коэффициент мощности схемы  $\cos\varphi$ .

Значения светового потока лампы определяют по соотношению  $F_{EL} = F_n \cdot E/E_n$ , где  $F_n$  – номинальный поток исследуемой лампы. Он определяется из справочной литературы (для лампы мощностью  $P_n=250$  Вт  $F_n=12000$  лм).

Все приведенные в табл.1 значения необходимо пересчитать в относительные единицы.

По данным табл.1 необходимо построить графики изменения параметров  $I_{EL}$ ,  $P_{EL}$ ,  $U_{EL}$ ,  $F_{EL}$ ,  $S$ ,  $\cos\varphi$  лампы за время ее разгорания.

Для снятия вольт-амперной характеристики (ВАХ) необходимо снижать реостатом ток лампы от минимального возможного в лабораторной схеме для исследуемой лампы до погашения. Измерения следует проводить через 0,2 или 0,1А. Показания амперметра и вольтметров занести в табл.2.

Таблица 2

| Параметры схемы | Значение параметров |
|-----------------|---------------------|
| $I_{EL}$ , (А)  |                     |
| $U_{EL}$ , (В)  |                     |
| $U_L$ , (В)     |                     |

По данным табл.2 построить ВАХ лампы и балластного сопротивления и дать объяснение вида этих зависимостей.

После повторного разгорания, снижая напряжение на зажимах схемы от 240В ступенями по 10В, снять зависимости параметров лампы от напряжения питания.

Результаты измерений и последующих вычислений записать в табл.3.

Таблица 3

| № измерения | $U_{cx}$ |      | $I_{EL}$ |      | $P_{cx}$ |      | $P_{EL}$ |      | $U_{EL}$ |      | $U_L$ |      | $E$ |      | $F_{EL}$ |      |
|-------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|-------|------|-----|------|----------|------|
|             | В        | о.е. | А        | о.е. | Вт       | о.е. | Вт       | о.е. | В        | о.е. | В     | о.е. | лк  | о.е. | лм       | о.е. |
|             | 2        | 3    | 4        | 5    | 6        | 7    | 8        | 9    | 10       | 11   | 12    | 13   | 14  | 15   | 16       | 17   |
|             |          |      |          |      |          |      |          |      |          |      |       |      |     |      |          |      |

По табл.3 построить зависимости параметров от напряжения на зажимах схемы и дать объяснение их изменений.

### Контрольные вопросы

1. Как устроена лампа ДРЛ?
2. Каково назначение, устройство и основные параметры аппаратуры для включения ламп типа ДРЛ?
3. Какие схемы включения ламп типа ДРЛ наиболее распространены?
4. Назовите область применения ламп типа ДРЛ.
5. Каковы достоинства и недостатки ламп типа ДРЛ по сравнению с другими источниками света?
6. Дайте характеристики существующим лампам ДРЛ.
7. Объясните характер изменения параметров ДРЛ при разгорании.

## **Лабораторная работа №5**

### **Исследование конструкций светильников и экспериментальное определение их основных характеристик**

**Цель работы:** Изучение конструкции светильников, области их применения и основные светотехнические характеристики.

#### **Общие сведения**

Осветительные приборы делятся на осветительные приборы ближнего действия – называемые светильниками и осветительные приборы дальнего действия – прожекторами.

Светильники состоят из арматуры и источника света.

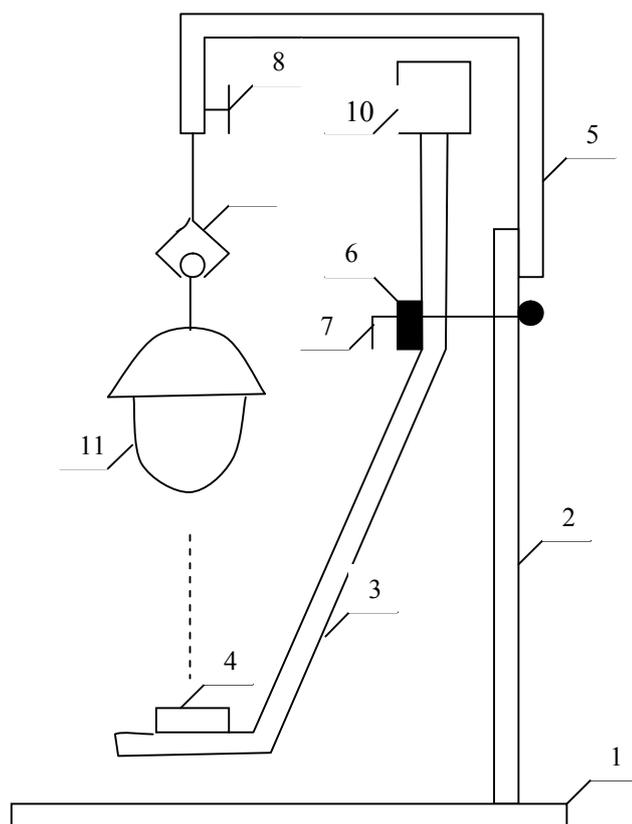
Осветительная арматура предназначена для перераспределения светового потока в заданном направлении, защиты источника света от воздействия окружающей среды, механических повреждений, защиты глаз от прямого попадания света, крепления светильников.

Светильники являются важнейшей частью осветительной установки, определяющей технико-экономическую эффективность, качества освещения и другие показатели. Они люминесцируют по различным признакам: характеру светораспределения, распределения светового потока между нижней и верхней полусферами, назначению, способу установки, степень защиты от окружающей среды, эксплуатационными характеристиками.

Основными характеристиками являются: светораспределения, КПД, защитный угол, коэффициент усиления. С помощью этих характеристик можно оценивать возможность их применения светильников в различных условиях, рассчитывать их число и мощность источника света.

#### **Описание экспериментальной установки**

Для снятия характеристик светораспределения, определения КПД и других параметров круглосимметричных светильников, служит установка, называемая распределительным фотометром. Распределительный фотометр (рис.1) представляет собой стойку 2, прикрепленную к основанию 1 на стойке укреплен ось вращения поворотной штанги 3 длиной .....м, которая может вращаться в пределах углов  $\pm 175^{\circ}$  от вертикального положения. На нижнем конусе штанги укреплен площадка 4 для установки фотоэлемента от люксметра, а сверху ее имеется противовес 10 положение штанги фиксируется и при помощи винта. Отсчет углов производится с помощью указателя 7 и лимба 6. На кронштейне крепится светильник.



*Рис.1. Распределительный фотометр для кругло симметричных светильников.  
1-основание; 2-стойка; 3-поворотная штанга; 4-площадка для фотоэлемента;  
5-кронштейн; 6-лимб; 7-указатель; 8-зажимной винт; 9-захват; 10-противовес;  
11-светильник.*

*В основание 1 вмонтирован регулятор напряжения, позволяющий изменять источник света от 0 до номинального*

## **Проведение эксперимента и обработка результатов**

Программа работы.

1. Изучить конструкции и область применения светильников с различными источниками света.
2. Опытным путем построить кривую света светильника и источника света (без светильника).
3. Определить световой поток, КПД светильника и его защитный угол.
4. Снять и построить освещенности горизонтальной плоскости от светильника и лампы в зависимости от расстояния до светильника и лампы.

Методика выполнения работы: при выполнении первого пункта программы необходимо изучить имеющиеся в лаборатории светильники, а также по литературным источникам и каталогам. В отчете по работе вычертить эскиз светильника, кривую его светораспределения и привести другие технические характеристики.

Для выполнения пунктов 2,3 необходимо установить, на площадку фотометра фотоэлемент люксметра, тщательно измерить расстояние источника света (теле накала) и светильника до фотоэлемента.

Включить установку в сеть и регулятором напряжения установить напряжение на источнике света (уровень напряжения указывается преподавателем).

При помощи подвижного кронштейна с фотоэлементом устанавливают необходимый уровень для вычисления силы света. Для каждого угла люксметром измеряют освещенность в выбранном напряжении и находят силу света ( $I_\alpha$ ) по формуле:

$$I_\alpha = \frac{E_\alpha \ell^2}{\cos \beta},$$

где  $E_\alpha$  – освещенность плоскости, перпендикулярной рассматриваемому направлению, измеренная люксметром, лк;  $\ell$  – расстояния от источника или светильника до фотоэлемента, м;  $\beta$  – угол падения светового потока на фотоэлемент люксметра (в данном случае угол равен  $0^0$ ).

Полный световой поток, создаваемый источником света или светильником, определяют методом зональных потоков. Сущность метода заключается вычислением световых потоков, сосредоточенных в зональных телесных углах всего пространства, с последующим суммированием их для расчета полного светового потока источника или светильника.

Световой поток, заключенный в пределах достаточно малых телесных углов, можно найти умножения зональный телесный угол  $\Delta\omega_{\alpha_i-\alpha_j}$  на среднюю силу света в этой зоне т.е.

$$\Phi_{\alpha_i-\alpha_j} = \Delta\omega_{\alpha_i-\alpha_j} \cdot I_{cp}.$$

В пределах малой зоны кривая распределения силы света светильника или источника света изменяется плавно, поэтому с достаточной точностью за среднюю в зоне можно принять силу света в направлении, определяемым углом  $\alpha_{cp}$ , численно равным среднему арифметическому значению граничных углов  $\alpha_i$  и  $\alpha_j$  зоны, т.е.

$$\alpha_{cp} = (\alpha_i + \alpha_j) / 2.$$

Например, сила зоны пространства характеризуется граничными углами  $\alpha_i = 10^0$  и  $\alpha_j = 20^0$ , то среднюю силу света вычисляют при:

$$\alpha_{cp1} = \frac{(10^0 + 20^0)}{2} = 15^0; \quad \alpha_{cp2} = \frac{(20^0 + 30^0)}{2} = 25^0 \text{ и т.д.}$$

В данном эксперименте среднюю силу света находят по направлениям отличающимся одно от другого на  $15^0$ , поэтому граничные углы зон будут  $7,5^0$ ;  $22,5^0$ ;  $37,5^0$ ;  $52,5^0$  и т.д. подставляя в уравнение для потока значение зонального угла равного  $\Delta\omega = 2\pi(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)$  – телесный угол рассматриваемой зоны.

Получим выражение зонального светового потока

$$\Phi_{\alpha_1-\alpha_2} = 2\pi(I_\alpha)_{cp} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin\alpha d\alpha = 2\pi(I_\alpha)_{cp} (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) \quad \text{или} \quad \Phi_{\alpha_1-\alpha_2} = (I_\alpha)_{cp} \Delta\omega,$$

где -  $(I_\alpha)_{cp}$  – сила света для середины зоны  $\alpha_1 - \alpha_2$ ;

Полный поток светильника или источника света равен

$$\Phi = \sum_{\alpha_1}^{\alpha_2} \Phi_\alpha.$$

По форме табл.1 проводятся опыты для источника света и светильника. КПД светильника определяется из отношения

$$\eta_{AD} = \frac{\Phi_{cp}}{\Phi_u},$$

где  $\Phi_{cp}$  – световой поток светильника (суммарное значение потока из табл.1);  $\Phi_u$  – световой поток источника света (суммарное значение потока из табл.1).

Защитный угол светильника определяется по резкому изменению освещенности при снятии кривой светораспределения.

По результатам опыта значения светового потока лампы, КПД и защитного угла светильников следует сравнивать его справочными данными.

При определении освещенности необходимо учитывать влияние постороннего излучения путем вычитания показания люксметра с включенным и выключенным источником.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называется осветительным прибором?
2. Какой прибор называется светильником?
3. Что такое сила света, освещенность?
4. Как определяется защитный угол светильника?
5. Что такое КПД светильника, как он определяется?
6. От чего зависит КПД светильника?
7. Как классифицируются светильники по характеру светораспределения, по исполнению, способу установки?
8. Как выбрать светильник для конкретных условий?

Результаты опыта и расчетов вводятся табл.1

Таблица 1

| Наименование<br>и тип<br>светильника | Опытные данные |                         |   |                     | Расчетные данные              |                       |                                |
|--------------------------------------|----------------|-------------------------|---|---------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
|                                      | №<br>измерения | Зоны<br>углов,<br>град. | Направление,<br>соответствующее<br>середине зоны,<br>град | Освещенность,<br>лк | Зональный<br>телесный<br>угол | Средняя сила<br>света | Зональный<br>световой<br>поток |
| <b>1</b>                             | <b>2</b>       | <b>3</b>                | <b>4</b>  | <b>5</b>            | <b>6</b>                      | <b>7</b>              | <b>8</b>                       |
|                                      | 1              | 0-10                    | 5   |                     | 0,095                         |                       |                                |
|                                      | 2              | 10-20                   | 15  |                     | 0,283                         |                       |                                |
|                                      | 3              | 20-30                   | 25  |                     | 0,463                         |                       |                                |
|                                      | 4              | 30-40                   | 35  |                     | 0,628                         |                       |                                |

## Л и т е р а т у р а

1. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение. Глава II- 4- 79. - М.: Стройиздат, 1980.
2. Правила устройства электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: Энергоатомиздат, 1988.
4. Азалиев В.В., Варсанюфьева Г.Д., Крохв Ц.Е. Эксплуатация осветительных установок промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат.
5. Справочная книга по светотехнике. /Под ред. Ю.Б. Айзберга/. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
6. Справочная книга для проектирования электрического освещения. / Под ред. Г.М.Кнорринга/. - Л.: Энергия, 1976.
7. Пособие по расчетам и проектированию естественного, искусственного и совмещенного освещения (к СНиП II – 4- 79). - М.: Стройиздат, 1985.



