

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА»
(Самарский университет)

ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ПОМЕЩЕНИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

*Рекомендовано редакционной комиссией
по двигателям летательных аппаратов и энергомашиностроению
в качестве методических указаний*

САМАРА 2017

УДК 628.931
ББК 31.294

Составители: *А.В. Терентьев, В.В. Варфоломеева*

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В. А. Зрелов

Искусственное освещение в помещениях производственных, общественных и жилых зданий / сост. А. В. Терентьев, В. В. Варфоломеева – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017.
– 20 с.

Представлены исходные понятия искусственного освещения: освещённость, световой поток, коэффициент пульсации, прямая и отражённая блёскости, цветопередача. Приведены сведения об основных источниках искусственного освещения. Предложены задачи по обеспечению энергетической эффективности системы освещения в жилых, общественных и производственных помещениях.

Предназначено для студентов всех специальностей очного, очно-заочного и заочного отделений.

Подготовлено на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности.

УДК 628.931
ББК 31.294

ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ПОМЕЩЕНИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Цель работы: ознакомиться с основными принципами, которые позволяют обеспечить качественную световую среду при искусственном освещении помещения.

Основные требования, предъявляемые к искусственному освещению

Искусственное освещение создаётся электрическими источниками света. Его основная задача – обеспечение благоприятных условий для различения объектов. Для этого необходимо:

1. соответствие освещённости характеру зрительной работы;
2. устранение пульсации освещённости;
3. равномерное распределение освещённости на рабочей поверхности, отсутствие на ней резких теней;
4. отсутствие прямой (от источника света) и отражённой (от окружающих предметов) блёскости;
5. правильная цветопередача (для некоторых видов работ).

Рассмотрим основные показатели световой среды.

1. Освещённость E – это отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, к площади этого элемента (люкс, лк).

Световой поток Φ – мощность видимого излучения (световая энергия, излучаемая по всем направлениям за единицу времени), испускаемая изотропным источником света, заключённая в пределах телесного угла, равного одному стерadianу (люмен, лм).

Телесный угол Ω – часть пространства, ограниченная конической поверхностью (стерadian, ср). Измеряется отношением площади S , вырезаемой этим углом из сферы, к квадрату радиуса сферы R (рис. 1). При $S = R^2$ телесный угол $\Omega = 1$ ср. Если вершина находится в центре сферы, полная сфера образует телесный угол, равный 4π стерadian (полный телесный угол).

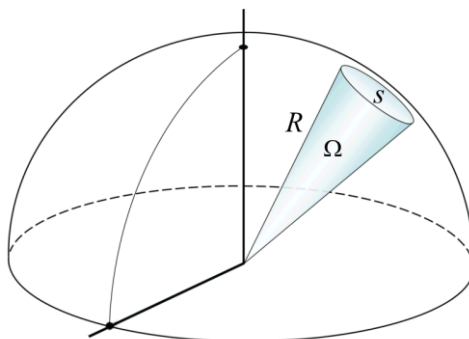


Рис. 1. Схема для определения телесного угла Ω

Требуемая освещённость в помещениях может обеспечиваться системами общего или комбинированного искусственного освещения.

Общее освещение – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

Комбинированное искусственное освещение – искусственное освещение, при котором к общему искусственному освещению добавляется местное. *Местное освещение* – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. Освещённость рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10% нормируемой для комбинированного освещения.

В помещениях общественных зданий следует применять систему общего освещения. Применение системы комбинированного освещения допускается при выполнении некоторых видов работ, например, в читальных залах библиотек и архивов, ювелирных и гравёрных мастерских, помещениях для ремонта часов, теле- и радиоаппаратуры.

Согласно СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» нормируется средняя освещённость на условной рабочей поверхности. При этом минимальная освещённость на рабочих местах не должна отличаться от средней освещённости в помещении более чем на 10 %.

Выбор нормируемого значения освещённости зависит от разряда и подразряда зрительной работы. Разряд зрительной работы определяется наименьшим или эквивалентным¹ размером объекта различения (рассматриваемого предмета, отдельной его части или дефекта, которые требуется различать в процессе работы). Чем меньше объект различения, тем большую освещённость следует обеспечивать. Например, в табл. 4.2 СП 52.13330.2016 установлено 8 разрядов зрительных работ для помещений жилых и общественных зданий с характеристикой зрительной работы от очень высокой точности (разряд А, освещённость 400 или 500 лк при среднем контрасте и светлом фоне) до общей ориентировки в зонах передвижения (разряд З, освещённость 20 или 30 лк).

Подразряд зрительной работы зависит от:

- контраста объекта различения с фоном, который определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона²;
- характеристики фона (поверхности, прилегающей непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается³;
- относительной продолжительности зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность (в случае жилых и общественных зданий).

Например, в табл. 4.1 СП 52.13330.2016 для II разряда зрительной работы требуемая освещённость при системе общего освещения:

- при большом контрасте и светлом фоне – 400 лк;
- при среднем контрасте и среднем фоне – 750 лк (затраты на электроэнергию примерно в 2 раза выше);
- при малом контрасте и тёмном фоне норматив отсутствует: системы общего освещения недостаточно, следует использовать комбинированное освещение (освещённость 4000 лк, в том числе 400 лк от общего освещения).

¹ Эквивалентный размер объекта различения – размер равнояркого круга на равноярком фоне, имеющего такой же пороговый контраст, что и объект различения при данной яркости фона (определяется для протяженных объектов различения).

² Контраст объекта различения с фоном K считается: большим при K более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости); средним при K от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости); малым при K менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

³ Фон считается: светлым при коэффициенте отражения ρ поверхности более 0,4; средним при ρ от 0,2 до 0,4; темным при ρ меньше 0,2.

2. Коэффициент пульсации. Вследствие питания источников света переменным током может возникать пульсация освещённости (мерцание света). Для запуска люминесцентных ламп в старых светильниках используются магнитные балласты (электромагнитные пускорегулирующие аппараты ЭмПРА), которые создают пульсации освещённости с удвоенной частотой питания – 100 Гц. Светодиоды, как источники света, при питании постоянным током не мерцают. Однако не редко производители осуществляют их питание переменным током. В этом случае некоторые светодиоды проявляют более выраженную пульсацию освещённости, чем люминесцентные лампы. При этом частота пульсации часто не известна.

При питании источника света током частотой от 3 до 70 Гц может возникать видимое мерцание, которое является нежелательным атрибутом для любой системы освещения, вызывает зрительный дискомфорт. Кроме этого, есть вероятность возникновения эпилептических припадков (в редких случаях) и менее специфических неврологических симптомов, например, головная боль (мигрень).

В диапазоне частот от 70 до 200 Гц проявляется невидимая пульсация освещённости, которая воспринимается сетчаткой глаза, и влияет на нервные элементы коры головного мозга. Её длительное воздействие может приводить к недомоганию, головным болям и зрительному напряжению. Невидимая пульсация освещённости с большей вероятностью вызывает негативное влияние, когда визуальная задача требует точного позиционирования взгляда, например, при чтении. Информация о влиянии пульсации освещённости на человека изложена в докладе Института инженеров электротехники и электроники (англ. Institute of Electrical and Electronics Engineers)⁴.

В производственном процессе пульсация освещённости может приводить к увеличению опасности производственного травматизма вследствие возникновения стробоскопического эффекта⁵ и связанной

⁴ 1789-2015 - IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers.

⁵ Стробоскопический эффект – зрительное восприятие кажущегося изменения, прекращения вращательного движения или периодического колебания объекта, освещаемого светом, изменяющимся с близкой, совпадающей или кратной частотой. Может проявляться при использовании источников света, которые питаются переменным током.

с ним кажущейся остановки (или замедления) вращающихся механизмов. Поэтому следует выбирать источники света с низким коэффициентом пульсации.

Коэффициент пульсации освещённости K_{Π} (%) – критерий оценки относительной глубины колебаний освещённости в осветительной установке в результате изменения во времени светового потока источников света при их питании переменным током, выражающийся формулой:

$$K_{\Pi} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} \cdot 100 \%,$$

где E_{\max} и E_{\min} – соответственно, максимальное и минимальное значения освещённости за период ее колебания, лк; $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещённости, за этот же период, лк.

Коэффициент пульсации освещённости учитывает пульсацию светового потока до 300 Гц. Соблюдение норм коэффициента пульсации освещённости позволяет предотвратить отрицательное влияние мерцания, стробоскопического эффекта и снизить зрительное и общее утомление человека.

Согласно СП 52.13330.2016, коэффициент пульсации не должен превышать для зрительной работы:

- наивысшей и очень высокой точности – 10 %;
- высокой точности – 15 %;
- средней и малой точности – 20%.

На рабочих местах, оборудованных ПЭВМ, коэффициент пульсации не должен превышать 5% (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», ред. от 21.06.2016).

Уменьшить коэффициент пульсации K_{Π} можно, изменив характеристики питающего тока.

При подключении светильников для люминесцентных ламп с магнитными балластами (ЭМПРА) к разным фазам двух- или трёхфазной сети, частота пульсации освещённости составляет 200 или 300 Гц, соответственно. Это простой и эффективный способ. Он неприменим там, где используются однофазные сети. Например, в большинстве многоквартирных жилых домов.

Для запуска люминесцентных ламп могут быть использованы электронные балласты (электронные пускорегулирующие аппараты ЭПРА), которые устанавливаются в цоколь лампы или в светильник. ЭПРА увеличивают частоту тока до 40–50 кГц, поэтому пульсация освещённости не оказывает влияния на общую и зрительную работоспособность.

Питание светодиодных источников света предпочтительно осуществлять постоянным током. В этом случае пульсация освещённости отсутствует, как и при естественном освещении помещения.

3. Равномерность распределения освещённости. При условии неравномерной освещённости рабочей поверхности, разной яркости отдельных объектов орган зрения вынужден функционировать с частой переадаптацией глаза, что увеличивает утомляемость и время выполнения работы. Поэтому необходимо обеспечивать равномерную освещённость рабочей поверхности.

Согласно СП 52.13330.2016 предельная равномерность распределения освещённости $U_0 = E_{\text{мин}}/E_{\text{макс}}$ в рабочей зоне помещения без учета проходов не должна быть менее 0,7 (для зрительных работ разрядов I-III) или 0,6 (для разрядов IV-VII).

Приемлемая равномерность распределения освещённости рабочих поверхностей достигается правильным расположением источников света. При выборе схемы расположения светильников следует принимать во внимание распределение светового потока в пространстве, которое определяется его углом расходимости (зависит от типа лампы и/или светильника) и высоты подвеса. Оптимальное расстояние между светильниками или рядами ламп L при общем освещении определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = \lambda \cdot (H - h_C - h_p), \quad (1)$$

где λ – коэффициент, зависящий от типа светильника; h – расчётная высота подвеса светильников (расстояние от источника света до рабочей поверхности); H – высота помещения; h_C – высота свеса светильника (расстояние между потолком и лампой); h_p – высота рабочей поверхности.

4. Слепящее действие искусственного света. При выполнении любых видов работ следует обеспечить отсутствие слепящего действия. Существуют количественные критерии оценки слепящего

действия: показатель ослеплённости, показатель дискомфорта, объединенный показатель дискомфорта URG и др. (СП 52.13330.2016, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 ред. от 21.06.2016). На практике чаще производится визуальная оценка прямой (от источника освещения) и отражённой (от рабочей поверхности) блёскости.

Уменьшение прямой блёскости может быть достигнуто:

- а)* изменением расположения светильников: для общего освещения – увеличением высоты установки светильников; для местного освещения – расположением светильников так, чтобы их светящиеся элементы не попадали в поле зрения работающих;
- б)* уменьшением электрической мощности каждого отдельного источника света за счёт соответствующего увеличения их числа;
- в)* при использовании светорассеивающих стекол (плафоны, абажуры, матовые лампочки и др.) или светоотражателей; открытые источники света к использованию не допускаются;
- г)* ограничением силы света в направлениях, образующих большие углы с вертикалью, например, применением светильников с необходимым защитным углом. Для местного освещения используют непросвечивающие отражатели.

Следует отметить, что выполнение пунктов *а–г* часто обеспечивает более равномерную освещённость, однако приводит к удорожанию установки и стоимости её эксплуатации.

Для уменьшения отражённой блёскости можно изменить расположение источников света и отражающих поверхностей относительно угла зрения работника или уменьшить коэффициент отражения поверхностей (заменить зеркальные, стеклянные, металлические, пластмассовые глянцевые поверхности на матовые с наибольшим коэффициентом отражения).

5. Цветопередача – общее понятие, характеризующее влияние спектрального состава источника света на зрительное восприятие цветных объектов, сознательно или бессознательно сравниваемое с восприятием тех же объектов, освещённых стандартным источником света⁶.

Для оценки соответствия спектральных характеристик реальных источников света характеристикам стандартных источников служит

⁶ Стандартизованы Международной комиссией по освещению.

индекс цветопередачи R_a ⁷, который находится в диапазоне от 1 до 100 единиц: 1 – полное несоответствие; 100 – идентичность.

При выборе источника света для помещений, не предназначенных для оценки качества воспроизведения цвета, можно использовать лампы с индексом R_a от 60 единиц.

Для помещений, в которых проводятся работы с повышенными требованиями к цветоразличению (продажа одежды, тканей, косметики, рисование, химические эксперименты, выставки картин, контроль готовой продукции на текстильных фабриках, сортировка кожи, подбор красок для цветной печати и т.п.) следует выбирать источники света с индексом R_a не менее 90 единиц.

Минимальные требования к индексу цветопередачи лампы приводятся в приложениях И и К свода правил СП 52.13330.2016. При маркировке ламп индекс цветопередачи может обозначаться CRI (англ. Color Rendering Index). Если при маркировке лампы используются три цифры, то первая цифра соответствует значению R_a , делённому на 10 (например, 827 – индекс цветопередачи не менее 80).

Источники искусственного освещения. Обеспечение энергетической эффективности осветительной установки.

Для искусственного освещения следует использовать энергоэкономичные источники света. При равной мощности предпочтительны источники света с наибольшей световой отдачей и сроком службы, с учётом требований к цветоразличению.

Световая отдача – отношение излучаемого источником светового потока Φ к потребляемой им мощности P (лм/Вт). Световая отдача является показателем эффективности и экономичности источников света.

В настоящее время наиболее распространены следующие типы ламп:

- лампы накаливания (ЛН);
- галогенные лампы накаливания (ГЛН);

⁷ Индекс цветопередачи R_a – мера соответствия зрительных восприятий цветного объекта, освещённого исследуемым и стандартным источниками света при определенных условиях наблюдения.

- газоразрядные лампы высокого давления (ГЛВД);
- газоразрядные лампы низкого давления (ГЛНД), в том числе люминесцентные лампы (ЛЛ) и компактные люминесцентные «энергосберегающие» лампы (КЛЛ);
- светодиодные лампы (СД).

При выборе источников искусственного освещения следует обращать внимание на различные светотехнические характеристики, например:

- диапазон рабочих температур, влагостойкость, стойкость к УФ-лучам и к химически агрессивным средам (см. ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 «Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний»);
- прочность колбы и крепления цоколя (у СД обычно выше, чем у ЛН и КЛЛ);
- время включения (у ГЛВД обычно больше 5 минут);
- цветовую температуру (для общего и местного освещения помещений следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 до 6800 К) и др.

Кроме того, следует учитывать:

- возможность использования в закрытых светильниках, поскольку перегрев ЛН и ГЛН влечёт нарушение целостности колбы, у КЛЛ может выйти из строя электронный блок, а светодиоды деградируют при повышенных температурах;
- травмо- и пожаробезопасность (температура колбы у ЛН и ГЛН может достигать нескольких сотен градусов Цельсия);
- возможность использования регуляторов яркости (диммеры), датчиков шума и движения (могут не подходить некоторые КЛЛ и СД);
- наличие вредных веществ (в большинстве ГЛНД и ГЛВД содержится ртуть или её соединения).

При проектировании рабочего освещения помещений для энергосбережения можно применять устройства кратковременного включения освещения с выдержкой времени, достаточного для прохода людей по этим помещениям, или использовать светильники с датчиками движения. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и различными режимами работы, рекомендуется предусмотреть отдельное управление освещением.

Выполнение работы

Часть 1. Определение основных светотехнических характеристик ламп.

Задача: выбрать энергоэкономичный источник света для обеспечения благоприятных условий световой среды в жилом помещении.

Порядок выполнения работы

1. Подготовьте лабораторный стенд к работе (приложение А).
2. Установите исследуемую лампу в патрон **1** (рис. 2). При наличии контакта в цепи должен загореться световой индикатор **2**. Закройте дверцу фотометрического блока и включите источник искусственного освещения клавишей **3**.
3. Запишите показания мультиметров (силу тока I и напряжение U)⁸, пульсметра и люксметра (освещённость E и коэффициент пульсации $K_{П}$) в протокол к работе № 1 (табл. 1).
4. Выключите клавишей **3** источник искусственного освещения.

Таблица 1. Протокол к работе № 1

		ЛН с прозрачной колбой	ЛН маговая	ГЛН маговая	КЛЛ с ЭПРА	СД 1	СД 2
Цена, руб.		15	20	40	120	120	170
Заявленные характеристики	Мощность $P_{\text{ЗЯВЛ}}$, Вт					7	
	Световой поток $\Phi_{\text{ЗЯВЛ}}$, лм					*	
	Световая отдача $\Phi_{\text{ЗЯВЛ}} / P_{\text{ЗЯВЛ}}$, лм/Вт						
	Срок службы, ч						
Измеренные характеристики	Напряжение U , В						
	Сила тока I , А						
	Мощность $P_{\text{ИЗМ}}$, Вт						
	Освещённость E , клк						
	Световой поток $\Phi_{\text{ИЗМ}}$, лм						
	Световая отдача $\Phi_{\text{ИЗМ}} / P_{\text{ИЗМ}}$, лм/Вт						
	Коэффициент пульсации $K_{П}$, %						

* – производителем не указан, у аналогичных ламп $\Phi \approx 600$ лм.

⁸ В режиме амперметра в диапазоне до 2А "0" на дисплее не отображается, три цифры после "." обозначают тысячные доли ампера.

5. Повторите замеры (пункты 2–4) для других типов ламп, учитывая, что:

- замену ЛН и ГЛН следует проводить в перчатках (во время работы лампы могут существенно нагреться);
- КЛЛ оснащены функцией плавного старта, поэтому показания следует снимать после выхода на номинальный режим работы (около 30 сек.).

6. Оцените визуально наличие пульсации для СД 1 и СД 2. Посмотрите на эти источники света через камеру телефона.

7. Выключите лабораторный стенд.

8. Заполните остальные графы протокола. Значения светового потока $\Phi_{\text{заявл}}$ и срок службы лампы можно найти на упаковке. Мощность $P_{\text{изм}} = I \cdot U$. Значение светового потока $\Phi_{\text{изм}} = E \cdot S$. Для лампы накаливания с прозрачной колбой площадь S определяется отношением $\Phi_{\text{заявл}}$ к E . Полученное значение S используется для определения $\Phi_{\text{изм}}$ остальных ламп.

9. Сравните заявленные производителями $\Phi_{\text{заявл}}/P_{\text{заявл}}$ и фактические $\Phi_{\text{изм}}/P_{\text{изм}}$ значения световой отдачи.

Часть 2. Расчёт энергоэффективности системы общего равномерного искусственного освещения.

Задача: разработать проект экономически выгодной установки общего равномерного освещения в общественном или производственном помещении, удовлетворяющей нормативным требованиям освещённости.

Порядок выполнения работы

1. Получите задание у преподавателя (см. приложение Б). Запишите исходные данные в протокол к работе № 2 (табл. 2).

2. По уравнениям (1) и (2) определите число светильников N , которое обеспечит равномерную освещённость:

$$N = N_A \cdot N_B, \quad (2)$$

где $N_A = \frac{A}{L}$, $N_B = \frac{B}{L}$ – число светильников по длине A и ширине B помещения, соответственно (значения N_A и N_B округляются до целых); коэффициент λ в уравнении (1) принимается равным 1; уровень рабочей поверхности h_p приводится в приложении Л СП 52.13330.2016.

3. Определите нормативное значение освещённости $E_{\text{норм}}$ по СП 52.13330.2016. Используйте прил. Л. в случае неизвестных размеров объектов различения.

4. Определите минимальное значение индекса цветопередачи R_a по СП 52.13330.2016 (для производственных помещений по прил. И; для общественных и жилых помещений по прил. К).

Таблица 2. Протокол к работе № 2

Вариант задания, назначение помещения (выполняемая зрительная работа)				
Требуемая освещённость $E_{\text{норм}}$, лк				
Минимальное значение индекса цветопередачи R_a				
Габариты помещения:				
длина A , м				
ширина B , м				
высота H , м				
Уровень рабочей поверхности h_p , м				
Высота свеса светильника h_c , м				
Высота подвеса светильников h , м				
Площадь помещения S , м ²				
Коэффициент эксплуатации MF				
Показатель помещения i				
Коэффициент использования светового потока η				
Число светильников:				
N_A , шт				
N_B , шт				
N , шт				
Тип лампы		ЛН	ЛЛ	СД
$\rho_{\text{нор}} = 0,5, \rho_{\text{ст}} = 0,3, \rho_{\text{пол}} = 0,2$	Минимальный световой поток одной лампы Φ , лм			
	Мощность одной лампы P_1 , Вт			
	Число ламп в осветительной установке $N \cdot n$, шт			
	Мощность осветительной установки P_{Σ} , кВт			
	Затраты на приобретение ламп, тыс. руб.	за 1 год		
		за 5 лет		
	Затраты на электроэнергию, тыс. руб.	за 1 год		
за 5 лет				
Общие затраты, тыс. руб.	за 1 год			
	за 5 лет			
$\rho_{\text{нор}} = 0,7, \rho_{\text{ст}} = 0,5, \rho_{\text{пол}} = 0,3$	Минимальный световой поток одной лампы Φ , лм			–
	Мощность одной лампы P_1 , Вт			–
	Число ламп в осветительной установке $N \cdot n$, шт			–
	Мощность осветительной установки P_{Σ} , кВт			–
	Затраты на приобретение ламп, тыс. руб.	за 5 лет		–
				–
	Затраты на электроэнергию, тыс. руб.	за 5 лет		–
			–	
Общие затраты, тыс. руб.			–	

5. Вычислите минимальное значение светового потока Φ одной лампы, необходимого для обеспечения нормативной освещённости $E_{\text{норм}}$:

$$\Phi = \frac{E_{\text{норм}} \cdot S}{\eta \cdot MF \cdot N \cdot n}, \quad (3)$$

где S – площадь помещения, м^2 ; η – коэффициент использования светового потока (табл. 3), при определении коэффициента отражения ρ считать, что потолок – светлый, стены – тёмные, пол – очень тёмный; MF – коэффициент эксплуатации, спада освещённости в процессе эксплуатации осветительной установки вследствие спада светового потока, выхода из строя источников света и невозможности восстановления измененных отражающих и пропускающих свойств оптических элементов осветительных приборов, а также загрязнения поверхностей помещения (табл. 4.3 в СП 52.13330.2016); n – число ламп в светильнике (для ЛН $n = 5$; для ЛЛ и СД $n = 2$).

Для определения коэффициента использования светового потока η необходимо знать коэффициенты отражения ρ потолка, стен, пола и показатель помещения i , который вычисляется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \quad (4)$$

где h – расстояние от источника света до рабочей поверхности, м.

Таблица 3. Коэффициент использования светового потока η

$\rho_{\text{пот}}$	0,7				0,5		0,3	0
$\rho_{\text{ст}}$	0,5		0,3		0,5	0,3	0,2	0
$\rho_{\text{пол}}$	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0
i	Коэффициент η							
0,60	0,35	0,34	0,27	0,26	0,31	0,24	0,18	0,17
0,80	0,49	0,46	0,38	0,36	0,43	0,36	0,29	0,28
1,00	0,54	0,50	0,43	0,41	0,48	0,41	0,34	0,32
1,25	0,59	0,55	0,49	0,46	0,53	0,45	0,38	0,35
1,50	0,64	0,59	0,53	0,50	0,56	0,49	0,42	0,39
2,00	0,73	0,65	0,61	0,56	0,63	0,56	0,48	0,45
3,00	0,83	0,75	0,73	0,67	0,72	0,65	0,58	0,55
5,00	0,95	0,83	0,86	0,77	0,80	0,75	0,69	0,65

Поверхность: белая глянцевая – $\rho = 0,8$; белая матовая – $\rho = 0,7$;
 очень светлая (штукатурка на белом цементе) – $\rho = 0,6$;
 светлая (бетон, светлый керамогранит) – $\rho = 0,5$;
 средняя (цветные краски, светлое дерево) – $\rho = 0,4$;
 тёмная (гранит, потемневшее дерево) – $\rho = 0,3$;
 очень тёмная (очень тёмные краски) – $\rho = 0,2$;
 чёрная (чёрные краски, чугун) – $\rho = 0,1$.

6. Используя значения светового потока одной лампы Φ и световой отдачи Φ/P (табл. 4), вычислите требуемую мощность одной лампы P_1 типа ЛН, ЛЛ и СД, необходимую для создания требуемой освещённости.

7. Определите суммарную мощность существующей осветительной установки P_{Σ} , кВт.

8. Выберите наиболее экономичный источник искусственного освещения для 1 и 5 лет эксплуатации при 8-и часовом режиме работы, 300 дней в году (табл. 4). Стоимость одного кВт·ч электроэнергии принимать равной 4 руб.

9. Повторите расчёт для ЛН и СД для 5 лет эксплуатации, считая, что потолок – белый матовый, стены – светлые, пол – тёмный (по пунктам 5–8). Оцените изменение затрат в абсолютных (тыс. руб.) и относительных (%) величинах.

10. Занесите полученные результаты в протокол к работе № 2 (табл. 2). Сравните затраты при использовании различных источников искусственного освещения.

11. Сделайте выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. К чему приводит неправильное организованное освещение?
2. Какие параметры следует контролировать, чтобы организовать систему искусственного освещения, создающую предпосылки для хорошей работоспособности?
3. Что такое комбинированное освещение?
4. От чего зависит выбор минимального значения освещённости в помещении?
5. Какими способами можно снизить коэффициент пульсации?
6. Что такое стробоскопический эффект?
7. Какие параметры нормируются, чтобы не допустить слепящего действия.
8. Способы достижения равномерной освещённости рабочей поверхности и уменьшения прямой блёскости?
9. Как снизить отражённую блёскость?
10. На какие светотехнические характеристики следует обращать внимание при выборе источников искусственного освещения?
11. Что означает понятие работы с самосветящимися объектами?

Таблица 4. Ориентировочные характеристики наиболее распространённых электрических источников света

Тип лампы	Срок службы, ч	Индекс цветопередачи R_a	Световая отдача Φ/P , лм/Вт	Мощность одной лампы P_1 , Вт	Цена, руб
ЛН – лампа накаливания 	1 000	90	12	25	15
				40	15
				60	15
				75	20
				95	20
КЛЛ – компактная люминесцентная лампа 	8 000	80–89	60	8	100
				11	120
				15	130
		90–97	55	20	140
				8	180
				11	200
15	220				
20	250				
ЛЛ – люминесцентная лампа 	10 000	80–89	75	10	80
				20	90
				30	100
				40	110
				50	120
		90–97	70	10	110
				20	120
				30	130
				40	140
				50	150
СД – светодиодная лампа 	30 000	80-89	90	10	100
				15	120
				20	140
				25	160
				30	180
				35	200
		95	90	40	220
				10	150
				15	170
				20	190
				25	210
				30	230
				35	250
40	270				

Приложение А. Подготовка лабораторного стенда к работе

1. Переведите один мультиметр в режим вольтметра для измерения напряжения переменного тока ($V\sim$) до 750 В, другой в режим измерения силы переменного тока ($A\sim$) до 2 А (рис. 2).

2. Соедините фазу "L" с разъёмами "COM" вольтметра и "A" амперметра. Разъём "COM" амперметра последовательно соединить с одноклавишным выключателем и электророзеткой.

Внимание! Неправильное подключение мультиметров может привести к короткому замыканию.

3. Соедините нейтраль "N" с разъёмом "V" вольтметра и последовательно с одноклавишным выключателем и электророзеткой.

4. Вставьте вилку 4 в розетку 5.

5. Покажите собранный стенд преподавателю.

6. Включите автомат 6, устройство защитного отключения 7 и блок мультиметров 8.

7. Включите прибор комбинированный "ТКА-ПКМ" (08) кнопкой "Вкл/Выкл". На экране после включения появляется надпись фирмы производителя и название прибора.

8. Обнулите прибор. Для этого затемните датчик прибора и нажмите кнопку "Режим". Процесс обнуления сопровождается надписью на индикаторе: "Подождите, идет измерение". Засветка измерительной части во время обнуления приводит к неправильным измерениям.

9. Вставьте датчик "ТКА-ПКМ" в окно для фотодатчика 9.

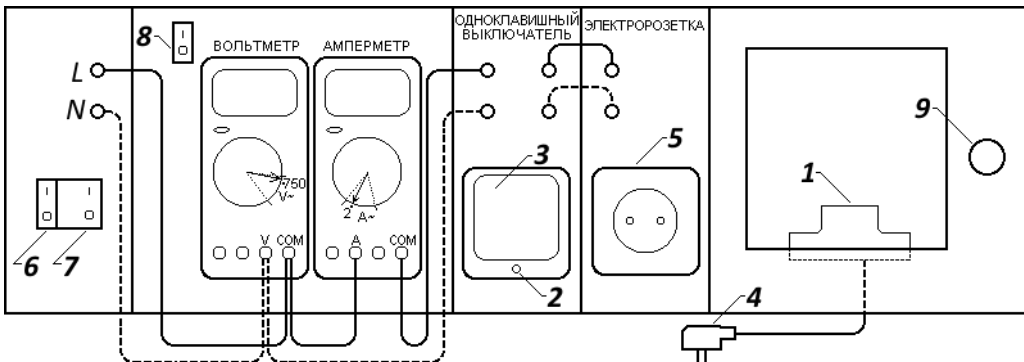


Рис. 2. Схема лабораторного стенда

Приложение Б. Варианты заданий

№	Наименование помещения	Эксплуатационная группа светильника	Высота свеса светильника h_c , м
1	Пошивочный цех ателье (Л1, 97а)	1	0,2
2	Офис (Л1, 1)	5	0,0
3	Конструкторское бюро (Л1, 2)	2	0,2
4	Участок ремонта электрооборудования (Л2, 21)	6	0,2
5	Лаборатория электронных устройств (Л1, 13)	3	0,2
6	Компьютерный зал (Л1, 10)	7	0,2
7	Чертежное бюро (Л1, 2)	4	0,2
8	Переплетно-брошюровочное помещение (Л1, 8)	1	0,2
9	Помещение пересчёта денег (Л1, 15)	5	0,2
10	Помещения сортировки и комплектации грузов (Л2, 70)	2	0,2
11	Аналитическая лаборатория (Л1, 14)	1	0,2
12	Макетная мастерская (Л1, 9)	5	0,2
13	Моечная лабораторной посуды (Л1, 14)	2	0,2
14	Кабинет рисования (Л1, 28)	6	0,2
15	Мастерская по обработке металлов (Л1, 30)	3	0,2
16	Рекламно-декорационная мастерская (Л1, 88)	7	0,0
17	Серверная (Л1, 18)	4	0,2
18	Парикмахерская (Л1, 90)	1	0,0
19	Электромашинное помещение (Л2, 32а)	5	0,2
20	Помещение главных касс (Л1, 85)	2	0,2

№	А, м	В, м	Н, м
А	4	3	2,5
Б	4	4	2,5
В	5	3	2,5
Г	5	4	2,5
Д	6	4	2,5
Е	6	5	2,5
Ё	6	6	2,5
Ж	6	5	3,0
З	7	5	3,0
И	8	5	3,0
Й	9	5	3,0
К	10	5	3,0
Л	11	5	3,0
М	12	5	3,0
Н	6	6	3,0
О	7	6	3,0
П	8	6	3,0
Р	9	6	3,0
С	10	6	3,0
Т	11	6	3,0
У	12	6	3,0
Ф	7	7	3,0
Х	8	7	3,0
Ц	9	7	3,0
Ч	10	7	3,0
Ш	11	7	3,0
Щ	12	7	3,0
Ъ	8	8	3,0
Ы	7,4	7,4	3,3
Ь	9	8	3,0
Э	10	8	3,0
Ю	11	8	3,0
Я	12	8	3,0

Учебное издание

**ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ПОМЕЩЕНИЯХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

Методические указания

Составители:

*Терентьев Алексей Владимирович,
Варфоломеева Вера Васильевна*

© Самарский университет, 2018
443086 Самара, Московское шоссе, 34.
