

4 Обоснование и расчет искусственного освещения электромашинного цеха

4.1 Обоснование искусственного освещения электромашинного цеха

Производственное освещение применяется для обеспечения трудовой деятельности на предприятиях разного типа. К нему предъявляются более жесткие требования, чем к используемому в жилых помещениях.

Описание основных условий проектирования систем промышленного освещения на светодиодах:

Важнейшими задачами системы промышленного освещения являются:

- обеспечение безопасности рабочих мест;
- повышение производительности труда;
- снижение негативного воздействия искусственного освещения на здоровье человека.

Системы производственного освещения учитывают как естественные, так и искусственные виды. Естественное освещение создается прямыми или рассеянными солнечными лучами, попадающими в помещение через окна.

К искусственному свету могут быть отнесены лампы накаливания, газоразрядные лампы или диодные и другие. Выделяют также совмещенное освещение, при котором нехватка дневного света частично компенсируется искусственным.

Для выбора светильников в производственное помещение необходимо подготовить предварительный расчет оптимальной мощности освещения по принятым формулам.

Затем следует определить, какое количество светильников, в зависимости от их характеристик, потребуется и выбрать оптимальный вариант.

Выбор того или иного типа светильника должен производиться с учетом:

- 1) стоимости;
- 2) срока службы;
- 3) КПД;
- 4) безопасности применения на производстве;
- 5) создаваемого комфорта для сотрудников;
- 6) экологических характеристик;
- 7) возможности работы в аварийных ситуациях.

В качестве искусственного освещения электромашинного цеха примем светодиодные лампы.

Светодиодные лампы являются одним из наиболее эффективных и современных решений для обеспечения искусственного освещения в производственных помещениях. При этом, использование светодиодных ламп в производственных помещениях должно учитывать особенности производственных процессов и требования безопасности электрооборудования.

Светодиодные лампы имеют более высокий световой поток при меньшей потребляемой мощности. Это означает, что при использовании светодиодных ламп можно получить более яркое и качественное освещение помещения при том же уровне потребления энергии.

Искусственное промышленное освещение предполагает установку светодиодных ламп, светильников и прожекторов. Их крепят к потолкам, стенам и иным конструкциям накладным способом и на консоли. Кроме этого используют подвесной монтаж для точечной подсветки рабочих мест.

Искусственное освещение является одним из важнейших аспектов в электромашинном цехе, поскольку оно позволяет обеспечить безопасность и комфорт работы для сотрудников. Светодиодные лампы являются наиболее эффективным и экономичным вариантом в данном случае.

Светодиодные лампы обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными лампами:

- Они потребляют значительно меньше энергии, что позволяет снизить затраты на электроэнергию.
- Светодиодные лампы имеют более длительный срок службы, который может достигать 100 000 часов.
- Они имеют высокий уровень цветопередачи и яркости, что обеспечивает комфортное освещение рабочего места.
- Светодиодные лампы не содержат вредных веществ и не выделяют вредные газы, что делает их экологически чистыми.

Светодиодные лампы (LED) имеют ряд достоинств, которые делают их более привлекательными для использования в качестве осветительных приборов, в том числе в электромашинном цехе. Ниже перечислены некоторые из самых важных достоинств светодиодных ламп:

1. Высокая энергоэффективность. Электромашинный цех имеет высокий уровень потребления энергии, в том числе на освещение. Светодиодные лампы потребляют до 80% меньше электроэнергии, чем традиционные лампы накаливания

и до 50% меньше, чем энергосберегающие лампы компактного типа. Это означает, что светодиодные лампы помогают существенно снизить расходы на электричество.

2. Длительный срок службы. Светодиодные лампы имеют очень длительный срок службы, который обычно составляет до 50 000 часов, в то время как традиционные лампы накаливания обычно служат только до 2 000 часов. Это означает, что светодиодные лампы не требуют замены на протяжении десятилетий. Это также уменьшает затраты на ремонт и замену ламп.

3. Высокая светоотдача. Светодиодные лампы обеспечивают высокую светоотдачу при сравнительно низком потреблении энергии. Это означает, что они могут обеспечить яркое и качественное освещение в электромашинном цехе при использовании гораздо меньшего количества ламп, чем традиционные лампы. Светодиодные лампы обеспечивают высокую светоотдачу, что необходимо для обеспечения достаточного уровня освещенности в электромашинном цехе. Более того, они не потеряют яркость в течение всего срока службы.

4. Устойчивость к вибрации и перепадам температуры. Светодиодные лампы обладают высокой устойчивостью к вибрации и перепадам температуры, что делает их идеальными для использования в электромашинном цехе и других условиях с неблагоприятными условиями. Светодиодные лампы обладают высокой устойчивостью к этим факторам, что гарантирует надежную работу осветительных приборов.

5. Экологическая безопасность. Светодиодные лампы не содержат ртути и других вредных веществ, которые могут нанести вред окружающей среде и человеческому здоровью. Это делает их безопасными для использования в электромашинном цехе.

6. Быстрая окупаемость. Использование светодиодных ламп для освещения промышленных объектов снижает затраты на электроэнергию примерно на 70 %. Несмотря на высокую начальную стоимость оборудования окупается за 1–2 года.

7. Качественное освещение. Характеристики излучения максимально близки к параметрам естественного света. Индекс цветопередачи естественного солнечного света — 100. У люминесцентных ламп — 68. У светодиодных ламп — 85+. Высокое качество освещения также достигается за счет высокой контрастности. Качественный свет необходим для создания комфортных условий труда. Особенно важна светодиодная подсветка на точных производствах.

8. Надежность. Корпусы светодиодных светильников изготавливают из высокопрочных алюминиевых сплавов. Это обеспечивает надежную защиту от

механических повреждений, а также необходимый теплоотвод. Степень пылевлагозащиты оборудования — IP65–67. Промышленные светодиодные светильники защищены от перепадов напряжения стабилизаторами и блоками питания. Оборудование не портится от частых включений и выключений и может работать при температуре от -50 до +50 °С.

9. Функциональность. Для большей экономичности и эффективности промышленные системы светодиодного освещения оснащают различными датчиками, таймерами включения и выключения, многофункциональными системами управления световыми потоками. Это позволяет регулировать параметры освещенности каждой зоны промышленного объекта в конкретное время суток.

10. Теплопередача. Светодиоды, по сравнению с традиционным освещением, генерируют небольшое количество тепловой энергии из-за их высокой эффективности. Этот фактор исключает не только ненужные потери электроэнергии на обогрев, но и является важным в обеспечении безопасности. Светодиодные лампы не перегреваются и не могут нанести повреждения. Отсутствие перегрева – еще и гарантия пожаробезопасности, исключая возможность появления открытого огня из-за чрезмерного нагрева лампы;

11. Размер. Светодиодные лампы могут быть выполнены в разных размерах и формах. Это значительно расширяет сферу их применения – от маленьких источников света в системах подсветки, до форм, напоминающих классическую лампу накаливания;

12. Фокус. Конструкция светодиодной лампы может быть выполнена так, чтобы фокусировать свет в определенном направлении. Лампы накаливания и флуоресцентные источники часто требуют внешнего отражателя для сбора света и направления его в удобном для использования виде. Это свойство полезно при разработке направленной подсветки рабочей зоны на кухне или письменного стола, например;

13. Время отклика. Светодиодные лампы достигают максимального уровня светимости моментально, после их включения и не требуют разогрева, как ртутные лампы.

14. Цикличность. Светодиоды не подвержены поломкам и выходу из строя из-за частого их включения-выключения.

Основные минусы светодиодных ламп:

- Стоимость. Один из наиболее существенных недостатков светодиодных ламп. Хотя развитие полупроводниковой индустрии идет огромными темпами,

светодиоды и сегодня, все еще относительно дорогостоящие, в сравнении с аналогами. Однако, отсутствие необходимости в частой замене и высокая энергоэффективность, успешно компенсирует высокую цену LED-ламп;

- Габариты. Мощные светодиодные лампы имеют достаточно большие размеры. Это является следствием наличия в них специального радиатора, обеспечивающего отвод выделяемого тепла от светодиода. Хотя, эффективность LED высокая, диоды работают некорректно при температуре выше 60 градусов по Цельсию. Наличие радиатора – является и причиной того, что такие лампы нельзя устанавливать в светильники закрытого типа, куда отсутствует свободный доступ воздуха. Эти недостатки светодиодных ламп, не позволяют их эффективно использовать повсеместно.

Светодиодные лампы – это эффективное и современное решение для обеспечения искусственного освещения. Несмотря на некоторые недостатки, преимущества светодиодных ламп перекрывают их недостатки. Благодаря постоянному развитию и совершенствованию технологий, светодиодные лампы становятся все более эффективными и доступными. Высокая степень энергоэффективности является актуальным аспектом в условиях повышения цен на энергоносители. Энергосберегающие технологии, включая светодиодные лампы, представляют будущее в области освещения, а эпоха распространения ламп накаливания постепенно заканчивается. В целом, светодиодные лампы являются оптимальным выбором для обеспечения искусственного освещения, что подкрепляется их все более широким использованием в различных областях жизнедеятельности.

Исходя из преимуществ светодиодных ламп с точки зрения эффективности, экономии затрат и длительности срока эксплуатации, мы рекомендуем выбор светодиодных ламп при оснащении электромашиного цеха. При использовании светодиодных ламп, мы получим более яркое и качественное освещение помещения при используемой мощности, что позволит существенно снизить расходы на электроэнергию. Дополнительно, светодиодные лампы имеют высокую надежность, длительный срок эксплуатации и могут быть использованы в различных конструкциях, что предоставляет гибкость в выборе оптимального решения для каждого конкретного случая. Таким образом, использование светодиодных ламп будет оптимальным выбором для обеспечения искусственного освещения электромашиного цеха.

4.2 Расчет искусственного освещения электромашинного цеха

Расчет электрического искусственного освещения сводится к определению мощности ламп, потребной для создания необходимой наименьшей освещенности рабочей поверхности.

Наиболее распространенным в проектной практике является расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока. Этот метод дает возможность подсчитать световой источник света, необходимый для создания нормированной освещенности горизонтальной поверхности при общем равномерном ее освещении.

Исходные данные:

- Наименование помещения и характер производства – электромашинный цех для среднего ремонта ТЭД;
- Размеры помещения - $a \times b$ - 78×24 м;
- Высота помещения – 12 м;
- Расчетная высота подвеса h_p , 9 м;
- Разряд зрительной работы – IV; Это отношение минимального размера объекта различения с фоном к расстоянию от органов зрения до объекта различения; Характеристика зрительной - средней точности для электромашинного цеха по ремонту ТЭД;
- Фон – темный;
- Освещенность E , лк, не менее, для освещения - 200; Ее определяют по таблице 4.1 СП 52.13330.2016 (требования к освещению промышленных предприятий) в зависимости от характеристики зрительной работы.
- Тип светильника LED;
- Источник света – СД;
- Коэффициент отражения, %:
 - 1) Потолка ρ_n – 50;
 - 2) Стен $\rho_{ст}$ – 30;
 - 3) Рабочей поверхности $\rho_{р.п.}$ – 10.
- Оптимальное расстояние между светильниками L по формуле $\lambda = \frac{L_{св}}{h_p}$ для светодиодных светильников принимаем λ – 1,6;
- Характеристика помещений - с большим выделением пыли.

Основным документом, определяющим предельно минимальные значения освещенности в определенной плоскости пространства помещения, являются: СП

52.13330.2016 — Свод Правил «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95» (СП) и Правила устройства электроустановок (ПУЭ).

Наиболее распространенным в проектной практике является расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока. Этот метод дает возможность подсчитать световой источник света, необходимый для создания нормированной освещенности горизонтальной поверхности при общем равномерном ее освещении.

Расчет освещения по методу коэффициента использования производится в следующей последовательности:

- 1) Изучить исходные данные для расчета:
 - а) размеры производственного помещения (ширина, длина и высота);
 - б) характеристику помещения (данные о характере производства, чистоте стен и потолка);
 - в) характер работы (минимальный размер объекта различения, контраст и светлота фона);
 - г) систему освещения (общая) и тип ламп (светодиодные или люминесцентные);
 - д) напряжение осветительной сети (220 В);
 - е) тип применяемого светильника (зависит от категории пожаро- и взрывоопасности производства и характеристики помещения по условиям окружающей среды);
 - ж) наличие рабочих мест у стен;
 - з) высоту рабочей поверхности и свес светильника.
- 2) Определить расстояние между светильниками $L_{св}$:

$$L_{св} = \lambda \cdot h_p \quad (1)$$

$$L_{св} = 1,6 \cdot 9 = 14,4 \text{ м}$$

- 3) Вычислить расстояние от стены L_1 до первого ряда светильников при наличии рабочих мест у стен по формуле:

$$L_1 = (0,2 \dots 0,3) \cdot L_{св}, \quad (2)$$

$$L_1 = (0,2) \cdot 14,4 = 2,88 \text{ м}$$

4) Расстановка рабочих мест в помещении выбирается самостоятельно. Расстояние между крайними рядами светильников по ширине $L_{ш}$ и длине $L_{д}$ помещения определить по формулам:

$$L_{ш} = b - 2 L_1; \quad L_{д} = a - 2 L_1, \quad (3)$$

где a – длина помещения;

b – ширина помещения.

$$L_{ш} = 24 - 5,76 = 18,24 \text{ м};$$

$$L_{д} = 78 - 5,76 = 72,24 \text{ м};$$

4) Определить число светильников, устанавливаемых в заданном помещении. Сначала определить количество светильников по ширине $n_{ш}$ и длине $n_{д}$ помещения:

$$n_{ш} = L_{ш} / L_{св} + 1; \quad n_{д} = L_{д} / L_{св} + 1; \quad (4)$$

$$n_{ш} = 18,24 / 14,4 + 1 = 2,26$$

$$n_{д} = 72,24 / 14,4 + 1 = 6,01$$

Принимаем $n_{ш} = 3$ и $n_{д} = 6$.

затем – общее число светильников:

$$n_{общ} = n_{ш} n_{д}. \quad (5)$$

$$n_{общ} = 3 \cdot 6 = 18$$

5) Определить расчетный (потребный) световой поток одной лампы:

$$\Phi_{л} = E_{\min} S K Z / (n_{общ} \eta), \quad (6)$$

$$\Phi_{л} = 200 \cdot 1950 \cdot 1,5 \cdot 1,5 / (18 \cdot 0,69) = 70652,17 \text{ лм}$$

где E_{\min} – минимальная нормируемая освещенность на рабочих поверхностях, лк;

S – освещаемая площадь помещения, м²;

K – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение ламп и светильников в зависимости от характеристики работ; зависит от степени запыленности производственного помещения. Значение коэффициента можно найти в СНиП 23-05-95*. Принимаем $K = 1,5$ согласно СНиП 23-05-95*.

Z – отношение средней освещенности к минимальной; Z – коэффициент неравномерности освещения или минимальной освещенности, отношение $E_{ср}/E_{\min}$. $E_{ср}$ определяют по СП 52.13330.2016, а E_{\min} (наименьшее

значение освещенности в помещении). Согласно СНиП 23-05-95*, значение Z составляет 1,3 для работ I-III категории в случае применения люминесцентных ламп, 1,5 – для других источников света, а для работ IV-VII разрядов – 1,5 и 2,0 соответственно. Если светильники можно установить только на колоннах, стенах или площадках, то допускается принимать z , равное 3,0. Принимаем Z равное 1,5.

$n_{\text{общ}}$ – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока (в долях единицы),

т. е. отношение светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп. Коэффициент использования зависит от характеристики светильника, размеров помещения, окраски потолка, поэтому для его определения необходимо знать коэффициенты отражения потолка ρ_n , стен $\rho_{\text{ст}}$, рабочей поверхности $\rho_{\text{р.п}}$, и индекс помещения i .

Индекс помещения подсчитывается по формуле:

$$i = av / (h_p (a + в)), \quad (7)$$
$$i = 78 \cdot 24 / (9 (78+24)) = 2,04$$

где a – длина помещения, м;

$в$ – ширина помещения, м;

h_p – расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

По типу светильника, индексу помещения и коэффициентам отражения ρ_n , $\rho_{\text{ст}}$, $\rho_{\text{р.п}}$ определяется коэффициент использования светового потока η .

Принимаем $\eta = 0,69$.

б) По напряжению на лампе $U_{\text{л}}$ и световому потоку одной лампы $\Phi_{\text{л}}$ выбрать стандартную лампу необходимой мощности

Выбираем промышленный светодиодный светильник LGT-Prom-Solar-660.

Напряжение: 100В. Световой поток: 80190Лм. Мощность 660 Вт.

Промышленный светодиодный светильник LGT-Prom-Solar-660.

Является заменой низкоэффективных устаревших светодиодных светильников, а также ДРЛ, ДНаТ, МГЛ.

Применение:

- 1) Промышленные объекты;
- 2) Открытые территории;
- 3) Складские помещения и ангары;
- 4) Объекты с тяжелыми условиями эксплуатации (запыленность, влажность, повышенная или пониженная температура).

Преимущества светодиодного светильника LGT-Prom-Solar:

- габаритная яркость соответствует самым высоким нормативам ГОСТ 54350-2011;
- различные цветовые температуры на выбор 3000К / 4000К / 5000К;
- универсальный монтаж;
- легкий вес;
- длительный срок эксплуатации.

7) Определить действительную освещенность:

$$E_{\text{действ}} = \Phi_{\text{табл}} n_{\text{общ}} \eta / (S K Z). \quad (8)$$

$$E_{\text{действ}} = 80190 \cdot 18 \cdot 0,69 / (1950 \cdot 1,5 \cdot 1,5) = 227 \text{ лм}$$

Определяем отклонение фактической освещенности от нормативного значения Δ по формуле, %:

$$\Delta = (E_{\text{действ}} - E_{\text{min}}) / E_{\text{min}} \cdot 100 \quad (9)$$

$$\Delta = (227 - 200) / 200 \cdot 100 = 13,5\%$$

Светотехнический расчет осветительных установок считается правильным, если полученное значение укладывается в интервал от -10 до +20%.

Фактическое значение освещенности не превышает нормированного значения более чем на 20 %, что удовлетворяет требованиям СНиП 23-05-95.

8) Сравнивая действительную освещенность $E_{\text{действ}}$ с нормируемой E_{min} можно сделать вывод о достаточности источников света для заданного электромашинного цеха. $E_{\text{действ}} > E_{\text{min}}$ ($227 \text{ лм} > 200 \text{ лм}$), в этом случае мы получили нормальное освещение для заданного цеха $E_{\text{действ}} = 227 \text{ лм}$, о чем свидетельствует сравнение действительная освещенность $E_{\text{действ}}$ с нормируемой E_{min} . Рассчитанных 18 светодиодных светильников будет достаточно для искусственного освещения заданного электромашинного цеха. Таким образом, при расчете искусственного освещения для электромашинного цеха необходимо учитывать такие параметры как площадь помещения, коэффициент отражения поверхности, необходимый уровень освещенности и количество светильников. В результате расчета, для достижения необходимого уровня освещенности в 200 лк, потребуется установить 18 светильников общей мощностью 11880 Вт. При этом, важно не только учитывать количество светильников, но и их расположение и распределение по площади помещения, чтобы обеспечить комфортные условия работы в цехе.