



Светодиодные светильники для горячих цехов

Нехватка кадров в промышленности вынуждает работодателей уделять больше внимания условиям труда сотрудников. В частности, улучшать параметры освещения на рабочем месте. Для использования в цехах, где из-за производственных процессов происходит интенсивное выделение тепла, до недавнего времени выбирали светильники, способные выдерживать высокие температуры, остальные характеристики отходили на второй план. Но сейчас появилась возможность использовать там светодиодные светильники, обеспечивающие высокое качество освещения.

Светильники, способные работать при повышенных температурах, востребованы на металлообрабатывающих, пищевых и т. п. производствах. В качестве характерного примера можно взять светильники для цехов, где осуществляется литье из металла, поскольку там воздух нагревается до наиболее высоких температур. Из-за этого для освещения там до сих пор применяются светильники с разрядными лампами: люминесцентными, натриевыми лампами высокого давления (ДНаТ) и металлогалогеновыми (МГЛ). При этом использование только ДНаТ в заводских цехах запрещено из-за их узкого спектра. Но при вы-

соте подвеса светильников не менее 10 м допускается совместное использование в цехе ДНаТ и МГЛ, такая практика весьма широко распространена в нашей стране. В этой связи ДНаТ обеспечивает требуемую энергоэффективность, а МГЛ — широкий спектр излучения. Проблема заключается в том, что такая комбинация приводит к неравномерности цветовой температуры по площади, что вызывает у сотрудников чувство дискомфорта, а также повышает вероятность ошибок в их работе.

В то же время параметры многих типов современных светодиодов позволяют эксплуатиро-

вать светильники на их основе при повышенных температурах.

Нормы по температуре

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», температура на рабочем месте, где постоянно присутствуют люди, даже для самых «жарких» производств не должна превышать $+28^{\circ}\text{C}$. Более высокая температура допускается на производственных участках, где сотрудники появляются эпизодически. Согласно действующим сейчас «Межотраслевым правилам по охране труда в литейном производстве» ПОТ Р М-002-97, в таких местах температура не должна превышать значение средней температуры воздуха на улице в 13 часов для самого теплого месяца в году более чем на 5°C .

Предположим, наиболее сложный вариант — литейный цех расположен на юге нашей страны. В южных регионах России самым теплым месяцем является август, средняя температура днем составляет до $+32^{\circ}\text{C}$ (в Калмыкии). Таким образом, там, где не присутствуют постоянно люди, температура воздуха на литейном производстве по нормам может достигать $+37^{\circ}\text{C}$. Но следует учесть, что светильники устанавливаются на потолке или близко к нему. Туда поднимается нагретый воздух, поэтому температура, при которой работают светильники, будет выше указанного значения.

Наиболее распространенная схема поддержания заданного климата в литейном цеху — принудительное нагнетание воздуха с улицы. При этом нагретый воздух выходит через воздухоотводы, расположенные под потолком. Температура окружающей среды для светильника будет примерно соответствовать температуре отводимого воздуха. Для ее приблизительной оценки может быть использована эмпирическая формула:

$$t_o = t_p + (t_p - t_{\text{внеш}} - 1,4^{\circ}\text{C}) / m, (1)$$

где t_p — температура воздуха на производственной площадке, $t_{\text{внеш}}$ — значение средней температуры воздуха на улице в 13 часов для самого теплого месяца в году, $1,4^{\circ}\text{C}$ — нагрев воздуха при прохождении через вентилятор, m — безразмерный коэффициент, значение которого лежит в пределах от 0,4 до 0,5.

Использование именно среднего значения применительно к $t_{\text{внеш}}$ обусловлено высокой инерционностью нагрева и охлаждения здания цеха.

При $t_p = +37^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{внеш}} = +32^{\circ}\text{C}$ и $m = 0,4$ получаем $t_o = +46^{\circ}\text{C}$. На практике это значение берут с запасом, поэтому предполагается, что светильник для литейного производства должен выдерживать температуру окружающей среды до $+60^{\circ}\text{C}$. Естественно, если речь идет о литейном цехе, полностью соответствующем принятым в нашей стране нормам по охране труда.

Выдержат ли светодиоды?

Современные светодиоды могут выдержать температуру р-п перехода до $+125^{\circ}\text{C}$. Но для практических применений эта информация бесполезна. Во-первых, надо знать, как себя ведет светодиод при тех или иных значениях температуры его корпуса. А во-вторых, на предельной температуре светодиод хотя и будет работать, но очень недолго. Нужно знать, при какой температуре данный тип светодиода способен проработать как минимум несколько десятков часов.

Для решения данной задачи образцы светодиодов перед их выпуском на рынок ведущие производители испытывают согласно американскому стандарту IES LM-80-15, де-факто ставшему международным. Данный стандарт предусматривает длительные испытания при двух температурах корпуса светодиода. Одна из них выбирается из значений $+55^{\circ}\text{C}$ и $+85^{\circ}\text{C}$. Другая — на усмотрение производителя. Две группы светодиодов работают при разных температурах в течение не менее 6000 ч (обычно тестируют в течение 9000 ч, что приблизительно равно году непрерывной работы). Каждую 1000 часов измеряют основные параметры светодиодов.

На основании полученного массива данных вычисляют прогноз по сроку службы данного типа светодиодов для каждой из температур, используя методику, описанную в стандарте IES TM-21. Сертификат, включающий в себя данные испытаний и прогнозы по сроку службы светодиодов, можно скачать на сайте их производителя.

Большинство типов современных светодиодов прошли испытания согласно IES LM-80-15 при температуре $+85^{\circ}\text{C}$. При правильном конструировании теплоотвода светильник на таких светодиодах может использоваться при температуре окружающей среды $+60^{\circ}\text{C}$. Некоторые типы светодиодов испытывают также при температуре $+105^{\circ}\text{C}$ или $+115^{\circ}\text{C}$, для рассматриваемых светильников они еще лучше подходят. Но стойкость таких светодиодов довольно высокая.

Температура корпуса светодиода равна:

$$t_{\text{КС}} = t_0 + R_t W_{\text{расс}} = t_0 + R_t I_c U_c (1 - \eta), \quad (2),$$

где R_t — суммарное тепловое сопротивление теплоотвода и сочленения светодиодов с теплоотводом, $W_{\text{расс}}$ — мощность, рассеиваемая светодиодом, η — КПД светодиода, I_c — ток через светодиод, U_c — напряжение падения на светодиоде.

Значение R_t можно уменьшить, используя принудительное воздушное охлаждение, что для промышленных светильников обычно не применяется, поскольку такая система будет быстро забиваться пылью и испарениями маслянистых веществ. Поэтому увеличивают площадь теплоотвода и оптимизируют форму его ребер.

Ограничения, связанные с драйвером

Самыми «нежными» элементами драйвера являются электролитические конденсаторы. Массово выпускаемые электролитические конденсаторы на основе алюминия способны работать при температурах до $+105^\circ\text{C}$. Но срок службы при таком температурном режиме не превышает 6000 ч. Для того, чтобы срок службы был порядка 50 000–10 000 ч, нужно, чтобы температура окружающей среды не превышала $+60$ – $+80^\circ\text{C}$.

В осветительных приборах, рассчитанных на использование в горячих цехах, драйвер обычно размещается на внешней стороне корпуса светильника либо же является отдельным внешним блоком. Благодаря этому корпус светильника не является дополнительным препятствием для отвода тепла от драйвера.

Защита от перегрева

При работе светодиодного светильника могут возникать нештатные ситуации, когда температура воздуха в месте его размещения превысит максимально допустимое значение. В таком случае светильник может выйти из строя. Для того, чтобы этого не произошло, используется защита от перегрева.



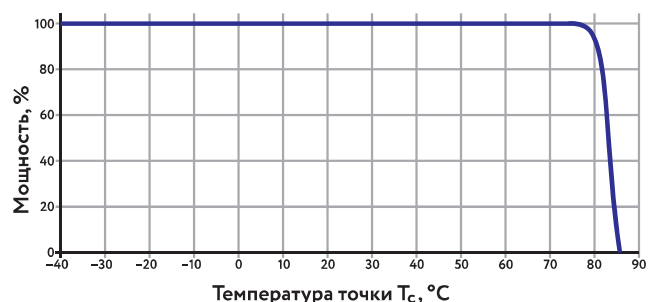
Если на светодиоды не подавать ток, т. е. $I_c = 0$, то формула (2) придет к виду $t_{\text{КС}} = t_0$. Температура компонентов драйвера также сравнивается с температурой окружающей среды. Если, например, температура воздуха повысится до $+85^\circ\text{C}$, то для светильника в выключенном состоянии это не нанесет значительного ущерба.

Обычно температурный датчик для указанной защиты встраивается в драйвер. При установке драйвера на поверхности корпуса светильника датчик температуры обращен во внешнее пространство. Он срабатывает, если температура воздуха выше определенного значения, либо сам драйвер нагрелся больше, чем допустимо. Установка датчика температуры на плату со светодиодами значительно увеличивает себестоимость светильника, поэтому обычно ограничиваются только контролем с использованием датчика в драйвере.

Предусмотрено два варианта реализации системы защиты от перегрева. В первом случае, если температура превышает пороговое значение, светильник отключается. Он снова заработает после того, как будет выключено и включено питание.

Более совершенный вариант — плавное регулирование выходного тока драйвера в зависимости от температуры. Тогда постепенное снижение значения I_c позволяет поддерживать температуру светодиодов на приемлемом уровне. Свет в цехе не гаснет, но снижение освещенности сигнализирует, что не все в порядке. В качестве примера рассмотрим графики зависимости относительного значения выходного тока от температуры устройства (T_c) и от температуры окружающей среды для драйвера российского производства Аргос ИПС210-700 при максимальной нагрузке.

Из графиков видно, что драйвер начинает снижать выходной ток, когда температура корпуса составляет $+75^\circ\text{C}$, и полностью выключается при $+85^\circ\text{C}$. Поскольку снижение выходного тока уменьшает тепловыделение драйвера, график зависимости выходного тока от температуры окружающей среды более пологий: снижение





начинается при $+60^{\circ}\text{C}$ и полное отключение происходит при $+80^{\circ}\text{C}$.

Пример реализации

В качестве примера можно привести высокотемпературный светодиодный светильник FS-MAN-T с потребляемой мощностью 100 Вт и световым потоком 15 000 лм производства Подольского завода светотехники «Терра».

На внешней стороне корпуса установлен драйвер с защитой от перегрева. Светильники работают в нормальном режиме при температуре воздуха до $+60^{\circ}\text{C}$, но вплоть до $+70^{\circ}\text{C}$ сохраняется освещение на пониженном уровне. Светильник имеет степень защиты от пыли и влаги IP67, такую же степень защиты имеет и драйвер. Даже если в цехе нет прямого действия воды при работе, все равно такая особенность позволяет упростить обслуживание светильника. Степень защиты IP67 позволяет очищать светильники на расстоянии, используя для этого струю воды под давлением.

Вопросы безопасности

Возникает вопрос: если сработает защита и освещенность цеха уменьшится, насколько это повлияет на безопасность проводимых в них работ?

Для начала определимся, в каких ситуациях может возникнуть перегрев, если система освещения изначально была спроектирована и установлена правильно:

- Аномально жаркая погода, когда солнце сильно нагревает крышу здания. При этом можно полностью обойтись естественным освещением через окна.
- Нарушения в работе вентиляции, при которых в формуле (1) значительно снижается ве-

личина коэффициента m . Но в таком случае работы должны быть прекращены до устранения неисправности в системе вентиляции. Плохо работающая вентиляция — это не только повышенная температура, но и, что более серьезно, накопление вредных веществ в помещении.

- Авария на производстве. В этом случае электропитание цеха, как правило, отключается. Основные светильники при этом могут отключаться и быть включены вместо них аварийные. Либо же основные светильники будут работать от источника аварийного энергоснабжения, но их световой поток будет уменьшен в несколько раз. Тогда светильники смогут работать и при повышенной температуре окружающей среды.

Итак, наличие защиты светильников от перегрева, как правило, не должно вызывать проблем при их установке на производстве. В любом случае плавное снижение освещенности — гораздо более безопасный для сотрудников вариант, чем неуправляемый массовый выход из строя светильников из-за их перегрева.

Тем не менее есть отдельные производства, где даже самые продвинутые светодиодные светильники пока не могут использоваться. Речь идет о горячих цехах на заводах, остановка производственных процессов на которых может привести к разрушению оборудования и авариям с еще более тяжелыми последствиями. Там, несмотря ни на что, должны работать люди. Если жарко — в термозащитных костюмах. Для таких предприятий по-прежнему предпочтительно использование разрядных источников света. Но для большинства предприятий внедрение светодиодов позволит снизить расходы на освещение и улучшить условия работы сотрудников. ↻

Текст: **Алексей ВАСИЛЬЕВ**