

Использование светодиодных светильников в регионах с холодным климатом.

В России, как в очень большой стране, присутствуют самые разные климатические зоны. И хотя большая часть территорий находится в умеренном поясе, значительную площадь занимают регионы с холодным климатом. Самые жёсткие условия для жизни в Заполярье, Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Температура здесь в зимнее время года может опускаться ниже -50°C , регулярно выпадает снег, обледеневают дороги. При этом зимой продолжительность светового дня очень короткая и улицы городов особенно нуждаются в качественном и эффективном освещении.



Рис. 1. Светодиодные светильники зимой.

Светильники, выбранные для установки в северных регионах, должны полностью соответствовать тяжёлым условиям эксплуатации. Согласно ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды» существуют климатические исполнения ХЛ1 и УХЛ1, которые подразумевают установку изделий на открытом воздухе с рабочим диапазоном температур от -60 до $+40^{\circ}\text{C}$. Характеристики климатических исполнений представлены в таблице 1, хорошо знакомой каждому светотехнику.

Таблица 1. Значения температуры воздуха при эксплуатации световых приборов в различных климатических условиях

Исполнение изделий	Категория изделий	Значение температуры воздуха при эксплуатации, °С			
		Рабочее		Предельное рабочее	
		верхнее	Нижнее	верхнее	нижнее
У, ТУ	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+40	-45	+45	-50
	3.1	+40	-10	+45	-10
	5; 5.1	+35	-5	+35	-5
ХЛ	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+40	-60	+45	-70
	3.1	+40	-10	+45	-10
	5; 5.1	+35	-10	+35	-10
УХЛ	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+40	-60	+45	-70
	3.1	+40	-10	+45	-10
	4	+35	+1	+40	+1
	4.1	+25	+10	+40	+1
	4.2	+35	+10	+40	+1
	5; 5.1	+35	-10	+35	-10

Чаще всего в уличном освещении холодных регионов применяются светильники с лампами ДНаТ и ДРЛ, во многих местах до сих пор используются лампы накаливания. Они хорошо переносят минусовые температуры и выполняют свою главную функцию — работают в любых условиях. С появлением светодиодных источников света стали актуальными и вопросы о том, каковы особенности их применения, какие специфичные проблемы могут их ожидать в условиях работы при низких температурах. На сегодняшний день этап накопления конструкторского и эксплуатационного опыта в области светодиодного освещения вообще и в частности освещения для регионов с холодным климатом всё ещё длится. Но уже можно перечислить ряд характерных ситуаций, встречающихся достаточно часто.

1. Образование конденсата.

В процессе работы светильника светодиоды и источник питания выделяют значительное количество тепла, которое рассеивается в окружающую среду корпусом светильника. Большая разница температур с внешней средой приводит к тому, что внутри корпуса образуется конденсат. Если конструкция не предусматривает отвода влаги, она остаётся заключённой во внутреннем объёме и может стать причиной некорректной работы или выхода из строя светильника. Таким образом, высокая герметичность конструкции светильника может сыграть отрицательную роль. Наоборот, светильники с отверстиями в корпусе для отвода водяных паров или конденсата на холоде работают надёжнее.



Рис. 2. Фото антиконденсационного клапана в светильнике GALAD Волна 2 ДКУ04.

Помимо простых отверстий в корпусе существуют и другие варианты решения. Например, в светильнике GALAD Волна 2 ДКУ04 со степенью защиты IP65 проблема конденсации водяных паров решена установкой специального клапана с паропроницаемой мембраной. При этом проницаемость мембраны однонаправленная: из светильника. Таким образом происходит постоянный вывод наружу водяных паров, образующихся в процессе работы светильника и снижается внутренний уровень влажности. В то же время не «страдает» степень защиты, то есть светильник защищён от проникновения пыли и осадков – дождя и снега.

2. Термоциклирование.

Для современных светодиодов выделяемая при работе тепловая мощность составляет порядка 30-50% от всей потребляемой мощности. В результате выделения тепловой мощности нагреваются: кристалл и корпус светодиода, плата, на которой он установлен, вторичная оптика и корпус. Помимо этого в нагрев светильника и его составляющих вносит свой вклад и источник питания, чей КПД находится в районе 85-96%. После выключения работающего светильника, происходит его остывание до температуры окружающей среды. При этом каждый из материалов (алюминий, пластик, стекло, термоклей и пр.) имеет свой коэффициент линейного и объёмного

расширения, в результате чего детали конструкции изменяют свои размеры в пределах микроскопических величин. Однократное изменение вряд ли повлияет на работу светильника, однако многократные циклы нагревания/остывания могут привести к деформациям корпуса и прочих компонентов светильника и, как следствие, потере контакта, разрушению соединений и разгерметизации. Например, может нарушиться соединение между корпусом и прокладкой и в светильник попадёт снег. Или в результате деформации светодиодной платы начнут разрушаться выводы, корпуса или кристаллы самих светодиодов. Может отклеиться вторичная оптика, если в результате термоциклирования будет происходить постепенное ухудшение адгезии клея или деградация его структуры.

Чтобы избежать таких неприятных сюрпризов при эксплуатации светильника в холодном климате, в нём должны использоваться протестированные соответствующим образом материалы, подходящие для низких температур. Сам светильник в целом также должен быть тщательно испытан, чтобы убедиться в правильном сочетании выбранных элементов конструкции.

3. Температурная зависимость характеристик светодиодов.

Ещё одна особенность работы светодиодных светильников в холодном климате - необходимость учитывать увеличения порогового и рабочего напряжения светодиодов при сильном охлаждении. Если для одного светодиода эти изменения относительно невелики, то когда речь заходит о всей светодиодной нагрузке, величины суммируются и игнорировать их становится невозможно. Особенно сильно изменение характеристик светодиодов заметно, если в нагрузке все светодиоды соединены последовательно.

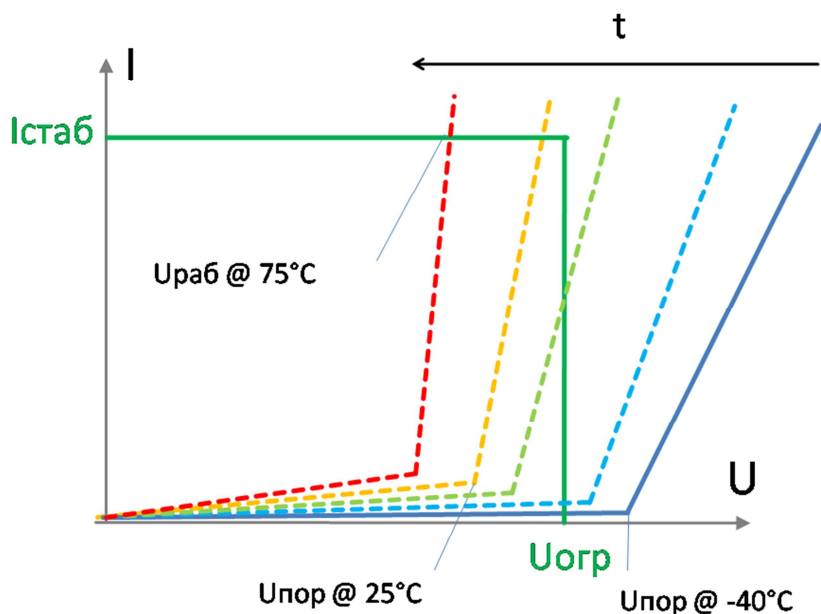


Рис. 3. Изменение вольт-амперной характеристики светодиодной нагрузки с ростом температуры.

На рис. 3 представлены выходная характеристика источника питания (сплошная линия) и семейство аппроксимированных вольт-амперных характеристик светодиодов (пунктирные линии). В рабочем диапазоне напряжений источник питания стабилизирует ток светодиодов на уровне $I_{\text{стаб}}$. Если при этом напряжение на светодиодах начинает превышать значение $U_{\text{огр}}$, источник питания «переваливается» в режим ограничения напряжения на светодиодах и старается таким образом удержать его на этом уровне за счёт снижения тока светодиодов. В крайнем случае ток светодиодов может быть снижен практически до нуля, если напряжение на них продолжает увеличиваться по каким-то причинам и не реагирует на снижения тока светодиодов.

Вольт-амперную характеристику светодиода упрощённо можно представить в виде ломаной линии из двух отрезков. На пологом участке сопротивление светодиода велико и ток через него практически не течёт, свечения не происходит. При увеличении напряжения на светодиоде до величины $U_{\text{пор}}$ светодиод начинает светиться. На крутом участке динамическое сопротивление светодиода определяет величину напряжения на нём при протекании заданного уровня тока. Точка пересечения ВАХ светодиода и выходной характеристики источника питания является рабочей точкой системы.

При охлаждении светодиодной нагрузки внутри светильника до таких температур как -40°C может возникнуть ситуация, когда $U_{\text{пор}}$ окажется больше напряжения ограничения источника питания. В этом случае через светодиоды потечёт очень маленький ток, и они начнут медленно нагреваться. С прогревом $U_{\text{пор}}$ начнёт смещаться в сторону $U_{\text{огр}}$ и ток через светодиоды будет плавно увеличиваться, рабочая точка «поползёт вверх». В какой-то момент $U_{\text{огр}}$ и $U_{\text{пор}}$ сравняются и светодиоды начнут светиться, ток через них начнёт увеличиваться с большей скоростью и постепенно вся система перейдёт в типовое состояние ($U_{\text{раб}}@75^{\circ}\text{C}$).

Хотя данное явление и не влечёт никаких последствий для источника питания или светодиодов, оно должно приниматься во внимание, поскольку сильно увеличивает время включения светодиодов. Порой, до десятков минут. Должным образом подобранный источник питания поможет избежать этой ситуации.

4. Выход из строя элементов источника питания.

В выходном каскаде подавляющего большинства источников применяются электролитические конденсаторы. Распространённость этого типа конденсаторов обусловлена отличным показателем удельной ёмкости, хорошими электрическими характеристиками и доступной ценой. Однако одним из существенных недостатков электролитических конденсаторов является замерзание электролита на сильном морозе. В зависимости от типа электролитического наполнителя это может произойти и при -40°C и при -50°C . Замерзание электролита чревато тем, что источник питания работает практически на короткое замыкание, т.е. напряжение на выходе крайне мало и ток в светодиоды не поступает. Вместо этого очень большой ток протекает через конденсаторы, вызывая их ускоренную деградацию. Безусловно, при протекании тока через конденсатор, он прогревается, и электролит снова переходит в жидкое состояние. В результате источник питания начнёт работать в нормальном режиме,

светодиоды начнут излучать. Сколько времени будет занимать это «оттаивание» сказать сложно. Даже, если включение произойдёт практически мгновенно, нет гарантий, что через 20-30 таких включений источник питания не выйдет из строя в связи с разрушением конденсаторов.

Учитывая этот факт в источнике питания, рассчитанном на эксплуатацию в экстремальных температурах, должны устанавливаться специализированные конденсаторы. Например, плёночные. Однако их меньшая удельная ёмкость и более высокая стоимость, приведёт к увеличению габаритов и стоимости всего источника питания.

Стоит отметить, что конденсаторы – не единственное тонкое место в источнике питания. Интегральные микросхемы так же должны быть рассчитаны на использование при низких температурах. Обычно это микросхемы класса «Military», обладающие более высокой ценой по сравнению с гражданским исполнением этой же микросхемы.

5. Снижение светового потока светильника из-за обледенения.

При выборе светодиодных источников света взамен ламп накаливания или разрядных ламп стоит принимать во внимание, что светодиоды выделяют тепло со стороны платы, но в спектре их излучения инфракрасная «тепловая» составляющая полностью отсутствует. Поэтому если, к примеру, лампа накаливания сама «оттаивает» снег и лёд с защитного стекла светильника, то светодиоды этого сделать не смогут, и замёрзшие на стекле осадки могут ухудшить его светопропускающие свойства. Этот нюанс особенно стоит учитывать в случае установки светильника световым отверстием вверх или вбок, когда вероятность накапливания снега и воды на защитном стекле выше.

В настоящее время многие города России начинают применять светодиодные светильники в уличном освещении. В том числе и города северных регионов. В Нарьян-Маре утверждена программа «Энергоэффективность и развитие энергетики», в рамках которой 95 светильников с разрядными лампами были заменены на светодиодные и планируется замена ещё 138 светильников на центральных улицах города. В Норильске все светильники на пришкольных территориях заменены на светодиодные – а это 519 штук, и ожидается продолжение работы по модернизации освещения. В Оленегорске и Красноярске пока экспериментально установлены светодиодные светильники и наблюдается их работа. Партия светодиодных светильников даже установлена в Антарктиде на станции Восток, где зимой температура может опускаться до -85°C . Таким образом, опыт использования новых источников света в экстремальных условиях продолжает накапливаться и новые поколения световых приборов всё лучше приспособляются к суровым условиям эксплуатации.

Ошуркова Е.С.

Ошурков И.А.