АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
СВЕТОДИОДОВ И СИСТЕМ НА ИХ ОСНОВЕ

С Т А Н Д А Р Т
О Р Г А Н И З А Ц И И

СТО.69159079-03-2020

ПРИБОРЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ

Надежность

Методы оценки и правила предоставления информации

Внутренний документ

АПСС

2020

Предисловие

Цели и принципы стандартизации Российской Федерации установлены Федеральным законом от 29 июня 2015 г №162 «О стандартизации в Российской Федерации», а правила построения, изложения и оформления - ГОСТ Р 1.4–2004 «Стандарты организаций. Общие положения», ГОСТ Р 1.5–2012 Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения».

Сведения о стандарте организации

1 РАЗРАБОТАН – Комитетом по стандартизации и нормативно-правовым актам Ассоциации Производителей Светодиодов и Систем на их основе (АПСС)

2 ВНЕСЕН – АПСС

3 УТВЕРЖДЕН – Генеральным директором АПСС

4 ЗАРЕГИСТРИРОВАН – АПСС

5 ВЗАМЕН СТО.69159079-03-2019

В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта организации соответствующее уведомление будет опубликовано в установленном порядке. Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (АПСС) www.nprpss.ru в сети Интернет.

© АПСС, 2020

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без письменного разрешения АПСС.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

_____ Грекова О.А.

« 17 » января 2020 г.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ПРИБОРЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ **Надежность** **Методы оценки и правила предоставления информации**	**СТО.69159079-03-2020** *Взамен* *СТО.69159079-03-2019*

Введен в действие	***Решением Правления Ассоциации Производителей Светодиодов и Систем на их основе (АПСС)*** ***Протокол № 4-17-01 от « 17 » января 2020 г.***
Дата введения	***2020 - 01 - 20***
Редакция	***1***
Экземпляр	***контрольный***
Место хранения	***АПСС, г. Москва, Окружной проезд, дом 27, строение 11 помещение XVI, комн. 20***
Всего страниц	***23***

Содержание

1 Область применения ……... 1
2 Нормативные ссылки …….. 1
3 Термины и определения ……..... 2
4 Обозначения и сокращения ..……... 4
5 Требования к надежности …….. 4
5.1 Общие положения ……... 4
5.2 Требуемые функции ОП общего назначения и критерии их выполнения. 5
5.3 Предоставление информации…….. 6
5.3.1 Параметры используемых светодиодов …… 6
5.3.2 Параметры используемого устройства управления …… 6
5.3.3 Шестисимвольный световой код ОП…….. 7
5.3.4 Информация о ресурсе, сроке службы и гарантийном сроке эксплуатации…… 8
5.4 Требования к параметрам надежности …… 9
5.4.1 Параметры надежности …… 9
5.4.2 Критерии предельного состояния …… 9
5.4.3 Ремонтопригодность …….. 10
5.4.4 Ресурс …… 11
5.4.5 Срок службы …… 11
5.4.6 Гарантия …… 11
6 Методы оценки надежности …….. 12
6.1 Ресурс светодиодного модуля …… 12
6.2 Ресурс устройства управления …… 16
6.3 Пример записи результата …… 20
Библиография …..…….. 21

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ПРИБОРЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ

Надежность. Методы оценки и правила предоставления информации

LED Luminaires. Safety. Test methods

Дата введения — 2020—01—20

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к надежности осветительных приборов со светодиодными источниками света для внутреннего или наружного освещения, предназначенные для работы в сетях номинальным напряжением до 1000 В переменного тока, методы оценки надежности, а также правила предоставления информации.

Настоящий стандарт обязателен для соблюдения всеми членами ассоциации при подтверждении параметров надежности проектируемой, выпускаемой и реализуемой ими продукции.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27.002 Надежность в технике. Термины и определения

ГОСТ Р 54350 Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний

ГОСТ IEC 60598-1 Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний

СТО 69159079-01-2018 Приборы осветительные светодиодные. Требования к техническим и эксплуатационным параметрам

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования - на

официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил можно проверить в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины – по ГОСТ 27.002, ГОСТ Р 54350, ГОСТ IEC 60598-1 и СТО 69159079-01-2018, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **гарантийный срок эксплуатации осветительного прибора**: Период, в течение которого в случае обнаружения в осветительном приборе недостатка изготовитель, продавец, уполномоченная организация или уполномоченный индивидуальный предприниматель, импортер обязаны удовлетворить требования потребителя, установленные статьями 18 и 29 Закона РФ от 07.02.1992 N 2300-1 [1];

3.2 **коэффициент сохранения светового потока**: Отношение значения светового потока осветительного прибора в заданное время к его начальному измеренному значению, выраженное в процентах;

3.3 **критерий предельного состояния**: Признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные в документации осветительного прибора;

3.4 **надежность**: Свойство осветительного прибора сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания. Требуемые функции и критерии их выполнения устанавливают в нормативной, конструкторской, проектной, контрактной или иной документации на осветительный прибор;

3.5 **начальные значения**: Световые и электрические параметры осветительного прибора до начала его эксплуатации, измеренные после периода времени тепловой стабилизации;

3.6 **предельное состояние**: Состояние осветительного прибора, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно;

3.7 **работоспособное состояние**: Состояние осветительного прибора, в котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации;

3.8 **ремонтопригодность**: Свойство осветительного прибора, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором осветительный прибор способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта;

3.9 **ресурс**: Суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до момента достижения предельного состояния;

[ГОСТ 27.002, статья 3.3.4]

3.10 **световой код**: Шестизначный код, описывающий качественные световые характеристики осветительного прибора: общий индекс цветопередачи, коррелированную цветовую температуру, а также стабильность цветности и светового потока;

3.11 **срок службы**: Календарная продолжительность эксплуатации от ее начала до перехода изделия в предельное состояние, с учетом/указанием времени работы осветительного прибора в сутки;

3.12 **устройство управления (controlgear)**: Устройство, включенное между источником сетевого напряжения и одним или несколькими светодиодными источниками света (модулями), и служащее для преобразования напряжения источника питания, управления током источника света, корректировки коэффициента мощности, уменьшения помех и пульсаций светового потока.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте приняты следующие сокращения:

КЦТ – коррелированная цветовая температура;

ОП – осветительный прибор;

T_c – точка на корпусе устройства управления, в которой регламентируется максимальная рабочая температура устройства;

T_a – температура среды, окружающей устройство управления/осветительный прибор;

Ra – индекс цветопередачи.

5 Требования к надежности

5.1 Общие положения

5.1.1 В настоящем стандарте ОП рассматривается как совокупность двух основных частей: светодиодного модуля и устройства управления, параметры надежности которых оцениваются по-отдельности.

5.1.2 Надежность ОП должна обеспечиваться на стадии разработки общей концепции изделия, при его проектировании, изготовлении его конструктивных элементов, выборе комплектующих элементов, систем электропитания, управления и при эксплуатации.

Принятые конструктивные решения ОП должны быть обоснованы результатами расчета по предельным условиям эксплуатации изделия в целом и его конструктивных элементов, в том числе по электрической, механической и светотехнической частям. Допускается использование данных экспериментальных исследований, в результате которых устанавливают основные параметры изделия.

5.1.3 Поскольку фактическое подтверждение параметров надежности требует эксперимента продолжительностью не менее 6000 часов, то в данном документе используется теоретическая проверка параметров надежности по методикам, предложенным ниже и на основании данных, предоставленных производителем ОП, светодиодов и устройства управления.

5.1.4 В отношении светодиодного модуля ресурс ограничивается по коэффициенту сохранения светового потока и по стабильности цветовых характеристик ОП.

Ресурс устройства управления ограничивается ресурсом электролитического конденсатора. В процессе эксплуатации емкость электролитического конденсатора меняется, что может приводить к значительному увеличению коэффициента пульсации освещенности на объекте или полному выходу устройства из строя. В первом случае дальнейшая эксплуатация ОП нецелесообразна, а во втором случае – невозможна. В качестве дополнительных критериев, свидетельствующих о выработке ресурса устройства управления используются изменение коэффициента мощности и выход температуры T_c за пределы значений указанных производителем.

Таким образом, ресурс светодиодного модуля ограничивается параметрическим отказом, а ресурс устройства управления – параметрическим или катастрофическим отказом.

5.1.5 При установлении ресурса и срока службы должны учитываться особенности конструкции ОП, применяемых материалов и предполагаемых условий эксплуатации ОП.

5.2 Требуемые функции ОП общего назначения и критерии их выполнения

Требуемые функции ОП общего назначения устанавливаются в нормативной, конструкторской или иной документации на ОП и включают: генерацию, перераспределение и/или преобразование светового потока с целью освещения в течение заявленного периода.

Критерием выполнения данных функций является:

– обеспечение начальных параметров светового потока и его сохранения в процессе эксплуатации в соответствии с критериями предельного состояния, установленными в нормативной, конструкторской или иной документации на ОП;

– обеспечение начальных параметров цветовых характеристик ОП и их сохранение в процессе эксплуатации в соответствии с критериями предельного состояния, установленными в нормативной, конструкторской или иной документации на ОП;

– обеспечение возможности усовершенствования, поддержания или восстановления работоспособного состояния, в котором ОП способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта (ремонтопригодность).

5.3 Предоставление информации

5.3.1 Параметры используемых светодиодов

По запросу эксплуатирующей организации производитель ОП обязан предоставить следующую информацию:

– конкретный тип/марка используемых в ОП светодиодов. Маркировка светодиода должна быть достаточной для идентификации его типа и запроса параметров надежности светодиода у производителя данного светодиода;

– спецификация производителя (data sheet) на используемый светодиод, в которой указаны основные параметры светодиодов, номинальные и предельно допустимые режимы питания, точка контроля температуры;

– режим питания светодиодов в ОП;

– результаты испытаний светодиодов по стандартам IESNA LM-80-08 [2] и их обработка по IESNA TM-21-11 [3], предоставленные производителем светодиодов;

– протокол тепловых испытаний ОП при температуре окружающей среды +25 °С. В протоколе должны быть указаны максимальная и средняя температура T_S светодиодов (температура в точке, указанной производителем светодиодов).

Заказчик может запросить у производителя ОП описание методики проведения тепловых испытаний с перечнем используемого измерительного оборудования, копиями свидетельств о поверке измерительных приборов и эскизом ОП, на котором указаны конкретные места расположения датчиков температуры.

5.3.2 Параметры используемого устройства управления

По запросу эксплуатирующей организации производитель ОП обязан предоставить следующую информацию:

– конкретный тип/марка используемого в ОП устройства управления.

Маркировка устройства управления должна быть достаточной для идентификации его типа и условий эксплуатации, установленных производителем устройств управления;

– протокол тепловых испытаний ОП при температуре окружающей среды +25 ^{o}C. В протоколе должны быть указаны установившиеся значения температура корпуса устройства управления в характерной точке T_c и температура среды, окружающей устройство управления T_a.

5.3.3 Шестисимвольный световой код ОП

5.3.3.1 Световой код ОП включается в маркировку ОП и указывается в эксплуатационной документации на ОП. Для светильников с изменяемой КЦТ световой код не применяют.

5.3.3.2 Световой код формируется из обозначений в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Ra	КЦТ	/	Начальный разброс координат цветности	Установившийся разброс координат цветности	Коэффициент сохранения светового потока
1символ	2 символа	разделитель	1 символ	1 символ	1 символ

5.3.3.3 Индекс цветопередачи Ra – используется начальное значение параметра. Обозначение должно выбираться из следующих диапазонов:

Ra 57-66 – код 6;

Ra 67-77 – код 7;

Ra 78-86 – код 8;

Ra 87-100 – код 9.

5.3.3.4 КЦТ – значение определяется делением на 100 начального значения КЦТ.

5.3.3.5 Начальный разброс координат цветности – размер в шагах эллипса МакАдама, которому соответствует положение начального значения координат цветности ОП относительно номинального значения КЦТ.

5.3.3.6 Установившийся разброс координат цветности, выражаемый в шагах эллипса МакАдама – разброс координат цветности относительно номинального значения КЦТ, установившийся после наработки, равной 25 % от заявленного ресурса светодиодного модуля, но не более 6000 часов.

Допустимые обозначения разброса координат цветности в шагах эллипса МакАдама представлены в таблице 2.

Таблица 2

код	Начальный разброс координат цветности в эллипсах МакАдама	Установившийся разброс координат цветности в эллипсах МакАдама
4	4	4
7	7	7

5.3.3.7 Координаты цветности, соответствующие разбросу в 4 шага эллипса МакАдама для всех номинальных КЦТ приведены в приложении Б СТО.69459079-01. Координаты цветности, соответствующие разбросу в 7 шагов эллипса МакАдама для всех номинальных КЦТ приведены в приложении В СТО.69459079-01.

5.3.3.8 Коэффициент сохранения светового потока – значение коэффициента сохранения светового потока, установившееся после наработки, равной 25 % от заявленного ресурса светодиодного модуля, но не более 6000 часов. Код должен определяется в соответствии с нижеприведенными условиями:

р ≥ 90 % - код 9;

р ≥ 80 % - код 8;

р ≥ 70 % - код 7.

5.3.4 Информация о ресурсе, сроке службы и гарантийном сроке эксплуатации

Информация о ресурсе, сроке службы и гарантийном сроке эксплуатации должна быть отражена в технических условиях ОП и паспорте/руководстве по эксплуатации ОП, а также должна быть представлена на сайте производителя/поставщика.

5.4 Требования к параметрам надежности

5.4.1 Параметры надежности

Надежность ОП характеризуется следующими параметрами:

– ресурс светодиодного модуля L_p – ресурс по критерию сохранения светового потока (предельное состояние наступает при коэффициенте сохранения светового потока равном p);

– ресурс светодиодного модуля по критерию сохранения цветовых характеристик ОП;

– ресурс устройства управления (C_x) – время работы прибора до достижения им предельного состояния по критерию сохранения светового потока;

– доля внезапных отказов устройств управления за время наработки;

– тип ремонтопригодности.

5.4.2 Критерии предельного состояния

5.4.2.1 В качестве критериев наступления предельного состояния выступают следующие параметры:

– коэффициент сохранения светового потока (ресурс светодиодного модуля);

– сохранение цветовых характеристик ОП (ресурс светодиодного модуля);

– коэффициент пульсации светового потока (ресурс устройства управления);

– коэффициент мощности (ресурс устройства управления);

– температура корпуса устройства управления в характерной точке Тс (ресурс устройства управления).

5.4.2.2 Предельное состояние светодиодного модуля по коэффициенту сохранения светового потока наступает при снижении светового потока ОП на установленный в технической документации уровень (уровни) от начального.

Типичным является значение 70 % от начального значения, обозначаемое L_{70}. Коэффициент сохранения светового потока менее 70 % не допускается.

5.4.2.3 Предельное состояние светодиодного модуля по цветовым параметрам наступает при несоответствии цветовых параметров требованиям таблицы 2.

5.4.2.4 Предельное состояние устройства управления наступает в следующих случаях:

– при увеличении коэффициента пульсации светового потока (освещенности) в процессе эксплуатации более чем на 20 % (в абсолютных единицах);

– при снижении коэффициента мощности на 10% от номинального;

– при увеличении температуры корпуса устройства управления в точке Тс при температуре окружающей среды (светильника) +25° С относительно величины, указанной производителем.

Пример – Устройство в начальный момент эксплуатации имеет коэффициент пульсации освещенности 5 %. При достижении значения коэффициента пульсации 25 % констатируется наступление предельного состояния устройства управления.

5.4.2.5 Производитель имеет право установить более жесткие критерии предельного состояния, которые будут действовать на период гарантийных обязательств. Критерии должны быть описаны в эксплуатационной документации в разделе гарантийных обязательств. Если особых критериев нет, действие требований подпунктов 5.4.2.2-5.4.2.4 автоматически распространяется на весь период эксплуатации ОП, включая гарантийный.

5.4.3 Ремонтопригодность

Устанавливаются следующие типы ремонтопригодности, которые указываются в эксплуатационной документации на ОП:

– Тип 1: предусмотрена возможность без применения специального инструмента замены устройства управления и светодиодного модуля без демонтажа ОП;

– Тип 2: предусмотрена возможность без применения специального инструмента замены светодиодного модуля без демонтажа ОП;

– Тип 3: предусмотрена возможность без применения специального инструмента замены устройства управления без демонтажа ОП;

– Тип 4: предусмотрена возможность ремонта в заводских условиях;

– Тип 5: неремонтопригоден.

5.4.4 Ресурс

Производитель ОП назначает ресурс ОП по результатам оценки ресурсов светодиодного модуля и устройства управления с учетом пункта 5.1.5.

Производитель указывает ресурс изделия, определенный для температуры окружающего воздуха +25°С.

По усмотрению производитель может дополнительно указать ресурс изделия для температуры окружающего воздуха, которую он считает характерной или важной для эксплуатации конкретного светильника.

Методики оценки ресурса светодиодного модуля и устройства управления приведены в разделе 6.

При определении ресурса светодиодного модуля должно учитываться требование, что значение коэффициента сохранения светового потока ниже 70 % не допускается.

5.4.5 Срок службы

Срок службы определяется из заявленного ресурса, как частное от деления ресурса на количество часов работы в год. Производитель или поставщик ОП должны указывать, исходя из какого времени работы прибора (часов в год) и для какой температуры окружающей среды определен срок службы.

5.4.6 Гарантия

Гарантийный срок эксплуатации должен находиться в пропорциональном соотношении с заявляемым сроком службы в соответствии с правилом, указанным в таблице 3.

Данное требование вступает в силу поэтапно с момента принятия данного СТО. Сроки наступления этапов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Срок службы	Гарантийный срок эксплуатации, не менее		
	Этап 1 (с 01.01.2021г.)	Этап 2 (с 01.01.2024г.)	Этап 3 (с 01.01.2027г.)
Менее 5 лет	$\frac{3}{4}$ Срока службы	Срок службы	Срок службы
От 5 до 7 лет	$\frac{2}{3}$ Срока службы	$\frac{3}{4}$ Срока службы	Срок службы
Более 7 лет	$\frac{1}{2}$ Срока службы	$\frac{2}{3}$ Срока службы	$\frac{3}{4}$ Срока службы

6 Методы оценки надежности

6.1 Ресурс светодиодного модуля

6.1.1 Ресурс ОП в данном документе определяется по снижению светового потока до установленного производителем уровня, но не ниже 70 % от начального значения.

6.1.2 Оценка ресурса производится аналитическим методом на основании данных о скорости деградации светодиодов и теплового режима светодиода в конкретном ОП. Методика оценки основана на стандарте IESNA TM-21-11.

6.1.3 Модель деградации светового потока светодиода описывается экспоненциальной функцией:

$$\Phi(t) = B \times e^{-\alpha t}, \qquad (1)$$

где Ф(t) – значение величины потока в момент времени t (в относительных единицах)

B – предэкспоненциальный множитель

α – скорость деградации.

Данные параметры определяются из данных производителя светодиодов.

6.1.4 Ресурс ОП определяется по формуле:

$$L_P = \frac{ln\left(\frac{B}{P/_{100}}\right)}{\alpha}, \qquad (2)$$

где P – коэффициент сохранения светового потока в процентах. В соответствии с 5.4.4 P должен быть не ниже 70 %.

B – предэкспоненциальный множитель в законе деградации.

α – скорость деградации.

6.1.5 Параметр α может быть как положительным, так и отрицательным. Отрицательный α говорит о росте светового потока с течением времени. Такой эффект может наблюдаться по причине конечности эксперимента: то есть эксперимент окончен на этапе роста светового потока. При продолжении эксперимента световой поток начнет падать, и скорость деградации станет положительной.

6.1.6 В протоколе производителя значения величин B и α приводятся для конкретных значений тока через светодиод и температуры корпуса светодиода (T_S). Для прогноза ресурса ОП выбирается набор данных B и α из данных производителя светодиода, который соответствует такому же или большему току через светодиод, чем в рассматриваемом ОП.

В части температуры набор данных B и α либо выбирается соответствующий температуре светодиода в ОП (максимальное значение T_S по протоколу тепловых испытаний), либо интерполируется из 2х наборов данных, температуры, соответствующие эти наборам данных должны образовывать диапазон температур, который должен содержать температуру T_S рассматриваемого ОП.

6.1.7 Интерполяция B и α производится с помощью уравнения Аррениуса:

$$\alpha_i = Ae^{\frac{-E_a}{k_B T_{s,i}}}, \qquad (3)$$

где A – предэкспоненциальный множитель

E_a – энергия активации, эВ

$T_{s,i}$ – абсолютная температура корпуса светодиода, °К

k_B – постоянная Больцмана (8.617385×10^{-5} эВ/К).

Температура корпуса светодиода переводится в абсолютную температуру T_s, К следующим образом:

$$T_s[K] = T_s[°C] + 273.15, \qquad (4)$$

Определение энергии активации:

$$\frac{E_a}{k_B} = \frac{ln\alpha_1 - ln\alpha_2}{\frac{1}{T_{S2}} - \frac{1}{T_{S1}}}, \qquad (5)$$

Определение предэкспоненциального множителя А:

$$\mathrm{A} = \alpha_1 e^{\frac{E_a}{k_B T_{S1}}}, \qquad (6)$$

Предэкспоненциальный множитель может быть определен как через T_{S1}, так и через T_{S2}.

После получения скорости деградации для требуемой температуры (α_i) оценивается ресурс ОП L_{70}, ч:

$$L_{70} = \frac{\ln(\frac{B_0}{0.7})}{\alpha_i}, \qquad (7)$$

Коэффициент B_0 определяется как среднее геометрическое коэффициентов B_1 и B_2:

$$\mathrm{B}_0 = \sqrt{\mathrm{B}_1 \times \mathrm{B}_2}, \qquad (8)$$

Примечания:

1. В случае, если температура корпуса светодиода T_S соответствует одной из температур, T_{S1}, T_{S2} или T_{S3}, для которых производитель светодиодов приводит в документации значения B и α, то расчет ресурса производится непосредственно по формуле 2. Интерполяция по уравнению Аррениуса в данном случае не применяется.

2. В случае, если температура корпуса светодиода T_S менее минимальной температуры ($T_S<T_{S1}$), для которой производитель светодиода приводит данные по деградации, интерполяция также не применяются. Для расчета ресурса используются формула 2 и значения B и α для температуры T_{S1}.

3. Интерполяция на основании уравнения Аррениуса производится в случае, если температура светодиода T_S попадает в интервал между T_{S1} и T_{S2} или T_{S2} и T_{S3}.

6.1.8 После определения ресурса ОП проводится сравнение полученного значения с горизонтом прогноза. Горизонт прогноза определяется как

продолжительность эксперимента по наработке (указана в протоколе производителя светодиодов), умноженная на 6.

Светодиод – сложный прибор, в котором происходит множество процессов, поэтому в течение работы светодиода скорость деградации может меняться. Чтобы это изменение не внесло в прогноз критическую ошибку при проведении оценки ресурса необходимо учитывать горизонт прогноза.

Особенно важен горизонт прогноза в случае, если экспериментальные значения скорости деградации имеют отрицательные значения ($\alpha<0$), то есть наблюдается рост светового потока во времени. Такая ситуация может проявляться на начальных этапах эксплуатации светодиода. Однако влияние это временное, в конце концов, скорость деградации становится положительной, и световой поток начинает снижаться со временем. Если при этом не учитывать горизонт прогноза, оценка ресурса дает бесконечное значение, чего быть не может.

6.1.9 Необходимо помнить, что описанная методика определения ресурса ОП является теоретической и на практике может быть подтверждена только эксплуатационными испытаниями в процессе работы осветительной установки.

6.1.10 Пример расчета

Допустим, имеется ОП на светодиодах компании X, модели У. По данным производителя ОП следует, что температура светодиода в ОП составляет T_S=90 °C, а ток светодиода составляет 1400 мА.

Производитель светодиодов дает данные для тока через светодиод 1500 мА, указанные в таблице 4.

Таблица 4

T_S	85 °C 358.15 К	105 °C 378.15 К
α	1.852×10^{-07}	1.333×10^{-06}
B	0.9928	0.9832
Продолжительность испытаний, ч.	18 144	11 592

Определим расчетное значение ресурса ОП для температуры светодиода Ts=90 °C.

1. Энергия активации:

$$\frac{E_a}{k_B} = \frac{ln\alpha_1 - ln\alpha_2}{\frac{1}{T_{s2}} - \frac{1}{T_{s1}}} = \frac{\ln(1.852 \cdot 10^{-7}) - \ln(1.333 \cdot 10^{-6})}{\frac{1}{378} - \frac{1}{358}} = 13354.8$$

2. Множитель А:

$$\mathrm{A} = \alpha_1 e^{\frac{E_a}{k_B T_{s1}}} = 1.852 \cdot 10^{-7} \cdot \mathrm{e}^{\frac{13365.69}{358,15}} = 2.941 \cdot 10^9$$

3. Скорость деградации:

$$\alpha_i = A e^{\frac{-E_a}{k_B T_{s,i}}} = 2.941 \cdot 10^9 \cdot \mathrm{e}^{\frac{-13354.8}{363}} = 3.096 \cdot 10^{-7}$$

4. Коэффициент B_0:

$$\mathrm{B}_0 = \sqrt{\mathrm{B}_1 \times \mathrm{B}_2} = \sqrt{0.9928 \cdot 0.9832} = 0.988$$

5. Ресурс ОП L_{70}, ч:

$$L_{70} = \frac{\ln(\frac{B_0}{0.7})}{\alpha_i} = \frac{\ln\left(\frac{0.988}{0.7}\right)}{3.096 \cdot 10^{-7}} = 1\ 113\ 038$$

6. Длительность эксперимента для температуры светодиода 105 °С составила 11592 ч. Горизонт прогноза не должен превышать длительность эксперимента более, чем в 6 раз, то есть 69552 ч. Таким образом, в данном случае ресурс ОП можно определить как 69552 ч. При этом ограничивающим фактором будет не скорость деградации, а неопределенность модели деградации при наработке, близкой к горизонту прогноза, то есть фактически ОП может отработать гораздо больше.

6.2 Ресурс устройства управления

6.2.1 Самым критичным элементом устройства управления светодиодного ОП с точки зрения ресурса изделия является электролитический конденсатор.

Изменение емкости электролитического конденсатора в процессе эксплуатации обусловлено высыханием электролита. Этот процесс в значительной степени зависит от температуры, при которой работает конденсатор.

6.2.2 Оценку ресурса устройства управления следует производить на основании данных и моделей/формул производителя электролитических конденсаторов.

При этом следует принять температуру конденсатора равной температуре T_c. T_c – точка на корпусе устройства управления, в которой регламентируется максимальная рабочая температура устройства. На практике, разница между Тс и температурой конденсатора остается постоянной, что позволяет оценивать ресурс устройства управления через температуру T_c.

6.2.3 При отсутствии информации производителя оценку следует проводить по уравнению ресурса электролитического конденсатора:

$$C_x = C \times 2^{(To-Tx)/10}, \qquad (9)$$

где C_x – расчетный ресурс, ч;

C – гарантированный ресурс при температуре T_0, ч;

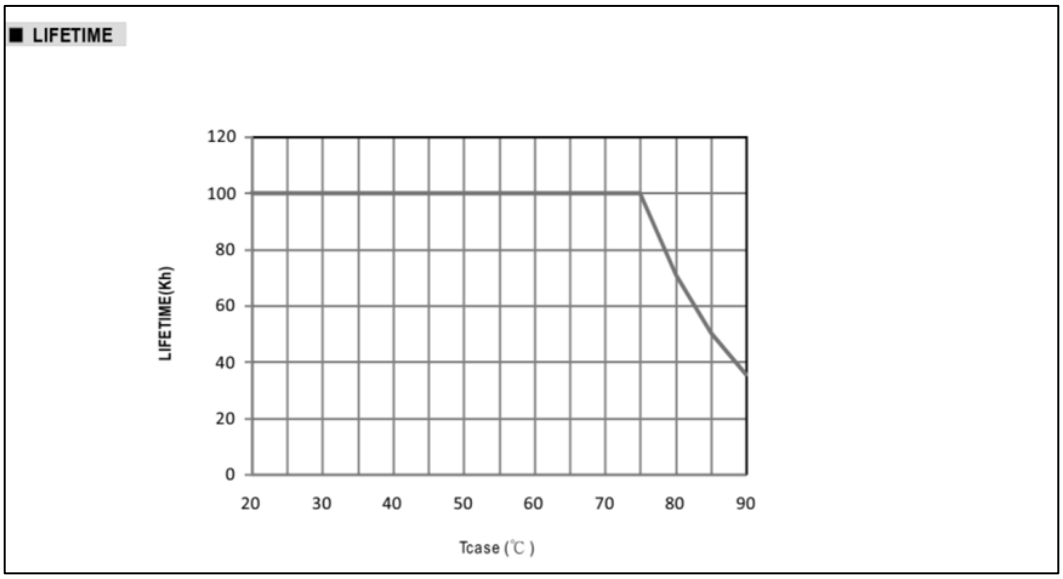
T_x – рабочая температура конденсатора, °C;

T_0 – максимальная рабочая температура конденсатора, °C.

6.2.4 Ресурс конденсатора и его температурная зависимость распространяется на устройство управления в целом. Температура конденсатора должна определяться в характерной точке T_c корпуса устройства управления. Положение точки T_c определяется производителем. Максимальная температура T_c, при которой производитель устройства управления гарантирует заявленный ресурс обычно указывается на корпусе устройства управления и в технической документации.

Так же производители устройств управления в технической документации часто приводят графики зависимости ресурса устройства управления от температуры корпуса устройства управления (рисунок 1).

Рисунок 1



6.2.5 Пример оценки

Рассмотрим устройство управления X, в котором применяются конденсаторы 100 мкФ 450 В серии У компании Z.

По спецификации производителя, конденсатор имеет ресурс 12 000 часов при температуре 105 °С (рисунки 2 и 3).

Примем температуру конденсатора равной температуре T_c. Измерив в точке T_c температуру и получив, например, значение 75 °С оценим ресурс устройства управления C_x, ч:

$C_x = 12000 \times 2^{(105-75)/10} = 12000 \times 2^3 = 96000$

Ресурс устройства управления при температуре T_c=75 °С оценивается в 96000 часов. Полученный результат соответствует характеристике на рисунке 1.

WV (V_{dc})	Cap (μF)	Case size φD×L(mm)	tan δ	Rated ripple current (mArms/105℃, 120Hz)	Part No.
450	6.8	10×16	0.24	105	EKXJ451E□□6R8MJ16S
	12	10×20	0.24	150	EKXJ451E□□120MJ20S
	15	10×25	0.24	185	EKXJ451E□□150MJ25S
	18	10×30	0.24	215	EKXJ451E□□180MJ30S
	18	12.5×20	0.24	255	EKXJ451E□□180MK20S
	22	10×35	0.24	250	EKXJ451E□□220MJ35S
	27	10×40	0.24	290	EKXJ451E□□270MJ40S
	27	10×45	0.24	305	EKXJ451E□□270MJ45S
	27	12.5×25	0.24	340	EKXJ451E□□270MK25S
	27	14.5×20	0.24	335	EKXJ451E□□270MU20S
	33	12.5×30	0.24	400	EKXJ451E□□330MK30S
	33	14.5×25	0.24	400	EKXJ451E□□330MU25S
	33	16×20	0.24	385	EKXJ451E□□330ML20S
	39	10×50	0.24	375	EKXJ451E□□390MJ50S
	39	12.5×35	0.24	460	EKXJ451E□□390MK35S
	39	18×20	0.24	440	EKXJ451E□□390MM20S
	47	12.5×40	0.24	525	EKXJ451E□□470MK40S
	47	14.5×31.5	0.24	515	EKXJ451E□□470MUN3S
	47	16×25	0.24	500	EKXJ451E□□470ML25S
	56	12.5×45	0.24	590	EKXJ451E□□560MK45S
	56	14.5×35.5	0.24	580	EKXJ451E□□560MUP1S
	56	16×31.5	0.24	585	EKXJ451E□□560MLN3S
	56	18×25	0.24	560	EKXJ451E□□560MM25S
	68	12.5×50	0.24	670	EKXJ451E□□680MK50S
	68	14.5×40	0.24	660	EKXJ451E□□680MU40S
	68	14.5×45	0.24	680	EKXJ451E□□680MU45S
	68	16×35.5	0.24	660	EKXJ451E□□680MLP1S
	82	14.5×50	0.24	765	EKXJ451E□□820MU50S
	82	16×40	0.24	750	EKXJ451E□□820ML40S
	82	16×45	0.24	760	EKXJ451E□□820ML45S
	82	18×31.5	0.24	730	EKXJ451E□□820MMN3S
	100	[illegible]	[illegible]	[illegible]	EKXJ451E□□101ML50S
	100	18×35.5	0.24	835	EKXJ451E□□101MMP1S
	120	[illegible]	[illegible]	[illegible]	EKXJ451E□□121MM40S
	120	18×45	0.24	945	EKXJ451E□□121MM45S
	150	18×50	0.24	1,060	EKXJ451E□□151MM50S

Рисунок 2

◆SPECIFICATIONS

Items	Characteristics				
Category Temperature Range	−40 to +105℃ (160 to 450Vdc) -25 to +105℃ (500Vdc)				
Rated Voltage Range	160 to 500Vdc				
Capacitance Tolerance	±20% (M)				(at 20℃, 120Hz)
Leakage Current		After 1 minute	After 5 minutes		
	CV≦1000	I=0.1CV+40	I=0.03CV+15		
	CV>1000	I=0.04CV+100	I=0.02CV+25		
	Where, I : Max. leakage current (μA), C : Nominal capacitance (μF), V : Rated voltage (V)				(at 20℃)
Dissipation Factor (tan δ)	Rated voltage (Vdc)	160 to 250V	350 to 500V		
	tan δ (Max.)	0.20	0.24		(at 20℃, 120Hz)
Low Temperature Characteristics (Max. Impedance Ratio)	Rated voltage (Vdc)	160 to 250V	350, 400V	420 to 500V	
	Z(−25℃)/Z(+20℃)	3	5	6	
	Z(−40℃)/Z(+20℃)	6	6	−	(at 120Hz)
Endurance	The following specifications shall be satisfied when the capacitors are restored to 20℃ after subjected to DC voltage with the rated ripple current is applied(the peak voltage shall not exceed the rated voltage) for the specified time at 105℃.				
	Rated voltage (Vdc)	160 to 450V	500V		
	Time	16L to 20L : 10,000hours, 25L to 50L : 12,000hours	φ10 : 8,000hours, φ12.5 to φ18 : 10.000hours		
	Capacitance change	≦±20% of the initial value			
	D.F. (tan δ)	≦200% of the initial specified value			
	Leakage current	≦The initial specified value			
Shelf Life	The following specifications shall be satisfied when the capacitors are restored to 20℃ after exposing them for 1,000 hours at 105℃ without voltage applied. Before the measurement, the capacitor shall be preconditioned by applying voltage according to Item 4.1 of JIS C 5101-4.				
	Capacitance change	≦±20% of the initial value			
	D.F. (tan δ)	≦200% of the initial specified value			
	Leakage current	≦500% of the initial specified value			

Рисунок 3

6.3 Пример записи результата

Результатом применения методики является оценка надежности ОП по трем параметрам, пример записи которых для документов, указанных в пункте 5.3.3 должен быть следующим:

L_{70}=69552 ч (ограничено длительностью эксперимента)

C_x=96000 ч

При этом вероятность отказа устройства управления 0,01 % (по данным производителя).

Библиография

[1] Закон РФ от 07.02.1992 N 2300-1 "О защите прав потребителей"

[2] IESNA LM-80-08 Approved Method: Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources

[3] IESNA TM-21-11 Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources

СТО.69159079-03-2020

СТАНДАРТ АССОЦИЦИИ

Приборы осветительные светодиодные. Надежность. Методы испытаний и правила предоставления информации

Ключевые слова:

Стандарт саморегулируемой организации, осветительные приборы, светильники, светодиоды, технические параметры, эксплуатационные параметры, требования, надежность, срок службы.

Руководитель разработки:

Председатель Правления
Ассоциации Производителей
Светодиодов и Систем на их основе _____ А.А. Богданов

Согласовано:

Члены Правления
Ассоциации Производителей
Светодиодов и Систем на их основе:

_____ С.А. Мордавченков

_____ С.Ю. Горюшин

_____ А.И. Лукин

_____ В.А. Лунчев

_____ Д.В. Емешев

Лист регистрации изменений

Изм	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в документе	Номер документа	Входящий номер сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					