

## ОТЗЫВ

На диссертационную работу САВКОВОЙ ТАТЬЯНЫ НИКОЛАЕВНЫ **«Комплексная оценка энергетической и светотехнической характеристик холодно-белых светодиодов в осветительных устройствах»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения.

Повышение конкурентоспособности светотехнической промышленности Республики Беларусь и развитие ее экспортного потенциала требует научных исследований, технических разработок и совершенствования научно-методических основ повышения эффективности светодиодных осветительных устройств.

Научные и практические задачи, лежащие в основе проблемы разработки высокоэффективных светотехнических устройств, состоят из ряда аспектов. основополагающим документом является Директива Президента Республики Беларусь № 3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства», а также Государственная программа «Энергосбережение» на 2021 – 2025 годы, Программа деятельности Правительства Республики Беларусь на период до 2025 года, Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь.

В настоящее время в Республике Беларусь создано производство светодиодных светильников, преимущественно, на основе импортной элементной базы, и на этапе проектирования светодиодных осветительных устройств необходимо выбирать не только их производителя, но и решать многопараметрическую задачу по определению характеристик светодиодов и эффективных режимов их работы, размеров радиатора, типа драйвера, срока службы и стоимости. При проектировании существует огромное многообразие возможных конструкторских решений, что существенно усложняет задачу поиска лучшего из них и обуславливает целесообразность оценки энергетической и светотехнической характеристик светодиодов при различных режимах их работы в составе осветительного устройства.

В этой связи актуализируется необходимость в проведении исследований параметров холодно-белых светодиодов и компонентов, используемых для производства осветительных устройств, необходима разработка методов и методик определения энергетических и светотехнических характеристик для повышения эффективности светодиодных устройств, что определяет цель и задачи данного диссертационного исследования.

Исследование непосредственно было связано с научной тематикой ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал», подпрограмма «Химические технологии, реагенты и материалы», 2014–2015 гг., шифр ГР 20141924 от 20.08.2014.

Диссертационная работа имеет четкую структуру, которая охватывает исследуемую проблему и позволяет решать поставленные задачи.

В первой главе «Методы определения основных тепловых характеристик и пути оптимизации светодиодных источников света» выполнена постановка проблемы повышения эффективности светодиодных осветительных устройств и обоснованы пути ее решения. Соискателем проанализированы характеристики светодиодных источников света и взаимосвязи между основными параметрами холодно-белых светодиодов. Также, проанализированы существующие методы оценки характеристик холодно-белых светодиодов и выполнен анализ различных способов повышения эффективности светодиодных осветительных устройств.

Во второй главе «Разработка конструкции макета осветительного устройства с повышенной эффективностью на основе холодно-белых светодиодов» предложен алгоритм определения параметров режима работы холодно-белых светодиодов осветительного устройства. А для установления эффективного режима работы светодиодов в заданных условиях эксплуатации предложен уточненный критерий стоимости световой энергии. Диссертантом выполнено моделирование энергетических и светотехнических характеристик холодно-белых светодиодов и светодиодных матриц на всем диапазоне потребляемой мощности как при работе на постоянном, так и импульсном токе инжекции. Это позволило уточнить энергетический КПД светодиодов в заданных условиях эксплуатации и определить эффективные значения напряжения и тока инжекции. При этом разработан и запатентован макет светодиодного устройства с потребляемой мощностью 30 Вт, который содержит 5 параллельно включённых светодиодных цепочек, каждая из которых состоит из 10 последовательно включённых холодно-белых светодиодов, установленных на радиаторе. На основании уточненного критерия стоимости световой энергии методом аппроксимации экспериментальных данных и математического моделирования определен эффективный режим работы и параметры элементов конструкции разработанного макета осветительного устройства.

В третьей главе «Метод определения тепловых и оптических параметров светодиодов и светодиодных матриц с помощью калориметра» диссертантом предложен и запатентован новый метод определения рассеиваемой мощности светодиодов и светодиодных матриц с помощью интегрального и сухого калориметров, который позволяет определять тепловое сопротивление, мощность светового излучения, мощность рассеивания, КПД, среднюю температуру кристалла светодиодов. Для определения температуры кристалла разработана тепловая схема замещения светодиодного устройства, составлена система дифференциальных уравнений тепловых процессов светодиодного устройства. Для измерения тепловых характеристик светодиодов разработана экспериментальная установка и проведены эксперименты. Предложенный метод позволяет существенно удешевить измерения и может применяться при проектировании светодиодных осветительных устройств.

Также, предложена новая методика учета остаточного ресурса светодиодов осветительных устройств, основанная на непрерывном контроле электрических и тепловых параметров светодиодов в процессе их эксплуатации и использовании зависимости срока службы светодиодов от этих параметров.

В четвертой главе «Исследование энергетических и оптических характеристик холодно-белых светодиодов и светодиодных матриц» разработана методика определения энергетических и оптических характеристик светодиодов при работе на постоянном и импульсном токе инжекции. Отличительными характеристиками ее являются простота расчётов, а результаты исследований могут быть использованы для уточнения эффективного режима работы светодиодов осветительных устройств как на этапе выбора светодиодов и их тока инжекции, так и на этапе установления эффективного режима работы светодиодов осветительного оборудования. Проведены экспериментальные исследования энергетических и светотехнических характеристик холодно-белых светодиодов и светодиодных матриц при работе на постоянном и импульсном токе инжекции в широком диапазоне потребляемых мощностей. Измерения энергетических и оптических характеристик проводились методом «Интегрирующей сферы» на разработанном диссертантом испытательном фотометрическом стенде. Для исследуемых светодиодов установлена потребляемая мощность, при которой температура печатной платы не влияет на эффективность их работы. Показано что форма светового импульса определяется формой возбуждающего импульса и постоянной регистрирующей системы и зависит от температуры. Исследование зависимости мощности излучения светодиодов от частоты возбуждающего импульса показало, что оптическая мощность излучения практически не зависит от частоты следования возбуждающего импульса в исследованном диапазоне. Полученные результаты были использованы для сопровождения серийного производства светодиодных светильников ЧУП «Светотехника» ОО «БелТИЗ», что подтверждается актом внедрения.

В пятой главе «Исследование спектрально-люминесцентных характеристик композиционных материалов» разработана установка для исследования спектрально-люминесцентных характеристик. Исследовались стеклокерамические оптические композиты на основе ультрадисперсных порошков иттрий-алюминиевого граната, активированного ионами церия. Установлено, что наибольшей интенсивностью люминесценции при возбуждении на длине волны  $\lambda = 440...460$  нм обладают люминофорные покрытия, полученные с использованием наноструктурированного порошка иттрий-алюминиевого граната, легированного ионами церия, с добавлением в качестве диффузно-рассеивающего компонента определенного количества порошка кварцевого стекла.

В диссертации также предложены методические рекомендации по совершенствованию высокоэффективных светодиодных устройств с удаленными преобразователями. Экспериментально подтверждено, что

квантовый выход люминесценции новосинтезированных люминофорных покрытий, полученных с применением наноструктурированного порошка иттрий-алюминиевого граната, легированного церием, при возбуждении на длине волны  $\lambda = 440 \dots 460$  нм возрастает на 10–15 % и зависит от размера и количества частиц диффузно-рассеивающей компоненты.

Заключение и основные выводы по диссертации соответствуют важнейшим результатам исследований, новизне и научным положениям, выносимым на защиту. Список публикаций охватывает более 130 изученных литературных источников, нормативно-правовых актов и информационных справочников по теме исследования.

Автореферат Савковой Т.Н. отражает основные положения диссертации, полностью соответствует содержанию и структуре работы.

Положения, выносимые автором диссертационной работы на защиту, использованы в практической деятельности ЧУП "Светотехника" ОО "БелТИЗ", ОДО «Полидрев», ОАО «Коммунальник», а также в образовательной сфере, что подтверждается соответствующими актами о внедрении.

Основные положения диссертации опубликованы в 38 научных изданиях, в том числе 11 научных статей в журналах из списка ВАК Республики Беларусь, получено 5 патентов, в том числе:

- на способ измерения энергии тепловых потерь при испытании полупроводниковых светодиодов, разработанный по предложенным в диссертации принципам, получен патент на служебное изобретение Республики Беларусь;

- на световой прибор повышенной эффективности на основе светодиодов и калориметры, разработанные по предложенным в диссертации принципам, получены четыре патента на полезную модель Республики Беларусь.

Соискателю присущи последовательность, целеустремленность и организованность при решении поставленных научных задач. Следует отметить, что весь комплекс исследований выполнен Савковой Т. Н. в период учебы в аспирантуре и работы в Гомельском государственном техническом университете имени П.О. Сухого.

Таким образом, считаю, что диссертация Савковой Т.Н. представляет собой комплексное завершённое самостоятельное исследование, характеризуется научной новизной и прошла практическую апробацию. Поэтому **Савкова Татьяна Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 08.11.01 – Приборы и методы измерений** за:

- разработку уточненного критерия стоимости световой энергии, учитывающего КПД и среднюю температуру кристалла светодиода, что позволило установить эффективный режим работы и обеспечить повышение КПД светодиодов в осветительных устройствах;

- разработку метода определения рассеиваемой мощности холодно-белых светодиодов, отличающегося использованием в качестве средств

измерения калориметра, который позволил определять температуру кристалла, тепловое сопротивление, энергию светового излучения, энергетический выход и значительно удешевить измерения по сравнению с действующими аналогами, при сохранении погрешности измерений в допустимых пределах;

– разработку методики учета остаточного ресурса светодиодов осветительного устройства, отличающейся непрерывным контролем их электрических и тепловых параметров в процессе эксплуатации и учетом зависимости срока службы светодиодов от средней температуры кристалла, что позволяет выявлять износ светодиодов в реальных условиях эксплуатации;

– разработку методических рекомендаций по совершенствованию высокоэффективных светодиодных осветительных устройств с удаленными преобразователями, основанных на впервые установленной закономерности влияния размеров и количества диффузно-рассеивающего компонента кварца на квантовый выход люминесценции наноструктурированного порошка иттрий-алюминиевого граната, легированного церием, позволяющие повысить квантовый выход люминесценции.

Научный руководитель:  
директор Института повышения  
квалификации и переподготовки  
Гомельского государственного  
технического университета  
имени П.О. Сухого,  
кандидат технических наук, доцент



Ю.Н. Колесник

