

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В ФАРАХ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

С.Г. Шкундин

shkundin.s.g@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Рассмотрены особенности применения светодиодных (LED), галогенных и ксеноновых источников света в системах головного освещения современных автомобилей. Проведено сравнение их энергетических, спектральных и эксплуатационных характеристик. Рассмотрены нормативные требования, связанные с заменой штатных галогенных и ксеноновых источников света светодиодными. Проанализированы условия, которые необходимо учитывать при переоборудовании приборов головного освещения. Показаны преимущества и ограничения различных типов автомобильных источников света.

Ключевые слова: светодиодные фары, приборы головного освещения, световой поток, световой спектр, галогенные лампы, ксеноновые лампы, диодные лампы, переоборудование приборов головного освещения

Обеспечение безопасности движения автомобиля в темное время суток невозможно без качественного освещения участка дороги и прилегающих к ней обочин, а также объектов в прямой видимости. Это главная задача фар головного освещения ближнего и дальнего света.

Освещенность участков дороги при движении автомобиля в темное время суток зависит от многих факторов, в том числе от расстояния до источника света, характеристик среды (наличие в воздухе тумана, капель дождя и т. д.) и в значительной степени от интенсивности светового потока, который способна обеспечить система головного освещения. Световой поток, в свою очередь, зависит от того, насколько эффективно та или иная технология позволяет преобразовывать электрическую энергию в энергию светового потока. Сравнительные тесты показывают, что по соотношению мощности в ваттах к световому потоку в люменах оптимальным вариантом является светодиодная технология [1]. По данным производителя осветительных приборов Philips [2], LED-лампа (Light Emitting Diode) мощностью 25 Вт формата H7 способна обеспечить 1500 лм светового потока, в то время как лампе аналогичного формата, выполненной по галогенной технологии, для создания такого светового потока понадобится уже 55 Вт, т. е. более чем в 2 раза больше.

Важную роль играет сила света, которая характеризует распределение светового потока в пространстве. Благодаря изменениям в конструкции и ис-

пользовании новых материалов производителям ламп удастся сконцентрировать поток частиц, что при общем регламентированном световом потоке позволяет добиться лучшей освещенности. Так, в частности, появляются более эффективные галогенные лампы (+90 %, +120 % и т. д. к световому потоку — данные Philips). Аналогично действуют и ксеноновые, и LED-лампы, установленные в автомобильные фары с линзами. Увеличивая концентрацию и распределение светового потока, а также уменьшая его рассеивание, можно добиться более высокой освещенности.

Спектральный анализ. Чтобы правильно оценивать видимую дорожную обстановку ночью, освещение дороги должно быть максимально приближено по своим характеристикам к естественному свету. Именно к цветовой температуре солнечного света наш глаз адаптирован миллионами лет эволюции. Однако спектр, излучаемый искусственными источниками света, отличается от солнечного. Для сравнения различных технологий ламп проведем спектральный анализ каждой по отдельности. На рис. 1 представлена спектральная интерпретация солнечного излучения. Спектр Солнца непрерывен и наиболее интенсивен в видимом диапазоне длин волн — от синих (430 нм) до красных (около 760 нм).

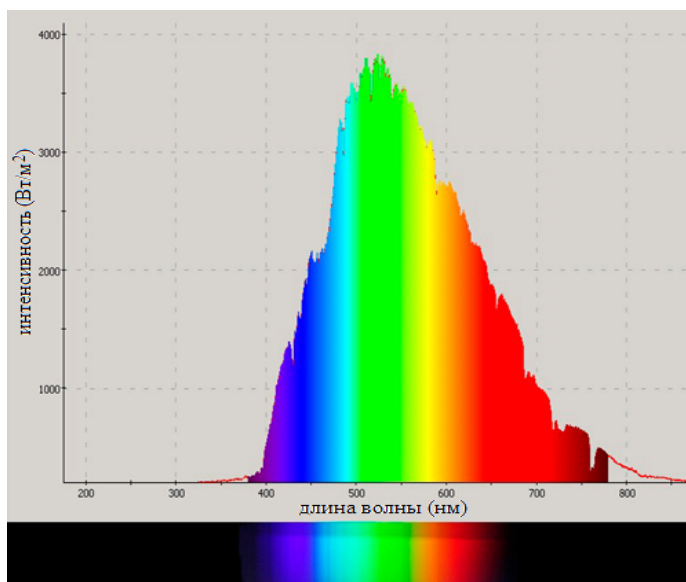


Рис. 1. Спектр Солнца [3]

Как видно на рис. 2, спектр галогенных ламп сильно смещен в область инфракрасного (теплого) излучения, что подтверждается при практиче-

ском использовании — галогенные лампы очень сильно нагреваются, в результате чего большее количество полезной энергии выделяется в виде теплового излучения.

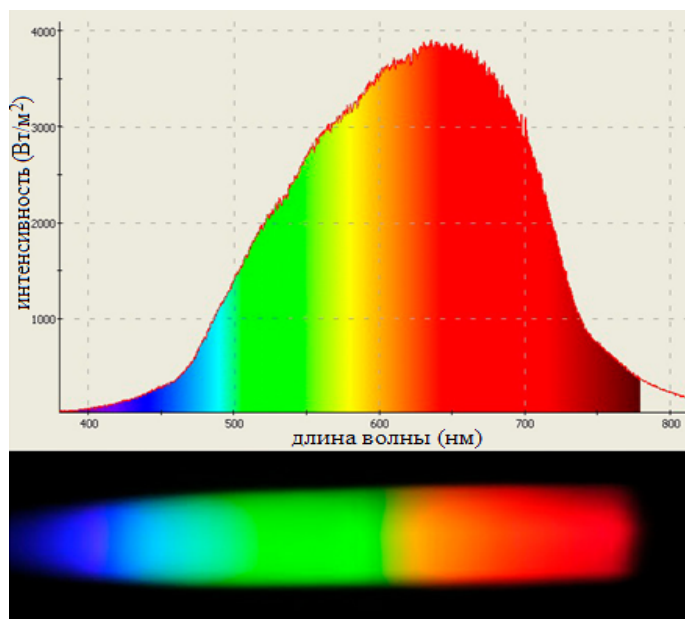


Рис. 2. Спектр галогенной лампы [3]

Спектр ксеноновой лампы (рис. 3) дискретен: помимо хорошо воспринимаемого глазом участка дневного света он имеет и ультрафиолетовый (УФ) участок. Ультрафиолетовое излучение ксеноновых ламп обязательно нужно улавливать, поскольку оно разрушает пластик, что критично для современных фар. Некоторые производители для этого используют кварцевое стекло с УФ-фильтром. В видимом глазу человека спектре ксеноновые лампы наиболее близко подходят по своим характеристикам к естественному освещению.

Спектр светодиодных источников света (рис. 4) очень сильно смещен в диапазон синего участка спектра, который обеспечивает высокую контрастность освещенной поверхности, хорошо выделяя предметы на ней и способствуя быстрому определению расстояния. Однако такой спектр может вызывать утомление глаз у некоторых водителей. Спектр определяет и световую температуру, которая варьируется от 3500 К для галогенных («теплый», самый желтый свет), до 5000 К у ксеноновых («нейтральный», дневной свет) и до 6500 К у светодиодных ламп («холодный» свет, хоть и близкий к дневному).

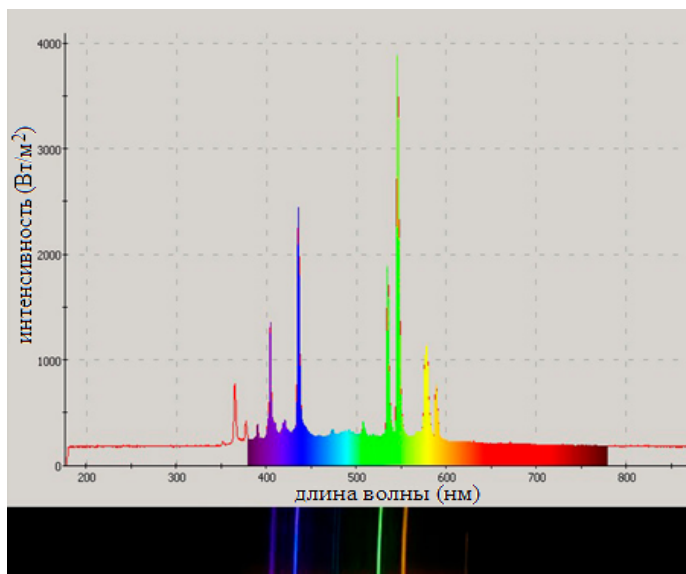


Рис. 3. Спектр ксеноновой лампы [3]

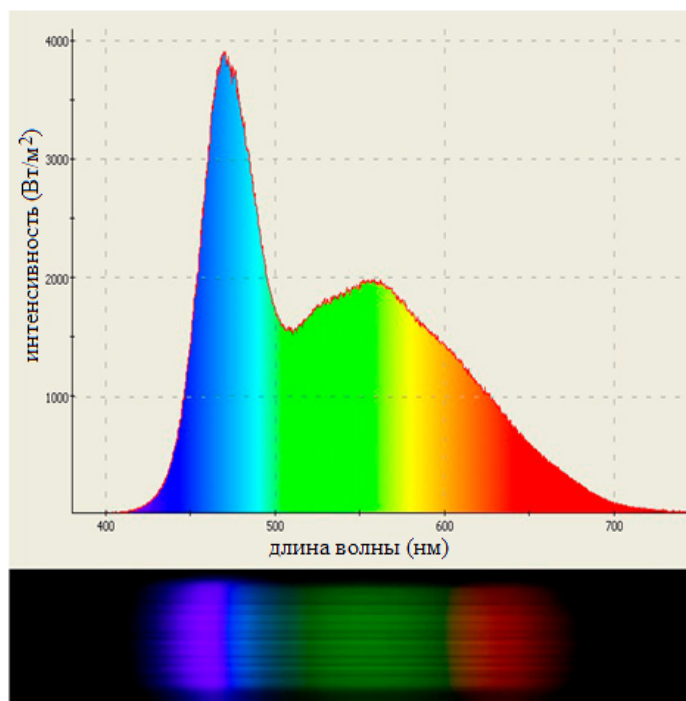


Рис. 4. Спектр белой светодиодной лампы [3]

Производители стараются делать современные галогенные лампы максимально близкими по спектральной характеристике к ксеноновым. Однако из-за специфики спектра это возможно только в определенных границах. Свет галогенных ламп менее утомителен для глаз, но их яркость может быть недостаточна, что нивелирует данное преимущество. Ксенон оптимален по цветовой температуре и утомляемости глаз. «Холодный» свет LED-лампы создает высококонтрастную картинку, способствуя улучшению контроля над ситуацией. Но он может подойти не всем водителям, вызывая усталость у некоторых из них. Тем не менее оптимальным по совокупности всех преимуществ и недостатков является спектр светодиодной лампы.

Преимущества и недостатки ксеноновых, галогенных и диодных ламп.

Помимо спектральных свойств, не менее важной составляющей является ресурс лампы. Несмотря на то что срок службы галогенных ламп составляет до 1500 ч, средний ресурс не превышает 500 ч [3]. Ресурс самых производительных и мощных ксеноновых ламп достигает 2500 ч. Теоретически светодиодные лампы имеют неограниченный ресурс, однако с учетом специфики эксплуатации рано или поздно выходят из строя. Тем не менее ресурс работы LED-лампы составляет не менее 5000 ч, что в 10 раз больше ресурса галогенных. Такая разница объясняется тем, что в процессе эксплуатации спираль лампы накаливания «перегорает» [4]. В ксеноновой лампе свет испускает не спираль, а газ внутри газоразрядной колбы. Но сама колба, как правило, выполнена из стекла, что обуславливает ее выход из строя под воздействием вибрационных и ударных нагрузок. Благодаря особенностям конструкции диодные лампы слабо восприимчивы к воздействию ударных и вибрационных нагрузок, только повышенное напряжение и сила тока способны вывести диод из строя. При достаточном охлаждении и стабильном напряжении бортовой сети автомобиля их ресурс стремится к бесконечности. Именно поэтому светодиодная лампа — самая надежная и долговечная.

По экономической составляющей галогенные лампы однозначно выигрывают. Не менее важно то, что галогенную лампу легко и быстро можно заменить в случае выхода из строя, при этом по надежности и яркости освещения она уступает конкурентам.

Для работы ксеноновых ламп необходимы специальный высоковольтный блок розжига, механизмы управления линзой, шторкой и др. Ксеноновая оптика дороже в разработке и установке, что сказывается на цене автомобиля с таким типом осветительного прибора. Обслуживание ксенонового источника освещения требует высокой квалификации.

Те же сложности могут возникнуть при установке и монтаже LED-ламп, однако на данный момент некоторые производители предлагают готовые мо-

дули диодных ламп, оснащенные модулями охлаждения, а также блоками корректировки силы тока и напряжения. Подобные LED-лампы производят со стандартным цоколем, что делает их монтаж в фары головного освещения идентичным галогенным лампам.

Светодиодные лампы наиболее долговечны, их изначально высокая стоимость окупается долгим сроком службы, и только они позволяют реализовать перспективные технологии «умного» освещения, вплоть до проецирования информации для водителя на дорожное полотно. Именно поэтому вектор развития современной автомобильной оптики направлен в сторону внедрения и применения LED-ламп.

Правомерность переоборудования приборов освещения. Исследуем правомерность переоборудования приборов головного освещения, в которых применяются галогенные и ксеноновые лампы, в устройства со светодиодными источниками света. Рассмотрим применение светодиодных ламп в осветительных приборах автомобилей, которые комплектовались предприятием-изготовителем галогенными или ксеноновыми источниками света. Важно отметить, что светодиодные лампы можно применять только в фарах с маркировкой H (галогенная лампа), но нельзя в фарах с маркировкой D (ксеноновая лампа) — за это полагается ответственность по части 3 статьи 12.5 КоАП РФ [5].

Правомерность замещения галогенного источника света определяется статьей КоАП РФ 12.5 (п. 3.1), где приведен перечень несоответствий световых приборов, при которых запрещается эксплуатация транспортных средств. В настоящее время не существует конкретных требований, определяющих условия для использования в фарах головного света светодиодных ламп. На текущий момент регламентом определяются режимы работы только ксеноновых ламп. Дополнительно отметим, что международными нормами не предусмотрена персональная маркировка для ламп светодиодного типа. Производители автомобилей приравнивают светодиодные лампы к галогенным, поэтому такие лампы аналогично галогенным отмечаются латинской буквой H. Именно в фарах с маркировками HR, HC, HCR можно встретить светодиодные лампы, установленные заводом-изготовителем.

В приложении № 8 к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) [6] указано, что в фарах должны применяться источники света, соответствующие типу светового модуля, указанному изготовителем в эксплуатационной документации на транспортное средство. В случае установки источника света, не соответствующего указанному в эксплуатационной документации транспортного средства по классу, требующего установку (использование) допол-

нительных элементов по отношению к исходной конструкции фары либо внесения изменений в электрическую схему транспортного средства, необходимо проверить соблюдение положений настоящего технического регламента, касающихся внесения изменений в конструкцию транспортного средства. При проверке следует руководствоваться маркировкой согласно Правилам ЕЭК ООН [7], применяемым в отношении данной фары, и информацией, приведенной в руководстве по эксплуатации транспортного средства, а также в свидетельстве о соответствии транспортного средства с внесенными в его конструкцию изменениями требованиям безопасности. В случае использования в световых приборах транспортного средства сменных источников света классов 0 и Н (лампы накаливания, включая галогенные) они должны соответствовать Правилам ЕЭК ООН № 37. В соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 48, устройствами фарочистки комплектуются фары ближнего света, имеющие источники света с номинальным световым потоком более 2000 лм. Автоматическим корректирующим устройством угла наклона фар комплектуются адаптивные системы переднего освещения, выполняющие функцию ближнего света, независимо от используемого источника света, фары ближнего света с источниками света класса LED, а также фары ближнего света и противотуманные с источниками света любого класса, имеющими номинальный световой поток более 2000 лм. В приложении № 9 Правил ЕЭК ООН № 48 содержится перечень требований, обязательных для соблюдения при внесении изменений в конструкцию фар головного освещения.

Согласно перечисленным выше требованиям нормативной документации, законное переоборудование приборов головного освещения, в которых применяются галогенные лампы, в устройства со светодиодными источниками света возможно.

Заключение. Таким образом, основная проблема при легализации использования светодиодных вместо галогенных ламп в настоящее время заключается в отсутствии стандартов, нормирующих LED-лампы в факторе галогенных ламп, а также критериев эквивалентности фотометрических характеристик. Это не позволяет разработчикам световых приборов проверить их фотометрические параметры при установке светодиодных ламп вместо галогенных и гарантировать соответствие параметров световых приборов требованиям стандартов. Однако при соблюдении правил и регламентов, описанных Техническим регламентом Таможенного союза, и требований завода-изготовителя, применение светодиодных ламп вместо галогенных на законном основании становится возможным.

Литература

- [1] Automotive LED Headlamps Market by Vehicle Type, by Technology, by Application and Region, Global Trends and Forecast from 2026–2033. *Exactitude Consultancy*, 2023, 125 p. URL: <https://exactitudeconsultancy.com/reports/21063/automotive-led-headlamps-market> (accessed 16.10.2025).
- [2] Philips. *Automotive lighting*. URL: https://www.philips.ru/c-m-au/car-lights/daylight/all#filters=DAYLIGHT_SU2 (accessed 16.10.2025).
- [3] Моргунов Д.Н., Васильев С.И. Исследование спектральных характеристик электрических источников света. *Вестник аграрной науки Дона*, 2017, № 2 (38), с. 5–13.
- [4] Ашанин В.Н., Коротков В.И., Ларкин С.Е. *Система освещения автомобиля*. Пенза, Изд-во ПГУ, 2012, 255 с.
- [5] *Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях*. Ст. 12.5. Управление транспортным средством при наличии неисправностей или условий, при которых эксплуатация транспортных средств запрещена, или транспортным средством, на котором незаконно установлен опознавательный знак «Инвалид». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/6cd5aa8ecdc7be66e7f90b589e761ef77befaa02/ (дата обращения 16.10.2025).
- [6] *О безопасности колесных транспортных средств*. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011: утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 877. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320557> (дата обращения 16.10.2025).
- [7] *Правила ЕЭК ООН № 37, 48, 53, 74, 99. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии*. URL: <https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/technicalregulationses/eecrules> (дата обращения 16.10.2025).

Поступила в редакцию 16.02.2026

Шкундин Семен Геннадьевич — студент кафедры «Колесные машины», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Евсеев Кирилл Борисович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Колесные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Шкундин С.Г. К вопросу использования светодиодных источников света в фарах современных автомобилей. *Политехнический молодежный журнал*, 2026, № 4(105). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/menms/idme/1117.html>

ON THE USE OF LED LIGHT SOURCES IN MODERN AUTOMOTIVE HEADLAMPS

S.G. Shkundin

shkundin.s.g@bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

The characteristics of LED, halogen, and xenon light sources used in modern automotive headlighting systems are considered. Their energy, spectral, and operational characteristics are compared. Regulatory requirements related to the replacement of factory-installed halogen and xenon light sources with LED lamps are discussed. The conditions to be considered when retrofitting automotive headlighting devices are analyzed. The advantages and limitations of different types of automotive light sources are identified.

Keywords: LED headlamps, automotive headlighting devices, luminous flux, emission spectrum, halogen lamps, xenon lamps, LED lamps, headlamp retrofitting

Received 16.02.2026

Shkundin S.G. — Student, Department of Wheeled Vehicles, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Evseev Kirill Borisovich, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Wheeled vehicles, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Shkundin S.G. On the use of LED light sources in modern automotive headlamps. *Politekhnicheskij molodezhnyy zhurnal*, 2026, no. 4(105). (In Russ.). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/menms/idme/1117.html>