

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-4-329-338>

УДК 624.94

Адаптивный задний комбинированный фонарь транспортного средства с несменными источниками света

Канд. физ.-мат. наук, доц. С. П. Сернов¹⁾, канд. техн. наук Д. В. Балохонов¹⁾,
канд. техн. наук, доц. Т. В. Колонтаева¹⁾, инж. А. В. Исаев¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2020
Belarusian National Technical University, 2020

Реферат. В настоящее время из-за возрастания средней скорости движения транспортных средств для обеспечения их заметности сила света их светотехнического оборудования постоянно увеличивается, что может привести к ослеплению остальных участников дорожного движения, особенно в темное время суток. Однако если не увеличивать силу света фонарей, то транспортное средство не будет заметно в сложных дорожных условиях (туман, осадки, пыль), что приведет к аварии. Для устранения этого противоречия разработана принципиально новая модульная конструкция адаптивного заднего комбинированного фонаря транспортного средства с несменными источниками света на основе единичных мощных светодиодов и эффективной вторичной оптики большого диаметра. Конструкция предусматривает использование встроенного микроконтроллера для управления силой света своих огней в зависимости от условий внешней освещенности, динамики торможения автомобиля и состояния поверхности рассеивателя фонаря с возможностью передачи данных по CAN-шине. Благодаря встроенному микроконтроллеру разработанный фонарь пригоден для установки на транспортные средства без бортового компьютера. Это позволяет обеспечить заметность транспортного средства и избежать ослепления остальных участников дорожного движения. Конструкция адаптивного фонаря отличается малой толщиной (до 40 мм), высокой световой эффективностью (не менее 85 %) и надежностью. Проведенные светотехнические испытания показали, что он полностью соответствует Правилам ООН № 6, 7, 23, 38, 48. Проведено сравнение конструкции с имеющимися аналогами иностранного производства, которое показало, что разработанный фонарь потребляет меньше энергии (на 30 %) и имеет меньшую вероятность отказа за счет использования мощных светодиодов в качестве источника света.

Ключевые слова: адаптивные сигнальные системы автомобилей, задний фонарь, светодиоды, вторичная оптика, CAN

Для цитирования: Адаптивный задний комбинированный фонарь транспортного средства с несменными источниками света / С. П. Сернов [и др.] // *Наука и техника*. 2020. Т. 19, № 4. С. 329–338. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-4-329-338>

Vehicle Adaptive Rear Combination Light with Non-Replaceable Light Sources

S. P. Sernov¹⁾, D. V. Balokhonov¹⁾, T. V. Kolontaeva¹⁾, A. V. Isaev¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. Currently, due to the increase in the average speed of vehicles to ensure their visibility, the luminous intensity of their lighting equipment is constantly increasing, that can lead to blindness of other road users, especially at night. On the other hand, if you do not increase the luminous intensity of lanterns, a vehicle will not be noticeable in difficult road conditions (fog, rain, dust) and it can cause an accident. To eliminate this contradiction, a fundamentally new modular design of the adaptive rear combined vehicle light with non-replaceable light sources based on single powerful light emitting diodes and effective secondary optics of large diameter has been developed in the paper. The design provides for the use of an integrated microcontroller to control luminous intensity of its lights, depending on the conditions of external illumination, braking dynamics of a car and surface condition of a lamp diffuser with the possibility of transmitting data via a CAN-bus. Thanks to the built-in microcontroller, the developed flashlight is suitable for installation on vehicles without an on-board computer. These properties allow the flashlight to ensure visibility of a vehicle, and to avoid blinding the remaining road users. The design of the adaptive lamp is small in thickness (up to 40 mm), high luminous efficiency (at least 85 %) and reliability. The conducted lightning tests have shown that the developed lamp fully complies with UN Regulation No 6, 7, 23, 38, 48.

Адрес для переписки

Балохонов Дмитрий Валентинович
Белорусский национальный технический университет
ул. Я. Коласа, 22,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 293-95-26
balokhonov@bntu.by

Address for correspondence

Balokhonov Dmitry V.
Belarusian National Technical University
22, Ya. Kolasa str.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 293-95-26
balokhonov@bntu.by

The design has been compared with existing analogues of foreign production, which showed that such a lamp consumes less energy (30 %) and has a lower probability of failure due to the use of high-power LEDs used as a light source.

Keywords: vehicle adaptive signaling systems, rear light, led, secondary optics, CAN

For citation: Sernov S. P., Balokhonov D. V., Kolontaeva T. V., Isaev A. V. (2020) Vehicle Adaptive Rear Combination Light with Non-Replaceable Light Sources. *Science and Technique*. 19 (4), 329–338. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-4-329-338> (in Russian)

Введение

Средняя скорость движения современных транспортных средств постоянно увеличивается, поэтому обеспечение их заметности на дороге является жизненной необходимостью. Согласно статистике, не менее 30 % ДТП приходится на «догоняющие» столкновения, число которых многократно возрастает в неблагоприятных погодных условиях и зависит от внимательности, подготовки, возраста и пола водителей, от скоростного режима движения автомобиля [1]. Это означает, что задние сигнальные фонари транспортных средств имеют определяющее значение для обеспечения заметности транспортного средства.

В [2] содержатся сведения о том, что коэффициент опасности движения (отношение дальности видимости и остановочного пути) практически экспоненциально возрастает в зависимости от скорости движения. Таким образом, сигнальные огни транспортного средства должны быть надежно замечены как минимум на расстоянии остановочного пути транспортного средства, что составляет на скорости 100 км/ч примерно 55 м, безотносительно к яркости окружения и дорожной обстановке (пыль, осадки и т. п.). Например, для стоп-сигнала, одиночного или в составе комбинированного фонаря, осевая сила света должна быть не менее 100 кд.

Однако такая сила света фонарей может привести к ослеплению водителей в темное время суток в ясную погоду. Зная, что среднее время восстановления зрения у водителей в ночное время составляет не менее 0,5 с, можно оценить, что ослепление при резком включении стоп-сигнала и его большой яркости приводит к увеличению остановочного пути практически на 14 м (и это если водитель успеет понять, что ослепивший его огонь был стоп-сигналом, и осуществить торможение, что может занять дополнительно 0,6 с). В то же время при наличии пыли и осадков ночью ослепления не произойдет, а транспортное средство могут вовсе не заметить.

Кроме того, как отмечено в [3, 4], при мигании стоп-сигнала с частотой 1,5–2,0 Гц его заметность лучше, чем у фонарей, работающих в постоянном режиме. Это делает целесообразным создание стоп-сигнала с встроенным аксе-

лерометром, по сигналу которого он будет переходить в импульсный режим работы при резком торможении автомобиля.

Отдельно следует отметить необходимость сравнительно большой площади равномерно излучающей поверхности фонарей, так как это позволяет создать большую силу света при небольшой яркости, лежащей в зоне комфорта [2]. Например, фонарь с осевой силой света 128 кд и площадью излучающей поверхности 64 см² будет комфортно восприниматься водителями, так как его яркость составит лишь 2 кд/см², что находится вблизи оптимальных значений.

Таким образом, задние сигнальные фонари транспортных средств должны менять свою силу света как минимум в зависимости от яркости окружения, состояния своей поверхности (грязь, пыль и т. п.) и наличия/отсутствия осадков, т. е. адаптироваться к условиям окружающей среды. Это значит, что применительно к задним фонарям транспортных средств имеет смысл говорить об адаптивных задних сигнальных оптических системах (adaptive rear signaling systems, ARS).

Требования к адаптивным задним сигнальным фонарям приводятся в Правилах ООН № 48, действующих на территории Беларуси и Евросоюза [5]. В соответствии с этими требованиями адаптация должна осуществляться как минимум к одному из следующих факторов: окружающему освещению, туману, снегопаду, дождю, солевому туману, облаку пыли, загрязнению светоизлучающей поверхности, при условии сохранения предписанного для фонарей соотношения значений яркости в случае изменения силы света. Изменение последней не должно быть резким. Водитель должен иметь возможность включать сигнальные огни в режиме постоянной силы света, а затем возвращать их в режим изменяющейся силы света. Распределение силы света должно быть таким же, как у неадаптивных аналогов.

Для обеспечения безопасности движения изменение силы света адаптивного заднего фонаря должно происходить как можно быстрее, и поэтому лампы накаливания из-за большого времени включения (сотни микросекунд, иногда миллисекунды), малых КПД (порядка 10 %) и времени наработки до отказа (в преде-

лах 5000 ч) в качестве источника света применять нецелесообразно. Вместо них можно использовать светоизлучающие диоды (СИД) или органические светодиоды (OLED), которые обладают весьма малым временем включения (порядка наносекунд) и способны менять свой световой поток пропорционально току инжекции, т. е. допускают управление силой света по питанию.

Однако OLED, в отличие от СИД, не могут обеспечить высокую светоотдачу при достаточном времени наработки до отказа при высоких температурах, что часто встречается в автомобильной технике. Современные OLED способны достичь 8000 ч наработки до 70 % падения светового потока при повышенном токе инжекции и температурах до 60 °С [6]. Кроме того, OLED после определенного срока службы теряют равномерность светящейся поверхности, что можно расценивать как параметрический отказ. Наконец, OLED, как сообщается несколькими источниками, например [7], обладают слишком малой яркостью, поэтому стоп-сигнал на их основе будет иметь площадь около 400 см², что неприемлемо для применения OLED в качестве основного источника света для адаптивных задних фонарей. Наконец, распределение силы света OLED практически равномерное, что при их площади излучающей поверхности делает расчет деталей вторичной оптики для остронаправленных огней (например, стоп-сигналов) крайне сложной задачей.

СИД, в отличие от OLED, обладают значительно большим временем наработки до отказа (до 100000 ч в нормальных условиях и не менее 80000 ч при температуре 60 °С), большим люменваттным соотношением (не менее 100 лм/Вт) [8], имеют встроенное распределение силы света и, самое главное, допускают изготовление в виде практически точечного источника света, что сильно упрощает расчет деталей вторичной оптики и позволяет создать их эффективными (не менее 85 % при работе по принципу полного внутреннего отражения). Все эти свойства вместе делают СИД идеальным источником света для адаптивных задних фонарей транспортных средств.

Существующие конструкции светодиодных сигнальных фонарей (адаптивных и неадаптивных) предполагают использование нескольких кластеров светодиодов, расположенных либо в виде обособленных матриц, либо набора линеек, что и определяет как дизайн изделия в целом, так и особенности визуализации сигнального огня; а их интегральное излучение обеспечивает пространственное распределе-

ние силы света в соответствии с требованиями Правил ООН. Известно множество вариантов построения оптических систем таких фонарей, в которых излучение светодиодов (LED) предварительно трансформируется деталями вторичной оптики в виде системы линз Френеля и микрорефлекторов, при этом световая эффективность огня составляет порядка 60 лм/Вт. Общим недостатком такого решения является необходимость использования большого числа светодиодов, что понижает надежность и повышает стоимость. На рис. 1 представлен светодиодный модуль указателя поворота в фаре автомобиля BMW F10/F11 производства фирмы HELLA.



Рис. 1. Светодиодный модуль указателя поворота в фаре автомобиля BMW F10/F11 производства фирмы HELLA

Fig. 1. LED direction indicator module used in BMW F10/F11 headlight manufactured by HELLA

Источник света в модуле выполнен в виде матрицы из 10 светодиодов, каждый из которых снабжен деталью вторичной оптики, и для улучшения теплоотвода размещается на массивном корпусе из легкого сплава.

Высокие требования по степени защиты от внешних воздействий (IP67 и выше) предполагают герметичность конструкции изделия, что понижает ее надежность в результате перегрева при высоких температурах и приводит к постепенной деградации светодиодов. В случае заднего комбинированного фонаря со стандартным набором сигнальных огней (каждый огонь реализован в виде многосветодиодной матрицы) суммарная рассеиваемая мощность может достигать нескольких десятков ватт, из-за чего светодиоды достаточно быстро (за время порядка 10000 ч) деградируют.

При этом каждый светодиод в кластере, матрице или линии нагружается неравномерно, что приводит к появлению проблемы необходимости «классификации» отказов отдельных светодиодов взаимозависимых огней, известной также как Правило $n - 1$, что стало предметом многократных дискуссий экспертов GTB

и рабочей группы по вопросам освещения и световой сигнализации WP29/GRE. Даже если абстрагироваться от «изменений» внешнего вида фонаря, отказ любого светодиода в матрице следует рассматривать как параметрический отказ при условии, что «оставшиеся» светодиоды в данной конфигурации обеспечивают выполнение требований Правил ООН. Очевидно, что в этом случае производитель обязан подтвердить соответствие фонарей со всевозможными комбинациями отказавших свето-диодов, а если фотометрические требования будут выполнены, то встает вопрос об избыточности числа светодиодов и завышенной стоимости изделия. Сегодня существует компромиссное решение данной проблемы, требующее обеспечения минимальной осевой силы света и наличия контрольного сигнала функционирования огня.

Однако прогресс в технологии изготовления LED уже позволил получить мощные светодиоды со световым потоком не менее 100 лм. Так как оценка минимальных световых потоков, необходимых для обеспечения требуемого распределения силы света основных сигнальных огней заднего фонаря, составляет 50–80 лм, почти любой огонь заднего фонаря может быть выполнен на одном светодиоде с потребляемой мощностью около 3 Вт. Использование одного LED в качестве источника света исключает появление Правила $n - 1$, улучшает надежность изделия, упрощает управление его свойствами (в случае адаптивных задних фонарей).

Остальные конструктивные требования, предъявляемые к адаптивным задним фонарям, помимо перечисленных требований по энергоэффективности и степени защиты, содержат указания по вибро- и ударостойкости, предельным значениям рабочих температур (от минус 60 до плюс 85 °С), по высокой надежности невосстанавливаемого изделия с минимальной габаритной толщиной, не превышающей 40 мм.

Таким образом, актуальной является разработка адаптивного заднего фонаря с характеристиками:

1) задний комбинированный фонарь должен включать следующие огни: стоп-сигнал, габаритный огонь, противотуманный огонь, фару заднего хода, боковой габаритный огонь, указатель поворота. Это позволит использовать его практически для любых транспортных средств;

2) источником света каждого огня фонаря должен служить мощный светодиод, что обеспечит повышенную надежность фонаря и минимальную потребляемую мощность;

3) фонарь должен быть способен адаптироваться как минимум к яркости окружения, состоянию своей поверхности, ускорению транспортного средства, осадкам. Это позволит изделию эффективно работать практически в любой дорожной обстановке;

4) фонарь должен иметь собственные датчики для оценки факторов адаптации и собственную систему управления (например, микроконтроллер). Это позволит устанавливать изделие на любое транспортное средство вне зависимости от вычислительной мощности бортового компьютера и вообще его наличия. Целесообразно предусмотреть возможность передачи фонарем данных о своем состоянии в бортовой компьютер транспортного средства по CAN-шине, чтобы использовать датчики фонаря в качестве дополнительных к штатным датчикам транспортного средства;

5) фонарь должен быть устойчив к вибрации, герметичен, а его рабочая температура должна лежать в пределах от минус 60 до плюс 85 °С. Время наработки до отказа фонаря должно быть сравнимо с временем наработки до отказа источников света, что позволит реализовать фонарь в качестве невосстанавливаемого изделия (несменного источника света). Габаритная толщина фонаря должна быть не более 40 мм, что позволит экономить пространство транспортного средства при установке изделия.

Основная часть

Общий вид конструкции адаптивного заднего комбинированного фонаря представлен на рис. 2.



Рис. 2. Общий вид адаптивного заднего комбинированного фонаря

Fig. 2. General view of adaptive rear combination lamp

Как видно из рис. 2, каждый огонь фонаря реализован в виде модуля, включающего источник света (мощный светодиод), деталь вторичной оптики для формирования заданного распределения силы света (асферическую неизображающую охватывающую линзу). Каждый модуль снабжен отдельной цепью питания для задания минимального тока инжекции. Такой подход позволяет упростить конструирование, улучшить надежность, увеличить степень унификации для облегчения сборки фонаря и облегчить модернизацию фонаря в будущем.

Требования, предъявляемые к каждому модулю фонаря (каждому его огню), представлены в Правилах ООН. Согласно Правилам ООН № 6, 7 [9, 10], пространственные световые распределения габаритных огней (категории R, R1, R2), стоп-сигналов (категории S1, S2) и указателей поворота (категории 1, 1a, 1b, 2a, 2b) совпадают (рис. 3), а отличаются только значениями осевой силы света и колориметрическими спецификациями.

Для задней фары распределение силы света определяется Правилами ООН № 23 [11] и отличается от распределения силы света остальных огней, как показано на рис. 4.

Из рис. 3, 4 видно, что приведенные стандартные распределения силы света не являются осесимметричными. Однако фонарь возможно применить в том числе на тракторах, которые предусматривают вертикальное монтирование светотехнических изделий, и поэтому огни фонаря должны иметь не стандартное, а осесимметричное распределение силы света, обеспечивающее при этом минимальные значения силы света в заданных Правилами

точках. Переход к осесимметричному распределению силы света связан с некоторыми потерями светового потока по сравнению со стандартным распределением силы света.

Если сравнить распределения силы света задней фары AR и огней R2, S2, 2b, приведенные ранее, то видно, что различие наблюдается в диапазоне углов 20° – 45° , где значения силы света не превышают 25 % осевых. Это означает, что для улучшения унификации можно разработать одну деталь вторичной оптики, которая будет создавать осесимметричное распределение силы света, подходящее для всех огней фонаря, кроме противотуманного.

Сравнение такого «синтетического» распределения силы света со стандартными осесимметричными приводится на рис. 5.

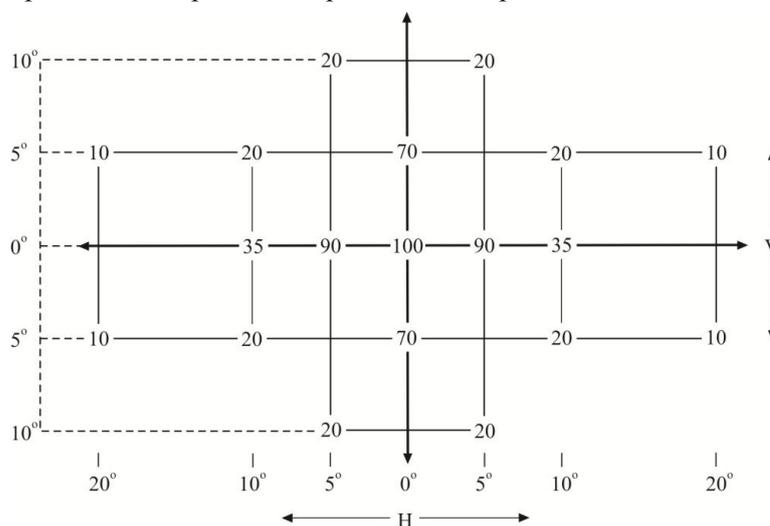


Рис. 3. Распределение силы света габаритных огней (категории R, R1, R2), стоп-сигналов (категории S1, S2) и указателей поворота (категории 1, 1a, 1b, 2a, 2b) (числа показывают процент от осевой силы света)

Fig. 3. Luminous intensity distribution for position lights (categories R, R1, R2), brake lights (categories S1, S2) and direction indicators (categories 1, 1a, 1b, 2a, 2b) (numbers show percentage of axial luminous intensity)

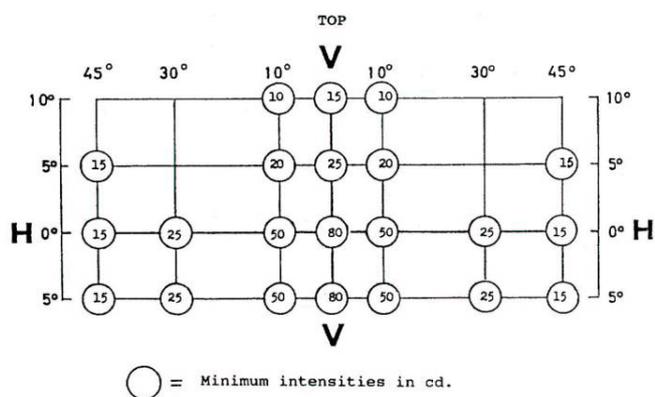


Рис. 4. Распределение силы света задней фары AR (числа показывают минимальную силу света в канделах в обозначенном направлении)

Fig. 4. Luminous intensity distribution for rear light AR (numbers show minimum luminous intensity in candelas in the indicated direction)

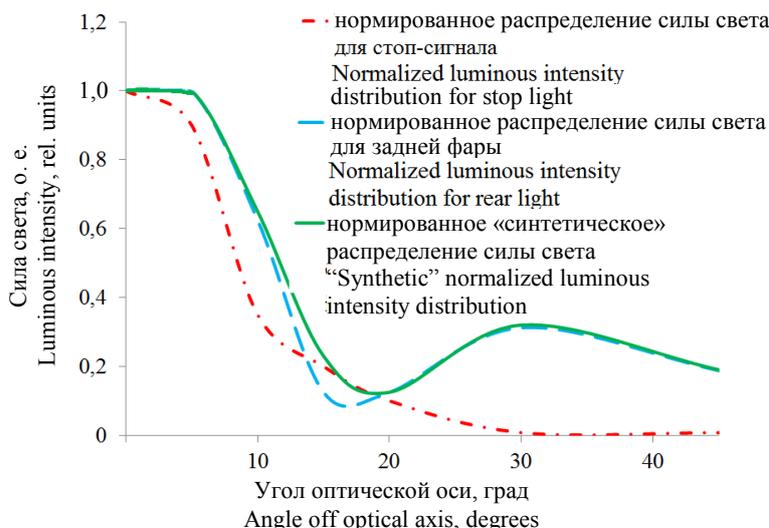


Рис. 5. Сравнение осесимметричных нормированных распределений силы света задней фары, стоп-сигнала с «синтетическим» осесимметричным нормированным распределением силы света

Fig. 5. Comparison of axisymmetric normalized luminous intensity distributions for taillight, brake light with “synthetic” axisymmetric normalized distribution of luminous intensity

Несмотря на возросшие потери при трансформации светового потока, эффективность детали вторичной оптики с «синтетическим» распределением силы света составила по отношению к задней фаре AR 87 %, а для огней R2, S2, 2b – не менее 34 % при многократном улучшении визуализации огней в диапазоне предельных углов видности.

Распределение силы света заднего противотуманного огня, приведенное на рис. 6, определяется Правилами ООН № 38 [12].

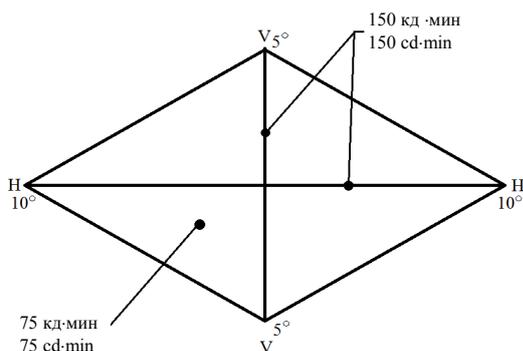


Рис. 6. Распределение силы света заднего противотуманного огня

Fig. 6. Rear fog light distribution

При переходе к осесимметричному распределению силы света у заднего противотуманного огня также происходят потери силы света. Поскольку распределение силы света противотуманного огня более узкое, для него рассчитана деталь вторичной оптики, отличная по форме от остальных. Для расчета профиля всех деталей вторичной оптики фонаря использо-

вался метод накопительного суммирования частичных световых потоков [13].

Для обеспечения адаптивных свойств фонаря разработана система управления, ядром которой является микроконтроллер фонаря. Он управляет работой каждого огня изделия. На основе данных о внешней освещенности, состоянии светопропускающей поверхности изделия и об ускорении транспортного средства с акселерометра микроконтроллер устанавливает ток инжекции через каждый светодиод. Блок питания системы управления обеспечивает стабильное напряжение питания на светодиодах, датчиках и микроконтроллере. Блок защиты системы управления защищает изделие от скачков напряжения и тока в бортовой сети.

Алгоритм работы системы управления позволяет в режиме реального времени, основываясь на данных от датчика дождя и загрязненности поверхности изделия, рассчитывать ток инжекции светодиодов его огней. При этом алгоритм учитывает ускорение транспортного средства: на основе данных с акселерометра при экстренном торможении стоп-сигнал изделия переводится в импульсный режим работы с максимальной силой света, чтобы обеспечить заметность транспортного средства на дороге в любых условиях.

Результаты испытаний адаптивного заднего комбинированного фонаря (стоп-сигнала) на соответствие требованиям Правил ООН приводятся на рис. 7, причем дается распределение света как для режима «день», так и для режима «ночь».

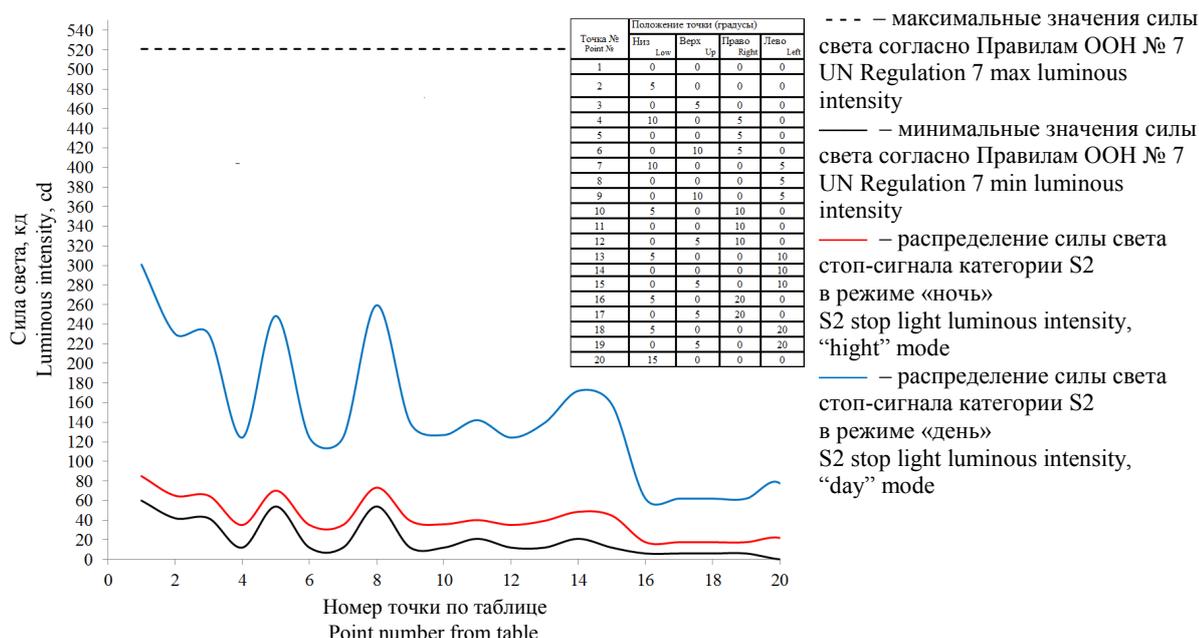


Рис. 7. Результаты испытаний стоп-сигнала адаптивного заднего комбинированного фонаря

Fig. 7. Test results for adaptive rear combination lamp brake light

Из рис. 7 видно, что распределение силы света фонаря как в режиме «день», так и в режиме «ночь» соответствует Правилам ООН. Минимально допустимое значение силы света по всем заданным направлениям выдерживается независимо от режима работы, причем имеется коэффициент запаса для учета возможности повышения температуры фонаря.

Характеристики всех огней адаптивного заднего комбинированного фонаря приведены в табл. 1.

Как видно из рис. 7 и табл. 1, значения осевой силы света перекрывают минимальные требования 60 и 130 кд соответственно, при этом токи инжекции, протекающие через светодиод, не превышают 370 мА, а ток потребления при включении секции стоп-сигнала составляет 80 мА для бортовой сети 24 В. Для двух режимов экстренного торможения (не приведены на рис. 7 и в табл. 1) сила света стоп-сигнала составляет соответственно 400 и 600 кд.

В табл. 2 приведены результаты сравнительных фотометрических испытаний огней разработанного адаптивного заднего комбинированного фонаря и имеющихся аналогов от ведущих мировых производителей при напряжении бортовой сети 24 В. В качестве аналогов выбраны изделия 2VP 340 950-011 (производство фир-

мы HELLA, Германия) и Model 265 (производство J.W. SPEAKER Corporation, США), внешний вид которых приведен на рис. 8.

Таким образом, по потребляемому току и числу светодиодов разработанное изделие превосходит свои аналоги. Можно отметить, что из-за матричной конструкции аналогов их надежность будет меньше, чем разработанного изделия. Кроме того, как следует из приведенных результатов, для огней указателя поворота категории 2b осевая сила света превышает 300 кд, что больше пороговых минимальных значений осевой силы света для передних указателей поворота категорий 1 (175 кд) и 1a (250 кд), устанавливаемых в фарах. Это свидетельствует о возможности применения оптических модулей на основе единичных светодиодов с асферической неизображающей охватывающей линзой в головной оптике, причем по своей эффективности такой модуль эквивалентен 10–15 «желтым» светодиодам.

В табл. 3 приведены электрические и фотометрические характеристики аналогичных задних противотуманных фонарей категории F1 от ведущих мировых производителей: изделия Norm 67101 от HELLA и Model 217 от J.W. SPEAKER.

Таблица 1

Характеристики огней адаптивного заднего комбинированного фонаря
Characteristics of adaptive rear combination lamp lights

Категория огня адаптивного фонаря	Ток через светодиоды, мА	Ток от бортовой сети 24 В, мА	Потребляемая мощность, Вт	Осевая сила света, кд	Осевая сила света, кд, по требованиям Правил ООН
R2	41	13	0,3	30	4–42
S2	370	80	1,9	301	60–730
2b	333	100	2,4	341	50–1000
AR	300	77	1,8	280	80–300
F1	390	84	2,0	243	150–300

Таблица 2

Сравнение разработанного адаптивного заднего комбинированного фонаря с похожими изделиями
Comparison of developed adaptive rear combination lamp with similar products

Категория огня*	Задний адаптивный комбинированный фонарь		HELLA, изделие 2VP 340 950-011		J.W. SPEAKER Corporation, Model 265		Осевая сила света, кд, по требованиям Правил ООН**
	Число светодиодов/ток, мА	Осевая сила света, кд	Число светодиодов/ток, мА	Осевая сила света, кд*	Число светодиодов/ток, мА	Осевая сила света, кд*	
R2/R	1/13	30	15/30	–	8/35	–	4–42
S2/S1	1/80	300	15/210	–	8/200	–	60–730
2b/2a	1/100	341	15/125	–	12/325	–	50–1000
AR	1/77	280	1/230	–	2/350	–	80–300

* В каталогах производителей не указывается.
** Для огней с изменяемой силой света.



Рис. 8. Аналоги адаптивного заднего комбинированного фонаря:
a – HELLA, 2VP 340 950-011; b – J. W. SPEAKER Corporation, Model 265 [14, 15]

Fig. 8. Analogs of adaptive rear combination lamp:
a – HELLA, 2VP 340 950-011; b – J. W. SPEAKER Corporation, Model 265 [14, 15]

Таблица 3

Сравнение параметров заднего противотуманного огня адаптивного заднего комбинированного фонаря с похожими изделиями

Comparison of rear fog light adaptive rear combination lamp with similar devices

Спецификация заднего противотуманного огня категории F1	Адаптивный задний комбинированный фонарь	HELLA, изделие Norm 67101	J.W. SPEAKER Corporation, Model 217	Требования Правил ЕЭК ООН
Ток, А	0,084	–	0,350	–
Потребляемая мощность, Вт	2	3	–	–
Диапазон рабочих напряжений, В	6–36	–	12–24	–
Осевая сила света, кд	243	–	–	150–300

Можно отметить, что потребляемый ток у разработанного изделия практически в 3,5 раза меньше, а потребляемая мощность на 30 % меньше, чем у аналогичных ему изделий, и это при широком диапазоне рабочих напряжений (6–36 В против 12–24 В). При этом сила света заднего противотуманного огня разработанного изделия поддерживается практически постоянной и равной 243 кд в пределах углов $\pm 12^\circ$ при токе потребления 84 мА для бортовой сети 24 В.

ВЫВОДЫ

1. Разработана конструкция адаптивного заднего комбинированного фонаря, отличающаяся высокой надежностью, эффективностью по световому потоку (не менее 85 %), малой потребляемой мощностью (не более 9 Вт в режиме «все огни включены»). Изделие адаптирует свою силу света к освещенности (два режима работы: «день» и «ночь»), состоянию своей поверхности, осадкам, причем это происходит с помощью встроенного микроконтроллера и датчиков. Стоп-сигнал имеет режим экстренного торможения, который резко повышает заметность изделия и включается по сигналу со встроенного акселерометра. Данная конструкция запатентована на территории Республики Беларусь и Российской Федерации [16].

2. Разработан алгоритм функционирования заднего комбинированного фонаря с управлением силой света оптических модулей встроенным микроконтроллером с учетом показаний системы встроенных датчиков внешней освещенности, динамики торможения автомобиля и коэффициента пропускания внешнего рассеивателя и с возможностью управления по CAN-шине, что обеспечивает высокую надежность и функциональность изделия и, как следствие, безопасность транспортного средства.

3. Полученные в ходе испытаний изделия на соответствие Правилам ООН результаты свидетельствуют об эффективности предлагаемой модульной конструкции адаптивного заднего фонаря транспортного средства со светодиодными несменными источниками света, каждый из которых представляет собой единственный мощный светодиод с вторичной оптикой в виде тонкой охватывающей асферической линзы большого диаметра, обеспечивающей высокую эффективность и комфортное зрительное восприятие (визуализацию) сигнальных огней.

4. В качестве факультативных предлагается опция бокового габаритного огня категории SM1, совмещенного со световозвращателем класса IA или фонаря полного габарита на светодиодах для прицепного состава автомобилей.

5. Модульность конструкции позволяет использовать широкую номенклатуру сенсоров, которая может гибко меняться в соответствии с требованиями ТНПА и возможностями заказчиков. Несомненным достоинством предлагаемой конструкции адаптивного заднего комбинированного фонаря является возможность обеспечения индивидуального дизайна, его узнаваемости и брендирования для каждого производителя автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Analyses of Rear-End Crashes and Near-Crashes in the 100-Car Naturalistic Driving Study to Support Rear-Signaling Countermeasure Development [Electronic resource] / S. E. Lee [et al.]. NHTSA, 2007. Mode of access: https://pdfs.semanticscholar.org/a1de/f57ff815ca44a6e1316789cc18c0e988d633.pdf?_ga=2.65642027.403901483.1594051653-1808767238.1593622975. Date of access: 03.12.2019.
2. Кобрина, Н. В. Адаптивные системы заднего сигнального фонаря автомобиля / Н. В. Кобрина // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. 2017. № 12. С. 82–89
3. Study of Perspective Aspects of Equipping Vehicles with an Informative Brake Signaling System (IBSS) [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2004/wp29gre/TRANS-WP29-GRE-52-35e.pdf>. Date of access: 26.10.2011.
4. Schoeneburg, R. Enhancement of Active & Passive Safety by Future Pre-Safe® Systems / R. Schoeneburg, T. Breiting [Electronic resource] // International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles. 2005. Mode of access: [https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds\[\]=citjournalarticle_245201_38](https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds[]=citjournalarticle_245201_38). Date of access: 04.10.2011.
5. Regulation No 48. Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to the Installation of Lighting and Light-Signalling Devices [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R048r11e.pdf>. Date of access: 03.12.2019.
6. Safaee, A. OLED Development @ OSRAM. Past, Present and Future Topics [Electronic resource] / A. Safaee, T. Wehler. Mode of access: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/02/f34/safaee_oled-design_longbeach_2017.pdf. Date of access: 18.11.2019.
7. Thomas, W. OLED Lighting in Automotive Applications. State of the Art and Future Demands / W. Thomas // Light, Energy and the Environment. 2016. <https://doi.org/10.1364/ssl.2016.ssw3c.2>.
8. Pattison, M. Respond to LED Lighting Efficacy: Status and Directions [Electronic resource] / M. Pattison, M. Hanson, J. Y. Tsao // Comptes Rendus Physique. 2018. Vol. 19, No 3. P. 134–145. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2017.10.013>.
9. Regulation No 6. Uniform Provisions Concerning the Approval of Direction Indicators for Power-Driven Vehicles and their Trailers. 7 October 2011 [Electronic resource]. Mode of access: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/>

- trans/main/wp29/wp29regs/R006r5e.pdf. Date of access: 03.12.2019.
10. Regulation No 7. Uniform Provisions Concerning the Approval of Front and Rear Position Lamps, Stop-Lamps and End-Outline Marker Lamps for Motor Vehicles (Except Motor Cycles) and their Trailers [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R007r6e.pdf>. Date of access: 03.12.2019.
 11. Regulation No 23. Uniform Provisions Concerning the Approval of Reversing and Manoeuvring Lamps for Power-Driven Vehicles and their Trailers [Electronic resource]. 20 August 2013. Mode of access: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/r023r4e.pdf>. Date of access: 03.12.2019.
 12. Regulation No 38. Uniform Provisions Concerning the Approval of Rear Fog Lamps for Power-Driven Vehicles and their Trailers. 20 August 2013. Mode of access: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R038r3e.pdf>. Date of access: 03.12.2019.
 13. Метод расчета вторичной оптики несменных источников света адаптивных оптических систем транспортных средств / С. П. Сернов [и др.] // Приборы и методы измерений. 2014. Т. 8, № 1. С. 86–93.
 14. Model 265. LED Signal Light Instruction Sheet [Electronic resource] // J. W. SPEAKER Corporation. Mode of access: <https://www.jwspeaker.com/wp-content/uploads/led-signal-light-model-265-instruction-sheet-6542960b-2016.pdf>. Date of access: 05.12.2019.
 15. Multi-Function LED Combination Realight. Brief Information [Electronic resource] // HELLA. Mode of access: https://www.hella.com/trailer/assets/media_global/LED%20Heckleuchte%20Leuchte%20mit%20Kennleuchte%20EN.pdf. Date of access: 05.12.2019.
 16. Устройство световой сигнализации транспортного средства с несменными источниками света: пат. 2481206 С2 РФ, МПК В60Q 1/30, F21S 8/10 / Д. В. Балохонов, А. А. Журавок, И. Е. Зуйков, Т. В. Колонтаева, А. Г. Савчиц, С. П. Сернов; заявители И. Е. Зуйков, С. П. Сернов. № 2010147641/11; заявл. 22.11.2010; опубл. 10.05.2013.
Поступила 30.12.2019
Подписана в печать 17.03.2020
Опубликована онлайн 30.07.2020
- REFERENCES
1. Lee S. E., Llaneras E., Klauer S., Sudweeks J. (2007) *Analyses of Rear-End Crashes and Near-Crashes in the 100-Car Naturalistic Driving Study to Support Rear-Signaling Countermeasure Development*. Report No. DOT HS 810 846. NHTSA. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/a1de/f57ff815ca44a6e1316789cc18c0e988d633.pdf?ga=2.65642027.403901483.1594051653-1808767238.1593622975>. (Accessed 3 December 2019).
 2. Kобрina N. V. (2017) Adaptive Rear Taillight Systems. *Avtomobil i Elektronika. Suchasni Tekhnologii = Vehicle and Electronics. Innovative Technologies*, (12), 82–89 (in Russian).
 3. *Study of Perspective Aspects of Equipping Vehicles with an Informative Brake Signaling System (IBSS)*. Available at: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2004/wp29gre/TRANS-WP29-GRE-52-35e.pdf>. (Accessed 26 October 2011).
 4. Schoeneburg R., Breitling T. (2005) Enhancement of Active & Passive Safety by Future Pre-Safe® Systems. *International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*, 2005. Available at: [https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds\[\]=citjournalarticle_245201_38](https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds[]=citjournalarticle_245201_38). 04.10.2011.
 5. *Regulation No 48. Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to the Installation of Lighting and Light-Signalling Devices*. Available at: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R048r11e.pdf>. (Accessed 3 December 2019).
 6. Safae A., Wehls T. (2017) OLED Development @ OSRAM. Past, Present and Future Topics. Available at: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/02/f34/safae_oled-design_longbeach2017.pdf. (Accessed 18 November 2019).
 7. Thomas W. (2016) OLED Lighting in Automotive Applications. *Light, Energy and the Environment*. <https://doi.org/10.1364/ssl.2016.ssw3c.2>.
 8. Pattison M., Hanson M., Tsao J. Y. (2018) LED Lighting Efficacy: Status and Directions. *Comptes Rendus Physique*, 19 (3), 134–145. <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2017.10.013>.
 9. *Regulation No 6. Uniform Provisions Concerning the Approval of Direction Indicators for Power-Driven Vehicles and their Trailers*. 7 October 2011. Available at: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/R006r5e.pdf>. (Accessed 3 December 2019).
 10. *Regulation No 7. Uniform Provisions Concerning the Approval of Front and Rear Position Lamps, Stop-Lamps and End-Outline Marker Lamps for Motor Vehicles (Except Motor Cycles) and their Trailers*. 22 November 2012. Available at: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R007r6e.pdf>. (Accessed 3 December 2019).
 11. *Regulation No 23. Uniform Provisions Concerning the Approval of Reversing and Manoeuvring Lamps for Power-Driven Vehicles and their Trailers*. 20 August 2013. Available at: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/r023r4e.pdf>. (Accessed 03 December 2019).
 12. *Regulation No 38. Uniform Provisions Concerning the Approval of Rear Fog Lamps for Power-Driven Vehicles and their Trailers*. 20 August 2013. Available at: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R038r3e.pdf>. (Accessed 3 December 2019).
 13. Sernov S. P., Balokhonov D. V., Kolontaeva T. V., Zhuravok A. A. (2014) Vehicular Adaptive Optical Systems Non-Replaceable Light Sources Secondary Optics Calculation Method. *Pribory i Metody Izmerenij = Devices and Methods of Measurements*, 8 (1), 86–93 (in Russian).
 14. Model 265. LED Signal Light Instruction Sheet. *J. W. SPEAKER Corporation*. Available at: <https://www.jwspeaker.com/wp-content/uploads/led-signal-light-model-265-instruction-sheet-6542960b-2016.pdf>. (Accessed 5 December 2019).
 15. *Multi-Function LED Combination Realight. Brief Information*. HELLA. Available at: https://www.hella.com/trailer/assets/media_global/LED%20Heckleuchte%20Leuchte%20mit%20Kennleuchte%20EN.pdf. (Accessed 5 December 2019).
 16. Balokhonov D. V., Zhuravok A. A., Zuykov I. E., Kolontaeva T. V., Savchits A. G., Sernov S. P. (2013) *Device of Vehicle Light Signaling with Permanent Light Sources*. Patent No 2481206 C2 Russian Federation (in Russian).

Received: 30.12.2019

Accepted: 17.03.2020

Published online: 30.07.2020