

# ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ ELECTRICAL ENGINEERING COMPLEXES AND SYSTEMS

УДК 628.946.2

doi:10.21685/2307-5538-2022-3-10

## РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ БЕЗОПАСНОГО АДАПТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДОРОГИ АВТОТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ

**В. Н. Ашанин<sup>1</sup>, С. Е. Ларкин<sup>2</sup>, С. Г. Исаев<sup>3</sup>, В. С. Чапаев<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>ashanin58@yandex.ru, <sup>2</sup>LarkinSergei@yandex.ru, <sup>3</sup>sergeisaev@mail.ru, <sup>4</sup>chapaev010@mail.ru

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Движение в ночное время требует от водителей повышенной концентрации внимания, что приводит к преждевременной усталости. Особое внимание при этом необходимо уделить снижению ослепленности водителей транспортных средств при встречном разъезде автомобилей. В этой связи актуальной задачей является дальнейшее совершенствование системы головного освещения автомобиля и конструкции фар. Целью работы является повышение безопасности дорожного движения в темное время суток. *Материалы и методы.* Проблема ослепления заключается в том, что освещенность дорожного полотна между встречными автомобилями увеличивается обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Поэтому для повышения безопасности дорожного движения необходимо контролировать максимальный уровень освещенности между сближающимися автомобилями и изменять силу света их левых фар с тем, чтобы освещенность дорожного полотна между сближающимися автомобилями не превышала предельных значений. *Результаты.* Разработана система головного освещения автомобиля, позволяющая реализовать адаптивное освещение дорожного полотна на всех режимах движения автомобиля, обеспечивающая безопасный разъезд встречных транспортных средств. Использование RGB светодиода в качестве источника света позволяет создавать различные виды светораспределения без использования дополнительных фар. Предложенный способ перемещения линзы позволяет повысить точность создания требуемого светораспределения. *Результаты.* Настройка программного обеспечения для стационарных режимов работы при движении с постоянной скоростью может быть осуществлена на специально оборудованной для этого площадке завода-изготовителя. Работа в переходных режимах определяется временем реакции системы как на увеличение освещенности при сближении автомобилей, так и временем восстановления силы света левой фары после разъезда вследствие резкого изменения освещенности дорожного полотна. Указанные действия потребуют дополнительных натурных испытаний в заводских лабораториях. *Выводы.* Предложенная адаптивная фара головного освещения автомобиля позволяет создавать требуемое светораспределение в режимах дальнего, ближнего и противотуманного света, повышая тем самым безопасность дорожного движения.

**Ключевые слова:** фара головного освещения, автомобиль, освещенность дорожного полотна, адаптивное освещение, встречный разъезд, ослепление водителей, снижение освещенности

**Для цитирования:** Ашанин В. Н., Ларкин С. Е., Исаев С. Г., Чапаев В. С. Реализация концепции безопасного адаптивного освещения дороги автотранспортным средством // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль. 2022. № 3. С. 83–91. doi:10.21685/2307-5538-2022-3-10

## IMPLEMENTING THE CONCEPT OF ADAPTIVE LIGHTING OF THE ROAD BY A MOTOR VEHICLE

V.N. Ashanin<sup>1</sup>, S.E. Larkin<sup>2</sup>, S.G. Isaev<sup>3</sup>, V.S. Chapaev<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Penza State University, Penza, Russia

<sup>1</sup>ashanin58@yandex.ru, <sup>2</sup>LarkinSergei@yandex.ru, <sup>3</sup>sergeisaev@mail.ru, <sup>4</sup>chapaev010@mail.ru

**Abstract.** *Background.* Driving at night requires drivers to concentrate more, which leads to premature fatigue. Particular attention should be paid to reducing the glare of drivers of vehicles when oncoming cars. In this regard, an urgent task is to further improve the system of car headlights and headlight design. The purpose of the work is to improve road safety in the dark. *Materials and methods.* The problem of blindness is that the illumination of the roadway between oncoming cars increases inversely proportional to the square of the distance between them. Therefore, to increase traffic safety it is necessary to control the maximum level of illumination between approaching cars and to change the light intensity of their left headlights so that the illumination of the road surface between approaching cars should not exceed the limiting values. *Results.* The system of the head illumination of the car was designed to implement adaptive illumination of the roadway in all traffic modes of the car, which ensures safe passing of oncoming vehicles. RGB LED as a light source allows you to create different types of light distribution without using additional lights. The offered way of lens moving allows increasing the accuracy of creation of a required light distribution. *Results.* Adjustment of the software for stationary modes of operation when driving at a constant speed can be made on a specially equipped for this purpose site of the manufacturer's plant. Operation in transient modes is defined by time of reaction of the system as for illumination increase at approach of cars, and time of restoration of light intensity of the left headlight after driving apart as a result of sharp change of illumination of a road bed. These actions will require additional field testing in the factory laboratories. *Conclusions.* The proposed adaptive head lamp allows you to create the required light distribution in the modes of far, dipped and fog lights, thereby increasing the safety of road traffic.

**Keywords:** headlight, car, illumination of the roadway, adaptive lighting, oncoming traffic, blinding drivers, reduced illumination

**For citation:** Ashanin V.N., Larkin S.E., Isaev S.G., Chapaev V.S. Implementing the concept of adaptive lighting of the road by a motor vehicle. *Izmereniya. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measurements. Monitoring. Management. Control.* 2022;(3):83–91. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2022-3-10

### Введение

При движении в темное время суток безопасность дорожного движения в существенной степени определяется светораспределением фар головного освещения. Традиционная фара освещает только тот участок дороги, который находится строго по курсу движения. При этом ни сила света, ни направление светового пучка не изменяются. Специфика движения в ночное время в условиях бурного наполнения дорог современными автомобилями, движущимися в интенсивном потоке движения, требует от водителей повышенной концентрации внимания из-за быстро изменяющейся дорожной обстановки. Это приводит к повышению усталости водителя. Для повышения безопасности дорожного движения фары головного освещения должны обеспечить дополнительные функции для формирования требуемого светораспределения и снижения ослепленности водителей.

Ряд из этих функций на настоящий момент реализуется в автомобилях известных производителей в высокобюджетном сегменте. К числу таких нововведений можно отнести ступенчатое изменение ширины светового пучка при изменении скорости движения, изменение направления светораспределения на поворотах. Однако этого уже недостаточно. Необходимо дальнейшее совершенствование систем светораспределения и конструкции фар. Концептуальными, на наш взгляд, направлениями развития системы головного освещения автомобиля являются:

- изменение освещенности дорожного полотна при встречном разъезде для снижения ослепленности водителей;
- плавное изменение ширины и дальности распространения светового пучка при изменении скорости движения автомобиля;
- плавное изменение направления светового пучка при изменении направления движения транспортного средства;

- создание адаптивного селективного противотуманного света;
- создание дневных ходовых огней с нормированной силой света;
- реализация фары головного освещения с возможностью обеспечения вышеперечисленных режимов светораспределения и огней в одной моноконструкции без дополнительных блоков, усложняющих процесс изготовления и снижающих коэффициент использования отражающей поверхности фары.

Локальные решения поставленной задачи по изменению светового пучка на дорожном полотне можно проследить в существующих подходах. Одним из них является поворот фары с помощью шаговых двигателей до тех пор, пока угол поворота фар не станет равен углу поворота рулевого колеса, или использование волоконно-оптического преобразователя изображения, в котором процесс регулирования положения светового пучка фары относительно дорожного полотна осуществляют поворотом волоконно-оптического преобразователя изображения относительно второй фокальной точки эллипсоидного отражателя в горизонтальной и/или вертикальной плоскостях [1, 2]. Вместе с тем данное решение не позволяет водителям разъехаться при встречном сближении без взаимного ослепления. Причина, на наш взгляд, заключается в возникающем дополнительном освещении дорожного полотна между сближающимися автомобилями. Кроме того, создание адаптивного противотуманного света в предложенной конструкции фары вообще не предусмотрено.

Другое направление связано со статическим изменением положения светотеневой границы правой и левой фары [3, 4] или в создании системы освещения между разъезжающимися автомобилями с закрытым световым пробелом, соответствующим встречному транспортному средству [5, 6]. Однако такое механическое изменение границ светового пятна приводит к созданию на дорожном полотне темного участка, освещенность которого сильно контрастирует с более освещенными. А это, как было описано выше, приводит к еще большему ослеплению водителей транспортных средств. Кроме того, такой подход не позволяет создавать противотуманный свет, тем более адаптивный.

Таким образом, приведенные технические решения не обеспечивают снижение ослепленности водителей при встречном разъезде. Не решаются и задачи по модернизации конструкции фар головного освещения. Следовательно, необходимо дальнейшее совершенствование системы головного освещения и конструкции фар.

### *Материалы и методы*

Важнейшей причиной снижения безопасности движения является ослепление водителей транспортных средств при встречном разъезде. Данная ситуация еще больше усугубляется при движении в зимнее время или дождь. Многие производители считают, что ослепление возникает вследствие неправильной регулировки светотеневой границы, которая существует в системах с европейской системой освещения. Однако это не так. В современных автомобилях настройке светотеневой границы уделяется большое внимание и ослепления водителей прямыми лучами фар не возникает. Кроме того, по современным нормам и правилам для предотвращения чрезмерной контрастности двух разноярких поверхностей, находящихся рядом, отношение освещенностей их поверхностей не должно превышать 20 раз. Это соотношение выдерживается при освещении дороги на ближнем свете при движении только одного автомобиля. Так, значение освещенности в зоне 1 контрольного экрана согласно нормам ЕЭК при ООН для ламп Н4 не должно превышать 30 лк, в то время как освещение правой обочины – 2 лк. Как видно, отношение освещенностей составляет 15. В этой связи водитель при переносе взгляда с обочины на середину дорожного полотна, где освещенность максимальная, не испытывает дискомфорта. Проблема ослепления заключается в том, что освещенность дорожного полотна между встречными автомобилями увеличивается обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Поэтому при сближении автомобилей в два раза освещенность дорожного полотна между ними увеличивается в четыре раза. Разнояркость поверхностей становится много больше установленного предельного значения, что и вызывает ослепление водителей встречных автомобилей при переносе ими взгляда с правой обочины в любую из зон, освещаемую двумя сближающимися автомобилями. И наоборот, при переносе взгляда в об-

ратном направлении, возникает эффект «черной ямы», когда водители в течение времени аккомодации человеческого глаза (около 5 с) практически ничего не видят. За это время при движении автомобилей со скоростями 60 км/ч каждый происходит сближение их на 167 м. И на этом участке дороги водители практически не контролируют дорожную обстановку, что может привести к аварии. Поэтому для повышения безопасности дорожного движения необходимо контролировать максимальный уровень освещенности между сближающимися автомобилями и изменять силу света их левых фар с тем, чтобы освещенность дорожного полотна между сближающимися автомобилями не превышала предельных значений.

На первом этапе модернизации системы освещения достаточно оборудовать уже имеющиеся автомобили автоматической системой изменения силы света левой фары. Сила света правой фары должна оставаться неизменной с тем, чтобы хорошо освещать обочину и движущихся по ней пешеходов. Для контроля освещенности дорожного полотна необходимо дополнительно использовать датчик, который можно установить на тыльной стороне зеркала заднего вида. Проведенный анализ показал, что датчик целесообразно настроить на контроль освещенности середины границы зоны 1 проверки освещенности ближнего света фар европейской системы светораспределения. Данная точка находится на разделительной полосе на расстоянии около 25 м от автомобиля и для нее установлены предельные значения максимальной освещенности. Характер изменения освещенности дорожного полотна для этого случая показан на рис. 1.

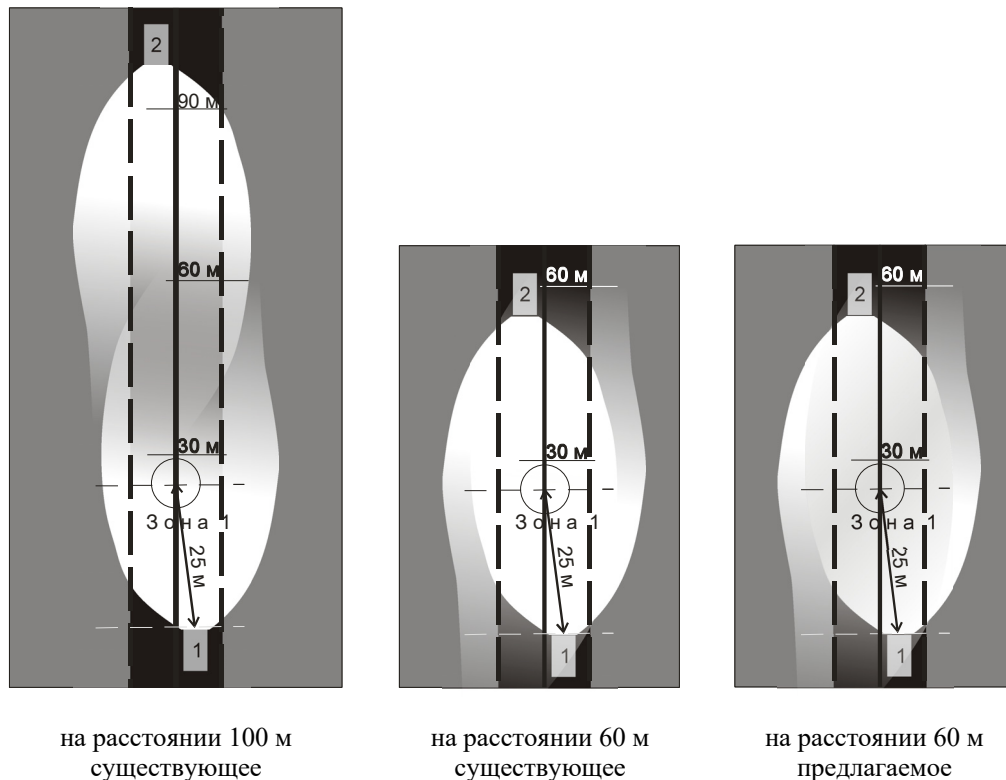


Рис. 1. Характер изменения освещения дорожного полотна при контроле освещенности между сближающимися автомобилями

### Результаты

Для реализации остальных требований концепции совершенствования системы головного освещения потребуется существенное изменение конструкции фары, поскольку адаптивное светораспределение предполагает плавное изменение направления и дальности распределения светового потока фары. Кроме того, реализация противотуманного света с изменяемой цветовой температурой источника потребует использования RGB светодиодов. Проведенный анализ известных технических решений позволил создать конструкцию фары [7, 8], которая удовлетворяет всем предъявляемым выше требованиям концепции развития адаптивного света. Конструкция фары приведена на рис. 2.

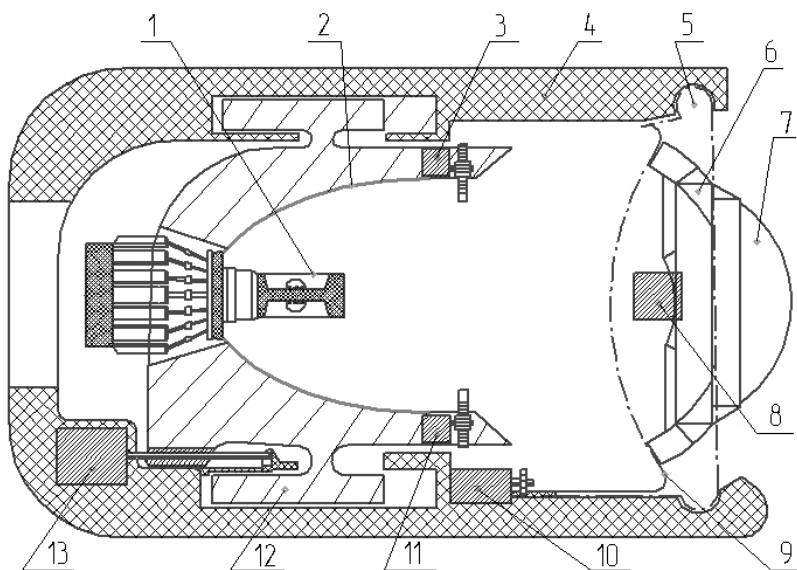


Рис. 2. Конструкция адаптивной фары:

1 – RGB светодиод; 2 – отражатель; 3 – двигатель обтюратора противотуманного света; 4 – корпус фары; 5 – направляющие горизонтального перемещения линзы; 6 – рамка вертикального перемещения линзы; 7 – линза; 8 – двигатель вертикального перемещения; 9 – рамка горизонтального перемещения линзы; 10 – двигатель горизонтального перемещения линзы; 11 – двигатель обтюратора ближнего света; 12 – направляющие продольного перемещения отражателя; 13 – двигатель продольного перемещения отражателя

К отличительным особенностям предложенной конструкции фары следует отнести: обеспечение перемещения линзы по сферической поверхности с помощью шаговых двигателей, введение обтюратора противотуманного света для получения узкого светового пучка, двигателей перемещения указанного обтюратора и обтюратора ближнего света. Система позволяет создавать требуемое освещение с изменением ширины светового пучка в зависимости от скорости движения, изменять высоту светового пучка как для создания требуемого освещения, так и в зависимости от загруженности автомобиля, а использование RGB светодиода позволило реализовать противотуманный свет. На рис. 3 приведены расположения линзы и отражателя при формировании различных режимов светораспределений. Осевым перемещением отражателя осуществляется изменение ширины светового пучка вплоть до создания светораспределения прожекторного типа для специальных автомобилей. Поворот светового пучка происходит перемещением линзы в горизонтальной плоскости в зависимости от скорости движения и положения рулевого колеса. Перемещение в вертикальном направлении необходимо при формировании противотуманного света, а также при осевой нагрузке на заднюю ось.

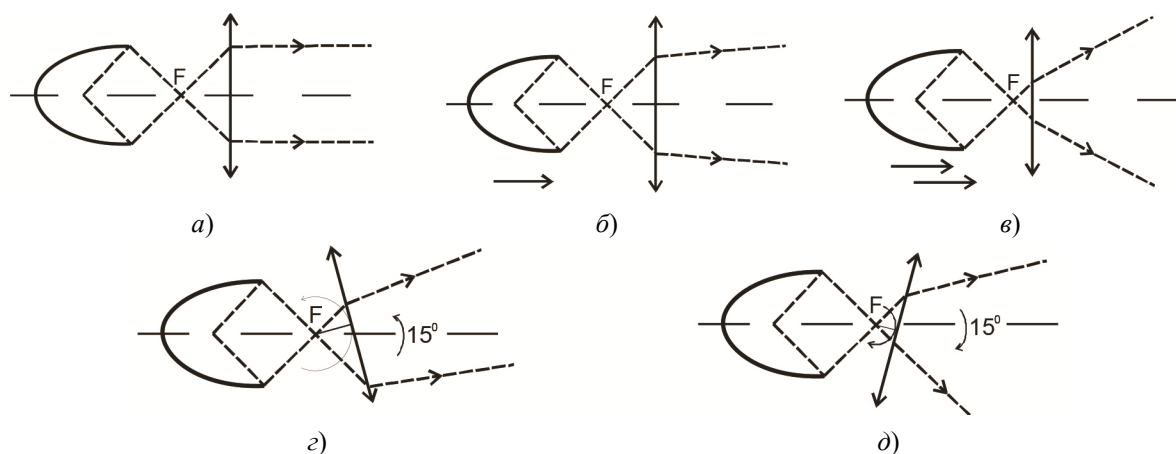


Рис. 3. Формирование адаптивной фарой различных светораспределений:

а – прожектор; б – дальний свет; в – ближний свет;  
г – поворот светового пятна на дальнем свете; д – поворот светового пятна на ближнем свете

Для улучшения светораспределения дорожного полотна на дальнем, ближнем и противотуманном свете в зависимости от положения рулевого колеса на всех скоростях движения автомобиля предлагается внести изменения в конструкцию фары [7], сделав ее более технологичной [9]. Конструкция перспективной адаптивной фары головного освещения автомобиля приведена на рис. 4.

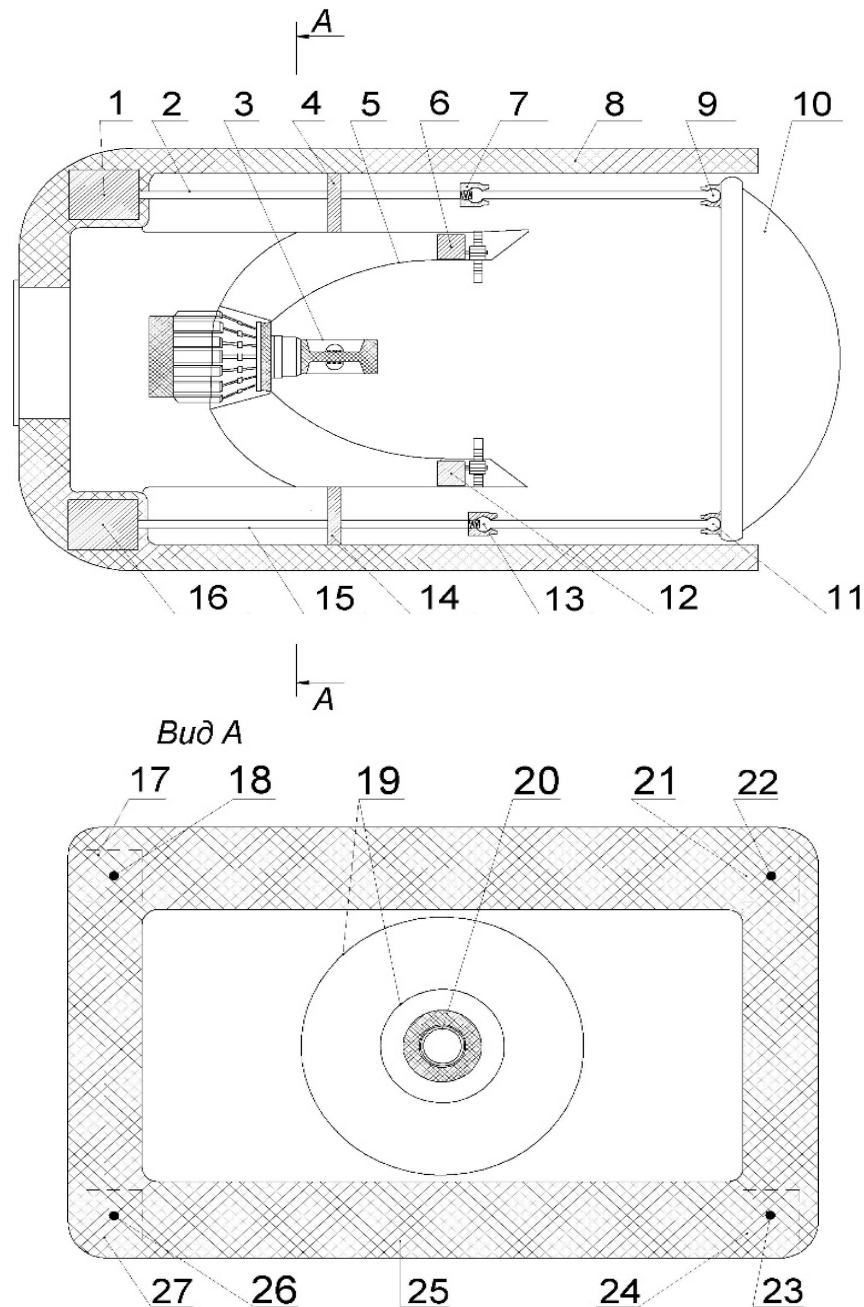


Рис. 4. Конструкция перспективной адаптивной фары головного освещения и ее вид А-А:  
 1, 16 – двигатели продольного перемещения линзы; 2, 15 – направляющие перемещения линзы;  
 3 – RGB светодиод; 4, 14 – фиксаторы продольного перемещения направляющих; 5 – отражатель;  
 6 – двигатель обтюлятора противотуманного света; 7, 13 – шаровые подпружиненные соединения;  
 8 – корпус фары; 9, 11 – шаровые крепления линзы; 10 – линза; 12 – двигатель обтюлятора  
 ближнего света; 17, 21, 24, 27 – двигатели продольного перемещения линзы; 18, 22, 23, 26 –  
 направляющие перемещения линзы; 19 – отражатель; 20 – RGB светодиод; 25 – корпус фары

Двигатели продольного перемещения линзы размещены по углам прямоугольной фары и соединены с линзой направляющими с шаровыми креплениями. Направляющая 26 выполнена цельной и является осью опоры при перемещении линзы в вертикальной и горизонтальной

плоскостях. Подпружиненные шаровые соединения 7, 13 в остальных опорах необходимы для обеспечения перемещения линзы в вертикальной и горизонтальной плоскостях из-за уменьшения ее проекции на соответствующие оси при поворотах рулевого колеса. Введение дополнительного двигателя для реализации продольного перемещения позволило заменить перемещение линзы по сферической поверхности продольным перемещением ее углов и существенно улучшило технологичность конструкции фары.

Рассмотрим принцип создания светораспределения предложенной конструкцией фары по сравнению с фарой на рис. 2. Принцип формирования светораспределения показан на рис. 5. Прежде всего необходимо отметить, что наличие дополнительного двигателя повысило функциональные возможности. Так, радиус сферической поверхности движения линзы адаптивной фары на рис. 2 неизменен и определяется конструкцией. Для обеспечения возможности движения автомобиля на любой скорости радиус перемещения линзы должен быть большим и равным  $R_1$ , как показано на рис. 5,а. Такое значение радиуса позволяет создавать адаптивное светораспределение при движении по автомагистралям при небольших радиусах поворота дорожного полотна.

При движении на небольших скоростях, в частности в черте населенного пункта, при подъезде к перекрестку в прототипе отражатель придвинется к линзе для увеличения ширины освещаемой зоны, и фокус сместится из  $F_1$  в  $F_2$ , как это показано на рис. 5,а. Тогда для поддержания требуемой ширины светового пучка при повороте на угол  $\alpha$  линза должна поворачиваться вдоль сферической поверхности радиусом  $R_2$ . Однако поскольку этот радиус изменить невозможно, то линза будет перемещаться по сферической поверхности с прежним радиусом  $R_1$ . Вследствие этого при повороте линзы на угол  $\alpha$  линза окажется не в положении 2, а в положении 2', что приведет к изменению светораспределения на дорожном полотне, и оно не будет соответствовать требуемому.

В предложенной перспективной конструкции фары адаптивного освещения эта проблема решена за счет отсутствия самой сферической поверхности и радиус кривизны сферической поверхности, равно как и расстояние до отражателя, устанавливается путем наклона линзы в вертикальной или горизонтальной плоскостях с одновременным ее перемещением на требуемое расстояние от фокуса (рис. 5,б) при изменении скорости движения автомобиля.

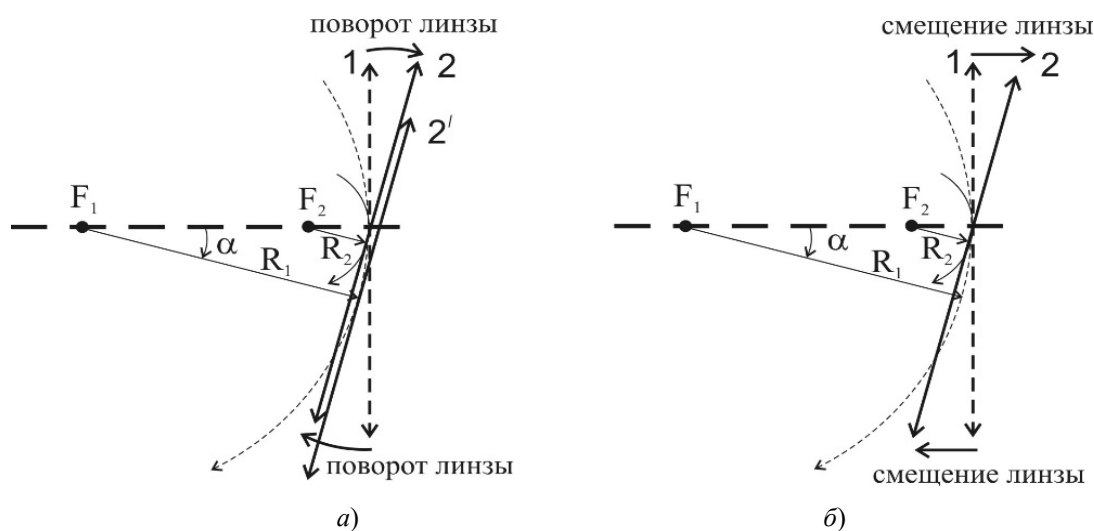


Рис. 5. Принцип формирования светораспределения перспективной адаптивной фары

### Обсуждение

Следует отметить, что первый этап модернизации системы светораспределения не требует существенного изменения конструкции и может быть реализован в короткие сроки. Необходимая настройка программного обеспечения для стационарных режимов работы при движении с постоянной скоростью может быть осуществлена на специально оборудованной для этого площадке завода изготовителя. Работа в переходных режимах определяется временем реакции системы как на увеличение освещенности при сближении автомобилей, так и

временем восстановления силы света левой фары после разъезда вследствие резкого изменения освещенности дорожного полотна. Указанные действия потребуют дополнительных натуральных испытаний в реальных условиях эксплуатации.

Наличие данной противоослепляющей системы только у одного из встречных автомобилей существенно снизит ослепление обоих водителей встречных автомобилей, поскольку система будет контролировать суммарную освещенность дорожного полотна, создаваемую двумя автомобилями, и снижать ее до допустимого уровня вплоть до полного выключения левой фары оборудованного указанной системой автомобиля.

Следующий этап внедрения предложенной системы освещения потребует некоторые временные затраты на разработку нового алгоритма работы системы освещения, предусматривающего, кроме того, еще и автоматическое включение адаптивного противотуманного света с подбором селективно-желтого света для увеличения дальности видимости дорожного полотна, а также настройку адаптивного изменения ширины, высоты, направления светового пучка, что принципиально необходимо для совершенствования системы освещения, улучшения видимости и снижения аварийности при движении в темное время суток.

### Заключение

Таким образом, разработанная адаптивная фара головного освещения автомобиля позволяет увеличить точность создания требуемого светораспределения на дальнем, ближнем и противотуманном свете при изменении положения рулевого колеса на всех скоростях движения транспортного средства, снижает деформацию светового пучка и освещенность его контрольных точек, увеличивая тем самым безопасность дорожного движения.

### Список литературы

1. Патент 87667 РФ. МПК В60Q 1/12. Устройство управлением фар транспортного средства / Яцун С. Ф., Мищенко В. Я., Надин С. И. ; № 2009122878/22 ; заявл. 15.06.2009 ; опубл. 20.10.2009. 5 с.
2. Патент 2289754 РФ. МПК F21S 8/12, F21V 14/00, В60Q 1/04. Способ регулирования светового пучка транспортного средства и устройство для его осуществления / Новаковский Л. Г., Королева Ю. Е., Новикова Л. А., Конюхов В. В., Марков Н. И. ; № 2005120212/28 ; заявл. 29.06.2005 ; опубл. 20.12.2006. 20 с.
3. Патент 2608203 РФ. МПК В60Q 1/04, В60Q 1/06, В60Q 1/068. Неослепляющая автомобильная фара / Сенько В. Д. ; № 2015122379 ; заявл. 09.06.2015 ; опубл. 17.01.2017. 8 с.
4. Патент 2149308 РФ. МПК F 21 S 8/12, В 60 Q 1/04, 1/16, 1/24, В 62 J 6/00. Способ освещения для транспортного средства, не ослепляющий водителей встречного транспорта / Богокин Л. А. ; № 96106471/09 ; заявл. 03.04.1996 ; опубл. 20.05.2000. 13 с.
5. Патент 2441778 РФ. МПК кл. В60Q 1/14, F21V 14/08. Система фар прожекторного типа для автомобилей / Магиас Э., Шмидт К. ; № 2010116290/11 ; заявл. 24.09.2007 ; опубл. 10.02.2012. 16 с.
6. Патент 2446963 РФ. МПК В60Q 1/04, F21S 8/12. Фара (варианты) и способы освещения дороги / Титков С. И., Тарасов Д. Г. ; № 2010147850/11 ; заявл. 24.11.2010 ; опубл. 10.04.2012. 14 с.
7. Патент 2656976 РФ. МПК В60Q 1/14, В60Q 1/04. Адаптивная система головного освещения автомобиля / Ашанин В. Н., Ларкин С. Е. ; № 2016152503 ; заявл. 29.12.2016 ; опубл. 07.06.2018. 11 с.
8. Ашанин В. Н., Ларкин С. Е. Инновационная система головного освещения автомобиля // Автомобильная промышленность. 2020. № 1. С. 22–26.
9. Патент 2758227 РФ. МПК В60Q 1/04, F21V 14/00, F21S 41/20, F21S 41/60. Адаптивная фара головного освещения / Ашанин В. Н., Ларкин С. Е. ; № 2020139489 ; заявл. 02.12.2020 ; опубл. 26.10.2021. 9 с.

### References

1. Patent 87667 Russian Federation MPK B60Q 1/12. *Ustroystvo upravleniem far transportnogo sredstva = Vehicle headlight control device*. Yatsun S.F., Mishchenko V.Ya., Nadin S.I.; № 2009122878/22; appl. 15.06.2009; publ. 20.10.2009. 5 s. (In Russ.)
2. Patent 2289754 Russian Federation MPK F21S 8/12, F21V 14/00, B60Q 1/04. *Sposob regulirovaniya svetovogo puchka transportnogo sredstva i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya = A method for regulating the light beam of a vehicle and a device for its implementation*. Novakovskiy L.G., Koroleva Yu.E., Novikova L.A., Konyukhov V.V., Markov N.I.; № 2005120212/28; appl. 29.06.2005; publ. 20.12.2006. 20 s. (In Russ.)
3. Patent 2608203 Russian Federation MPK B60Q 1/04, B60Q 1/06, B60Q 1/068. *Neosleplyayushchaya avtomobil'naya fara = Non-blinding car headlight*. Sen'ko V.D.; № 2015122379; appl. 09.06.2015; publ. 17.01.2017. 8 s. (In Russ.)



4. Patent 2149308 Russian Federation MPK F 21 S 8/12, V 60 Q 1/04, 1/16, 1/24, V 62 J 6/00. *Sposob osveshcheniya dlya transportnogo sredstva, ne osleplyayushchiy voditeley vstrechnogo transporta = A method of lighting for a vehicle that does not blind drivers of oncoming vehicles.* Bogokin L.A.; № 96106471/09; appl. 03.04.1996; publ. 20.05.2000. 13 s. (In Russ.)
5. Patent 2441778 Russian Federation MPK kl. B60Q 1/14, F21V 14/08. *Sistema far prozhektornogo tipa dlya avtomobily = Searchlight type headlight system for cars.* Matias E., Shmidt K.; № 2010116290/11; appl. 24.09.2007; publ. 10.02.2012. 16 s. (In Russ.)
6. Patent 2446963 Russian Federation MPK B60Q 1/04, F21S 8/12. *Fara (varianty) i sposoby osveshcheniya dorogi = Headlight (options) and methods of road lighting.* Titkov S.I., Tarasov D.G.; № 2010147850/11; appl. 24.11.2010; publ. 10.04.2012. 14 s. (In Russ.)
7. Patent 2656976 Russian Federation MPK B60Q 1/14, B60Q 1/04. *Adaptivnaya sistema golovnogo osveshcheniya avtomobilya = Adaptive car-mobile head lighting system.* Ashanin V.N., Larkin S.E.; № 2016152503; appl. 29.12.2016; publ. 07.06.2018. 11 s. (In Russ.)
8. Ashanin V.N., Larkin S.E. Innovative car head lighting system. *Avtomobil'naya promyshlennost' = Automotive industry.* 2020;(1):22–26. (In Russ.)
9. Patent 2758227 Russian Federation MPK B60Q 1/04, F21V 14/00, F21S 41/20, F21S 41/60. *Adaptivnaya fara golovnogo osveshcheniya = Adaptive head lamp.* Ashanin V.N., Larkin S.E.; № 2020139489; appl. 02.12.2020; publ. 26.10.2021. 9 s. (In Russ.)

### **Информация об авторах / Information about the authors**

#### **Василий Николаевич Ашанин**

кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедры электроэнергетики  
и электротехники,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: ashanin58@yandex.ru

#### **Vasily N. Ashanin**

Candidate of technical sciences, associate professor,  
head of the sub-department of electric power  
and electrical engineering,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

#### **Сергей Евгеньевич Ларкин**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электроэнергетики  
и электротехники,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: LarkinSergei@yandex.ru

#### **Sergey E. Larkin**

Candidate of technical sciences, associate professor,  
associate professor of the sub-department  
of electric power and electrical engineering,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

#### **Сергей Геннадиевич Исаев**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электроэнергетики  
и электротехники,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: sergeisaev@mail.ru

#### **Sergey G. Isaev**

Candidate of technical sciences, associate professor,  
associate professor of the sub-department  
of electric power and electrical engineering,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

#### **Вячеслав Сергеевич Чапаев**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электроэнергетики  
и электротехники,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: chapaev010@mail.ru

#### **Vyacheslav S. Chapaev**

Candidate of technical sciences, associate professor,  
associate professor of the sub-department  
of electric power and electrical engineering,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Поступила в редакцию/Received 12.05.2022**

**Поступила после рецензирования/Revised 13.06.2022**

**Принята к публикации/Accepted 11.07.2022**