

# Моделирование световых приборов автомобилей с использованием трассировки лучей

Грачёв Д.Г.<sup>1</sup>, Будак В.П.<sup>2</sup>

genflare@gmail.com|budakvp@gmail.com

<sup>1</sup>Московский Энергетический Институт, кафедра светотехники, Москва, Россия;

<sup>2</sup>Московский Энергетический Институт, кафедра светотехники, Москва, Россия

*Выявлены основные преимущества использования адаптивного светораспределения перед с традиционным на примере автомобильной фары. Создана оптическая система, демонстрирующая возможность управления геометрией светового пучка за счёт использования в качестве источника излучения матрицы СИД. Обозначены функции, реализуемые только при данной конструкции фары. Фотографии, представляющие собой поле зрения водителя в ночное время суток, были совмещены с результатами анализа распределения освещённости, выполненного в программном комплексе TracePro, при включении светодиодов в определённой комбинации.*

**Ключевые слова:** матрица СИД, автомобильная фара, адаптивное светораспределение, TracePro.

## 1. Постановка задачи и определение способа её решения

Совершенствование систем автомобильного освещения было и остаётся важным вопросом при обеспечении безопасности движения и эффективности перевозок ночью. При нынешней динамике вождения и плотности движения очевидна невозможность постоянного использования режима дальнего света. Безгранично увеличивать яркость автомобильной фары недопустимо, так как после достижения некоторой величины работоспособность органа зрения водителя снижается вследствие возникающего зрительного утомления. Одновременно это приносит дискомфорт другим участникам движения. В связи с этим технология автомобильного освещения сегодня развивается в направлении повышения количества освещённого пространства, не достигая при этом уровня избыточной яркости. Современные разработки направлены, главным образом, на системы, включающие в себя функцию обнаружения других участников движения и всевозможных ориентиров (сигнальные столбики, разметка, дорожные знаки) с помощью камеры, радара, тепловизора и прочими способами, для последующего изменения светотеневой границы [2].

Матричный световой прибор содержит в себе определённое количество светодиодов, каждый из которых управляется электроникой. Вся эта система лишена поворотных механизмов, а изменение геометрии светового пучка осуществляется микропроцессором, которой по отдельности меняет яркость светодиодов либо отключает их. Это позволяет плавно изменять параметры освещения, благодаря чему постоянно сохраняется освещённость, максимально достижимая при данной конструкции фары. Использование в качестве источника излучения кластера светодиодов позволяет реализовать уникальные в своем роде функции и иначе подойти к вопросам автомобильного освещения. Наличие подобной светотехники позволяет автономно выполнять следующие функции:

- предотвращать ослепление водителей впереди идущих и встречных транспортных средств;
- плавно изменять параметры освещения, благодаря чему освещённым остаётся всё пространство перед автомобилем за

исключением зон, занимаемых другими транспортными средствами;

- адаптироваться к дорожной топологии (регулировка угла наклона фар относительно продольной плоскости автомобиля);
- освещать дорожные знаки, пешеходов;
- сигнализировать о наличии животных на проезжей части;
- освещать повороты на основании навигационных данных.

## 2. Моделирование оптической части светового прибора

С помощью программного комплекса TracePro [1] была создана простейшая оптическая система (далее ОС), демонстрирующая возможность управления светораспределением за счёт использования матрицы СИД в качестве источника излучения. Первоначально было выполнено моделирование светодиода, имеющего светоизлучающую поверхность квадратной формы площадью 1 мм<sup>2</sup> и отражательный коллиматор, по форме напоминающий простейший диффузор. КСС таким образом представляет собой гауссоиду, а излучаемый поток составляет 200 лм. Затем была установлена первичная оптика в виде плосковыпуклой линзы, радиус кривизны которой подобран таким образом, чтобы при её установке сверху коллиматора световые пучки от соседних элементов перекрывались в плоскости вторичной оптики примерно наполовину.

После этого был сформирован кластер из данных элементов размерностью 3x11, а перед ним установлена вторичная оптика в виде двояковыпуклой линзы (рис.1). Она фокусирует излучение светодиодов на плоскости анализа, установленной на расстоянии 150 м, в пятно размерами 25 м по горизонтали и 7 м по вертикали при полной комбинации включения, чего достаточно для заполнения светом всего дорожного пространства вместе с обочиной.

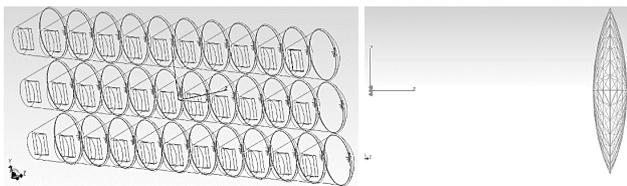


Рисунок 1. Слева - кластер СИД, справа – к ОС добавлена вторичная оптика.

### 3. Результаты

Изменение комбинации включения светодиодов позволяет получать светораспределения различной формы. Кроме этого, можно изменять и яркость каждого элемента (аналогично диммированию светодиода за счёт изменения величины подводимого тока).

Для большей наглядности, фотографии, представляющие собой поле зрения водителя в ночное время суток, были совмещены с результатами распределения освещённости, полученными в TgasePro при включении светодиодов в определённой комбинации.



Рисунок 2. Совмещение изображения поля зрения водителя с результатом анализа распределения освещённости.

### 4. Заключение

Приведённые изображения показывают, что световой прибор, формирующий адаптивную светотеневую границу, можно использовать в качестве замены штатной системы освещения транспортного средства. Но прежде его необходимо перестроить под данную задачу по множеству параметров, определяемых ГОСТ Р 41.48-2004. Также можно задуматься о его оптимизации:

1. В первую очередь, на основе пороговых характеристик органа зрения в условиях темновой адаптации (определив, по крайней мере, максимальное разрешение, после которого более мелкое разбиение пространства не сегменты будет уже нецелесообразным).

2. Во-вторых, следует обеспечить неравномерность разбиения пространства перед автомобилем на сегменты, по крайней мере, в левой половине поля зрения водителя, где светотеневая граница изменяется наиболее активно вследствие частого появления объектов, в направлении которых распространение света необходимо исключить. Плотность разбиения целесообразно снижать от центра к периферии, так как в этом направлении скорость перемещения объектов в поле зрения возрастает при движении автомобиля по проезжей части.

После комплексного анализа требований, предъявляемых к системам освещения транспортного средства, можно приступать к разработке настоящей автомобильной фары.

### 5. Литература

- [1] Aber O., Geimer M., Muller S. *Direct and Fast Ray Tracing of NURBS Surfaces* // IEEE Symposium on Interactive Ray Tracing, 2006. P.161-168. – ISBN 1-4244-0693-5
- [2] Kauschke R., Eichhorn K., Wallaschek J. *Innovative optical concepts for future car headlights* // PAL 2003, Volume 10. – TU Darmstadt, 2003.

### Об авторах

Грачёв Дмитрий Геннадьевич – студент Московского Энергетического института, кафедры светотехники. Контактный адрес [genflare@gmail.com](mailto:genflare@gmail.com).

Будак Владимир Павлович – д.т.н. Московского Энергетического института, кафедры светотехники. Контактный адрес [budakvp@gmail.com](mailto:budakvp@gmail.com).