

питальном ремонте заключается в следующем. При ресурсном отказе любого агрегата машины оценивается ее текущее фактическое техническое состояние –  $\Sigma R_0$ . По результатам анализа этой величины принимают одно из двух решений. Если  $\Sigma R_0 \leq R_H^{(1)*}$  – машина подлежит полнокомплектному ремонту. При  $\Sigma R_0 > R_H^{(1)*}$  исчерпавший технический ресурс агрегат заменяется на новый.

**Заключение.** Предложены принципиально новые по содержанию нормативы, обеспечивающие максимально допустимую реализацию технического ресурса машин и их составных частей. Обоснованы численные значения нормативов, управляющих видами замен агрегатов при групповой профилактике машин.

### Литература

1. Ушанов В.А. Проблемы и результаты поиска новых нормативов системы ТОР машин и их использование на рынке технических услуг в АПК / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2005. – 267с.
2. Ушанов В.А., Линд А.В. Имитационная модель исследования и оптимизации параметров сопротивления машин старению // Вестн. КраГАУ. – 2011. – № 9. – С.245–251.
3. Ушанов В.А. Новые нормативы в системе технического сервиса машин // Сельский механизатор. – 2013. – № 8. – С. 34–36.
4. Ушанов В.А. Ресурсосберегающие способы ремонта машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 2. – С. 23–24.



УДК 628.9:683.8

А.А. Гавриленко, Я.А. Кунгс

### ПРИМЕНЕНИЕ РАССЕЙВАТЕЛЕЙ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

*В статье рассмотрены вопросы энергосбережения в освещении. В частности, речь идет о конструкции светодиодных осветительных установок, энергетических параметрах и их применении для наружного освещения.*

**Ключевые слова:** светодиодная лампа, наружное освещение, кривая силы света, рассеиватель, преломление света.

А.А. Gavrilenko, Ya.A. Kungs

### THE USE OF LENSES IN LIGHTING OUTDOOR LIGHTING INSTALLATIONS

*The issues of the energy conservation in lighting are considered in the article. In particular, we are talking about the design of LED lighting systems, energy parameters and their use for outdoor lighting.*

**Key words:** LED lamp, outdoor lighting, light intensity curve, the lens, the refraction of light.

**Введение.** В наше время все больше уделяют внимания принципам экономии. По этой причине на первый план вышли энергосберегающие технологии, одним из эталонов которых на сегодняшний день являются светодиодные светильники. Они применяются повсеместно и обладают целым рядом неоспоримых преимуществ.

Прежде всего, использование светодиодных светильников позволяет в несколько раз снизить энергопотребление. По уровню сбережения электроэнергии они превосходят не только обыч-

ные лампы накаливания, но и люминесцентное освещение, неон, дюралайт. Эта особенность делает светодиодные светильники идеальными для коммерческого использования.

Еще одним отличительным качеством светодиодов является долговечность. В них отсутствует нить накаливания или какая-либо газоразрядная среда, что и обеспечивает бесперебойную работу. Срок службы такого светильника находится в пределах от пятидесяти до ста тысяч часов, а это около десяти лет непрерывной работы [1].

**Цель исследований.** Чтобы уличное освещение было комфортным для нашего зрения, оно должно быть в меру ярким. Идеальная ситуация – когда в темное время суток улицы освещены так называемым дневным светом. Тогда глаз человека будет нормально воспринимать окружающее пространство. А значит, аварийных ситуаций на дорогах и улицах будет меньше.

**Материалы исследований.** При проектировании наружного освещения нередко используются консольные светильники (рис. 1) с характеристиками КСС типа «Д», для освещения дорог и характеристиками КСС типа «Ш», используемых для освещения магистралей (рис. 2) [1]. Данные осветительные установки имеют ряд недостатков относительно старых вариантов светильников с применением ламп ДНаТ и ДРЛ:

- установка на большей высоте для уменьшения слепящего эффекта;
- необходимость увеличения количества опор освещения для получения равномерного освещения;
- увеличение мощности светильника из-за увеличения высоты установки.



Рис. 1. Современные светодиодные уличные светильники

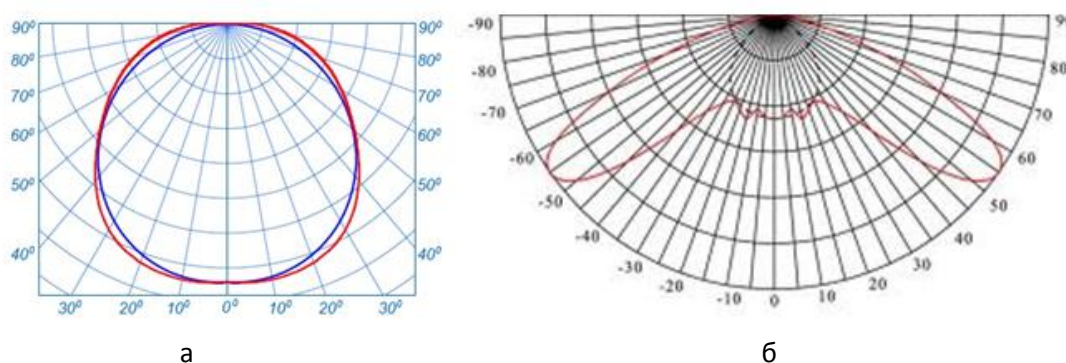


Рис. 2. Характеристики КСС современных светильников:  
а – КСС типа «Д»; б – КСС типа «Ш»

Для решения проблемы рассеивания светового потока лампы были проведены исследования в области преломления света в рассеивателях, выполненных в виде гофрированного стекла из оптического поликарбоната.

**Метод исследования.** Для расчета необходимых параметров рассеивателей был взят закон преломления света в различных средах.

Закон преломления света – отношения синуса угла падения к синусу угла преломления – величина постоянная для двух данных сред [3].

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1},$$

где  $\alpha$  – угол падения относительно нормали поверхности;

$\gamma$  – угол преломления;

$v_1$  – скорость света в 1-й среде;

$v_2$  – скорость света во 2-й среде;

$n_1$  – показатель преломления 1-й среды (для воздуха равен 1);

$n_2$  – показатель преломления 2-й среды.

Рассмотрим преломление света в слое гофрированного стекла из оптического поликарбоната (рис. 3). Показатель преломления стекла из оптического поликарбоната  $n = 1,58$ .

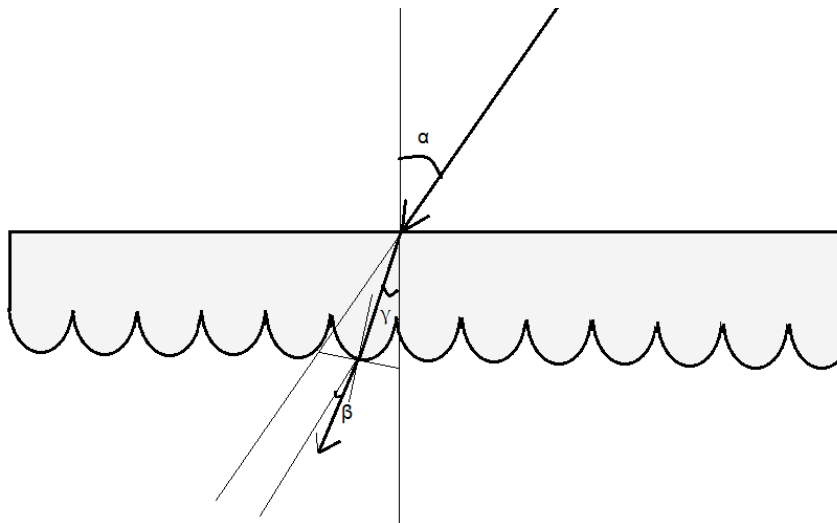


Рис. 3. Преломление света в слое стекла:  $\alpha$  – угол падения света;  $\gamma$  – угол преломления света;  $\beta$  – угол отклонения вектора света после прохождения гофрированного стекла

Таким образом, при прохождении света сквозь слой гофрированного стекла он рассеивает потоки света подобно призме, что позволяет рассеять прямой поток от отдельных светодиодов и добиться однородного светового потока.

Рассмотрим частный случай преломления и отражения потока света в гофрированной части стекла. Из формулы  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$  и коэффициента преломления света стекла из оптического поликарбоната  $n = 1,58$  получаем, что при угле  $\alpha = 39,27^\circ$  преломление света перейдет в отражение. Из этого следует, что максимальный угол преломления прямого луча на гофрированной стороне стекла не должен превышать  $39,27^\circ$ . Исходя из этого было принято соотношение  $a = 5,26 \times b$  (рис. 4). Преимущество данного исполнения поверхности стекла в том, что большая часть потока света проходит сквозь поверхность, при этом количество отраженных лучей сводится к минимуму. КПД такого рассеивателя на порядок больше матовых (опаловых) рассеивателей [4].

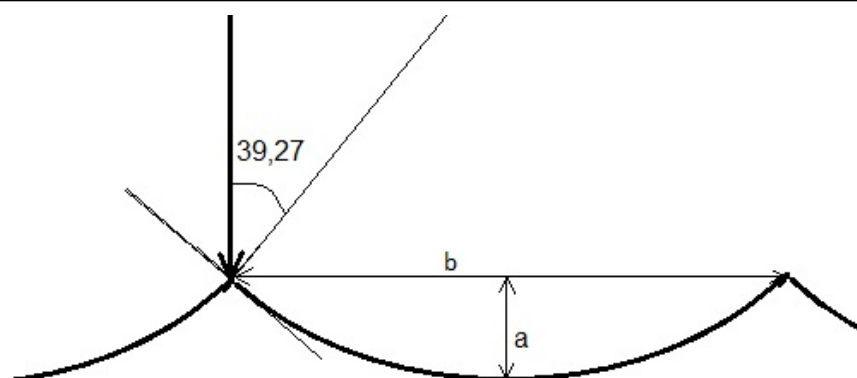


Рис. 4. Параметры рассеивающей поверхности гофрированного стекла

Для решения поставленной задачи была спроектирована, на основе приведенных расчетов, осветительная установка. Общий вид установки показан на рисунке 5.

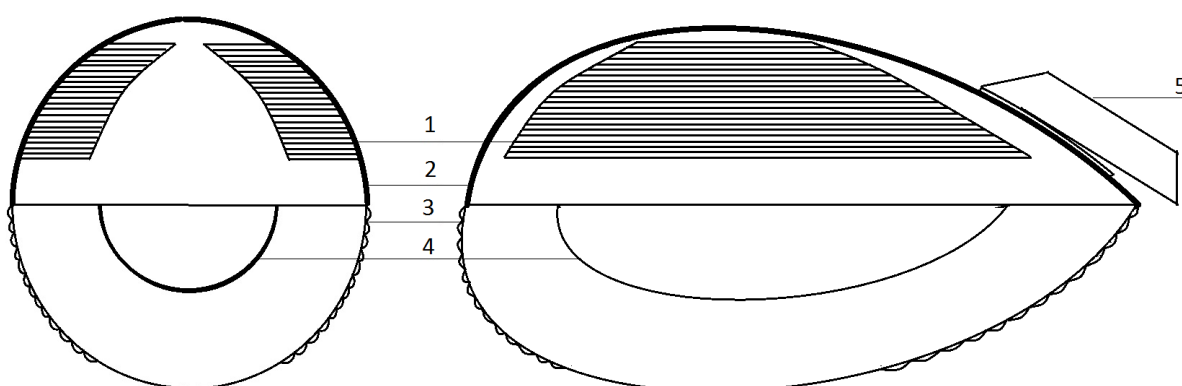


Рисунок 5 – Общий вид осветительной установки:

1 – радиаторная решетка для отвода излишек тепла; 2 – корпус светильника; 3 – стеклянная колба из оптического поликарбоната; 4 – источник излучения (светодиодный); 5 – крепление

Данная осветительная установка характеризуется тем, что форма светодиодного излучателя выполнена в виде изогнутой поверхности, что обеспечивает равномерное излучение в диапазоне  $\pm 90^\circ$  от направления установки. Также у данной осветительной установки используется колба, выполненная из оптического поликарбоната. Форма колбы имеет неравномерную поверхность. Внешняя часть колбы имеет гофрированную поверхность. Корпус осветительной установки выполнен из теплопроводящего материала. На корпусе имеется радиаторная решетка.

Преимущества данной осветительной установки:

- измененная форма излучателя, позволяющая увеличить границы распределения светового потока;
- измененная характеристика КСС типа «Л» (рис. 6), позволяющая освещать большую поверхность относительно стандартных светильников с характеристикой КСС тип «Д»;
- создание защитного угла за счет рассеивания прямых лучей от отдельных светодиодов, возможность избежать слепящего эффекта;
- возможность установки на более низких опорах освещения, уменьшение мощности осветительной установки и сокращение потребления электроэнергии.

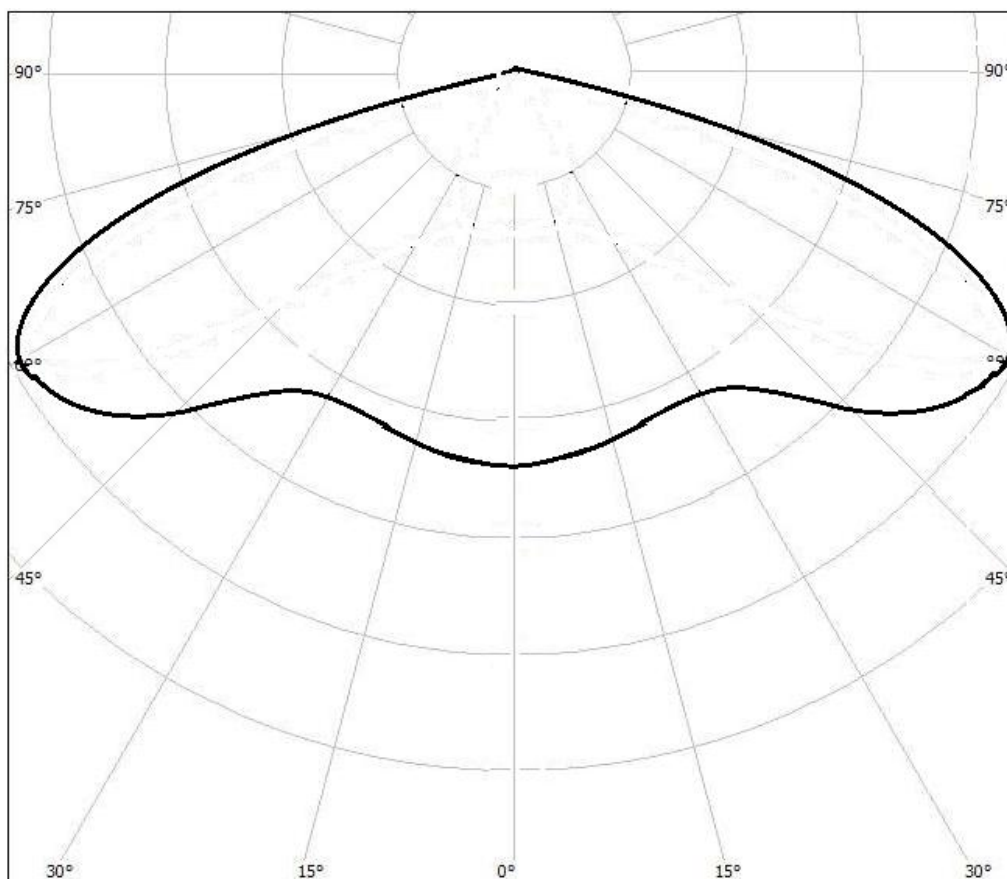


Рисунок 6 – Расчетное распределение светового потока

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлено, что применяемые осветительные установки для наружного освещения не соответствуют ряду требований к светодиодным осветительным установкам. В качестве решения данной проблемы было предложено использование рассеивателей, выполненных из гофрированного стекла. Данный тип рассеивателей устраняет ряд недостатков осветительных установок. Также была предложена методика расчета для проектирования осветительных установок с учетом исправления недостатков применяемых установок.

### Литература

1. Гавриленко А.А., Кунгс Я.А. Технично-экономическое сравнение различных источников света // Сибирский энергетический форум: мат-лы IV Сибирского энергетического форума (МВДЦ «Сибирь», 2013). – Красноярск, 2013. – С. 29–32.
2. Каталог светильников. – URL: <http://www.tdmegaprom.ru/subgroup/24.html>.
3. Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики: учеб. пособие. – СПб.: Питер, 2006.
4. Шаракшанэ А. Об эффективности матовых светорассеивателей // Полупроводниковая светотехника. – 2014. – № 1. – С. 8–11.

