

# Новый подход к определению качественных характеристик установок наружного освещения

Г.В. БООС, А.А. ГРИГОРЬЕВ<sup>1</sup>

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

## Аннотация

Проведён анализ методов определения необходимых уровней яркости в осветительных установках наружного освещения. Предложен новый способ расчёта видимости объектов дорожного движения на основе статистического подхода к описанию обнаружения и опознавания объектов зрительной системой человека.

**Ключевые слова:** необходимые уровни яркости, пороговые характеристики зрительной системы, теория статистических решений, оптимальный приёмник изображения.

В настоящее время расчёт осветительных установок (ОУ) наружного освещения (НО) базируется на обеспечении необходимых уровней яркости (освещённости) регламентируемых СП 52.13330.2011 [1].

Основной задачей любой ОУ является создание таких условий освещения, при которых человек может решать зрительные задачи различной сложности с заданным уровнем надёжности. Необходимые уровни освещения основываются на большом экспериментальном материале по пороговым и вероятностным характеристикам зрительной системы человека, полученном при наблюдении типовых объектов. С развитием общества количество таких типовых объектов постоянно меняется, кроме того их фотометрические характеристики меняются с течением времени, сильно зависят от времени года, погодных условий, способа построения самой ОУ и т.д. Всё это либо не учитывается в нормообразующих документах, либо учитывается лишь частично путём введения допустимых границ варьирования нормируемых параметров, при этом определить конкретное необходимое значения уровней яркости или освещённости при проектировании ОУ НО, как правило, можно только приблизительно. Экспериментальные способы определения необходимых уровней яркости или освещённости требуют огромных временных (и материальных) затрат, поскольку это многопараметрические задачи, решение которых зависит не только от фотометрических характеристик объектов, но и от характеристик (в общем случае непостоянных по полю зрения) дорожных покрытий, погодных условий и т.д.

Современные программы расчёта ОУ (например, «*Lightscape*», «*Dialux*», «*Light-in-Night*» и т.д.) позволяют проводить расчёты уровней яркости или освещённости с высокой точностью, учитывая не только фотометрические характеристики осветительных приборов, но и характеристики освещаемых объектов. Это делает актуальным разработку метода расчёта необходимых уровней яркости или освещённости учитывающего фотометрические характеристики освещаемых на дороге объектов, харак-

теристики дорожных покрытий и атмосферные условия, что поможет улучшить качественные характеристики ОУ.

Предлагаемое решение данной проблемы лежит в направлении создания математического метода расчёта вероятностных или пороговых характеристик органа зрения (ОЗ) человека при решении задач обнаружения и опознавания объектов. Это позволит использовать при расчёте ОУ НО критерий необходимого уровня видимости объектов на дорогах, однозначно определяющего необходимые уровни яркости или освещённости. Поскольку видимость объектов, т.е. отношение видимого контраста объекта с фоном к его пороговому значению учитывает пространственно-угловое распределение яркости по объекту и фону, а также пороговые (для выбранного уровня надёжности решаемой задачи) характеристики глаза человека, то данный подход существенно повысит безопасность движения транспорта и пешеходов.

Расчёт видимости объектов разбивается на две физически независимые задачи – расчёт порогового контраста объекта с фоном и расчёт его «видимого» значения. В данной работе рассматривается метод решения первой из двух задач.

Наиболее перспективный способ построения такого математического метода расчёта, за которым будущее, базируется на физиологических моделях процесса обнаружения и опознавания объектов человеком, однако колоссальные трудности в исследовании этих процессов пока не позволяют получать сколь-нибудь существенные результаты для расчёта ОУ. По разным оценкам, получение на базе физиологических моделей необходимых результатов может потребовать десятки и, возможно, сотни лет научных исследований.

Оптимальное решение данной проблемы лежит в направлении максимального использования известных данных физиологии зрения о строении глаза человека и привлечении результатов, полученных в других областях для восполнения недостающих знаний. Если данные физиологии о строении оптической системы (ОС) глаза человека, его сетчатки достаточно подробны, то механизм переработки зрительной информации в высших отделах головного мозга находится на начальной стадии изучения.

Для решения этой проблемы мы воспользуемся гипотезой о том, что в ходе эволюции и естественного отбора мозг человека, при решении зрительных задач обнаружения и опознавания объектов, достиг максимально возможного совершенства. Предпосылкой этого служит то, что в ходе эволюции плотоядные, обладающие менее совершенным зрением, должны были умереть с голода при конкуренции с более совершенными видами, а аналогичные растительноядные съедались в первую очередь, не успевая давать потомство. Сформулированная гипотеза позволяет использовать один из результатов, полученный в теории статистических решений. Это вывод о существо-

<sup>1</sup> E-mail: aag.2010@yandex.ru

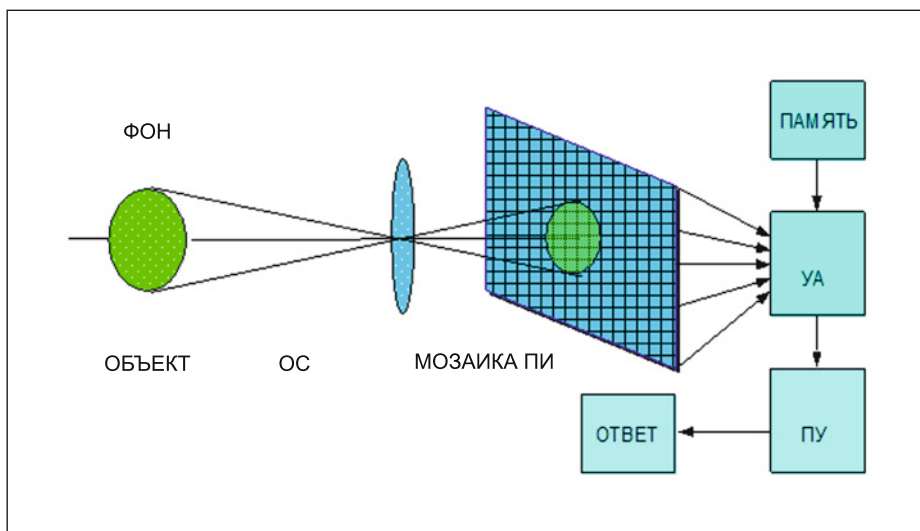


Рис. 1. Структурная схема модели органа зрения

вании оптимального приёмника излучения (ПИ) [2]. Оказывается, среди всех алгоритмов выделения сигналов на фоне мешающих шумов есть только один алгоритм, лучше которого никакой другой не может решать задачу обнаружения или опознавания объектов. Такой алгоритм получил название «алгоритм оптимального ПИ», а алгоритм для анализа двумерных полей яркости – «алгоритм оптимального приёмника изображения» или просто «алгоритм оптимального приёмника». Существуют различные математические методы описания данного алгоритма. Наиболее наглядный, с нашей точки зрения, способ описания основан на функции отношения правдоподобия. При этом мы вовсе не предполагаем, что где-то в мозгу человека происходит вычисление именно этой функции. Мы только считаем, что благодаря неизвестным пока нервным связям мозг человека реализует алгоритм, близкий к алгоритму оптимального приёмника. Функция отношения правдоподобия – это только удобный способ математического описания этого алгоритма.

Структурная схема математической модели ОЗ на базе оптимального приёмника приведена на рис. 1 [3]. Хрусталик глаза и все его оптические элементы представлены в модели как ОС. Сетчатка глаза представлена в виде мозаики из  $n$  статистически независимых ПИ. При этом под независимыми ПИ понимаются либо отдельные приёмники, либо группы приёмников, подключённые через промежуточные нейроны к одному волокну зрительного нерва. Совокупность случайных сигналов мозаики приёмников ( $\mu_i$ ) поступает на устройство анализа (УА), содержащее в памяти априорную информацию о фоне и объекте. УА вычисляет одномерную функцию отношения правдоподобия  $\Lambda$ , которая равна отношению вероятности возникновения случайной реализации  $Y$  в опыте по обнаружению (совокупности сигналов  $\mu_i$ ) при условии наличия объекта в поле зрения человека ( $P[Y/S]$ ) к вероятности возникновения той же реализации  $Y$  при условии его отсутствия ( $P[Y/0]$ ):

$$\Lambda = \frac{p P[Y/S]}{q P[Y/0]}, \quad (1)$$

где  $p, q$  – априорные вероятности наличия и отсутствия объекта,  $p + q = 1$ .

По сути, отношение правдоподобия на вероятностном языке показывает, на что больше похож видимый человеком образ (случайное распределение  $\mu_i$ ) – на изображение с объектом или без него.

Согласно алгоритму оптимального приёмника, решение о наличии объекта в поле зрения должно приниматься в соответствии с решающим правилом

$$\Lambda \geq \Lambda_{\text{п}}. \quad (2)$$

Из теории статистических решений известно [2], что работа по решающему правилу (2) позволяет реализовывать любой критерий (алгоритм) принятия решения.

При этом разные критерии характеризуются лишь разными численными значениями  $\Lambda_{\text{п}}$ . При разработке математической модели ОЗ важно не конкретное выражение для  $\Lambda_{\text{п}}$  через параметры алгоритма обработки сигналов (поскольку этот алгоритм для человека пока не известен), а тот факт, что, каким бы ни был этот алгоритм, в модели ОЗ он будет характеризоваться конкретным численным значением  $\Lambda_{\text{п}}$ . Таким образом, если взять в качестве рабочей гипотезы гипотезу о постоянстве критерия принятия человеком решения о наличии объекта при решении определённого круга задач (по обнаружению или опознаванию), то, определив значение  $\Lambda_{\text{п}}$  один раз для простейших экспериментальных ситуаций, можно использовать модель ОЗ с этим численным значением  $\Lambda_{\text{п}}$  для всего круга задач (всех типов объектов, фонов, уровней яркости и т.д.), где оно остаётся постоянным.

Следует отметить, что хотя математическая модель ОЗ базируется на теории оптимального приёмника, структурная схема которого представлена на рис. 1, она не полностью совпадает с ней. Даже получив выражения для выходных характеристик оптимального приёмника изображения, в интересующих нас случаях, мы не получим математическую модель ОЗ. Отличие математической модели ОЗ от оптимального приёмника изображения заключается в необходимости учёта в ней данных физиологии зрения о строении сетчатки и особенностях преобразования в ней сигналов рецепторов.

Таким образом, для получения расчётных выражений для пороговых и вероятностных характеристик ОЗ, необходимых для инженерных расчётов видимости объектов, следует решить ряд научных задач. Вот некоторые из них:

1. Получить закон распределения выходных сигналов рецепторов исходя из закона распределения Пуассона падающих квантов излучения, что необходимо для расчёта функции отношения правдоподобия.

2. Получить расчётные выражения для вероятностных и пороговых характеристик оптимального приёмника для областей малых и больших яркостей, где законы распределения сигналов рецепторов различны.

3. Получить расчётное выражение, позволяющее по результатам экспериментальных исследований находить значение  $\Lambda_{\text{п}}$ , соответствующее критерию принятия чело-

веком решения о наличии или отсутствии объекта в его поле зрения.

4. Связать полученные по математической модели расчётные выражения для вероятностей правильного решения с результатами экспериментальных исследований по разным методам (методам минимальных изменений, постоянных стимулов и т.д.).

5. Получить, исходя из теории оптимального приёмника, расчётное выражение для «поправки на случайный успех», аналогичное поправке, введённой Блэквеллом для его высокопороговой модели [4].

6. Определить характер нелинейного закона преобразования потока падающих квантов излучения в частоту импульсов тока действия, являющихся выходными сигналами рецепторов ОЗ, что особенно важно для области яркостей 0,1–10 кд/м<sup>2</sup>, характерных для ОУ НО.

7. Найти способ учёта в математической модели группового обслуживания одним волокном зрительного нерва нескольких рецепторов по мере их удаления от оси зрения.

8. Разработать методику экспериментального определения распределения чувствительности по полю зрения наблюдателя.

9. Получить расчётное выражение для опознавания двух объектов и экспериментально доказать верность полученных выражений.

10. Получить выражение для расчёта вероятности опознавания объекта из произвольного набора объектов при работе по алгоритму оптимального ПИ.

11. Развить теорию оптимального приёмника на случай наличия внешних аддитивных и мультипликативных помех, возникающих в поле зрения наблюдателя в сложных погодных условиях.

12. Учесть в модели ОЗ влияние аберраций оптики глаза, что наиболее существенно при пониженных уровнях яркости.

Первая задача, которая будет рассматриваться (решаться) в данной статье – определение закона распределения выходных сигналов рецепторов и выражения для вероятности обнаружения объектов оптимальным приёмником.

Исходный закон распределения числа упавших на любой ПИ квантов хорошо описывается распределением Пуассона [5]. Как показано в [6], погрешность этой аппроксимации не превышает 1%, если выполняется условие

$$\frac{hc}{\lambda kT} > 4,15, \quad (3)$$

где  $h$  – постоянная Планка ( $6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж/с),  $c$  – скорость света в вакууме ( $2,998 \cdot 10^8$  м/с),  $\lambda$  – длина волны излучения,  $k$  – постоянная Больцмана ( $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К),  $T$  – абсолютная температура источника излучения, К.

В видимой области спектра ( $\lambda < 0,78$  мкм) условие (3) выполняется при  $T < 6000$  К. Поскольку процесс преобразования излучения в сетчатке ОЗ случаен, его можно характеризовать эффективным коэффициентом преобразования  $\eta$ , т.е. отношением математического ожидания частоты импульсов тока действия к потоку квантов излучения, упавших на приёмник. Учитывая, что квантовый выход зрительного пигмента не превышает 20% [7], а для образования одного импульса тока действия необходим распад 5–7 молекул светочувствительного вещества [8], можно

считать, что во всём диапазоне работы ОЗ  $\eta$  много меньше единицы. Это предположение позволяет достаточно точно определить закон распределения импульсов тока действия, т.е. выходного сигнала ПИ в модели органа зрения.

В случае  $\eta \ll 1$  вероятностью возникновения за счёт одного кванта излучения двух и более импульсов тока действия можно пренебречь. При этом условный закон распределения ( $P[\mu/m]$ ) выходного сигнала  $\mu$  любого ПИ, при условии, что на него упало  $m$  квантов, определится биномиальным законом распределения [5]:

$$P[\mu / m] = C_m^\mu \eta^\mu (1 - \eta)^{m-\mu}, \quad (4)$$

где  $C_m^\mu = \frac{m!}{\mu!(m-\mu)!}$  – биномиальные коэффициенты.

Закон распределения Пуассона для упавших на ПИ квантов определяется выражением

$$P[m] = \frac{X_0^1}{m!} \exp(-X_0^1), \quad (5)$$

где  $X_0^1$  – математическое ожидание числа квантов излучения, упавших за время интегрирования ПИ на его поверхность,  $m$  – случайное число упавших квантов.

Закон распределения выходного сигнала ПИ определится по формуле полной вероятности [5] суммированием по всем возможным значениям  $m$ :

$$P[\mu] = \sum_{m=\mu}^{\infty} C_m^\mu \eta^\mu (1 - \eta)^{m-\mu} \frac{(X_0^1)^m}{m!} \exp(-X_0^1). \quad (6)$$

Несложно показать, что ряд (6) определяет функцию плотности вероятности закона распределения Пуассона с математическим ожиданием  $X_0 = \eta X_0^1$ , т.е.

$$P[\mu] = \frac{(X_0)^\mu}{\mu!} \exp(-X_0). \quad (7)$$

Полученное выражение для закона распределения выходных сигналов ПИ позволяет определить вероятности  $P[Y/S]$  и  $P[Y/0]$ , определяющие функцию отношения правдоподобия. Для независимых ПИ

$$P[Y / S] = \prod_{i=1}^N \frac{(X_{0i})^{\mu_i}}{\mu_i!} \exp(-X_{0i}), \quad (8)$$

где  $X_{0i}$  – математические ожидания выходного сигнала  $i$ -го ПИ, визирующего объект на каком-либо фоне,  $N$  – количество ПИ в мозаике ПИ модели ОЗ.

$$P[Y / 0] = \prod_{i=1}^N \frac{(X_{\phi i})^{\mu_i}}{\mu_i!} \exp(-X_{\phi i}), \quad (9)$$

где  $X_{\phi i}$  – математические ожидания выходного сигнала того же  $i$ -го ПИ, визирующего изображение фона без объекта.

Тогда функция отношения правдоподобия определится выражением

$$\Lambda = \prod_{i=1}^N \left( \frac{X_{oi}}{X_{\phi i}} \right)^{\mu_i} \exp(- (X_{oi} - X_{\phi i})). \quad (10)$$

Для определения вероятности правильного обнаружения объекта необходимо проинтегрировать условный закон распределения  $\Lambda$  (при условии наличия объекта в поле зрения человека) по области (2), определяющей алгоритм работы оптимального приёмника. Получить аналитическое выражение для закона распределения  $\Lambda$  сложно, т.к.  $\Lambda$  связано с  $\mu_i$  сложной степенной зависимостью, однако, если прологарифмировать выражение (10), то получим:

$$Z = \ln \Lambda = \sum_{i=1}^N \mu_i \ln \left( \frac{X_{oi}}{X_{\phi i}} \right) - \sum_{i=1}^N (X_{oi} - X_{\phi i}). \quad (11)$$

Закон распределения  $Z$  не подчиняется закону распределения Пуассона, хотя бы потому, что его дисперсия не равна математическому ожиданию, однако по центральной предельной теореме [3] он стремится, при большом  $N$ , к нормальному закону распределения:

$$P[Z] = \frac{1}{2\pi\sigma_\Lambda} \exp\left(-\frac{(Z - m_\Lambda)^2}{2\sigma_\Lambda^2}\right), \quad (12)$$

где  $m_\Lambda$  – математическое ожидание  $\ln \Lambda$ , при условии, что в поле зрения человека находится объект;  $\sigma_\Lambda^2$  – дисперсия  $\ln \Lambda$  при аналогичном условии.

Поскольку математическое ожидание  $\mu_i$  при условии, что объект находится в поле зрения человека равно  $X_{oi}$ , то для математического ожидания и дисперсии  $\ln \Lambda$  несложно получить выражения:

$$m_\Lambda = \sum_{i=1}^N X_{oi} \ln \left( \frac{X_{oi}}{X_{\phi i}} \right) - \sum_{i=1}^N (X_{oi} - X_{\phi i}), \quad (13)$$

$$\sigma_\Lambda^2 = \sum_{i=1}^N X_{oi} \ln^2 \left( \frac{X_{oi}}{X_{\phi i}} \right). \quad (14)$$

Вероятность обнаружения объекта ( $P_{об}$ ) определится интегралом от функции (12) по области, где  $\Lambda \geq \Lambda_{п}$ . Поскольку функция натурального логарифма монотонно возрастает, то область интегрирования (2) эквивалентна области  $\ln \Lambda \geq \ln \Lambda_{п}$ , тогда

$$P_{об} = \frac{1}{2\pi\sigma_\Lambda} \int_{\ln \Lambda_{п}}^{\infty} \exp\left(-\frac{(Z - m_\Lambda)^2}{2\sigma_\Lambda^2}\right) dZ = \Phi(y), \quad (15)$$

где  $\Phi(y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^y \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$  – интеграл вероятности [5],

$$y = \frac{m_\Lambda - \ln \Lambda_{п}}{\sigma_\Lambda}. \quad (16)$$

Исходя из выражений (15) и (16) пороговые условия обнаружения объекта ( $P_{об} = 0,5$ ,  $y=0$ ) определяются уравнением

$$m_\Lambda = \ln \Lambda_{п}. \quad (17)$$

Количество ПИ, образующих поле зрения человека достигает сотен миллионов, поэтому пользоваться выражениями (13) и (14) для расчёта  $m_\Lambda$  и  $\sigma_\Lambda^2$  сложно. Для упрощения расчётов перейдем от реакций отдельных ПИ мозаики к функции распределения чувствительности по полю зрения глаз человека:

$$X(\varphi, \theta) = \frac{X_i}{\Delta\varphi\Delta\theta}, \quad (18)$$

где  $X_i$  – математическое ожидание реакции  $i$ -го ПИ, визирующего в пространстве направление  $\varphi, \theta$ ;  $\Delta\varphi\Delta\theta$  – телесный угол поля зрения  $i$ -го ПИ.

При таком представлении суммы определяющие выражения (13) и (14) станут интегральными, а выражения для расчёта  $m_\Lambda$  и  $\sigma_\Lambda^2$  примут вид двойных интегралов по полю зрения  $\Omega$ :

$$m_\Lambda = \iint_{\Omega} \left[ X_o(\varphi, \theta) \ln \left( \frac{X_o(\varphi, \theta)}{X_\phi(\varphi, \theta)} \right) - \left[ -X_o(\varphi, \theta) + X_\phi(\varphi, \theta) \right] \right] d\varphi d\theta, \quad (19)$$

$$\sigma_\Lambda^2 = \iint_{\Omega} X_o(\varphi, \theta) \ln^2 \left( \frac{X_o(\varphi, \theta)}{X_\phi(\varphi, \theta)} \right) d\varphi d\theta. \quad (20)$$

Уже на данном этапе разработки математической модели ОЗ на базе оптимального приёмника удастся получить соотношения, которые подтверждаются полученными другими авторами аналитическими и экспериментальными зависимостями. В частности, А. Роуз [7] в модели одноканального ПИ на базе порогового отношения сигнала к шуму получил выражение, экспериментально подтверждённое при низких яркостях адаптации, когда рецепторы ОЗ являются линейными ПИ:

$$K_n^2 L_\phi \omega = m^2, \quad (21)$$

где  $K_n$  – пороговый контраст объекта с фоном,  $L_\phi$  – яркость равномерного фона,  $\omega$  – телесный угол объекта,  $m$  – пороговое отношение сигнала к шуму.

Если в выражении (19) предположить линейную зависимость между реакцией ПИ и визируемой им яркостью ( $X_\phi = cL_\phi$ ), то, для равнорядного объекта и фона можно получить:

$$m_\Lambda = ((1 + K) \ln(1 + K) - K) X_\phi \omega, \quad (22)$$



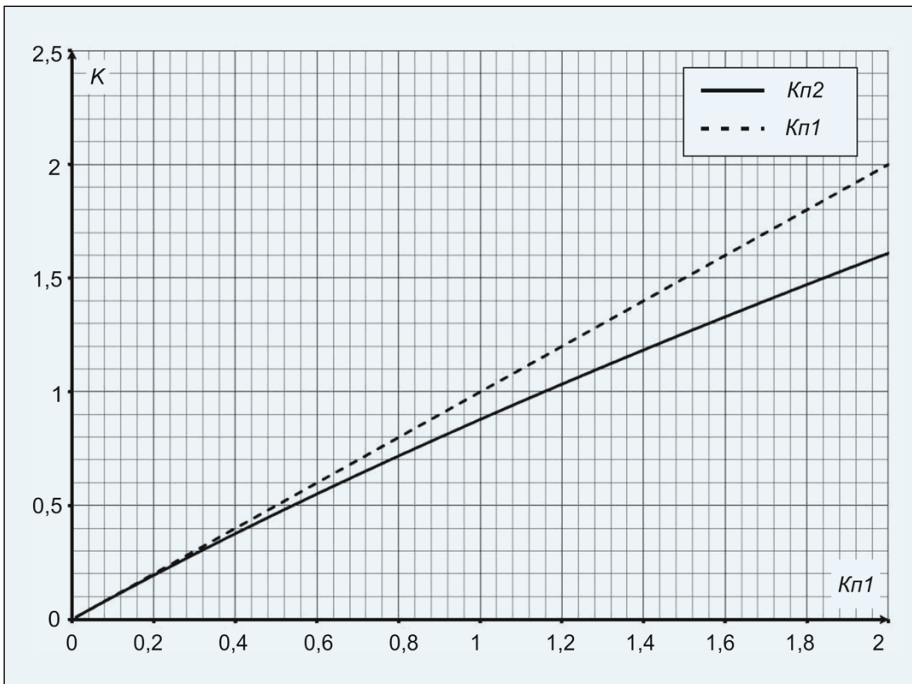


Рис. 2. Расчётные зависимости пороговых контрастов

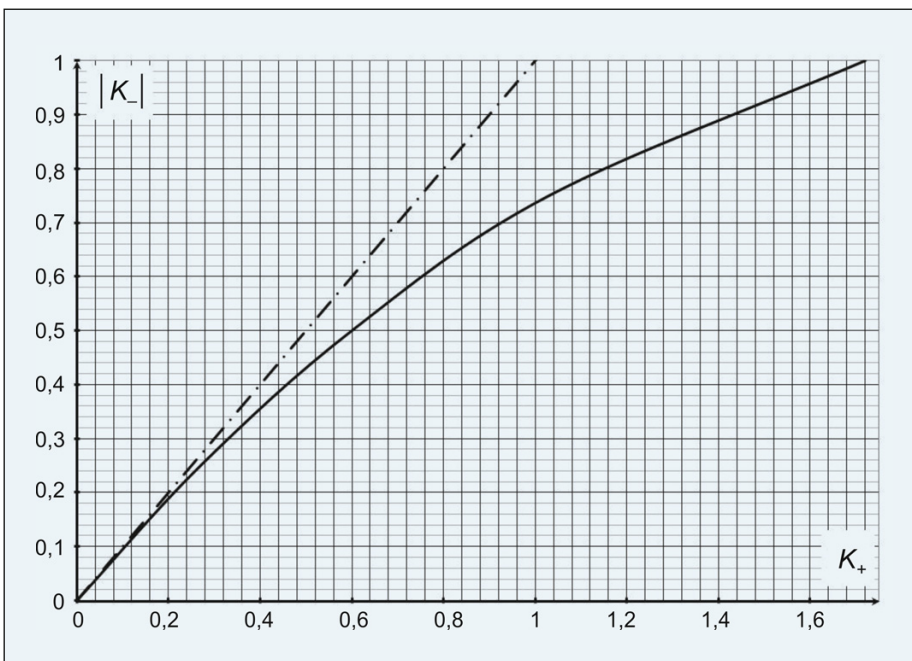


Рис. 3. Взаимосвязь положительных и отрицательных пороговых контрастов

где  $K = \frac{X_o - X_\phi}{X_\phi}$  – контраст объекта с фоном.

Подставив выражение (22) в выражение (17) для пороговых условий обнаружения и линейных ПИ, получим выражение статистической модели, аналогичное (21):

$$((1 + K_n) \ln(1 + K_n) - K_n) L_\phi \omega = \frac{\ln \Lambda_{\text{п}}}{c}. \quad (23)$$

Расчёты по выражениям (21) и (23) существенно отличаются в области больших пороговых контрастов, что связано с тем, что закон распределения выходных сиг-

налов ПИ А. Роуз взял нормальным, а не вывел его исходя из закона распределения Пуассона, которому подчиняется статистика падающих квантов излучения. Если в выражении (23) рассмотреть область малых контрастов объектов (что соответствует большим яркостям фона), когда закон Пуассона хорошо аппроксимируется функцией нормальной плотности, то из (23) можно получить выражение

$$K_n^2 L_\phi \omega = \frac{2 \ln \Lambda_{\text{п}}}{c}, \text{ полностью совпадающее с выражением (21).}$$

На рис. 2 приведены расчётные зависимости пороговых контрастов  $K_{n1}$  и  $K_{n2}$ , полученных по расчётным выражениям (21) и (22) соответственно.

Полученные выражения позволяют также объяснить причину отличия численных значений положительных и отрицательных пороговых контрастов. Это явление обнаруживали многие исследователи [4], но чёткого объяснения причин этого до сих пор не было.

Поскольку и в пороговых и в надпороговых условиях выражение (17) не зависит от знака контраста, то, обозначив пороговое значение положительного контраста в (22) как  $K_+$ , а модуль отрицательного порогового контраста как  $|K_-|$ , получим взаимосвязь между этими контрастами при наблюдении объектов одного углового размера на одном и том же фоне:

$$(1 + K_+) \ln(1 + K_+) - K_+ = (1 - |K_-|) \ln(1 - |K_-|) + |K_-|. \quad (24)$$

Анализ выражения (24) показывает, что максимальному значению отрицательного порогового контраста ( $K_- = -1$ ) соответствует значение положительного порогового контраста  $K_+ = \exp(1) - 1 \approx 1,72$ . На рис. 3 приведена взаимосвязь  $K_-$  и  $K_+$ , полученная по выражению (24).

Приведённые примеры показывают важность последовательного анализа выводимых соотношений, поскольку необоснованные допущения при их выводе могут существенно повышать погрешности математического моделирования, что, в свою очередь, снижает эффективность применения математического метода оптимизации ОУ НО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 5213330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализованная редакция СНиП 23-05-95\*».

2. Шестов Н.С. Выделение оптических сигналов на фоне случайных помех. – М.: Советское радио, 1967. – 348 с.

3. Григорьев А.А. Применение теории статистических решений к расчёту вероятностных и пороговых характеристик органа зрения // Светотехника. – 2000. – № 6. – С. 23–25.

4. Мешков В.В., Матвеев А.Б. Основы светотехники: Учеб. пособие для вузов: В 2-х ч. Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 432 с.

5. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). – М.: Наука, 1978. – 832 с.

6. Круз Г., Маргоулин Л., Макквистан Р. Основы инфракрасной техники. – М.: Воениздат, 1964. – 464 с.

7. Роуз А. Зрение человека и электронное зрение. – М.: Мир, 1977. – 148 с.

8. Вавилов С.И. Микроструктура света. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 156 с.



**Боос Георгий Валентинович**, кандидат техн. наук. Окончил в 1986 г. МЭИ. Президент холдинга VL Group. Заведующий кафедрой «Светотехника» ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Лауреат Государственной премии РФ за архитектурное освещение Москвы. Председатель редколлегии журнала «Светотехника»



**Григорьев Андрей Андреевич**, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1972 г. МЭИ. Зам. заведующего кафедрой «Светотехника» ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»



## Петербургская лампа SVETALED® стала лучшей в Евразии

**Светодиодная лампа SvetaLED® 11 Вт — изделие петербургского завода Группы компаний «Светлана-Оптоэлектроника» — стала победителем конкурса на Евразийскую светотехническую премию сразу в пяти номинациях: «Энергоэффективность», «Качество света», «Продуманное решение», «Выбор жюри» и «Осветительный прибор с лучшими параметрами».**

Перед конкурсом на Евразийскую светотехническую премию, который в этом году проходил впервые, стояла задача определить лучшие энергоэффективные источники света и осветительные приборы, представленные на рынке стран Евразийского экономического союза, популяризировать энергосберегающую светодиодную продукцию и укрепить доверие потребителей к светотехнической продукции добросовестных производителей. В конкурсе принимала участие серийная светотехническая продукция, производимая в странах-членах Евразийского экономического союза или официально поставляемая на рынок этих стран.

Помимо высокой энергоэффективности, петербургскую светодиодную лампу характеризуют нетиповая расширенная гарантия — 10 лет, высочайшее в мире значение индекса цветопередачи  $R_a (> 97)$ , спектр излучения, максимально приближенный к естественному (солнечному), выполнение в форм-факторе привычной лампы накаливания, стабильная работа при любом пространственном положении (вертикальном, горизонтальном, диагональном) и в широком диапазоне питающих напряжений. Рассеи-



ватель лампы изготовлен из ударопрочного материала, обладающего высоким светопропусканием.

«Это вторая модель российской светодиодной лампы, которую выпускает наше предприятие. При её разработке были учтены пожелания российских потребителей к светодиодному источнику света для домашнего освещения», — прокомментировал Алексей Мохнаткин, генеральный директор ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника».

«Санкт-Петербургская промышленность обладает всеми компетенциями для выпуска качественной и востребованной светодиодной продукции, поэтому не удивительно, что строгое жюри Конкурса по достоинству оценило петербургский продукт», — отметил Максим Мейксин, председатель Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга.

Конструкция лампы защищена 5 международными и 8 российскими патентами. Группа компаний «Светлана-Оптоэлектроника» осуществляет серийный выпуск ламп SvetaLED® 11 Вт с 2013 года.

Формирование рейтинга участников конкурса осуществлялось по результатам испытаний в независимых светотехнических лабораториях. Чтобы исключить участие в конкурсе специально подобранных изделий с лучшими параметрами, организаторы отбирали образцы продукции для испытаний на складах производителя или закупали у дистрибьюторов.

[www.soptel.ru](http://www.soptel.ru), [www.svetaled.com](http://www.svetaled.com)

27.11.2015