

догрева и разряда, равном 180° , позволяют надеяться, что в ближайшем будущем удастся значительно повысить срок службы существующих л. л. и решить многие проблемы конструирования долговечных электродов для мощных л. л. При разработке ПРА, обеспечивающих указанный фазовый сдвиг, необходимо учитывать, что в случае низкоомных цепей подогрева состояние с $\Delta\phi=180^\circ$ является не-

устойчивым и может самопроизвольно переходить в состояние с $\Delta\phi=0^\circ$.

Литература

1. Lokatos G., Bito I., Brit. Journ. Appl. Phys., 1964, № 2.
2. Cayless M. A., Foster-Brown A. D., Brit. Journ. Appl. Phys., 1957, № 9.
3. Решенов С. П., «Светотехника», 1965, № 12.

УДК 628.98

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРКОСТИ АДАПТАЦИИ ПРИ РАСЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ДИСКОМФОРТА ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Канд. техн. наук М. М. ЕГАНЕШНИКОВ и инж. Н. А. ОБРОСОВА

Московский энергетический институт и
Всесоюзный светотехнический институт

Одним из основных параметров, определяющих показатель дискомфорта осветительной установки, является яркость адаптации. При оценке качества освещения общественных зданий по дискомфорту [Л. 1] возникает необходимость определения яркости адаптации в условиях, когда само поле зрения, в котором расположены блеские источники, не является равноярким. В первом приближении оно может рассматриваться состоящим из трех равноярких зон, ограниченных поверхностями потолка, стен и пола.

В настоящее время существует мнение, согласно которому при расчете показателя дискомфорта яркость адаптации может быть принята равной яркости стен, т. е. поверхностей, вероятность нахождения которых в поле зрения наблюдателя максимальна [Л. 2, 3]. Однако такая точка зрения, если и может считаться правомочной, то лишь в условиях оценки дискомфорта от блеских источников, размер, число и яркость которых таковы, что они не оказывают заметного влияния на уровень яркости адаптации. Если же блеские источники, расположенные, например, в плоскости потолка, занимают значительную часть его площади и яркость этих источников существенно превышает яркость стен, то, ставя знак равенства между яркостью адаптации и яркостью стен, можно допустить существенную ошибку при расчете показателя дискомфорта.

Это положение является одной из причин того, что уравнение, определяющее показатель дискомфорта, справедливое для точечных блеских источников, не может быть непосредственно применено для расчета показателя

дискомфорта от больших светящихся поверхностей, например от световых потолков.

Вопросу определения яркости адаптации при неравномерном распределении яркости в поле зрения посвящен ряд работ. Из более ранних следует указать на работы П. Муна и Д. Спенсер [Л. 4] и В. В. Мешкова [Л. 5], которые в основе своей представляют расчетное определение уровня адаптации. В последующей работе М. М. Еганешникова, Т. Н. Сидоровой и В. Севера было проведено экспериментальное исследование зависимости пороговой разности яркости от соотношения яркостей периферии $B_{\text{пп}}$ и центральной части поля зрения $B_{\text{ц}}$, имеющей яркость 10 нт и угловой размер $1,5^\circ$, при фиксированной линии зрения. Пользуясь эквивалентной схемой Холледея, было установлено [Л. 6] эмпирическое соотношение для расчета яркости адаптации

$$B_{\text{ад}} = B_{\text{ц}} + C (B_{\text{пп}} - B_{\text{ц}}) \varphi(\theta)_{\theta_1}^{\pi/2}, \quad (1)$$

где $\varphi(\theta)$ — расчетная функция по В. В. Мешкову, зависящая от размера центральной части поля зрения θ_1 ; C — экспериментально найденный коэффициент, равный $2,5 \cdot 10^{-2}$ для $B_{\text{пп}}/B_{\text{ц}}$ в диапазоне $1 - 10$ и $7 \cdot 10^{-3}$ — для $B_{\text{пп}}/B_{\text{ц}}$ в диапазоне $10 - 100$.

При выводе этого соотношения авторы исходили из условий, что характер зависимости коэффициента неравномерности по В. В. Мешкову [Л. 5] от отношения $B_{\text{пп}}/B_{\text{ц}}$ остается неизменным при любых значениях $B_{\text{ц}}$ и что функция $\varphi(\theta)$, полученная расчетным путем, справедлива в широком диапазоне изменения размера центральной части поля зрения θ_1 .

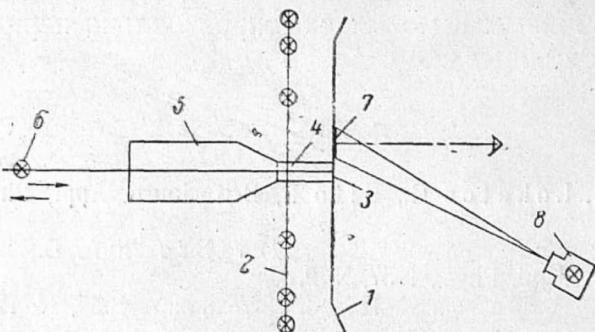


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Учитывая, что в условиях искусственного освещения общественных зданий яркость стен помещения лежит в пределах 10—100 нт, а угловой размер центральной части поля зрения для наиболее распространенных помещений с индексом 1—3 меняется в пределах от 3 до 15°, представилось необходимым экспериментально проверить справедливость (1) для указанных выше условий.

Определение яркости адаптации для различных угловых размеров и разных уровней яркости центральной части поля зрения осуществлялось по ощущению потемнения фона [Л. 7]. Для этой цели на экспериментальной установке предварительно находилась яркость блеского источника (известного размера и расположенного определенным образом относительно линии зрения), соответствующая возникновению ощущения потемнения фона, при различных соотношениях яркости центральной и периферической части поля зрения.

По результатам измерений, пользуясь известной зависимостью между яркостью точечного блеского источника B_c , соответствующей возникновению ощущения потемнения фона, его размером ω , положением в поле зрения r и яркостью адаптации B_{ad} , определялась величина B_{ad} из уравнения [Л. 8]

$$B_{ad} = 1,6 \cdot 10^{-3} \omega (B_c/r)^2. \quad (2)$$

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Перед наблюдателем располагался вогнутый экран 1 из молочного оргстекла. Угловой размер экрана при центральном положении наблюдателя соответствовал размеру бинокулярного поля зрения (по вертикали вверх 54°, вниз 68°, по горизонтали вправо и влево по 74°). За экраном находился осветитель 2 с лампами накаливания, обеспечивающий равномерное свечение экрана с максимальной яркостью 770 нт и минимальной 10 нт.

Блеский источник 3 был смешен на угол 16° по горизонтали влево от фиксационной точки. По конструктивным соображениям в качестве блеского источника использовался

цилиндрический световод 4 из прозрачного оргстекла. Входное отверстие световода, вмонтированное в тубус 5, было обращено к источнику света 6 — зеркальной лампе накаливания мощностью 100 вт, перемещающуюся по скамье длиной 1 м; плоскость выходного отверстия световода была совмещена с плоскостью экрана. Перемещение зеркальной лампы обеспечивало плавное изменение яркости блеского источника в пределах от 30 до 7150 нт. Размер блеского источника $\omega = 2,8 \cdot 10^{-3}$ стер, индекс позиции, соответствующий его положению относительно линии зрения наблюдателя, $r = 1,2$.

Центральная часть поля зрения моделировалась непрозрачными дисками 7 с белым диффузным покрытием, размещаемыми в плоскости экрана. Необходимая яркость дисков достигалась с помощью проектора 8 типа УП изменением диафрагмы, установленной перед его объективом.

В экспериментах принимало участие пять наблюдателей, каждому из которых не менее 30 раз предъявлялась определенная стационарная картина распределения яркости в пространстве, соответствующая выбранным значениям B_{pl} , B_{pd} и θ_1 .

Методика проведения эксперимента сводилась к следующему. После пятиминутной адаптации экспериментатор начинал постепенно увеличивать яркость блеского источника от значения, равного яркости периферии, до значения, соответствующего наступлению у наблюдателя ощущения потемнения фона. Это значение яркости фиксировалось экспериментатором по положению источника света 6 на скамье. Эксперимент повторялся 6 раз, после чего путем смены диска 7 изменялся размер центральной части поля зрения, наблюдатель вновь адаптировался, и эксперимент проводился в той же последовательности.

В основной серии измерений яркость центральной части поля зрения принималась равной 10 нт, а яркость периферии 10; 34,5; 80; 128 и 180 нт, что соответствует диапазону изменения B_{pl}/B_{pd} в условиях освещения помещений общественных зданий. Неравномерность распределения яркости по периферии поля зрения B_{max}/B_{min} не превышала 20%. Измерения производились для четырех угловых размеров центральной части поля зрения θ_1 , равных 3,4; 5,2; 10,3 и 15,2° по радиусу.

Полученные экспериментальные данные подвергались статистической обработке. Измеряемая величина B_c вычислялась как среднее арифметическое из общего числа n значений $(B_c)_i$. Для определения границ довери-

тельного интервала использовался метод Стьюдента [Л. 9], согласно которому

$$I_{\beta} = \left(B_c - t_{\beta} \sqrt{\frac{D}{n}}; B_c + t_{\beta} \sqrt{\frac{D}{n}} \right), \quad (3)$$

где D — дисперсия; t_{β} — табличная величина, определяемая в зависимости от числа степеней свободы ($n - 1$) для заданной доверительной вероятности β .

Доверительная вероятность была выбрана равной 0,95, чтобы событие с вероятностью β можно было считать практически достоверным. По полученным значениям B_c и I_{β} рассчитаны значения B_{ad} , приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Значение яркости адаптации для $B_{\pi} = 10 \text{ нт}$

$\theta_1, \text{град}$	B_{π}/B_{π}			
	3,4	8,0	12,8	20
3,4	14,3 ± 0,5	21,0 ± 0,2	22,4 ± 1,2	22,5 ± 0,7
5,2	12,9 ± 0,4	16,9 ± 0,3	18,1 ± 0,6	18,4 ± 0,6
10,3	11,5 ± 0,3	14,2 ± 0,4	14,9 ± 0,5	15,0 ± 0,4
15,2	10,5 ± 0,4	11,5 ± 0,3	12,4 ± 0,5	12,6 ± 0,4

По данным табл. 1 были построены кривые $B_{ad} = f(B_{\pi}/B_{\pi})$ для яркости $B_{\pi} = 10 \text{ нт}$ и различных угловых размеров центрального участка поля зрения (рис. 2). Там же нанесены кривые, рассчитанные по (1). Как видно из графика, расчетные кривые лежат внутри области, занимаемой веером экспериментальных кривых. Экспериментальные и расчетные кривые аналогичны по своему характеру и имеют два прямолинейных участка и точку излома при отношении B_{π}/B_{π} , близком к 10. Наибольшее расхождение в значениях яркости адаптации, рассчитанных по экспериментальным кривым и (1), соответствующее $\theta_1 = 15,2^\circ$, не превышает 20%, что может быть признано допустимым для практических расчетов.

Во второй серии экспериментов исследовались варианты, отличные от вариантов основной серии по яркости центральной части поля зрения. Всего было исследовано четыре варианта для яркости центральной части поля зрения 25 и 100 нт, различных размеров центральной части поля зрения и разных отношений яркости периферии к яркости центра.

Результаты экспериментов были обработаны описанным выше способом, и по найденным значениям B_c были рассчитаны величины яркости адаптации, приведенные в табл. 2.

Для сопоставления полученных данных с результатами первой серии были рассчитаны значения отношений B_{ad}/B_{π} , приведенные в табл. 3.

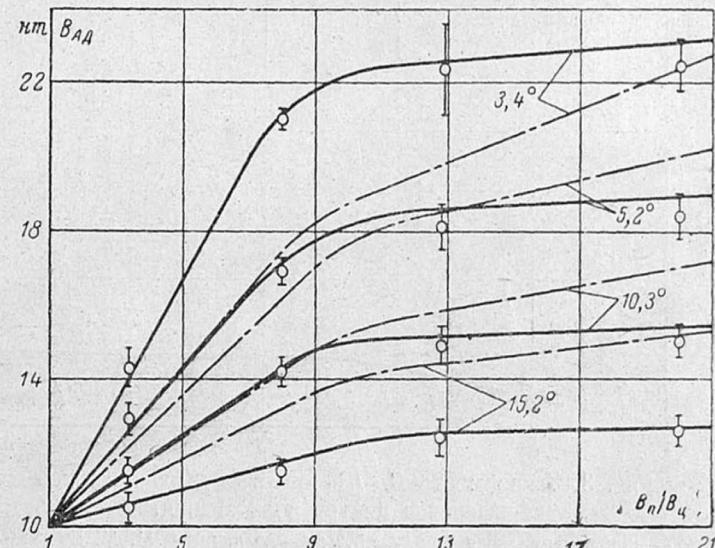


Рис. 2. Зависимость яркости адаптации от отношения яркостей периферии и центра поля зрения.
— экспериментальная; — · · · — по М. М. Епанешникову.

Анализ данных табл. 3 показывает, что расхождение в значениях отношения B_{ad}/B_{π} , соответствующих различным уровням яркости центральной части поля зрения, не превышает размера доверительного интервала, что в свою очередь подтверждает достоверность (1) для возможного диапазона изменения яркости центральной части поля зрения в помещениях общественных зданий.

Практическое постоянство отношения B_{ad}/B_{π} при изменении B_{π} в исследованных пределах позволяет построить единую зависимость $B_{ad}/B_{\pi} = f(B_{\pi}/B_{\pi})$ для постоянных размеров центральной части поля зрения. Такая кривая для $\theta_1 = 5,2^\circ$ приведена на рис. 3.

Таблица 2

Значение яркости адаптации для $B_{\pi} 25$ и 100 нт

$B_{\pi}, \text{нт}$	25			100		
	B_{π}/B_{π}			3,4	12,8	3,4
5,2	30,8 ± 0,5	—	—	38,5 ± 0,6	—	128 ± 0,5
10,3	—	—	—	—	—	113 ± 0,4

Таблица 3

Значения отношения B_{ad}/B_{π}

B_{π}/B_{π}	3,4			12,8		
	10	25	100	10	25	
5,2	1,29 ± 0,04	1,23 ± 0,02	1,28	—	—	—
10,3	1,15 ± 0,03	—	1,13	1,49 ± 0,05	1,54 ± 0,03	—

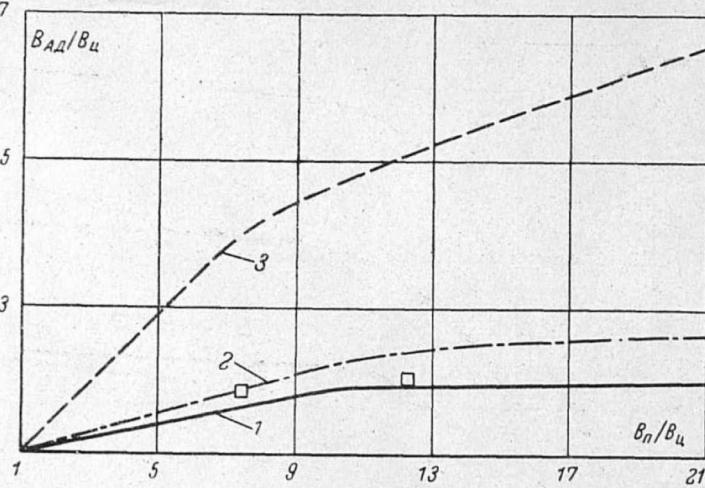


Рис. 3. Зависимость $B_{\text{ад}}/B_{\text{ц}}$ от отношения яркостей периферии и центра поля зрения.
1—экспериментальная для $\theta_1 = 5,2^\circ$; 2—по данным М. М. Епанешникова для $\theta_1 = 1,2^\circ$; 3—по данным Бодмана для $\theta_1 = 1,2^\circ$; \square —по данным А. Б. Матвеева для $\theta_1 = 1^\circ$.

Следует отметить, что аналогичная зависимость была приведена ранее Бодманом. Основой для построения этой зависимости послужили исследования светлоты, выполненные при $\theta_1 = 1,2^\circ$ и изменении яркости периферии и центра от 20 до 700 нт [Л. 10]. Эта зависимость, а также зависимость $B_{\text{ад}}/B_{\text{ц}} = f(B_{\text{п}}/B_{\text{ц}})$, построенная по (1), приведены на рис. 3. Сравнение показывает их подобие, однако они лежат в разных областях, что может быть объяснено, как указывается в работе А. Б. Матвеева и И. Л. Тохадзе [Л. 11], тем, что в экспериментах Бодмана уровень черного был принят завышенным. На рис. 3 нанесены также значения $B_{\text{ад}}/B_{\text{ц}}$, рассчитанные по данным исследований зависимости светлоты от отношения $B_{\text{п}}/B_{\text{ц}}$, проведенным А. Б. Матвеевым и И. Л. Тохадзе при $\theta_1 = 1^\circ$, $B_{\text{ц}} = \text{var}$ и $B_{\text{п}} = 14; 170$ и 1250 нт [Л. 11], которые хорошо совпадают с кривой, построенной по (1).

Проведенные экспериментальные исследования и анализ литературных данных позволяют сделать следующие выводы:

1. Характер зависимости $B_{\text{ад}}/B_{\text{ц}} = f(B_{\text{п}}/B_{\text{ц}})$, построенной для постоянного углового размера центральной части поля зрения, остается практически неизменным для исследованного диапазона значений яркости центра (10—100 нт).

2. Кривые $B_{\text{ад}} = f(B_{\text{п}}/B_{\text{ц}})$, полученные экспериментально для различных угловых размеров центральной части поля зрения ($3—15^\circ$), подобны кривым, рассчитанным по уравнению (1) с использованием функции $\Phi(\theta)$ по В. В. Мешкову. Наибольшее расхождение в значениях яркости адаптации, соответствующее большим угловым размерам центральной части поля зрения (15°), не превышает 20%.

3. Проведенные исследования подтверждают возможность расчета яркости адаптации в помещениях общественных зданий по уравнению (1).

Литература

1. Епанешников М. М., Иванова Н. С., Кроль Ц. И., Мешков В. В., «Светотехника», 1966, № 11.
2. Guth S., III. Eng., 1963, № 5.
3. Einhorn H. D., Trans. S. Afric. Inst. Electr. Eng., 1963, № 5.
4. Moon P., Spenser D., Josa, 1945, № 3.
5. Мешков В. В., Осветительные установки, ГЭИ, 1948.
6. Епанешников М. М., Сидорова Т. Н., Севера В., «Светотехника», 1964, № 10.
7. Епанешников М. М., Фань-Чжи-Фын, «Светотехника», 1962, № 3.
8. Епанешников М. М., Цзи-Сяо-Ян, «Светотехника», 1962, № 3.
9. Вентцель Е. С., Теория вероятностей, ФМИ, 1962.
10. Bodmann H. W., Voit E. A., Lichttechnik, 1962, № 8.
11. Матвеев А. Б., Тохадзе И. Л., «Светотехника», 1962, № 12.

УДК 628.971.9

ОСВЕЩЕНИЕ ГОРНОРУДНОГО КАРЬЕРА ЗЕРКАЛЬНЫМИ СВЕТИЛЬНИКАМИ С ЛАМПАМИ ТИПА ДКСТ-20000

Доктор техн. наук В. В. ТРЕМБАЧ и инж. Б. Н. ГЛЕБОВ

Московский энергетический институт

В связи со значительным увеличением числа открытых горнорудных разработок все большее значение приобретает их рациональное и экономичное освещение. Это особенно важно для горнорудных карьеров, расположенных в северных и заполярных районах нашей страны.

Настоящая статья посвящена расчету осветительной установки горнорудного карьера. Для этой цели были использованы мощные ксеноновые лампы типа ДКСТ-20000 и световые приборы со специально рассчитанными оптическими устройствами. Расчет установки выполнялся на примере Первомайского