

Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

субъективная оценка слепящего действия блеского источника по шкале: 1—едва заметно; 2—допустимо; 3—неприятно; 4—недопустимо.

В основу наших экспериментов и расчетов было положено известное уравнение МЭИ [Л. 1]

$$M = \frac{B_c \cdot \omega^{0,5}}{P \cdot B^{0,5}} \quad (1)$$

где P — индекс позиции, определяемый по номограмме Лекиша — Гата.

Однако это уравнение было получено для равномерного фона, что не соответствует реальным условиям, характерным для установок наружного освещения. Поэтому в соответствии с зарубежными данными [Л. 4] учитывалось влияние яркости поля окружения блеского источника B_{Π} , т. е.

$$M = \frac{B_c \cdot \omega^{0,5}}{P \cdot B^{0,5} \sqrt{B_{\Pi}}} \quad (2)$$

Кроме того, в нашем случае B представляет собой яркость центральной части поля зрения, а не яркость поля адаптации, как это принято в уравнении МЭИ. Однако значительные угловые размеры центральной части поля зрения в нашем эксперименте позволяют предположить, что разница между этими двумя понятиями незначительна и не имеет практического значения [Л. 5].

Предварительная серия опытов заключалась в определении влияния скорости изменения яркости блеского источника на ощущение потемнения фона. В результате проведенных экспериментов было установлено, что яркость блеского источника B_c , при которой наступает ощущение потемнения фона, практически не зависит от скорости ее изменения в заданных пределах. Поэтому все наши дальнейшие эксперименты проводились при постоянной угловой скорости вращения диска D , соответствующей изменению освещенности на зрачке водителя при движении машины по направлению к светильнику со скоростью 60 км/ч.

Основная серия экспериментов заключалась в проверке пригодности уравнения (2) для расчетов показателя дискомфорта в условиях, соответствующих условиям уличного освещения. Всего было проведено 12 серий измерений, каждая из которых соответствовала определенному набору B и B_{Π} при постоянном угле действия блеского источника $\theta = 11,5^\circ$. Число показаний каждого наблюдателя для одной серии измерений было не менее 60. Полученные экспериментальные данные подвергались статистической обработке. Яркость блеского источника B_c вычислялась, как среднее арифметическое из общего числа значений. Размер доверительного интервала определялся методом Стьюдента для доверительной вероятности 0,95 [Л. 6].

В результате были получены данные, приведенные в табл. 1, анализ которых показывает, что при использовании уравнения (2) для всех рассмотренных вариан-

тов изменения B_{Π} ощущение потемнения фона соответствует практически одному и тому же показателю дискомфорта M , равному в среднем 35,5. Поэтому дальнейшие исследования проводились при $B_{\Pi} = 0,1B$, что в наибольшей степени соответствует средним реальным условиям. В результате проведенных исследований и статистической обработки экспериментальных данных была получена зависимость $B_c = f(B)$, показанная на рис. 2.

Таблица 1

Значения B_c и показателя дискомфорта M , рассчитанного по уравнению (1) при $\rho = 1,5$

$B, \text{нт}$	$B_{\Pi} = 0,05 B$		$B_{\Pi} = 0,1 B$		$B_{\Pi} = 0,3 \sqrt{B}$	
	$B_c, \text{нт}$	M	$B_c, \text{нт}$	M	$B_c, \text{нт}$	M
0,2	$1,3 \cdot 10^3$	34,3	$1,6 \cdot 10^3$	35,3	$2,45 \cdot 10^3$	36,2
0,4	$2,4 \cdot 10^3$	35,2	$3 \cdot 10^3$	36,6	$4,3 \cdot 10^3$	35,9
1,0	$5,4 \cdot 10^3$	37,8	$6,7 \cdot 10^3$	37,4	$8,8 \cdot 10^3$	34,1
2,0	$9,2 \cdot 10^3$	36,5	$1,13 \cdot 10^4$	35,8	$1,41 \cdot 10^4$	30,6

Наряду с исследованиями дискомфорта по потемнению фона была проведена субъективная оценка слепящего действия блеского источника по ранее приведенной 4-х ступенчатой шкале. В процессе эксперимента наблюдатель плавно повышал яркость источника до появления ощущения, соответствующего принятой шкале. Общее количество показаний наблюдателей для каждой серии эксперимента ($B = \text{const}$, $\theta = \text{const}$) составляло 450. Данные по субъективной оценке дискомфорта приведены на рис. 2. Как видно из рисунка, значения B_c , полученные по потемнению фона, соответствуют субъективной оценке между «допустимо» и «неприятно» и находятся несколько ближе к первому критерию, что достаточно хорошо согласуется с данными Холледея [Л. 7].

Обобщение результатов проведенных экспериментальных исследований позволяет сделать вывод, что уравнение (2) может быть использовано для оценки

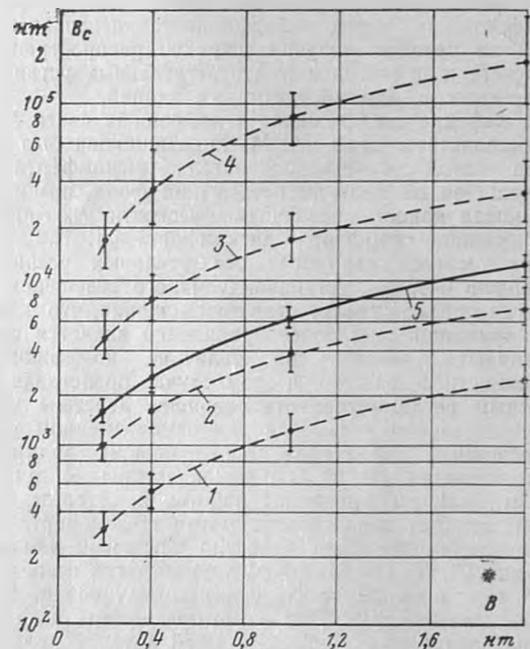


Рис. 2. Экспериментальные зависимости $B_c = f(B)$ по результатам субъективной оценки и по ощущению потемнения фона ($\omega = 1,5 \cdot 10^{-5}$ стер; $\theta = 11,5^\circ$; $B_{\Pi} = 0,1B$).

1 — едва заметно; 2 — допустимо; 3 — неприятно; 4 — недопустимо; 5 — потемнение фона.

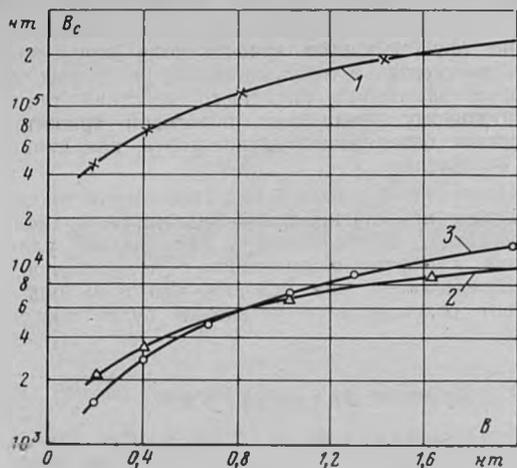


Рис. 3. Экспериментальная и расчетные зависимости $V_c = f(B)$.
1 — по де Бура ($\Delta B_{пор} = 7,7\%$); 2 — по Адриану ($\Delta B_{пор} = 0,31\%$);
3 — по ощущению потемнения фона ($\Delta B_{пор} = 0,3\%$).

слепящего действия установок уличного освещения методом дисконфорта. Аналогичные данные были получены для угла действия блеского источника, равного $5,75^\circ$ и $p = 1,2$.

Что касается имеющего место расхождения в значениях M по сравнению с данными М. М. Епанешникова ($M = 25$), полученными для равномерного фона, то это, по-видимому, объясняется размерами центральной части поля зрения в нашем эксперименте, исключавшими участие наиболее чувствительных элементов сетчатки при возникновении ощущения потемнения фона.

Располагая расчетным уравнением показателя дисконфорта, применительно к условиям уличного освещения, можно сопоставить наши результаты с результатами других исследователей.

На рис. 3 приведены значения $V_c = f(B)$, рассчитанные по уравнению (2), а также по данным Адриана и де Бура для одних и тех же условий [Л. 3]. Из рис. 3 видно, что несмотря на различный подход к решению поставленной задачи, наши решения практически совпадают с данными, рассчитанными по уравнению Адриана:

$$V_c = 0,062 \frac{B^{2/3} \cdot \theta^2}{\omega^{0,8}} \quad (3)$$

Интересно также отметить, что изменение пороговой разности яркости, соответствующее границе «комфорт — дискомфорт», как при использовании описанного метода, так и метода Адриана составляет всего доли процента, что хорошо согласуется с классическим понятием дискомфорта как начальной стадии ослепления.

Как видно из рис. 3, получаемые по этому методу значения V_c для границы «комфорт — дискомфорт» существенно изменяют состояние зрительного анализатора и в ряде случаев обуславливают увеличение пороговой разности яркости [$\Delta B_{пор}, \% = (S-1)100$] почти на 8% [Л. 2].

Следует отметить, что при сопоставлении методов оценки слепящего действия установок уличного освещения его нельзя рассматривать изолированно от остальных параметров установки, определяющих основной критерий — видимость V [Л. 8].

Для иллюстрации вышесказанного рассмотрим три типа светильников с различными кривыми силы света, показанными на рис. 4. Светильник первого типа имеет резко ограниченное распределение силы света и прак-

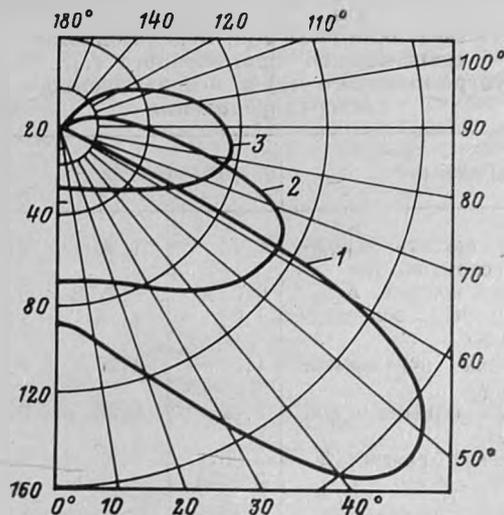


Рис. 4. Кривые силы света светильников $I_\alpha = f(\alpha)$ для условной лампы со световым потоком 1000 лм.
1 — ограниченного; 2 — полуограниченного; 3 — неограниченного светораспределения.

тически исключает возможность ослепления водителей механизированного транспорта, так как с учетом экранирования лучей кабиной автомашины освещенность на зрачке наблюдателя в этом случае равна нулю. Второй светильник имеет полуограниченное распределение силы света и в ряде случаев может создавать значительную ослепленность. Осветительный прибор третьего типа имеет неограниченное распределение силы света и представляет наибольшую «опасность» с точки зрения слепящего действия.

Допустим, что указанными светильниками оборудована установка при шаге $L = 3H$, ширине улицы $b = H = 10$ м и осевой схеме расположения осветительных приборов. Световой поток лампы во всех случаях равен 18 тыс. лм. Используя эти данные, можно рассчитать видимость объекта, находящегося между светильниками, как отношение фактического контраста K к его пороговому значению $K_{пор}$ с учетом слепящего действия и неравномерности распределения яркости дорожного покрытия:

$$V = \frac{K}{K_{пор} \cdot S_\gamma} \quad (4)$$

где γ — показатель неравномерности, учитывающий увеличение порогового контраста в результате неравномерного распределения яркости дорожного покрытия [Л. 9].

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

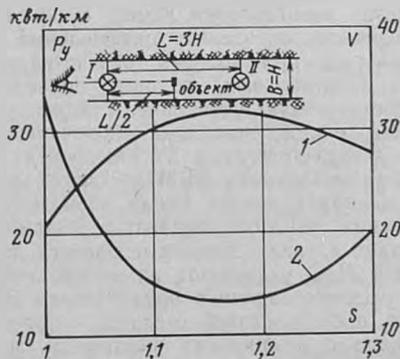


Рис. 5. Расчетные зависимости $V = f(S)$, $P_\gamma = f(S)$.
1 — $V = f(S)$ при $P_\gamma = 13,3$ квт/к.м; 2 — $P_\gamma = f(S)$ при $V = 30-32$.