

Т. 0,34



УДК 612.84:625.971.6

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Инженеры В. В. ЕФИМОВ и В. В. НАУМАН
Всесоюзный светотехнический институт

В условиях уличного освещения наряду с контрастной чувствительностью большое значение имеет такая зрительная функция, как скорость зрительного восприятия.

Изучению скорости зрительного восприятия посвящено большое количество отечественных и зарубежных работ. Их анализ позволил В. В. Мешкову сделать вывод о том, что различимость объекта заданной формы при равномерном распределении яркости в пределах всего поля зрения определяется четырьмя параметрами: яркостью фона, на которую адаптирован наблюдатель; контрастом объекта различения с фоном; угловыми размерами как всего объекта различения, так и отдельных деталей, определяющих его форму; временем фиксации. Сочетание перечисленных параметров определяет порог различимости объекта [Л. 1]. Однако следует отметить, что исследования проводились при условии, что в поле зрения наблюдателя появляются неподвижные тест-объекты, время экспозиции которых определялось величиной раскрытия подвижных створок. Водителям же механизированного транспорта в большинстве случаев необходимо различать движущиеся объекты в течение небольшого промежутка времени, обусловленного в настоящее время высокой скоростью и большой плотностью движения машин.

Различение движущихся объектов — более сложная зрительная задача, чем различение неподвижных объектов, так как различение возможно лишь тогда, когда изображение остается на сетчатке относительно неподвижным на время, необходимое для его восприятия, что достигается при помощи следящих движений глаз. Видимо, в этом случае порог различения объекта будет зависеть не только от четырех вышеуказанных параметров, но также и от состояния глазодвигательного аппарата наблюдателя, способности проследить движущийся объект и других факторов. Поэтому представляет интерес сопоставление зрительных задач первой и второй групп для относительной оценки степени трудности их разрешения.

Для этой цели была смонтирована установка, аналогичная описанной ранее [Л. 2], но со специально разработанной электрической схемой с использованием элементов автоматики, которая обеспечивает более высокую точность эксперимента и в значительной степени ускоряет его проведение. Электрическая схема этой установки представлена на рис. 1.

Установка позволяла определить: влияние контраста объекта с фоном на скорость зрительного восприятия подвижных объектов; влияние углового размера объекта на скорость зрительного восприятия подвижных объектов; влияние спектрального состава новых

источников света (лампы ДРИ и натриевые лампы высокого давления) на скорость зрительного восприятия.

Для определения степени влияния контраста объекта с фоном и углового размера объекта на скорость зрительного восприятия были проведены две серии опытов. Методика проведения экспериментов аналогична описанной ранее [Л. 2].

В первой серии выявлялось влияние контраста объекта с фоном на скорость различения подвижных объектов. В качестве объекта различения использовались кольца Ландольта с угловым размером разрыва $10'$ и контрастами с фоном, равными 0,11, 0,25, 0,42 и 0,94. Уровни яркости фона составляли 0,5, 1,0 и 2,0 нт. Измерения проводились пятью тренированными наблюдателями с нормальным зрением в возрасте от 17 до 32 лет. Данные отдельных наблюдений отличались не более чем на 23%, поэтому обработка экспериментальных данных производилась для всех наблюдателей одновременно. Среднее квадратичное отклонение, выраженное в процентах от среднего арифметического, для каждого наблюдателя колебалось в пределах от 2,3 до 7%.

Обработка экспериментальных данных производилась, исходя из вероятности обнаружения направления

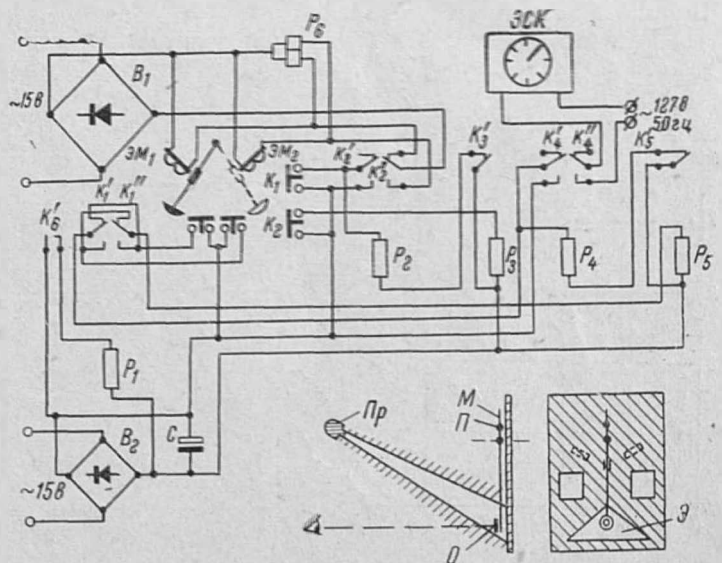


Рис. 1. Экспериментальная установка с электрической схемой. В — выпрямитель; ЭМ — электромагнит; Р — реле; ЭСК — электросекундомер; Э — экран; О — тест-объект; М — маятник; П — противовес; Пр — проектор.

Таблица 1

Контраст объекта с фоном, κ	Время различения неподвижного объекта, $P=0,99$ (расчет), при яркости фона, $нт$		Время различения подвижного объекта, $P=0,99$ (эксперимент), при яркости фона, $нт$	
	1,0	2,0	1,0	2,0
0,94	21,6	12,5	300	262
0,71	30,1	17,4	322	276
0,42	58,2	31,9	374	320
0,25	135	63,4	425	353
0,11	—	—	485	388

разрыва кольца Ландольта $P=0,99$. Используя кривые $P=f(t)$ и принимая $P=0,99$, можно было получить значения скорости зрительного восприятия для всех вариантов изменения яркости фона и контрастов. Эти результаты представлены на рис. 2. В табл. 1 приведены значения времени t , $мсек$, соответствующие различению направления разрыва кольца с вероятностью $P=0,99$. Для сравнения в табл. 1 указаны также значения времени различения неподвижных объектов для той же вероятности различения, рассчитанные с помощью уравнения, рекомендованного Л. Т. Беловой [Л. 3], поскольку проведенные нами предварительные эксперименты показали полную возможность использования этого выражения для наших условий,

$$\frac{1}{t} = \frac{\lg l}{v \lg \left(\frac{V}{V-1} \right)}, \quad (1)$$

где $V = \kappa / \kappa_{пор}$; κ — контраст объекта с фоном; $\kappa_{пор}$ — пороговый контраст обнаружения объекта при неограниченном времени наблюдения; v — время инерции (эффективное время сохранения зрительного возбуждения), зависящее от яркости фона и угловых размеров объекта различения.

Пороговый контраст был определен при помощи выражения [Л. 4]

$$\kappa_{пор} = \frac{1 + 0,68\gamma}{b B_{\phi}^{1-a}}, \quad (2)$$

где B_{ϕ} — яркость фона, $нт$; a , b — коэффициенты, зависящие от углового размера объекта и яркости фона. В условиях эксперимента $a=0,52$; $b=11,5$; γ — постоянная, зависящая от вероятности обнаружения объекта. В условиях эксперимента $\gamma=1,65$.

При расчете скорости различения величина v находилась по кривой $v=f(B_{\phi})$, полученной А. В. Луизо-

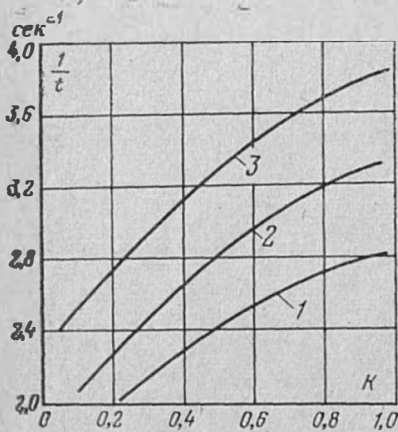


Рис. 2. Скорость зрительного восприятия в функции контраста для подвижного объекта наблюдения ($\alpha=10'$).
1 — $B_{\phi}=0,5$ нт; 2 — 1,0 нт; 3 — 2,0 нт.

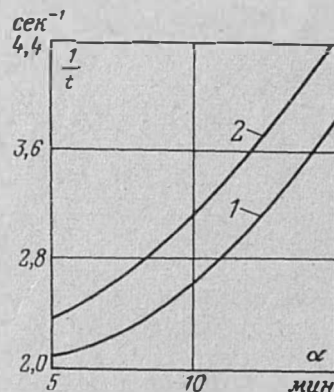


Рис. 3. Скорость зрительного восприятия в функции углового размера подвижного объекта наблюдения ($K=0,42$).
1 — $B_{\phi}=1,0$ нт; 2 — 2,0 нт.

вым для объектов с угловым размером $\alpha=5,5+11'$ [Л. 5].

Анализ данных рис. 2 и табл. 1 показал, что в условиях различения подвижного объекта наблюдение изменение контраста вызывает значительно меньшее нарастание скорости различения, чем при аналогичных вариациях контраста в случае различения неподвижных объектов. Так, например, при изменении контраста от 0,25 до 0,94 ($B_{\phi}=1,0$ нт) скорость различения возрастает в 1,42 раза для подвижных объектов, а при неподвижном объекте различения — в 6,25 раз.

Во второй серии оценивалось сравнительное влияние изменения углового размера объекта на скорость различения подвижного и неподвижного объекта. Для этой цели использовалось кольцо Ландольта с угловыми размерами разрыва: $\alpha_1=5'$, $\alpha_2=10'$, $\alpha_3=15'$ и контрастом объекта с фоном 0,42. Эксперименты проводились при яркости фона 1,0 и 2,0 нт. Результаты эксперимента приведены на рис. 3. Разброс данных отдельных наблюдателей и среднее квадратичное отклонение, выраженное в процентах от среднего арифметического, находятся в тех же пределах, что и в первом случае.

Значения времени t , $мсек$, соответствующие скорости различения объектов с различными угловыми размерами с вероятностью $P=0,99$, приведены в табл. 2. Для сравнения в табл. 2 даны также значения t для неподвижных объектов ($P=0,99$), рассчитанные по выражениям (1) и (2). Значения коэффициентов a и b , а также соответствующие им величины $\kappa_{пор}$ указаны в табл. 3.

Анализ данных рис. 3 и табл. 2 показал, что рост углового размера объекта наблюдения ведет к неодинаковому снижению сложности зрительных задач различения подвижных и неподвижных объектов наблюдения. Так, например, увеличение углового размера объекта в 2 раза увеличивает скорость зрительного восприятия в 3 раза (различение неподвижного объекта), в то время как при различении подвижных объектов увеличение углового размера объекта дает увеличение скорости зрительного восприятия всего в 1,3 раза.

Значительное повышение порога различения при подвижном объекте, видимо, объясняется тем, что следящая система глаза не обеспечивает необходимой фиксации движущегося объекта в области центральной ямки сетчатки. При прослеживании глаз повторяет движение объекта с несколько меньшей скоростью и с запаздыванием, соответствующим времени первичной двигательной реакции глаза 0,1—0,2 сек [Л. 6]. В ре-

Таблица 2

Угловой размер объекта различения	Время различения неподвижного объекта, $P=0,99$ (расчет), при яркости фона, $нт$		Время различения подвижного объекта, $P=0,99$ (эксперимент), при яркости фона, $нт$	
	1,0	2,0	1,0	2,0
$\alpha_1=5'$	191	85,5	485	443
$\alpha_2=10'$	58,2	31,9	374	320
$\alpha_3=15'$	31,4	20,8	264	215

Таблица 3

α	a	b	$\kappa_{пор}$ при яркости фона, $нт$	
			1,0	2,0
5'	0,53	5,5	0,386	0,267
10'	0,48	11,5	0,185	0,132
15'	0,46	17	0,125	0,091

Таблица 4

Контраст объекта с фоном	$V_{\Phi}=0,5 \text{ нт}$			$V_{\Phi}=1,0 \text{ нт}$			$V_{\Phi}=2,0 \text{ нт}$		
	ЛН	ДРИ	НВД	ЛН	ДРИ	НВД	ЛН	ДРИ	НВД
0,94	358	330	318	300	270	264	262	234	220
0,42	438	403	397	374	348	342	320	285	278
0,25	487	462	458	425	400	395	353	339	334

зультате происходит смещение изображения объекта из области центральной ямки сетчатки. Перемещение изображения по сетчатке приводит к его «размыванию» и снижению контраста, а так как скорость восприятия зависит от контраста, то его уменьшение приводит к увеличению порога различения.

В третьей серии изучалось влияние спектрального состава новых источников света на скорость зрительного восприятия. Для этой цели экран освещался попеременно лампой ДРИ мощностью 250 вт отечественного производства и лампой НВД фирмы «Дженерал Электрик» мощностью 400 вт, установленными в софитах. Методика проведения экспериментов и состав наблюдателей оставался прежним. Порядок предъявления различных положений кольца с угловым размером разрыва $10'$, а также последовательность освещения экрана исследуемыми источниками света непрерывно изменялись в процессе эксперимента. Разброс показаний отдельных наблюдателей не превышал 20%, поэтому обработка данных производилась для всех наблюдателей одновременно. Среднее квадратичное отклонение, выраженное в процентах от среднего арифметического, для каждого наблюдателя колебалось в пределах от 2,4 до 6,8%.

В табл. 4 и на рис. 4 приведены средние значения времени t , мсек, определения направления разрыва

*Т. 0,35
р. 0,03*



кольца Ландольта ($P=0,99$) в случаях использования ламп накаливания (ЛН), ДРИ и НВД.

Анализ данных табл. 4 и рис. 4 показал, что с точки зрения скорости зрительного восприятия натриевые лампы высокого давления и ДРИ имеют некоторое преимущество перед лампами накаливания, что особенно ярко выражается при больших контрастах. Так, для $V_{\Phi}=2 \text{ нт}$ и $K=0,42$ лампы НВД обеспечивают на 16% и лампы ДРИ на 13% большую скорость зрительного восприятия, чем лампы накаливания. При малых контрастах это отличие незначительно. Полученные результаты хорошо согласуются с проведенными ранее исследованиями для ламп ДРЛ и натриевых ламп низкого давления [Л. 7—9]. Однако, насколько нам известно, для новых источников света аналогичные исследования за рубежом не проводились и поэтому осуществлять количественное сопоставление результатов нельзя.

Литература

1. Мешков В. В. Осветительные установки. Госэнергоиздат, 1947.
2. Островский М. А. «Светотехника», 1962, № 11.
3. Белова Л. Т. «Светотехника», 1966, № 7.
4. Мешков В. В. Основы светотехники, ч. 2. Госэнергоиздат, 1961.
5. Луизов А. В. Инерция зрения. Оборонгиз, 1951.
6. Ярбус А. Л. Биофизика, т. 7, 1962, № 1.
7. Luckiesh M., Moss F. K. Trans. Ill. Eng. Soc., 1936 v. XXXI.
8. Jainski P. «Lichttechnik», 1950, № 7.
9. Флодина Т. Л. «Светотехника», 1969, № 6.

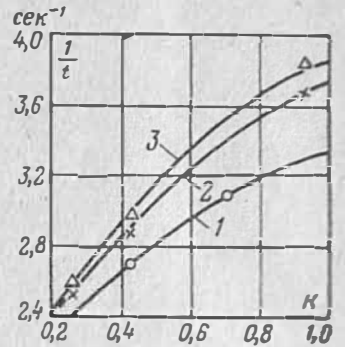


Рис. 4. Скорость зрительного восприятия в функции контраста для различных источников света ($V_{\Phi}=1,0 \text{ нт}$). 1 — лампа накаливания; 2 — ДРИ; 3 — НВД.

УДК 621.327

ПАТ [redacted]

тем. тв. а.

А [redacted]

Л п к

с с
сп с у
с е м
с