Доклады Академии наук СССР
1955. Том 103, № 5

БИОФИЗИКА

А. В. ЛУИЗОВ и Ю. М. КУЗНЕЦОВА

ЗАВИСИМОСТЬ ПОРОГОВОГО БЛЕСКА ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОБЛЕСКА ПРИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОМ ЗРЕНИИ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 30 V 1955)

Литературные данные по вопросу о видимости проблесковых огней при наблюдении периферическим зрением противоречивы. Одни авторы считают, что произведение интенсивности световой вспышки на ее длительность имеет минимум при некоторой длительности проблеска, но Пьерон (1) находит этот минимум при длительности 0,002 сек., В. И. Федорова и М. А. Грушецкая (2) — около 0,005 сек., Н. А. Вишневский и Б. А. Цырлин (3) — около 0,05 сек., А. Б. Шехтман (4) не обнаруживает никакого минимума и находит, что вышеуказанное произведение линейно возрастает с увеличением длительности; такой вид зависимости совпадает с найденным для центрального зрения Блонделем и Реем (5). Но постоянная времени — эффективное время сохранения зрительного впечатления,— которую мы обозначаем символом ϑ, у Шехтмана (для периферического зрения) получалась равной 0,012 сек., в то время как Блондель и Рей (для центрального зрения) получили $\vartheta = 0{,}21$ сек.

Нужно сказать, что Пьерон и Федорова и Грушецкая работали не с точечными, а с протяженными источниками света, а Шехтман и Вишневский и Цырлин брали очень узкие интервалы длительности: Шехтман только до 0,067 сек., Вишневский и Цырлин до 0,5 сек.

Целью нашей работы было найти для периферического зрения пороговый блеск * E как функцию длительности проблеска τ и времени пребывания наблюдателя в темноте t (т. е. продолжительности темновой адаптации).

Сначала пороговый блеск в зависимости от τ определялся при полной (точнее, практически полной) темновой адаптации. Измерения начинались через 50—60 мин. после помещения наблюдателя в темную камеру. Наблюдателю предлагалось фиксировать слабую красную фиксационную точку. На расстоянии 7° от нее происходили вспышки заданной длительности τ. Экспериментатор предупреждал наблюдателя словом «внимание», и наблюдатель отвечал, увидел ли он световую вспышку или нет. Каждое измерение состояло из 20 сигналов «внимание», но только 10 из них сопровождались появлением вспышек на экране. Последовательность истинных (т. е. сопровождаемых вспышками) и «ложных» сигналов была беспорядочной, и, таким образом, правильность ответов можно было контролировать. Вероятность P увидеть вспышку считалась равной 100%, когда наблюдатель давал 20 правильных ответов, и равной 0 при 10 правильных ответах. Следует учесть, что если наблюдатель совершенно не видел вспышек и отвечал 20 раз «нет», то 10 из его ответов оказывались правильными.

* Мы называем блеском освещенность, которую точечный источник света создает на зрачке наблюдателя; количеством блеска — произведение блеска на длительность проблеска.

Для каждой длительности τ снималась кривая зависимости P от блеска вспышки. Пороговыми считался блеск E, соответствующий значению $P = 50\%$. Каждое измерение с каждым наблюдателем повторялось по 5 раз. Для каждой длительности τ пороговое количество блеска Y' находили как произведение $Y' = E\tau$ и делили его на $E_{2,5}$, где $E_{2,5}$ — пороговое количество блеска для данного наблюдателя при $\tau = 2{,}5$ сек.

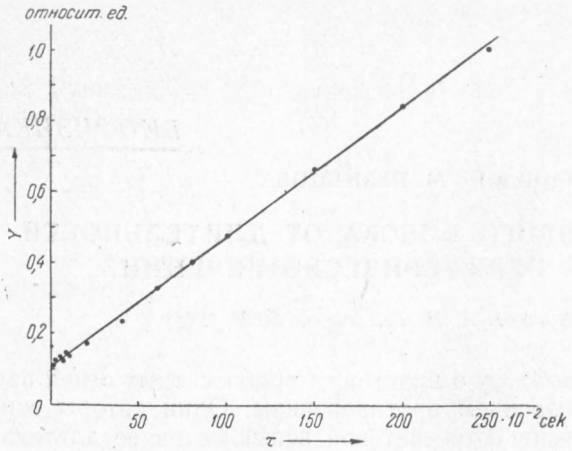


Рис. 1. Средняя кривая для 5 наблюдателей

По всем 5 участвовавшим в опытах наблюдателям усреднялись значения порогового количества блеска Y, выраженные в относительных единицах. В табл. 1 Y_1, Y_2, ..., Y_5 — пороговые количества блеска для каждого из 5 наблюдателей, $Y_{ср}$ — среднее пороговое количество блеска. На рис. 1 средние данные изображены графически. Экспериментальные точки достаточно хорошо ложатся на прямую, уравнение которой

$$Y = 0{,}115 + 0{,}36\,\tau,$$

где τ выражено в секундах.

Таблица 1

τ в сек·10²	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	$Y_{ср}$
1	0,1243	0,1901	0,0485	0,0904	0,1127	0,1132
2	0,1424	0,1669	0,0665	0,1127	0,1267	0,1230
4	0,1677	0,1449	0,0759	0,1156	0,1476	0,1303
6	0,1543	0,1122	0,0796	0,1173	0,1622	0,1251
8	0,1953	0,1475	0,0923	0,1240	0,1486	0,1415
10	0,1841	0,1466	0,0935	0,1172	0,1486	0,1380
20	0,1582	0,2150	0,0940	0,2006	0,2138	0,1763
40	0,2045	0,3026	0,1751	0,2080	0,2979	0,2376
60	0,2535	0,4695	0,2626	0,2947	0,3718	0,3304
80	0,3959	0,5402	0,3198	0,3689	0,4524	0,4154
100	0,3927	0,5448	0,4484	0,4741	0,5155	0,4751
150	0,6414	0,6738	0,6725	0,6909	0,6505	0,6658
200	0,8610	0,8346	0,7293	0,8552	0,8379	0,8236
250	1	1	1	1	1	1

Так как общий вид подобных прямых (6)

$$Y = E_\infty \vartheta + E\tau, \qquad (1)$$

легко найти, что $E_\infty = 0{,}36$, $\vartheta = 0{,}32$ сек. Здесь E_∞ — пороговый блеск при очень длительном проблеске ($\tau = \infty$), выраженный в относительных единицах, а именно

$$E_\infty = \frac{E'_\infty}{2{,}5\,E_{2,5}}, \qquad (2)$$

где E'_∞ — тот же пороговый блеск при $\tau = \infty$ в микролюксах, а $E_{2,5}$ — пороговый блеск при $\tau = 2{,}5$ сек. в микролюксах. В наших измерениях

мы получили как среднее (геометрическое) для 5 наблюдателей $E_{2,5} = 0{,}0046$ μлюкс. Отсюда $E_\infty = 0{,}0042$ μлюкс (см. формулу (2)).

После того как линейный характер зависимости между пороговым количеством блеска и длительностью для периферического зрения был установлен, мы приступили к выяснению зависимости E_∞ и ϑ от времени

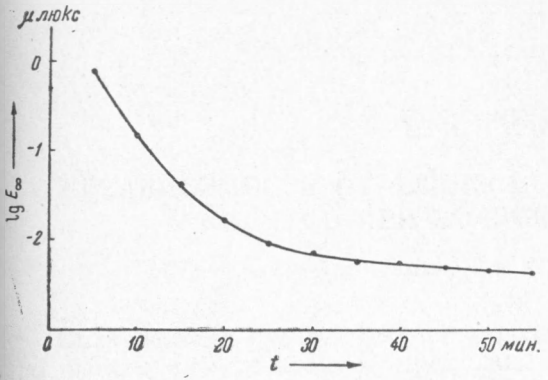


Рис. 2

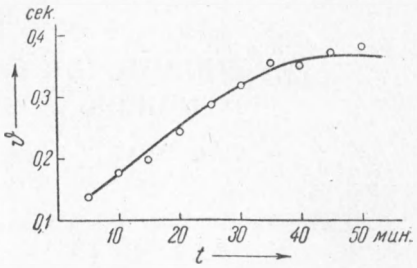


Рис. 3. Средняя кривая для 3 наблюдателей

адаптации t. Для этого адаптационная кривая снималась в каждой серии наблюдений дважды: по вспышкам длительностью в 0,1 и 1 сек. Перед снятием каждой кривой глаза наблюдателя в течение 10 мин. засвечивались яркостью 20 000 асб. Каждая кривая снималась для каждого из 3 наблюдателей по 5 раз, и затем измерения усреднялись. Две кривые зависимости E от t при $\tau = 0{,}1$ сек. и $\tau = 1$ сек. давали для любого t две точки на прямой, изображаемой формулой (1), т. е. определяли прямую и позволяли вычислить E_∞ и ϑ. Графики зависимости E_∞ и ϑ от t представлены на рис. 2 и 3.

Пользуясь формулой (1) и беря параметры E_∞ и ϑ из графиков рис. 2 и 3, можно вычислить пороговый блеск E проблескового огня, наблюдаемого периферическим зрением при любом времени адаптации и любой длительности проблеска.

Поступило
27 V 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] H. Piéron, C. R., **170**, 1203 (1920). [2] В. И. Федорова, М. А. Грушецкая, Журн. прикладной физ., **1**, в. 1—4, 154 (1924). [3] Н. А. Вишневский, Б. А. Цырлин, Тр. 1-й конференции по физиолог. оптике, Изд. АН СССР, 1936, стр. 99 и 115. [4] А. Б. Шехтман, Изв. Физ. инст., **1**, в 2, 71 (1920). [5] A. Blondel, J. Rey, J. de Phys., **1**, 530 (1911). [6] А. В. Луизов, ДАН, 98, № 1, 55 (1954).