

А. В. ЛУИЗОВ

## ВОСПРИЯТИЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЯРКОСТИ

(Представлено академиком В. П. Линником 15 VI 1953)

В работе <sup>(1)</sup> мы изучали способность глаза улавливать изменение яркости, происходящее скачком, по всему освещенному полю. Контрастом во времени  $A$  мы назвали отношение изменения яркости  $\Delta B$  к первоначальной яркости  $B_0$ . Минимальное еще уловимое глазом значение величины  $A$  было названо пороговым контрастом во времени  $\alpha$ .

В настоящей работе мы производили изменение яркости по всему освещенному полю только на короткое время  $\tau$ . Наблюдатель замечал короткое изменение яркости, мелькание.

При некотором  $\tau$  данное изменение яркости становилось едва заметным, доходило до порога различения. Задачей работы было установить на пороге различения зависимость между предъявленным контрастом во времени  $A$  и длительностью  $\tau$  существования изменения яркости, соответствующего контрасту  $A$ .

Работа была проведена на установке, схематически изображенной на рис. 1. Наблюдатель, находящийся в темной камере  $C$ , через наглазник  $V$  смотрит на матовое стекло  $S$ , прижатое к отверстию в стенке камеры. Круглое отверстие позволяет видеть участок стекла с угловым диаметром  $14'$ . Стекло может освещаться двумя осветителями  $L_1$  и  $L_2$ . Диагональная грань кубика  $R$  покрыта полупрозрачным слоем алюминия. Точкой  $Q$  обозначено место, где получалось действительное изображение нити лампы осветителя  $L_1$ . В этом месте свет мог быть почти мгновенно прерван заслонкой  $P$ , прикрепленной на конце маятника, повешенного над точкой  $Q$ .

При определении зависимости между  $A$  и  $\tau$  осветитель  $L_2$  оставался закрытым заслонкой  $D$ . Осветитель  $L_1$  создавал на стекле  $S$  постоянную яркость  $B_0$ , равную 20 асб. Таким образом, наблюдатель на совершенно темном фоне видел только одно светлое пятно диаметром в  $14'$  и яркостью в 20 асб. В какой-то момент времени пучок в точке  $Q$  пересекался заслонкой  $P$ , сделанной из желатинового светофильтра, пропускание которого было  $T$ . Эта заслонка на время своего прохода через пучок создавала контраст  $A$ , легко определяемый по формуле

$$A = 1 - T.$$

Время прохождения  $\tau$  зависело от длины заслонки и от первоначального отклонения маятника, а при данной заслонке только от отклонения

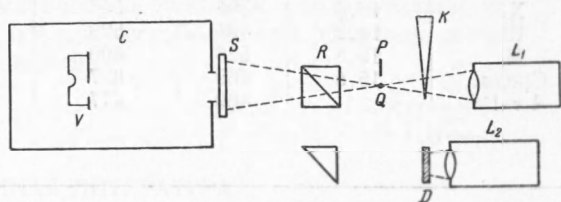


Рис. 1

маятника. Наблюдателя предупреждали о предстоящем спуске маятника, и он должен был сразу сказать видел ли он мелькание. Контроль правильности ответов наблюдателя производился так же, как и при определении величины  $\alpha$  (1). Пороговым значением  $\tau$  считалось то, при котором наблюдатель давал 80% правильных ответов.

Мы провели измерения с 5 заслонками, которые создавали контрасты  $A$ , равные 100, 76, 46, 27 и 23%.

Кроме того, мы определяли величину порогового контраста во времени  $\alpha$ , для чего и служил осветитель  $L_2$ . Здесь он создавал основную яркость  $B_0$ , а осветитель  $L_1$ , свет которого ослаблялся клином  $K$  и светофильтрами, давал добавочную яркость  $\Delta B$ . Большая полностью непрозрачная заслонка в некоторый момент прерывала поток от осветителя  $L_1$  и таким образом создавала скачок яркости матового стекла  $S$  на величину  $\Delta B$ . В работе участвовало 4 наблюдателя. Средние результаты для многократных измерений приведены в табл. 1.

Значения  $\tau \cdot 10^5$

Таблица 1

Наблюдатель	$\alpha \cdot 100$	A				
		1	0,76	0,46	0,27	0,23
К.	19,6	521	675	1260	2520	3600
Х.	10,6	396	543	1030	1900	2400
Ш.	16,2	434	599	1040	1870	2510
М.	15,8	526	690	1320	2550	3250
Средн.	15,6	469	627	1160	2210	2940
$A \tau \cdot 10^5$		469	477	534	597	676

Таблица 2

Наблюдатель	$\alpha \cdot 100$	$\Phi \cdot 1000$	A · 100				
			100	76	46	27	23
К.	19,6	24,1	100	81,2	51,8	34,8	29,7
Х.	10,9	32,5	100	76,0	45,3	29,5	25,7
Ш.	16,2	22,5	100	76,9	51,2	35,6	30,7
М.	15,8	28,0	100	79,9	49,4	33,1	29,4
Средн.	15,6	26,8	100	78,5	49,4	33,3	28,9
$\Delta A \cdot 100$				2,5	3,4	6,3	5,9
$\frac{\Delta A}{A} \cdot 100$				3,4	7,4	23,3	25,6

Линейная зависимость

$$\Phi = \frac{1-\alpha}{\alpha} \tau_1; \quad A = \alpha \left( i + \frac{\Phi}{\tau} \right); \quad \left( \frac{\Delta A}{A} \right)_{\text{средн}} = 0,149$$

К.	19,6	24,1	100	81,2	51,8	34,8	29,7
Х.	10,9	32,5	100	76,0	45,3	29,5	25,7
Ш.	16,2	22,5	100	76,9	51,2	35,6	30,7
М.	15,8	28,0	100	79,9	49,4	33,1	29,4
Средн.	15,6	26,8	100	78,5	49,4	33,3	28,9
$\Delta A \cdot 100$				2,5	3,4	6,3	5,9
$\frac{\Delta A}{A} \cdot 100$				3,4	7,4	23,3	25,6

Экспоненциальная зависимость

$$\Phi = \frac{\tau_1}{-\ln(1-x)}; \quad A = \frac{\alpha}{1 - e^{-\frac{\tau}{\Phi}}}; \quad \left( \frac{\Delta A}{A} \right)_{\text{средн}} = 0,026$$

К.	19,6	26,6	100	79,4	47,1	29,1	24
Х.	10,9	34,2	100	74,2	41,9	25,5	21,6
Ш.	16,2	24,5	100	74,8	47,0	30,4	25,3
М.	15,8	30,6	100	78,2	45,3	27,9	24,2
Средн.	15,6	29,0	100	76,7	45,3	28,2	23,8
$\Delta A \cdot 100$				0,7	0,7	1,2	0,8
$\frac{\Delta A}{A} \cdot 100$				1,0	1,5	4,4	3,5

На основании своих предыдущих работ (2-5) мы сделали попытку найти зависимость воспринимаемой яркости (6) от действующей на глаз переменной во времени яркости. Искомая зависимость определяется одной функцией, относительно вида которой мы сделали два предположения. Работы Блонделя и Рея (7) приводят к функции, вытекающую из которой зависимость мы условно назвали «линейной». Аллар (8) для расчета видимости световых вспышек пользуется функцией, дающей экспоненциальную зависимость.

В применении к вопросу о видимости объектов при кратких экспозициях (3, 4) мы нашли, что экспоненциальная зависимость лучше удовлетворяет экспериментальным данным. Там речь шла о чувствительности к контрасту в обычном смысле этого слова (к контрасту в пространстве).

Чтобы выяснить в какую из зависимостей лучше укладываются данные этой работы, мы вычислили по  $\tau$ , соответствующему  $A = 1$ , и  $\alpha$  эффективное время сохранения зрительного впечатления  $\vartheta$ . Затем по найденному  $\vartheta$  и каждому  $\tau$  мы вычислили контраст во времени  $A_1$  и сравнили его с фактически предъявлявшимся наблюдателю контрастом  $A$ . Такой расчет мы провели по обеим формулам и получили возможность сравнить отклонения вычисленных по обеим формулам величин  $A_1$  от непосредственно измеренных контрастов  $A$ . Результаты вычислений приведены в табл. 2.

Экспоненциальная зависимость дает контрасты  $A_1$  значительно более близкие к истинным, чем контрасты, вычисленные по «линейной» зависимости. Правда, относительная погрешность неуклонно возрастает при переходе от больших контрастов к малым. Это показывает, что и экспоненциальная формула приводит к систематической ошибке и, следовательно, отнюдь не совершенна. Все же она, по видимому, более пригодна для расчетов, чем формула линейной зависимости.

Поступило  
27 I 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. В. Луизов, ДАН, 70, № 5, 829 (1950). <sup>2</sup> А. В. Луизов, Проблемы физиологической оптики, 4, 108 (1947). <sup>3</sup> А. В. Луизов, ДАН, 57, № 8, 779 (1947). <sup>4</sup> А. В. Луизов, ДАН, 60, № 3, 379 (1948). <sup>5</sup> А. В. Луизов, ДАН, 63, № 1, 29 (1948). <sup>6</sup> А. В. Луизов, Природа, № 9, 13 (1947). <sup>7</sup> A. Blondel, J. Rey, J. de Phys., 1, 530 (1911). <sup>8</sup> M. Allard, Mémoire sur l'intensité et la portée des phares, Paris, 1870.