

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Г. Н. РАУТИАН

НОВЫЙ АНОМАЛОСКОП

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 8 V 1950)

В трудах I Всесоюзной конференции по физиологической оптике (1) был описан аномалоскоп, созданный Л. И. Демкиной при участии Н. Д. Нюберга, изученный позднее И. Е. Барбелем (2). Все последующее развитие приборов для исследования дефектов цветного зрения (3)шло в разнообразных направлениях, но не по намеченному тогда пути.

Ниже приводится описание нового аномалоскопа аналогичного типа и некоторые полученные на нем результаты.

Основная идея прибора определяется как раздельное (порознь) испытание чувствительности каждого из трех юнговских приемников глаза путем постепенно изменяющегося воздействия на один испытуемый приемник при постоянстве воздействия на два других. Такое испытание нельзя не рассматривать как поставленное в особо четкие, чистые условия.

Испытания построены на изменении цвета одного из двух сопоставленных в приборе полуполей, которое происходит так, чтобы при этом изменялось воздействие только на один какой-нибудь из трех приемников \*.

При испытании фиксируется момент, когда сознание сможет констатировать наступившее изменение цвета полуполя. Таким образом, здесь устанавливается в том или другом выражении (смотря по характеру градуировки прибора) величина порога цветоразличения, и этим дается непосредственная характеристика чувствительности этого приемника.

Рис. 1 поясняет принцип действия аномалоскопа. Цвета  $\mathbf{Ц}_1$ ,  $\mathbf{Ц}_2$ ,  $\mathbf{Ц}_3$ ,  $\mathbf{Ц}_4$  представлены здесь векторами, отнесенными к осям  $R$ ,  $G$ ,  $B$  основной физиологической координатной системы. Уникальной особенностью последней по сравнению с другими, линейно связанными с нею координатными системами является то, что составляющие цветовых векторов по ее осям пропорциональны воздействиям, испытываемым каждым из трех приемников глаза. Это мотивирует выбор ее в данном случае.

Из трех координат  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $\gamma_1$  цвета  $\mathbf{Ц}_1$  в выражении

$$\mathbf{Ц}_1 = \alpha_1 \vec{R}_0 + \beta_1 \vec{G}_0 + \gamma_1 \vec{B}_0$$

\* В этом — коренное отличие нового аномалоскопа от описанного Хоустоном (4) устройства, в котором определение порогов цветоразличения было построено совершенно бессистемно.

две координаты, например  $\beta_1$  и  $\gamma_1$ , сохраняются постоянными у всех цветов  $\mathbb{U}_2$ ,  $\mathbb{U}_3$ ,  $\mathbb{U}_4$  (изображающих собой на рис. 1 различные стадии изменения цвета  $\mathbb{U}_1$  в приборе), переменной же является только первая координата  $\alpha$ , определяющая собой воздействие на приемник, отвечающий оси  $R$ . Иначе, направления, в которых должны изменяться начальные цвета при всех трех испытаниях, должны быть параллельны соответствующим осям основной физиологической системы. Очевидно, что знание этих осей имеет здесь решающее значение.

Кстати будет отметить, что когда для расчета цвета аномалоскопа нами была применена основная физиологическая система, предложенная в 1943—1944 гг. Джеддом (5), прибор отказался действовать, демонстрируя на практике неправильность этой системы.

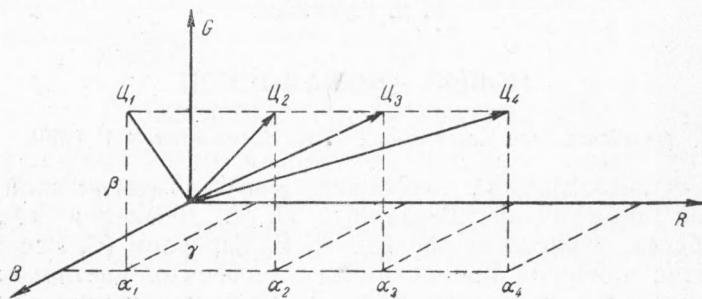


Рис. 1

Сейчас, в результате работ Е. Н. Юстовой (6) мы имеем значительно более точное знание осей основной физиологической системы, а тем самым и спектральных кривых чувствительности приемников глаза, чем в 1934 г., когда в распоряжении создателей аномалоскопа имелась лишь неточная (но все же более точная, чем у Джедда) система Кениг-Айвса. Соответственно и построение испытаний может быть поставлено теперь на основе точного расчета с уверенным соблюдением условия о постоянстве воздействия на два приемника из трех.

Схема внутреннего устройства нового аномалоскопа представлена на рис. 2. Цвет одного из полуполей, наблюдаемых в окуляр, определяется тем или другим из светофильтров  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$ , располагаемым в пучке I между линзами  $L_1$ ,  $L_2$ , которые проектируют участок стенки диффузного осветителя О на белый экран  $\mathbb{E}_1$ . Переменный свет другого полуполя определяется положением подвижной рамки Р с шестью светофильтрами перед отверстием линз  $L'$ ,  $L''$  в пучке II, которые аналогичным образом проектируют тот же участок осветителя О на экран  $\mathbb{E}_2$ . Три из этих шести светофильтров повторяют в точности светофильтры  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$  из пучка I и в начале каждого испытания располагаются поочередно между линзами  $L'$ ,  $L''$ . Таким образом, испытание начинается всякий раз с наблюдения двух полуполей, освещенных физически совершенно тождественно. Какими дефектами ни обладал бы глаз испытуемого, он не сможет не констатировать в этих условиях полного визуального равенства обоих полуполей. Один и тот же начальный отсчет по шкале прибора таким образом обеспечен; он может быть приравнен нулю, поскольку ему отвечает нулевое различие по цвету. В этом заключается одна из оригинальных особенностей описываемого аномалоскопа.

Остальные три из шести светофильтров:  $\Phi'$ ,  $\Phi''$ ,  $\Phi'''$  определяют собой окончательные цвета трех испытаний, когда они располагаются целиком перед отверстием линз  $L'$ ,  $L''$  в пучке.

Все промежуточные цвета могут быть получены при промежуточных положениях передвижной рамки, когда в пучке II одновременно

оказываются частью своей площади какой-нибудь из светофильтров  $\Phi'$ ,  $\Phi$ ,  $\Phi''$  и частью соответствующий ему светофильтр, одинаковый с  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$ . Эти изменения цвета достигаются путем соответствующего перемещения рамки  $P$  со светофильтрами при вращении соответствующей рукоятки. Переход от одного испытания к другому получается при вращении барабана с метками  $1$ ,  $2$  и  $3$ . Деления перемещающейся при вращении рукоятки круговой шкалы отсчитываются в застекленном оконце.

Такой отсчет позволяет фиксировать (прежде всего в делениях шкалы) величину первого порога цветоразличения, т. е. еле заметного для испытуемого различия между обоими полуполями. Средние данные для группы нормальных наблюдателей дают переход к количе-

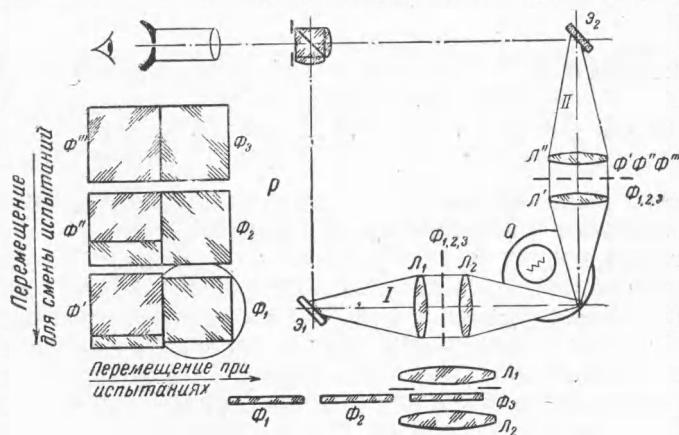


Рис. 2

ственному выражению остроты цветоразличения в порогах, отвечающих норме.

Возможна градуировка шкалы прибора также и в составляющих  $R$ ,  $G$ ,  $B$  по осям основной физиологической системы, и тогда показаниями прибора устанавливается относительная величина порогового воздействия:  $\Delta R/R$ ,  $\Delta G/G$ ,  $\Delta B/B$ .

Если выбор начального цвета (т. е. светофильтров  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$ ) во всех трех испытаниях может быть в значительной мере произвольным, то в отношении конечных цветов, определяемых светофильтрами  $\Phi'$ ,  $\Phi''$ , имеем указанное ранее условие о постоянстве двух каких-нибудь координат из трех ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) на протяжении всего данного испытания. Подбор конечных цветов, удовлетворяющих этому условию, сильно облегчается при применении светофильтров, скомбинированных по площади из двух разных стекол, например для пурпурово-красного — из красного и синего стекла (ср. рис. 2). В этом заключается другая оригинальная особенность нового аномалоскопа.

Ход испытаний на новом аномалоскопе элементарно прост и весьма кратковременен. Прибор подготавливается к соответствующему испытанию установкой барабана на ту или другую метку. Испытуемый видит при этом в окуляре квадратное поле однородного начального цвета, разделенное пополам чертой. Все, что требуется от испытуемого, это — дать сигнал, как только он заметит начало изменения цвета в одном из полуполей, в то время как испытующий плавно вращает рукоять, передвигающую рамку. Такое отдельное испытание занимает не более 3 секунд. Повторение испытаний от 3 до 5 раз позволяет получить надежное среднее значение порогового отсчета ( $m$ ). Если значение, принятое за норму ( $m_0$ ), разделить на  $m$ , то получается

характеристика чувствительности испытывавшегося приемника, т. е. коэффициент повышения ( $m_0/m > 1$ ) или понижения ( $m_0/m < 1$ ) его чувствительности по сравнению с нормой. Проведение полного испытания одного лица, включая предварительные пояснения и запись результатов, требует около 5 минут. Прибор, таким образом, особо пригоден для массовых испытаний.

В заключение приводим некоторые наблюдения, полученные на аномалоскопе при его испытании.

а) Для исследования влияния цветовой адаптации на величину первого порога был привлечен наблюдатель с нормальным цветоразличением, для которого получились следующие, средние из 10 показаний, значения величины порога после пятисекундной и после двухминутной предварительной фиксации поля зрения (для испытания *B* — даже щестиминутной).

Испытание <i>R</i>	Испытание <i>G</i>		Испытание <i>B</i>		
5"	120"	5"	120"	5"	120" 360"
1,6 дел.	1,3	1,8 дел.	1,4	8,0 дел.	10,0 11,7

Эти данные позволяют заключить, что длительность фиксации поля зрения, практически имеющая место при отдельном испытании, не может влиять на результаты.

б) Для проверки правильности выбора светофильтров третьего испытания (*B*) были проведены наблюдения над величиной порога при сильно уменьшенном (до  $0,3^\circ$ ) поле зрения. Как известно, центральная часть fovea протяжением около  $0,5^\circ$  обладает трианопическим типом дихромазии<sup>(7)</sup>. Поэтому при очень малом поле зрения нормальный наблюдатель должен быть трианопом, хотя бы и неполным.

Приведенные ниже значения первого порога одного наблюдателя (в делениях шкалы), полученные при обычном и при малом поле зрения, полностью подтверждают это положение и хорошо согласуются с нашими прежними наблюдениями, проведенными другим методом<sup>(8)</sup>.

Поле зрения	Испытание <i>R</i>	Испытание <i>G</i>	Испытание <i>B</i>
$3^\circ$	2,2 дел.	3,5 дел.	8 дел.
$0,3^\circ$	4,0	5,9	46,9

Государственный оптический  
институт

Поступило  
3 V 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Л. И. Демкина, Тр. I Всес. конф. физиол. опт., 1936, стр. 430. <sup>2</sup> И. Е. Барбель, Диссертация, Л., 1943. <sup>3</sup> Н. Т. Федоров, Вестн. Сов. офт., **9**, 717 (1936); Е. Б. Рабкин, Вестн. офт., **14**, 81, 131 (1939); D. M c Adam, JOSA, **33**, 320, 350 (1943); D. Farnsworth, *ibid.*, **33**, 568 (1943); L. Sloan, *ibid.*, **34**, 352, 618 (1944); V. d. Akker et al., *ibid.*, **37**, 363 (1947); A. Kettlesy, Brit. Journ. of Ophthalm., **33**, 47 (1949). <sup>4</sup> R. A. Houston, Vision and Colour Vision, 1932, p. 183. <sup>5</sup> D. Judd, JOSA, **33**, 351 (1943); Journ. Res. N. B. St., **33**, N 6 (1944); JOSA, **35**, 119 (1945). <sup>6</sup> Е. Н. Юстова, ДАН, **63**, № 4 (1948); **65**, № 5 (1949). <sup>7</sup> W. D. Wright, Researches on Normal and Defective Colour Vision, London, 1946, p. 339. <sup>8</sup> Г. Н. Раутян и В. И. Демкина, ДАН, **66**, № 5 (1949).