

Е. Н. ЮСТОВА

### КОЛОРИМЕТРИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ТАБЛИЦ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЦВЕТОВОЙ СЛЕПОТЫ

(Представлено академиком А. Н. Терениным 2 IV 1953)

Все существующие в настоящее время испытательные таблицы и тесты (Ишихара, Штиллинга, Рабкина, Харди и др.) для обнаружения и диагностики цветного зрения осуществлялись, повидимому, путем эмпирических проб и подгонок нужных цветов при непосредственном участии цветнослепых наблюдателей в качестве экспертов. Во всяком случае, в предисловии к таблицам и в соответствующей литературе по данному вопросу (1-4) нет никаких методических указаний относительно способа подбора цветов для таблиц.

С другой стороны, колориметрия дает нам рациональную основу построения таких таблиц. Колориметрические данные о цветочном зрении дихроматов указывают на те направления в цветовом пространстве, вдоль которых располагаются цвета, неразличимые дихроматами. Определяя цветовые координаты различных красок путем измерения их на трехцветном колориметре и используя полученные в последнее время данные об основной физиологической координатной системе (5, 6), можно находить такие выкраски, которые будут неразличимыми для разных групп цветнослепых.

При подборе цветов в таблицах следует исходить из того условия, чтобы у данной пары цветов были одинаковыми две цветовые координаты основной физиологической координатной системы RGB. Пара третьих координат должна различаться между собой, и этим обеспечивается различение данных двух цветов нормальными наблюдателями, в то время как дихромат этого различия не воспринимает из-за потери чувствительности соответствующего приемника. Это условие можно выразить следующим образом. В таблицах для краснослепых должно быть

$$\bar{r}_1 \neq \bar{r}_2, \quad \bar{g}_1 = \bar{g}_2, \quad \bar{b}_1 = \bar{b}_2;$$

в таблицах для зеленослепых

$$\bar{r}_1 = \bar{r}_2, \quad \bar{g}_1 \neq \bar{g}_2, \quad \bar{b}_1 = \bar{b}_2;$$

в таблицах для синеслепых

$$\bar{r}_1 = \bar{r}_2, \quad \bar{g}_1 = \bar{g}_2, \quad \bar{b}_1 \neq \bar{b}_2,$$

где  $\bar{r}_1$ ,  $\bar{g}_1$ ,  $\bar{b}_1$  и  $\bar{r}_2$ ,  $\bar{g}_2$ ,  $\bar{b}_2$  — соответственно, координаты двух цветов в системе RGB. В геометрическом представлении в цветовом пространстве это будут цвета, лежащие на прямых, параллельных осям основной физиологической системы RGB. В принципе для диагноза форм цветовой слепоты достаточно осуществить три пары цветов, неразличимых соответственно, краснослепыми, зеленослепыми и синеслепыми.

Руководствуясь изложенными соображениями, мы разработали методику подбора цветов и осуществили пробный макет таблиц. Построение таблиц производилось следующим образом. Из масляных красок Ленинградского завода художественных красок, выбранных нами для составления таблиц, изготовлялись ступенчатые шкалы с различной степенью разбелки (точно так же можно использовать и смеси красок), цвета которых измерялись на трехцветном колориметре. Измерение шкал должно производиться при таком освещении, которое отвечает условиям использования таблиц.

Наш пробный макет составлялся для условий дневного освещения, стандартизуемого источником *C*. Полученные таким образом цветовые координаты *k*, *z*, *c* красок в системе цветов колориметра представлялись

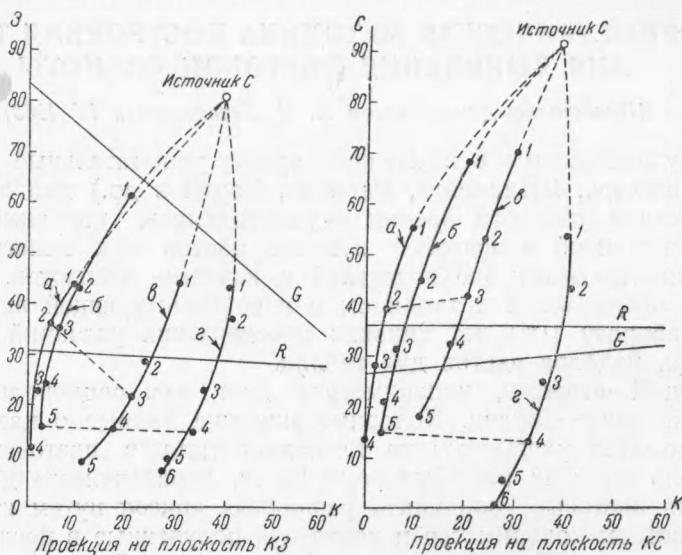


Рис. 1. *a* — изумрудная зеленая, *б* — кобальт зеленый светлый, *в* — крапплак фиолетовый, *г* — кадмий красный

графически в виде проекций на координатные плоскости *KZ* и *KC*. Совокупность точек, представляющих различные степени разбелки одной и той же краски, соединялась на графике линиями. Далее на этих же графиках наносились проекции осей *R* и *G* (см. рис. 1).

При помощи этих графиков мы могли заключить, какие из цветов неразличимы для лиц того или иного рода цветовой слепоты. Так например, по нашим данным, из рис. 1 видно, что крапплак фиолетовый в разбелке 3 должен казаться для зеленослепого одинаковым по цвету с изумрудной зеленой в разбелке 2, так как точки, выражающие цвета соответствующих пар выкрасок в обеих проекциях *KZ* и *KC* располагаются на прямых, параллельных оси *G* физиологической координатной системы. Точно так же, кадмий красный в разбелке 4 для краснослепого должен быть одинаковым по цвету с кобальтом зеленым светлым в разбелке 5.

Таким способом было составлено из разных красок по несколько пар цветов, неразличимых, соответственно, краснослепыми и зеленослепыми.

При составлении таблиц для обнаружения слепоты к синим цветам мы использовали то упрощающее обстоятельство, что кривая видности синеслепого вследствие малости яркостного коэффициента у координаты  $\bar{b}$  <sup>(6)</sup> практически совпадает с кривой видности лица с нормальным цветным зрением. В силу этого обстоятельства можно было подбор цветов для синеслепых осуществить в цветовом треугольнике.

На рис. 2 показано в треугольнике *K, Z, C* колориметра изменение цветностей с разбелкой тех двух пар красок (изумрудная зеленая —

ультрамарин и охра золотистая — кобальт фиолетовый), которые оказались пригодными для составления этого рода таблиц. Коэффициенты отражения (в процентах) красок для разных разбелок указаны на кривых соответствующими цифрами. Точка *B* на графике изображает след пересечения физиологической оси с плоскостью треугольника *K, З, С*. Цветности, неразличимые синеслепыми, представляются точками, лежащими на одном и том же луче, исходящем из *B*.

Для полного цветового равенства синеслепому необходимо еще иметь равенство коэффициентов отражения. Удовлетворяющие этим условиям

цвета выкрасок отмечены на рис. 2 крестиками. При этом оказалось, что среди разбелок ультрамарина и изумрудной зеленой можно получить пары с одинаковым коэффициентом отражения в области значений коэффициента отражения от 23 до 32%. В случае другой пары красок охру золотистую пришлось затемнить добавлением жженой кости.

Из полученных по вышеизложенному способу неразличаемых дихроматами красок были составлены испытательные таблицы типа Ишихара. Правильность этих таблиц для краснослепых и зеленослепых была проверена и подтверждена рядом лиц с известными дефектами цветового зрения. Из-за отсутствия в нашем

распоряжении синеслепых наблюдателей мы использовали для проверки соответствующих таблиц тот факт, что нормальный человеческий глаз становится синеслепым при рассматривании предметов в угле зрения  $0,5^\circ$  (7, 8). Действительно, оказалось, что нормальные наблюдатели на больших расстояниях не различали знаков на таблицах, предназначенных для обнаружения синей слепоты, в то время как пятнистое строение таблиц различалось вполне отчетливо.

На такой способ проверки таблиц синеслепых указал мне Г. Н. Раутиан. Выражаю ему мою глубокую благодарность.

Поступило  
12 III 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Е. Б. Рабкин, Полихроматические таблицы для исследования цветоощущения, 4-е изд., 1946. <sup>2</sup> S. Ichihara, Tests for Colour-blindness, 7 ed., 1936. <sup>3</sup> E. Murgau, JOSA, 33, № 6, 318 (1943). <sup>4</sup> F. K. Dimmick, JOSA, 33, № 6, 309 (1943). <sup>5</sup> Н. Д. Ньюберг, ДАН, 63, № 4, 379 (1948). <sup>6</sup> Е. Н. Юстова, ДАН, 74, № 6, 1069 (1950). <sup>7</sup> А. Кёниг, Ges. Abh., Ab. III, Leipzig, 1903, S. 353. <sup>8</sup> Г. Н. Раутиан, В. И. Демкина, ДАН, 66, № 5, 859 (1949).

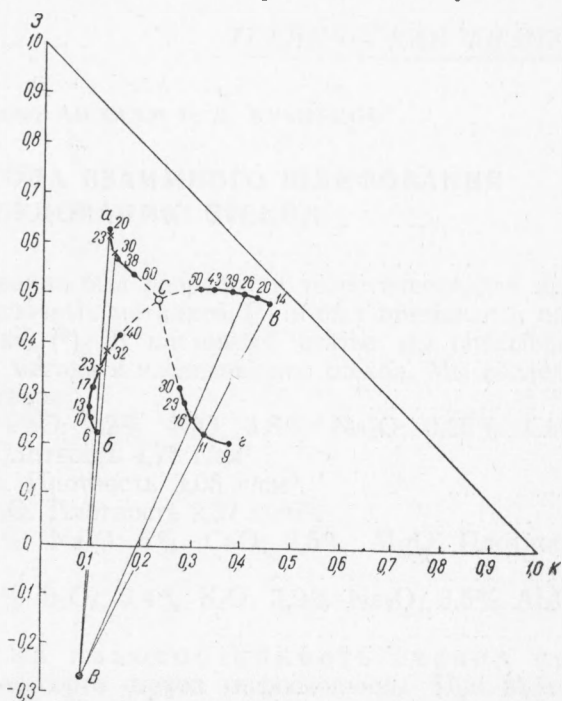


Рис. 2. *а* — изумрудная зеленая, *б* — ультрамарин, *в* — охра золотистая, *г* — кобальт фиолетовый