

Е. Н. ЮСТОВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТНЫХ ОСЕЙ ОСНОВНОЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИЗ ОПЫТОВ С ЦВЕТНОСЛЕПЫМИ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 11 X 1948)

Определение трехцветной координатной системы, которая была бы непосредственно связана с реакциями трех приемников Юнга — Гельмгольца, является задачей, интересовавшей всех, работавших в области колориметрии. В этой системе, которую мы будем для краткости называть в дальнейшем „физиологической“, законы зрительных процессов и метрика цветового пространства должны были бы, по всей вероятности, выражаться наиболее простым образом. Знание координатных осей физиологической системы позволит также определить спектральные чувствительности приемников на основе известных закономерностей смещения цветов для среднего глаза (так называемых „кривых сложения“).

Тем не менее, до настоящего времени не имеется вполне надежных данных, которые позволили бы считать эту систему достоверно установленной. Полученные Кенигом ⁽¹⁾ из опытов с цветнослепыми кривые чувствительности приемников глаза, являющиеся, по нашему мнению, наиболее надежными, содержат некоторый элемент произвола, вызванный отсутствием наблюдений над синеслепыми субъектами.

Явление частичной световой слепоты или дихроматизм объясняется выпадением одного из трех приемников глаза. Цветовое пространство дихроматов поэтому двухмерно, и в нормальном трехмерном пространстве для каждого типа цветовой слепоты можно указать такое направление, что все цвета, лежащие на прямой, параллельной этому направлению, остаются для него неразличимыми. Это направление определяет одну из координатных осей физиологической системы нормального глаза. В цветовом треугольнике, который представляет собой центральную проекцию цветового пространства, семейство прямых, параллельных этому направлению, должно представляться веером прямых, пересекающихся в одной точке. Координаты точек пересечения намечают, таким образом, следы физиологических координатных осей.

Этот способ отыскания физиологических осей в треугольнике был указан еще в 1855 г. Максвеллом и использован Питтом ⁽²⁾ в 1935 г. Однако при подобной обработке результатов измерений зеленослепых встретилось затруднение, выражающееся в том, что линии на графике цветностей в системе прибора оказались параллельными. Джедд ⁽³⁾ пересчитал эти данные в международную систему x , y , но и в этой системе сходимость линий не проявилась с достаточной резкостью. Все же Джедд выбрал из возможных точек пересечения точку с координатами $x = 1,00$, $y = 0,00$, т. е. лежащую на алихне.

В 1946 г. при обсуждении работ Питта и Джедда Н. Д. Ньюбергом было указано, что определение физиологических координатных осей из опытов с цветнослепыми рациональнее проводить в трехмерной координатной системе. Описание этого способа дано в статье Н. Д. Ньюберга (4).

Мы провели исследование 4 краснослепых и 3 зеленослепых и определили направление двух осей R и G физиологической координатной системы. Измерения производились частью на колориметре системы Л. И. Демкиной, частью на колориметре Дональдсона.

В отличие от опытов Питта, в которых определялась прямая не различимых дихроматом цветностей по двум точкам в цветовом треугольнике, мы устанавливали от 5 до 10 точек, определяющих прямую в цветовом пространстве. Каждая точка представляла собой средний результат 5 измерений. Выбирая различные исходные цвета, мы получили для каждого наблюдателя 7—10 приблизительно параллельных прямых. Направление искомой оси определялось усреднением по методу наименьших квадратов угловых коэффициентов этих прямых. Усредненные данные в виде координат цветности x , y для различных наблюдателей приводятся в табл. 1.

Таблица 1

	Приемник R				Приемник G		
	ЮАД	АСБ	ВОК	ТПК	ИСО	АВК	СЕГ
x	0,758	0,742	0,734	0,755	1,63	1,69	1,88
y	0,240	0,249	0,257	0,254	-0,64	-0,74	-0,76

Мы обрабатывали данные, выражая цвета в системе прибора, и лишь окончательные результаты переводили в международную систему XYZ . В силу аффинности цветового пространства результаты усреднения должны несколько зависеть от выбора координатной системы цветов, в которой производится усреднение. Строго говоря, это усреднение надо было бы производить в координатной системе, в которой линейные расстояния пропорциональны цветовым порогам, но такая система пока не известна.

Результаты такого исследования представляют собой арифметические средние 4 испытуемых для приемника R и 3 испытуемых для приемника G *

Для приемника R нами получено:

$$x=0,747, y=0,250,$$

а для приемника G

$$x=1,74, y=-0,73.$$

В табл. 2 приводятся для сравнения координаты x , y точек, отвечающих координатным осям R , G физиологической системы, полученные другими авторами.

В графе „Кениг“ мы приводим результаты обработки данных Кенига Джеддом (3), а также координаты x , y , вычисленные нами на основании кривых Кенига—Айвса и кривых сложения системы XYZ с помощью линейного преобразования.

* К сожалению, мы, как и другие исследователи, не располагали синеслепым наблюдателем и поэтому не могли определить этим способом направление третьей физиологической оси B .

Табл. 2 обнаруживает весьма точное совпадение наших данных данных Питта — Джедда для приемника R и близость их к результатам выполненного нами расчета по кривым чувствительности Кенига.

Наоборот, для приемника G имеют место большие расхождения. Это может быть отчасти объяснено той особенностью координатной системы x, y , что в ней размеры порога в области зеленых цветов больше, чем в области красных цветов. Действительно, ось G направлена почти параллельно плоскости x, y , что и явилось причиной затруднений в определении координатной оси G по Максвеллу.

Значительный произвол в определении Джеддом точки пересечения почти параллельных линий на графике x, y и объясняет расхождение его результатов с нашими.

Таблица 2

	Приемник R				Приемник G			
	Кениг		Питт — Джедд	Автор	Кениг		Питт — Джедд	Автор
	Джедд	Автор			Джедд	Автор		
x	0,81	0,775	0,747	0,747	-0,63	2,15	1,00	1,74
y	0,19	0,225	0,253	0,250	1,63	-1,15	0,00	-0,73

Сравнивая полученные нами в системе x, y результаты с результатами нашей обработки данных Кенига, мы можем предполагать причину расхождения также в отсутствии точной линейной связи между системой Кенига и международной системой XYZ . Поэтому мы произвели такое же сравнение и в системе Кенига — Айвса. Для физиологической оси R получились значения: $r=0,90, g=0,10$ вместо $r=1,00, g=0,00$; для оси G : $r=-0,13, g=1,11$ вместо $r=0,00, g=1,00$, т. е. небольшое и притом одного порядка различие в определении координат обеих осей.

Значения координат x, y , полученные Джеддом по данным Кенига, представляются нам крайне сомнительными.

Выражаю глубокую благодарность Г. Н. Раутиану и М. М. Гуревичу за живой интерес и содействие в работе.

Поступило
11 X 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ A. König, *Gesammelte Abhandlungen*, Leipzig, 1903. ² F. H. G. Pitt, *Medical Research Council, Special Report Series, No. 200, London (1935)*. ³ D. B. Judd, *J. Opt. Soc. Am.*, **35**, No. 3 (1945). ⁴ Н. Д. Нюберг, *ДАН*, **63**, № 4 (1948).