

# ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЦВЕТОВЕДЕНИЯ

ПАВЕЛ НОВОСЕЛЬЦЕВ  
ООО «Данвэл+»,  
г. Серпухов Московской обл.



## ПРИ НЕПРЕДВЗЯТОМ РАССМОТРЕНИИ ЦВЕТОВЫХ ЯВЛЕНИЙ СТАНОВИТСЯ ОЧЕВИДНО, ЧТО СЛОВО «ЦВЕТ» ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ОБОЗНАЧЕНИЯ ТРЕХ СОВЕРШЕННО РАЗНЫХ ФЕНОМЕНОВ: СВОЙСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ, СВОЙСТВА ОБЪЕКТА, СВОЙСТВА ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ.

**К**огда одним словом обозначаются разные явления, неизбежны путаница и противоречия в определениях. Избегать этого можно только при условии использования слова «цвет» в специальной литературе в качестве термина, т. е. признания за ним какого-то одного лексического значения из всех возможных в русском языке. Только прилагательное «цветной» применимо совершенно свободно, так как оно всего лишь общее обозначение области реальности, к которой принадлежат разные феномены. Но все феномены, обозначаемые существительным, должны быть определены максимально четко и применяться строго в своем контексте.

Для того чтобы содержательно рассуждать о зрении вообще, цветовом зрении и колориметрии, прежде нужно сформулировать несколько самых общих положений, лежащих в основе определений этой предметной области естествознания и ее терминологии. Они суммируют опыт нескольких веков в изучении данной области познания.

1. Зрительное ощущение обусловлено воздействием света на глаз. Оптическая система глаза проецирует изображение внешних предметов на светочувствительный слой (сетчатку глаза), формируя так называемое поле наблюдения.

2. Свет есть видимое электромагнитное излучение различного состава. Излучение сложного состава может быть представлено

как смесь в неких пропорциях элементарных излучений. Элементарное излучение – это излучение, характеризующееся одной длиной волны излучения или достаточно узким интервалом длин волн. Разные излучения могут сравниваться по мощности и составу.

3. Все сенсорные системы человека, в том числе и зрительная система, реагируют только на изменение сигнала-стимула. Зрительная система реагирует на изменение количества и состава света, попадающего на разные участки поля зрения. Поэтому «...для того чтобы возникло зрительное восприятие, сетчатка должна смещаться относительно рассматриваемого объекта» и «...для того чтобы возникло зрительное восприятие, объект должен обладать некоторой организацией и структурой» [1]. Таким образом, излучение, вызывающее зрительное восприятие, всегда является неоднородным стимулом с точки зрения пространства/времени. Пространственно неоднородный стимул – это изображение.

4. Следует отличать зрительное ощущение как физиологическую реакцию от зрительного восприятия как продукта высшей нервной деятельности. Восприятие всегда сложнее, чем вызывающий его стимул, поэтому равенства стимулов недостаточно для равенства восприятий.

5. В высшей нервной деятельности имеет место только результат зрительного восприятия. Механизм возникновения

зрительных восприятий очень похож на механизм возникновения условных рефлексов. Зрительные восприятия – это вторичные представления, которые мы принимаем за непосредственные ощущения подобно тому, как условные рефлексы после возникновения часто оказываются сходными с безусловными рефлексами.

### Терминология

Цветовосприятие – свойство, способность наблюдателя различать элементы изображения, возникновение которых обуславливается попаданием на сетчатку глаза излучений разной мощности и различного состава. Цветовосприятие по сути субъективно и его результат может быть выражен вонне только как некоторое действие воспринимающего субъекта. Понятно, что цветное восприятие зависит от всей совокупности свойств субъекта, структуры поля наблюдения, геометрических и спектральных условий освещения, геометрических условий наблюдения, а также от самого процесса наблюдения объекта.

Обычно цветовосприятие определяют как свойство человека. Но возможна и более широкая трактовка. Так, например, можно говорить о цветовосприятии других организмов и даже роботов. Биологи судят о цветовосприятии у живых организмов, если их поведение в эксперименте логичнее всего объясняется исходя из предположения, что они различают окраску объектов. Если робот может анализировать сколь-нибудь сложное изображение по цветовым элементам и в результате совершать те или иные манипуляции, значит, в контексте технического цветоведения, этот робот обладает каким-то цветовосприятием. В общем, объективно цветовосприятие – это реакция живого или неживого наблюдателя на сложное изображение, сформированное в поле наблюдения видимым излучением различного спектрального состава и мощности, исходящего от различных частей наблюдаемых объектов.

**Цвет.** Итак, цветовосприятие – это свойство некоторого деятеля, выявляемое по его реакциям на световые стимулы. Всякая вещь или феномен рассматривается как совокупность определенных свойств. Для выделения какого-либо свойства в феноменах/предметах необходима операция сравнения [2]. Операция сравнения предполагает возможность равенства. В частности, если стоит задача выявить некоторое общее свойство человека и бревна, нужно найти способ сравнить эти объекты: например, уравнивать их по весу. Следовательно, можно выделить такое общее для бревна и человека свойство, как вес.

Аналогично цвет определяется как некоторое общее свойство разных излучений. В этом смысле определения цвета, данного Н.Д. Ньюбергом и зафиксированного в ГОСТ 13088-67 «Колориметрия. Термины, буквенные обозначения»:

«Цвет есть аффинная векторная величина трех измерений, выражающая свойство, общее всем спектральным составам излучения, визуально неразличимым в колориметрических условиях наблюдения. Под словом «излучение» сле-

дует понимать также свет, отраженный и пропускаемый несамосветящимися телами.

Примечание: колориметрические условия наблюдения – физические условия визуального сравнения, в которых любые одинаковые по спектральному составу излучения неразличимы глазом».

Если немного перефразировать определение Ньюберга, получается, что цвет – это свойство, общее для всех спектральных составов излучений, визуально не различимых в колориметрических условиях наблюдения, которое может быть выражено математически через аффинную величину трех измерений. Или что иногда имеется возможность визуально уравнивать излучения разного спектрального состава. Или что у

ства иного «наблюдателя», реагирующего на излучение.

В связи с изложенным уместно упомянуть о таком часто используемом термине как «метамеризм цвета», который обусловлен тем, что излучения, имеющие различный спектральный состав, иногда могут быть «уравнены визуально», т. е. иметь одинаковый цвет. Часто в противовес излучениям одного спектрального состава и соответственно одинакового цвета, получившим название изомерных, в англоязычной литературе одинаковые по цвету, но различные по составу излучения называют метамерными. В этом смысле под метамеризмом понимают свойство излучений иметь цвет как особую характеристику. Поэтому термин «метамеризм цвета» явля-



**ЦВЕТОВОЕ ВОСПРИЯТИЕ ЗАВИСИТ ОТ ВСЕЙ СОВОКУПНОСТИ СВОЙСТВ СУБЪЕКТА, СТРУКТУРЫ ПОЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ, ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И СПЕКТРАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ, ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НАБЛЮДЕНИЯ, А ТАКЖЕ ОТ САМОГО ПРОЦЕССА НАБЛЮДЕНИЯ ОБЪЕКТА.**

разных излучений есть свойство (одно из многих других), по которому они могут быть визуально уравнианы. Такое свойство называют цветом.

Выражение «уравнены визуально» означает, что сравнение излучений должно осуществляться либо человеком с нормальным цветовым зрением, либо посредством физического приемника излучения, имеющего стандартную функцию отклика, соответствующую так называемому стандартному колориметрическому наблюдателю, который столь же объективен, сколь и любой другой эталон измерений, например метр или локоть (Старинная русская мера длины. – П.Н.). Поэтому в контексте колориметрии «цвет», в отличие от «цветовосприятия», есть объективное свойство излучения, не зависящее от конкретного человека или устрой-

ется лишним. Метамеризм всегда связан со сравнением двух объектов в изменяющихся условиях «наблюдения». (Слово «наблюдение» взято в кавычки, чтобы подчеркнуть, что в данном контексте оно в равной степени относится и к живым наблюдателям, и к измерительным приборам. – П.Н.)

Таким образом, метамеризм – это понятие, используемое для констатации факта нарушения цветового равенства, обусловленного изменением условий наблюдения по сравнению с теми условиями, в которых такое равенство было установлено.

**Окраска.** Разным по форме предметам может быть присуще некоторое свойство, по которому их допустимо сравнить и в отдельных случаях уравнивать визуально. Например, если разбить кусок цветного стекла, неодинаковые по массе и



форме осколки на вид сохраняют некое сходство, а именно в окраске. Утверждение о существовании какого-либо сходства, т.е. возможного равенства, эквивалентно утверждению о существовании некоторого особого свойства.

Таким образом, окраска – это свойство предметов, по которому их можно уравнивать визуально в определенных геометрических условиях освещения и наблюдения. Если опустить конец определения («в определенных геометрических условиях освещения и наблюдения»), оно превращается в определение свойства «форма». Предметы могут быть визуально схожи либо по форме, либо по окраске, либо по форме и по окраске одновременно. В данном случае словосочетание «уравнены визуально»



означает, что сравнение предметов ведется на основании оценки исходящего от них видимого излучения, т.е. цвета. Если два объекта одинаковой формы не различимы в данных геометрических условиях освещения и наблюдения, то в этих условиях они имеют одинаковую окраску. Исходя из этого, для того чтобы дать строгую дефиницию окраски как свойства предметов, необходимо ввести дополнительный термин – геометрические условия освещения и наблюдения.

Геометрические условия освещения – это пространственное распределение падающего на объекты излучения. Геометрические условия наблюдения – это оптическая конфигурация приемника излучения и взаимное расположение приемника излучения и объекта, от которого это излучение исходит.

Нужно подчеркнуть, что окраска – это свойство именно предметов, а не излучения. Но поскольку оно оценивается визуально, через цвет излучения, то такие совершенно разные феномены, как окраска и цвет, часто путают. Известно, что мощность и состав отражаемого или пропускаемого предметом света (т.е. цвет) зависят не только от поглощательных свойств вещества, из которого состоит предмет, но и от геометрических характеристик самого предмета и геометрических условий освещения/наблюдения. Все реальные предметы по-

разному перераспределяют падающее на них излучение в различных направлениях. Окраска предметов обусловлена совместным действием двух факторов: способностью предметов избирательно поглощать и избирательно перенаправлять падающий на них свет.

Под такое объяснение причин окраски попадают и интерференционные окраски, которые не связаны с поглощением излучения. С колориметрической точки зрения один и тот же предмет имеет бесконечно много схожих, но все-таки разных окрасок в зависимости от геометрических условий освещения/наблюдения. Предмет, окрашенный интерференционными пигментами, имеет бесконечно много существенно разных окрасок. Мы видим разную

окраску при наблюдении по-разному освещенных поверхностей одного того же объекта и при наблюдении одной и той же поверхности под разными углами. Если измерить образец на спектроколориметрах с разной оптической геометрией измерения, то будут получены разные, иногда значительно отличающиеся, цветовые характеристики. Поэтому в отношении предметов правильнее говорить о приборном контроле окраски, а не о приборном контроле цвета.

Следует также понимать, что окраска – это, как уже говорилось, свойство предметов, а не особенность их цветовосприятия. Когда на визуальном колориметре измеряют цвет излучения, получают не цветовой тон, а всего лишь набор 3 чисел – цветовых координат. Когда же измеряют окраску, получают набор 3 цветовых координат, но с учетом геометрических характеристик освещения и наблюдения. Всегда полезно помнить, что наглядные представления живого наблюдателя о цветовом тоне, насыщенности и т.п. не являются физическими характеристиками ни цвета [3], ни окраски. Выражение «красный помидор» объективно означает, что сочетание окраски данного помидора с данным освещением дает в результате отраженный свет, который вызывает у большинства наблюдателей восприятие, в русском языке описываемое словом «красный». Объективные цветовые

характеристики, получаемые с помощью приборных систем цветовой спецификации и носящие названия «цветовой тон», «насыщенность», «светлота», «чистота тона» и другие, являются приблизительными коррелятами цветовосприятий человека, найденными для конкретного и весьма ограниченного набора условий наблюдений.

**Вид.** Этот термин практически не встречается в русскоязычной литературе по колориметрии. Между тем он входит в название одного из основных международных колориметрических стандартов: ASTM E284-07. Стандартная терминология описания вида (англ. Standard Terminology of Appearance). Сам термин «appearance» в теле стандарта разъясняется следующим образом: «(1) [вид] объекта, обобщение визуальных аспектов восприятия объекта или сцены; (2) воспринимаемый [вид], визуальное восприятие объекта, включающее размер, форму, цвет, текстуру, блеск, прозрачность, непрозрачность и т.д., раздельное или обобщенное». Ввиду многозначности и двусмысленности такое определение вряд ли можно признать терминологическим. Более продуктивно строить дефиницию термина «вид» аналогично определениям рассмотренных ранее терминов.

Вид – это свойство предметов, по которому предметы могут быть уравнианы визуально для всех возможных геометрических условий освещения и наблюдения. Если два объекта, одинаковые по форме и размеру, не различимы для всех возможных геометрических условий освещения и наблюдения, они имеют одинаковый вид. В процессе сопоставления определений терминов «вид» и «окраска», становится ясно, что вид есть совокупность всех возможных вариантов окраски объекта для различных геометрических условий освещения и наблюдения. Поскольку форму любого предмета образует его поверхность, под окраской и видом предмета следует понимать прежде всего окраску и вид поверхности предмета.

Приведенные определения цвета, окраски и вида характеризуют собственные свойства излучений и объектов без учета их окружения. Цветовосприятие, напротив, всегда связано с изображением в целом. Цветовосприятие отдельного элемента изображения не может быть точно определено (спрогнозировано) вне зависимости от цветовых характеристик смежных областей поля наблюдения. ■

#### Список литературы

1. Дьердь А. Восприятие, сознание, память: Размышления биолога / Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – С. 44.
2. Пфанцгаль И. Теория измерений. – М.: Мир, 1976. – С. 11.
3. Нюберг Н.Д. Цвет // Физический энциклопедический словарь. Т. 5: «Спектр–Яркость». – М.: Советская энциклопедия, 1966. – С. 385–386.

*Продолжение в следующем номере*