

## Стабильность цвета изделий из стекла для фасадного остекления

к.т.н. О.А.Гладушко, к.т.н. А.Г.Чесноков, ОАО «Институт Стекла», Москва, РФ

В настоящее время наблюдается интенсивный рост структурного остекления фасадов зданий, что при всех плюсах масштабного остекления порождает ряд проблем, одной из которых является проблема цвета стекла на фасадах, в том числе «одинаковость» цвета используемых стеклянных листов (панелей). Архитекторам и заказчикам обычно не нравится, когда на фасаде видны участки, отличающиеся по цвету от остальной площади. Поэтому одной из актуальнейших задач в настоящее время является:

- разработка методик количественного определения и измерения цвета стекла;
- установление нормативных требований к стабильности цвета стекла.

Феномен восприятия цвета человеком состоит в том, что оно может быть очень субъективным и связано с индивидуальной восприимчивостью, поскольку чувствительность глаза весьма индивидуальна. Кроме того, на то, как выглядит цвет, влияют условия наблюдения. Например, при обзоре внешнего вида здания снаружи имеют значение такие факторы:

- освещенность (т.е. темное, покрытое облаками небо может способствовать появлению цветовой разницы, которая не наблюдается при прямом солнечном освещении);
- расстояние и угол обзора (цвет солнцезащитного стекла с высокоселективным отражающим покрытием меняется в зависимости от угла наблюдения, поэтому правильно оценить визуально цвет можно только при наблюдении с одного расстояния и под одинаковым углом не более 45 градусов к нормали);
- тип и цвет используемых на фасаде рам и декоративных фрамуг;
- расстояние между двумя соседними стеклянными панелями (от расстояния зависит угол обзора);
- глаз наблюдателя;
- внутренние условия (например, отсутствие освещения в здании: темнота может способствовать усилению восприятия цветовой разницы);
- внешние условия (например, наличие других зданий, которые могут отражаться в стекле).

Таким образом, принимая во внимание вышесказанное, то есть то, что визуальное восприятие цвета всегда содержит элемент субъективности, важно определять цвет количественно, чтобы исключить эту субъективность.

Иными словами, для объективной оценки цвет продукции (объекта) должен быть «измерен» с помощью приборов и количественно выражен. Измерение цвета сводится к определению численного значения цветовых координат в заданном цветовом пространстве либо путем измерения на спектрофотометрах характеристик отражения или пропускания объекта и последующего пересчета полученных данных в цветовые координаты с учетом функции стандартного наблюдателя и типа источника света, либо к непосредственному измерению цветовых координат на специальных приборах – колориметрах.

Равенство цветовых координат различных объектов (изделий) будет однозначно свидетельствовать об их цветовом равенстве и, таким образом, позволит производителю четко контролировать и ответственно гарантировать качество своей продукции, а также исключит или даст возможность объективно разрешить конфликтные ситуации между производителем и потребителем, возникающие при зрительном восприятии цвета готовых изделий непосредственно по месту их использования.

Известно, что цвет является трехмерной величиной и для воспроизведения любого цвета, встречающегося в природе, необходимо смешать в определенных пропорциях три любых линейно независимых (монохроматических) цвета, называемых основными. (Причем эти три цвета могут быть как реальными, так и мнимыми. Важно, что ни один из них не может быть получен путем сложения двух остальных цветов). Количества основных компонентов, необходимые для воспроизводства данного цвета, и называются координатами цвета [1-3].

Для точного определения цвета и численного его выражения Международной Комиссией по Освещению (МКО, в международном обозначении - CIE) приняты различные цветовые пространства (цветовые шкалы) и методы расчета в них цветовых координат.

Наиболее широко используемым в колориметрии было и сейчас еще остается принятое в 1931 г. пространство XYZ [4]. Оно представлено мнимыми цветами, близкими красному, зеленому и синему.

В этом колориметрическом пространстве каждый цвет представлен точкой с тремя координатами: X, Y и Z. Координаты цвета X, Y, Z рассчитываются по формулам [1-4], в которых учитываются спектральные характеристики (пропускание или отражение) образца,

спектральная плотность излучения стандартного источника света, удельные координаты цвета для стандартного колориметрического наблюдателя МКО (функции сложения цветов) и ширина интервала длин волн. Указанные функции количественно определяют чувствительность конических рецепторов среднего наблюдателя к красному, зеленому и синему цвету. Они установлены экспериментально для угла обзора  $2^0$  (1931 г.) и угла обзора  $10^0$  (1964 г.) В качестве источника света в соответствии с ГОСТ 7721-89 применяются источники нескольких типов, воспроизводящие различные условия освещения:

- тип А ( $T=2856$  К) – условия искусственного освещения электрическими лампами накаливания;
- тип В ( $T=4874$  К) – условия прямого солнечного освещения;
- тип С ( $T=6774$  К) – условия освещения рассеянным дневным светом;
- тип Д65 ( $T=6504$  К) – условия освещения усредненным дневным светом. (Наиболее широко применяется тип Д65).

Расчетная колориметрическая система XYZ построена так, что только одна координата Y определяет количественную характеристику цвета – яркость (или светлоту). При этом координата цвета Y численно совпадает с коэффициентом пропускания или отражения света образца, цвет которого определяется.

Следует отметить, что поскольку характеристики пропускания и отражения стекла (как и любого другого материала) различны, то и цвет одного и того образца, воспринимаемый «на просвет» и в отраженном варианте будет разным, разными будут и значения координат цвета, рассчитанные по спектру пропускания и по спектру отражения этого образца.

Естественно, что сравнивать и контролировать объекты по цвету можно только по цветовым характеристикам, рассчитанным либо только по пропусканию, либо только по отражению с соответствующей стороны (и расчеты также должны быть произведены для одинаковых источников света и одинаковых углов обзора). Это касается и цветовых параметров, полученных непосредственно с помощью колориметров, конструкция которых также предусматривает регистрацию либо прошедшего через образец излучения, либо излучения, отраженного от образца.

Поскольку из самих значений XYZ трудно понять цвет объекта, МКО (CIE) были разработаны другие цветовые более однородные (линейные) шкалы, чтобы приблизиться к

тому, как мы сами воспринимаем цвет, упростить понимание и улучшить передачу цветовых различий.

В настоящее время одним из наиболее популярных цветовых пространств для измерения цвета объекта и широко применяемых в различных областях является цветовое пространство  $L^*a^*b^*$  (обозначаемое также как CIELAB), принятое CIE в 1976 году [5]. Оно обеспечивает процедуру единообразной оценки цветовых различий в соответствии с визуальными различиями и, более того, позволяет количественно определить цвет.

Эта колориметрическая система представляет собой трехмерное цветовое пространство, каждый цвет в котором представлен точкой с тремя координатами:  $L^*$ ,  $a^*$  и  $b^*$ , где  $L^*$  указывает светлоту,  $a^*$  и  $b^*$  - хроматические координаты. Положительные значения  $a^*$  указывают на преобладание красной, а отрицательные – на преобладание зеленой составляющей, тогда как положительные значения  $b^*$  указывают на преобладание желтой, а отрицательные – синей составляющей. Центр является ахроматичным (т.е. нейтральным).

Координаты цвета в системе  $L^*a^*b^*$  рассчитывают исходя из значений координат системы XYZ [1-3].

Поскольку тип колориметрической системы не регламентируется ГОСТами, то выбор той или иной системы остается на усмотрение производителя. Но отметим, что хотя система  $L^*a^*b^*$  более «наглядна», ее применение предусматривает сначала расчет X, Y, Z и последующий пересчет из них параметров  $L^*, a^*, b^*$ , соответственно, большое количество расчетов увеличивает трудоемкость и может приводить к дополнительному увеличению погрешностей, хотя это не так страшно для тех, кто оснащен современным оборудованием с компьютерным обеспечением. Кроме того, уже имеются колориметры, выдающие результаты сразу в  $L^*a^*b^*$  координатах. Словом, при выборе системы надо учесть все нюансы.

В настоящее время величины предельно допустимых расхождений в цвете, выбранных в качестве критерия параметров образца и параметров эталона, задаются исходя из предварительной специальной визуальной оценки цвета образцов и эталона для каждого вида стекольной продукции отдельно и могут различаться в зависимости от ее назначения. (Если вообще эта задача производителями ставится.) Какие конкретно значения допусков в каких случаях приняты в качестве критерия «проходит/не проходит», статистика проводимых замеров – все это может различаться у разных производителей.

Поскольку в настоящее время цветное стекло (окрашенное в массе, с различными видами покрытий) часто поставляется по техническим условиям, в которых требования к

цвету отсутствуют, необходимость полного перехода к единообразным, надежным и объективным цифровым критериям оценки цвета стекла является очевидной, и это касается не только стекла для строительства, но и большинства видов стекольной продукции, в том числе тарного стекла.

Институтом стекла (АО «ГИС») разработан проект национального стандарта «Стекло листовое, окрашенное в массе. Общие технические условия». Разработанный проект не содержит конкретных значений цветовых координат в связи с большим разнообразием выпускаемых в настоящее время видов стекла и постоянным расширением ассортимента продукции у разных производителей. Но в проекте указано, что требования к этим характеристикам должны быть установлены в технических условиях или договорах на поставку стекла конкретного вида, а в самом проекте установлены методы их контроля. Введение в действие этого стандарта позволит избежать возникновения разногласий между изготовителями и потребителями и сделает возможным разрешением споров.

### *Литература*

1. М.И.Кривошеев, А.К.Кустарев. Цветовые измерения. М.: Энергоатомиздат, 1990. - 240 с.
2. Щепина Н.С. Основы светотехники. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 243 с.
3. Основы оптической радиометрии. Под ред. проф. А.Ф.Котюка. - М.: Физматлит, 2003. – 544 с. - ISBN 5-9221-0427-6.
4. Publication CIE No 15. Colorimetry. Official recommendations of the International Commission on Illumination. Paris: 1971. – 124 p.
5. Supplement No 2 to CIE Publication No 15. Recommendations on uniform color spaces, color-difference equations and metric color terms. Paris: 1976.-12p.