

# Калькулятор индексов цветопередачи CRI и CQS

**Михаил Сартаков,**  
главный технолог ОВА ПреПресс,  
msartakov@gmail.com

Спектральный калькулятор, который находится по адресу: <http://rudtp.pp.ru/spectralcalc.php>, предназначен в первую очередь для проведения стандартизации на полиграфическом предприятии. Но кроме того он позволяет вычислять по пользовательским спектральным данным используемые в светотехнике и колориметрии индексы качества цветопередачи CRI, CQS и GAI.

## КУДА НАЖИМАТЬ?

Спектральный калькулятор по адресу: <http://rudtp.pp.ru/spectralcalc.php> (см. рис. 1) имеет большой функционал и множество настроечных параметров, но для расчета индексов цветопередачи достаточно нажать на одну единственную кнопку. Для этого необходимо развернуть спойлер «Дополнительные функции и расширенные установки» и кликнуть по кнопке CRI и CQS (см. рис. 2). Остальные настройки трогать не нужно!

Если пользователь не заполнил поле Input своими спектральными данными – калькулятор заполнит их собственными тестовыми образцами и проведет расчет.

## КАК ЗАГРУЗИТЬ В КАЛЬКУЛЯТОР СОБСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ?

На входе калькулятор принимает спектральные данные в формате CGATS, принятом во многих программах работы с цветом. Если спектральные данные представлены в каком-то ином формате, необходимо самостоятельно привести их к колориметрическому формату CGATS по образцу (см. рис. 3), что несложно сделать за несколько минут в любом текстовом

редакторе с функцией автозамены.

Первая строчка в минимально необходимом оформлении данных – **ILLUMINATION\_NAME Emission** – для самосветящихся образцов.

Вторая строчка – **BEGIN\_DATA\_FORMAT**.

Третья строчка начинается с **SampleID SAMPLE\_NAME** и продолжается списком длин волн, для которых известна спектральная интенсивность, например, **nm380**

**nm390 nm400 nm410 nm420...**

с разделителем пробелом или табуляцией. Шаг представленных данных должен быть кратным 1нм. Если исходные данные иные, необходима интерполяция и приведение к сетке с шагом кратным 1нм. Для интерполяции данных можно воспользоваться калькулятором по адресу: <http://rudtp.pp.ru/cubicspline>.

Четвертая строчка – **END\_DATA\_FORMAT**.

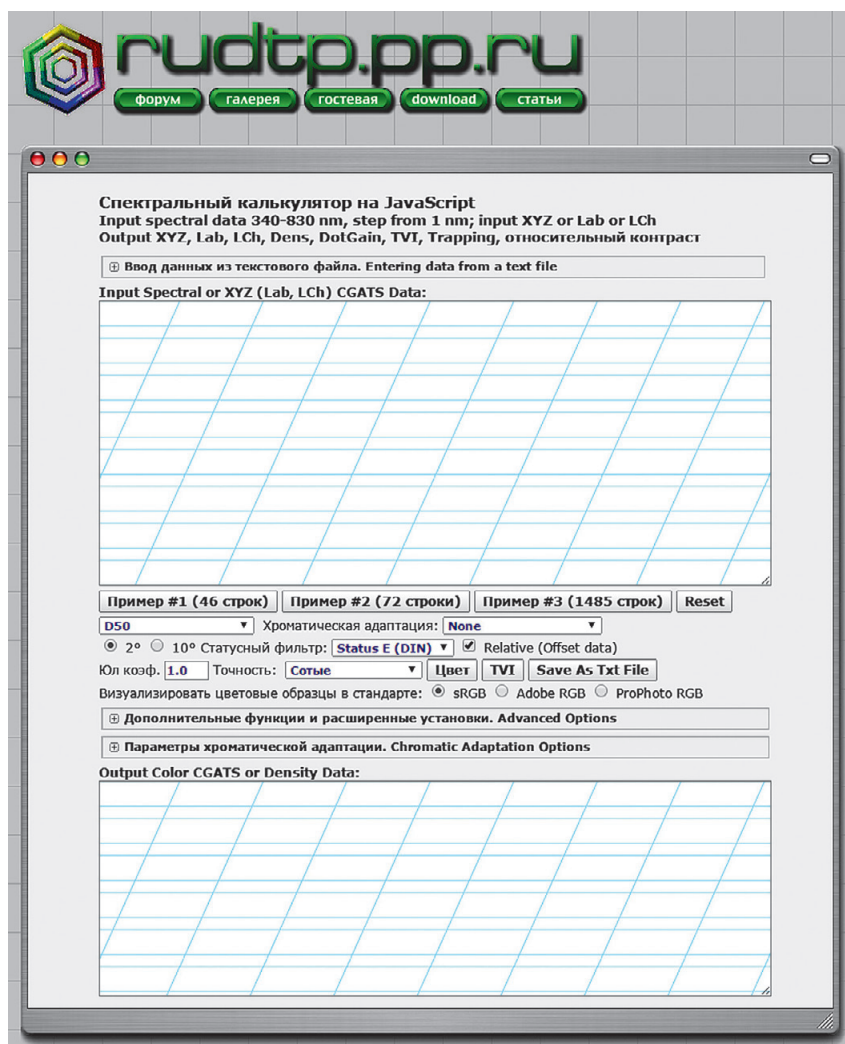


Рис. 1. Общий вид спектрального калькулятора. В верхнее поле необходимо ввести спектральные данные в формате CGATS

Шестая строка должна начинаться с номера измеряемого образца, который задает пользователь. В приведенном примере это «1». После номера следует условное название измеряемого образца (в приведенном примере **Uniel\_LED\_6W**). И затем спектрометрические данные, соответствующие значениям длин волн из второй строки, в приведенном примере – **0.508813 0.448104 1.1694 ...**.

Отделение дробной части чисел производится как запятой, так и точкой. Разделять данные можно как табуляторами, так и пробелами.

В посчитанном примере представ-  
лены три типа источников:

**Рис. 2.** Для расчета индексов цветопередачи необходимо раскрыть спойлер «Дополнительные функции и расширенные установки» и кликнуть по кнопке «CRI и CQS».

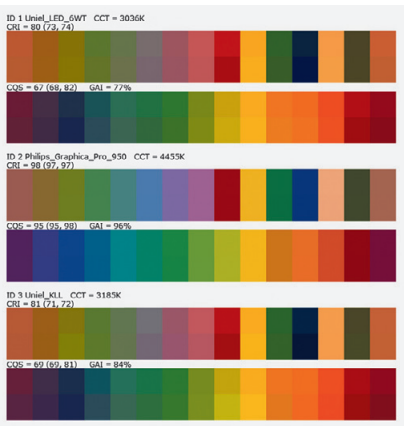


Рис. 4. Таблица визуального сравнения цветовых образцов под референсным и тестовым иллиминантами

ми индексами цветопередачи, используемая в полиграфии (спектр приведен на рисунке 6б)

- бытовая лампа КЛЛ мощностью 13 Вт с типичными для такой продукции не очень высокими индексами цветопередачи (спектр приведен на рисунке 6в).

Индексы CRI и CQS справедливо вызывают много нареканий от колористов, так CRI, помимо всего прочего, использует не самый новый метод хроматической адаптации по фон Кризу, а индексы CQS в версии 7.4 от NIST штрафуют за «низкую» цветовую температуру даже идеальный дневной свет D50 (CCT-factor приравняется к единице для D65, все остальное естественно меньше единицы), что совершенно не допустимо! В современной колориметрии D50 имеет больше прав, чем D65, именно в D50 общаются через Profile Connection Space в компьютерах цветовые профили ICC. Практически все отрасли, работающие с цветом, чтобы не подвергать вычисления дополнительной хроматической адаптации, перешли от освещения D65 к D50. Поэтому в спектральном калькуляторе, предназначенном в первую очередь не для светотехников, а для колористов, исследователей в колориметрии и технологов в полиграфии, можно посчитать все индексы с некоторыми исправлениями. Для этого рядом с кнопкой CRI и CQS есть два радиоселектора на выбор. При выборе исследовательского селектора все индексы вычисляются с самой современной хроматической

Color Rendering Index (CRI) и Color Quality Scale (CQS)

ID образца иллиминанта: 1 Uniel\_LED\_6W. CCT = 3036K  
Color Rendering Index - CRI:  
Ra = 80.2  
Ra(14) = 73.3  
Ra(15) = 73.6  
Индивидуальный CRI для 15 образцов от R1 до R15:  
78 84 85 78 75 74 91 75 39 59 71 47 78 91 77  
Color Quality Scale - CQS:  
Qa = 67.3  
Qf = 67.7  
Qp = 81.6  
Qd (GAI) = 76.8  
Индивидуальный CQS для 15 образцов от Q1 до Q15:  
71 81 63 59 63 63 65 72 78 71 68 69 70 66 68

ID образца иллиминанта: 2 Philips\_Graphica\_Pro\_950. CCT = 4455K  
Color Rendering Index - CRI:  
Ra = 97.7  
Ra(14) = 97.1  
Ra(15) = 97.2  
Индивидуальный CRI для 15 образцов от R1 до R15:  
98 97 96 99 99 98 98 97 90 100 98 96 97 97 98  
Color Quality Scale - CQS:  
Qa = 94.6  
Qf = 94.6  
Qp = 98.1  
Qd (GAI) = 96.0  
Индивидуальный CQS для 15 образцов от Q1 до Q15:  
93 94 96 96 96 95 95 95 96 96 96 94 95 94 93

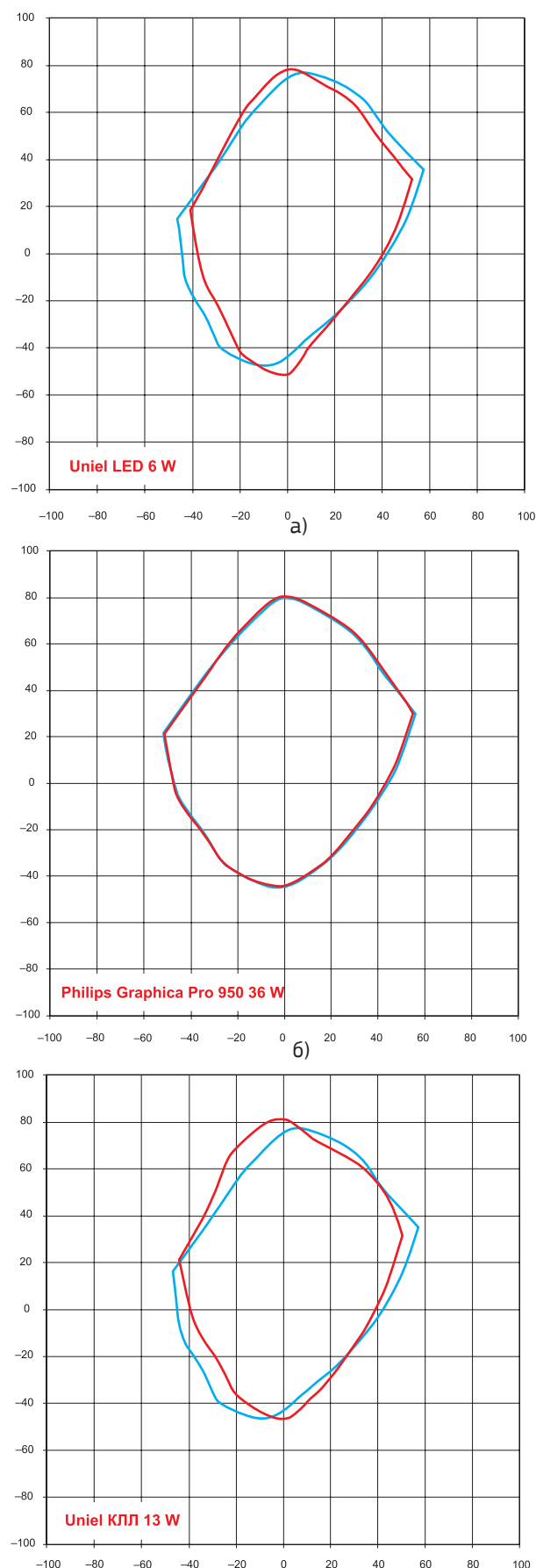
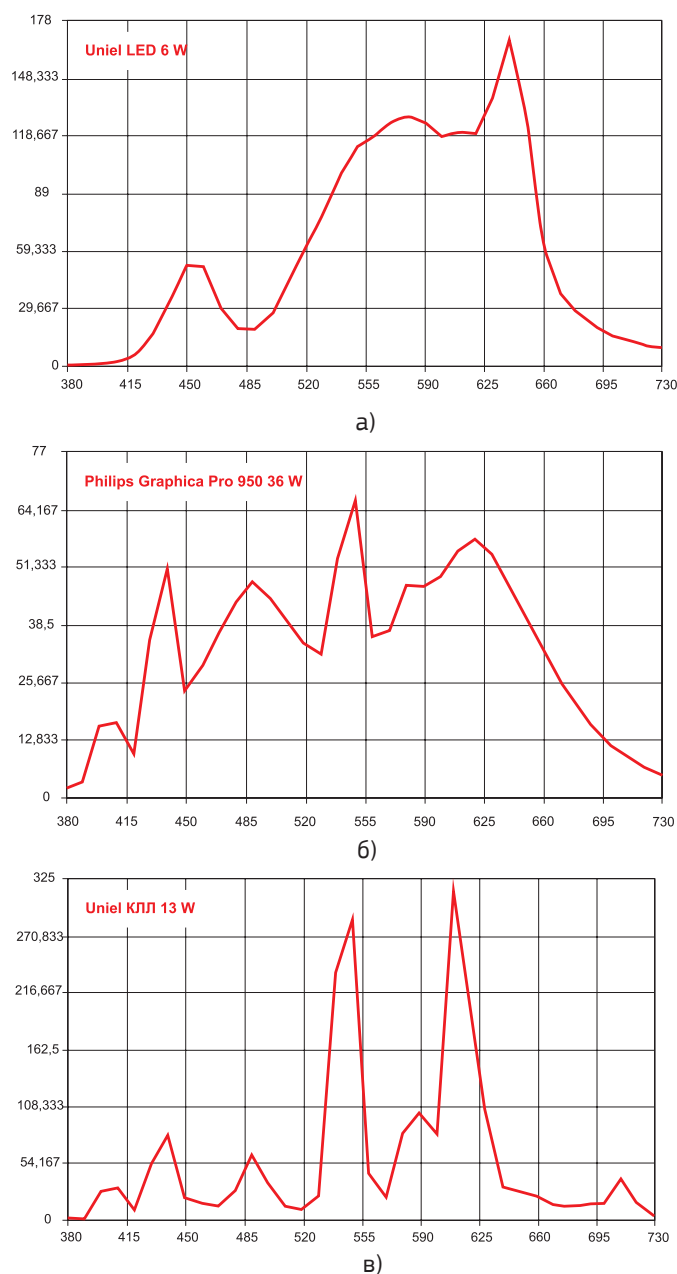
ID образца иллиминанта: 3 Uniel\_KLL. CCT = 3185K  
Color Rendering Index - CRI:  
Ra = 81.0  
Ra(14) = 70.6  
Ra(15) = 72.0  
Индивидуальный CRI для 15 образцов от R1 до R15:  
96 91 54 88 84 76 89 72 12 46 74 44 96 69 92  
Color Quality Scale - CQS:  
Qa = 69.2  
Qf = 68.9  
Qp = 80.7  
Qd (GAI) = 83.8  
Индивидуальный CQS для 15 образцов от Q1 до Q15:  
63 85 66 62 67 67 71 82 71 69 72 76 75 66 65

Посчитано с хроматической адаптацией по матрице фон Криза для CRI и матрице CMCCAT2000 для CQS.  
Color Rendering Index.  
"Ra" - собственно традиционный CRI для первых 8 цветовых образцов (усреднение).  
"Ra(14)" - позднее расширенный CRI шестью цветовыми образцами с высокой насыщенностью.  
"Ra(15)" - дополнен образцом Japanese Skin.  
"R1 - R15" - CRI индивидуальных образцов.  
"CCT" - коррелированная цветовая температура иллиминанта в Кельвинах.

Color Quality Scale.  
"Qa" - классический коэффициент CQS для всех 15 цветовых образцов (образцы отличаются от образцов для вычисления CRI).  
"Qf" - индекс CQS без фактора насыщенности цвета по Chroma.  
"Qp" - индекс CQS с позитивным фактором насыщенности (растет если средняя Chroma образцов увеличивается под исследуемым иллиминантом относительно идеального осветителя, но не падает, если Chroma некоторых образцов ниже Chroma под идеальным иллиминантом).  
"Q1 - Q15" - CQS индивидуальных образцов (однако "Qa" - не является просто их средним значением и вычисляется самостоятельно).  
"Qd" - так же известен как GAI - Gamut Area Infex, процентное отношение площади цветового охвата под тестовым иллиминантом относительно площади цветового охвата под референсным иллиминантом. Скорее количественный, чем качественный показатель, так как плохой свет может давать как малый так и большой GAI (Qd).

Рис. 5. Пример данных, рассчитанных калькулятором





**Рис. 6. а – Спектр бытовой светодиодной лампы; б – спектр люминесцентной лампы специального назначения с высоким индексом цветопередачи; в – спектр бытовой КЛЛ**

адаптацией CIECAT02, а штрафной CCT-factor смягчен до значений, не штрафующих идеальный дневной свет при температуре 5003 K.

Отдельного упоминания заслуживает индекс GAI (Gamut Area Index), потому что в спектральном калькуляторе он имеет не только цифровое, но и графическое представление (см. рис.7а, 7б, 7в). Для первого иллюминанта из массива выводятся площади цветового тела в проекции  $ab$  координат CIE Lab под референсным и тестовым иллюминантом. Очерченная область определяется 15 цветовыми образцами CQS. На графиках хорошо видно, как растет или падает цветовой охват в тех или иных цветовых тонах под тестовым источником (красная линия) и референсным с той же цветовой температурой (синяя линия). На рисунке 7а представлен иллюминант с индексом  $GAI = 77\%$  и на рисунке 7б – иллюминант с индексом  $96\%$ , на рисунке 7в – с индексом  $84\%$ .

**Рис. 7. а. Графическое изображение индекса GAI для бытовой светодиодной лампы; б – графическое изображение индекса GAI для люминесцентной лампы специального назначения с высоким индексом цветопередачи; в – графическое изображение индекса GAI для бытовой КЛЛ**

В идеале индекс GAI должен приближаться к 100% совпадения охватов, как это происходит с дневным светом или с лампами накаливания, а отклонения как в меньшую, так и в большую сторону от 100% (некоторые источники дают большой охват, например, если использовать в качестве источника света белый экран монитора с расширенным цветовым охватом за счет высококачественных RGB-фильтров, почти повторяющих графически функцию обозревателя CIE) говорят об ухудшении качества цветопередачи.

Насыщенность цветов не должна быть высокой или низкой, она должна быть правильной. Тем не менее, монитор не является осветительным

прибором, так что индекс GAI для него ничего не означает и приведен лишь в качестве редкого образца того, что в некоторых случаях спектральный состав света может быть таков, что цветовой охват образцов под тестовым иллиминантом оказывается не меньше, а больше образцов под референсным источником света с той же температурой.

**ПРИМЕРЫ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА С ВЫСОКОЙ ЦВЕТОПЕРЕДАЧЕЙ**

Хорошей цветопередачей  $R_a = 100$  при низкой цветовой температуре 2700...3200 К обладают обычные лампы накаливания и галогенные лампы. Низковольтные галогенные лампы BLV WhiteStar,

благодаря интегрированным светофильтрам, имеют цветовые температуры 4200 К, 4700 К и 5300 К при той же  $R_a = 100$ .

Хороший выбор – люминесцентные лампы T8 с  $R_a = 98$ , разработанные для применения в полиграфии: Philips Graphica Pro 950 и JUST NormLight 950 с цветовой температурой 5000 К и Osram color proof с цветовой температурой 5300 К.

Более доступная альтернатива – лампы семейства Lumilux De Luxe 950 с  $R_a > 90$ , а также появляющиеся в последнее время светодиодные лампы с  $R_a = 90$ . Заявляется, что у ламп Ikea Ledare с цветовой температурой 2700 К  $R_a > 87$ , но реально они имеют более хорошее значение  $R_a = 93$ .

## Опыт использования шкал CRI и CQS при разработке источника света с высокой цветопередачей

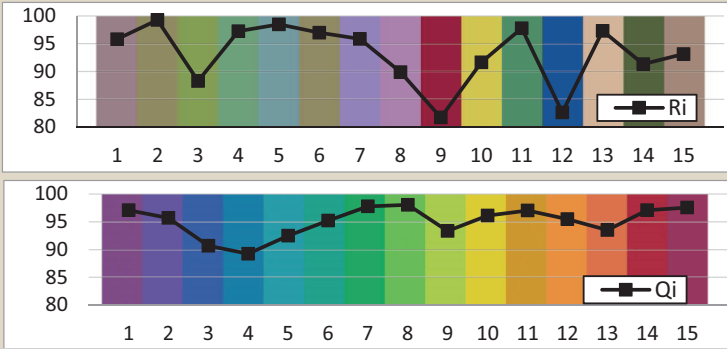
Антон Шаракшанэ, iva2000@gmail.com

В 2012 г. автор в должности главного конструктора ООО «ЛидерЛайт» разработал и представил на Interlight-2012 и Led-форум-2012 лампу с цоколем E27, выполненную по технологии отдаленного люминофора с индексами цветопередачи  $R_a = 95$ ,  $Q_a = 94$  с цветовой температурой 3200 К при эффективности 72 лм/Вт (см. рис 1). Экстремально высокая цветопередача (см. рис. 2) в сочетании с хорошей на тот момент эффективностью делала лампочку лучшим в России полупроводниковым источником света. По организационно-экономическим причинам запуск лампы в серию был отложен, а вскоре появились белые светодиоды, пригодные для производства ламп с  $R_a > 90$  по более простой и дешевой технологии. Но для иллюстрации разницы метрик CRI и CQS опыт разработки той лампы полезен и сегодня.

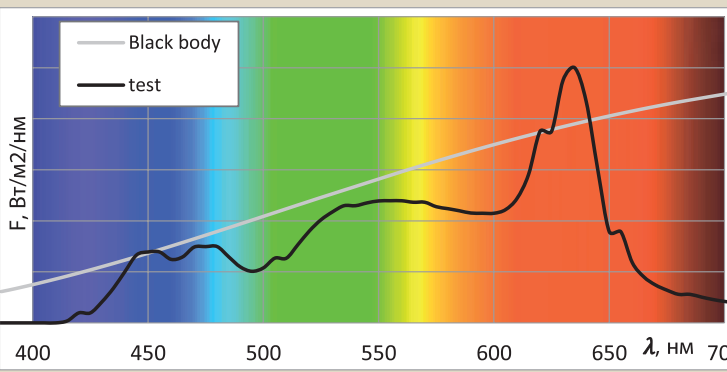
За основу была взята базовая технология ламп с удаленным люминофором. Технология заключалась в том, что в поликарбонат светорассеивающей колбы добавлялся желтый люминофор, а под колбу устанавливались синие светодиоды. При правильно подобранной концентрации люминофора желтая колба включенной лампы выглядела белой и светила белым светом. В модернизированной лампе концентрация люминофора резко увеличена, а вместе с синими светодиодами под колбу поставлены оранжевые, красные и голубые. В результате правильного подбора пропорций цветовых составляющих получен белый свет со сплошным спектром (см. рис. 3) и высокой цветопередачей.

Индекс цветопередачи  $R_a$  не штрафует цветные оттенки, неизбежные для белого света, собранного из независимых цветных составляющих. Поэтому при сдвиге цветового баланса за любой разумный срок эксплуатации индекс  $R_a$  не снизится ниже 90. Если бы в выходных характеристиках необходимо было использовать метрику CQS, пришлось бы уделять значительно больше внимания стабильности цветового баланса. Но при разработке лампы оказалось удобнее использовать метрику CQS, а не CRI, т.к. максимизация индекса  $Q_a$  автоматически означала и максимизацию  $R_a$  и правильный цветовой баланс.





**Рис. 2. Частные индексы цветопередачи лампы в метриках CRI и CQS**



**Рис. 3. Сплошной спектр белого света лампы собран из пяти цветных составляющих**