

# Модуль управления цветом

## Содержание

- Метод калибровки, используемый Калибриллой
- Функциональные возможности Калибриллы
- Отличия новой версии
- Краткое описание библиотек, используемых в новом модуле управления цветом
- Использование модуля управления цветом
  - Настройки модуля. Понятие трансформации.
  - Настройки трансформации
  - Поиск и выбор профилей
  - Дополнительные настройки трансформаций
  - Особенности работы с несколькими трансформациями
  - Примеры настройки СММ
  - Информационная строка внешних тестов

## Метод калибровки, используемый Калибриллой

Программа для визуальной калибровки мониторов и многомониторных систем, позволяющая на базе генерируемых тестов визуально изменять кривую тонопередачи, уточняя её параметры согласно выбранной целевой гамме, и помещать компенсационную кривую такой поправки в LUT видеоадаптера.

Большинство программ аппаратной калибровки тоже отображают полученную кривую тонопередачи, иногда дают возможности (как правило, очень скудные) для её редактирования, но не предлагают методов, позволяющих производить её точную корректировку. Многие программы и вовсе не показывают кривых, а лишь предлагают пройти аппаратную верификацию (проверку). Во время такой проверки сравниваются цвет посылаемых на монитор значений сигнала с измеренными значениями такого цвета, в результате чего они отображают погрешность для серых и цветных плашек согласно формулам DE 94/2000 и т.п.

Метод, предложенный в программе, основывается на законах визуального восприятия человека. Он учитывает наше восприятие цвета, который получен путём чередования точек малого размера двух других цветов. Наша задача визуально сравнить две плашки — первую, цветную плашку, состоящую из пары разных по весу цветов, объединённых в растр, со второй плашкой, одноцветной и математически идентичной по цвету первой плашке. В процессе калибровки кривой тонопередачи нам нужно визуально уравнивать две или более плашек между собой по тону и светлоте, сделав их максимально идентичными в нашем восприятии.

Визуальное различие в области ахроматических цветов у человека намного выше и точнее, чем для хроматических, более насыщенных цветов, поэтому визуальная калибровка позволяет получить результат, укладывающийся в допуски, принятые в отраслевых стандартах и согласующийся с ними.

## Функциональные возможности Калибриллы

Программа позволяет проводить линеаризацию видеосистемы в рамках целевой гаммы, а результаты такой настройки сохранять в текстовый файл и далее прописывать его в реестр для автозагрузки. В версии 3.4 была добавлена функция отслеживания состояния LUT видеоадаптера, и если она не совпадала с данными в файле, то шла перезапись данных в эту область. Сбой, не говорил о неисправности видеоадаптера, он мог быть вызван тем, что система ушла в сон и сбросила параметры микросхемы с энергозависимой памятью, а после просыпания не восстановила их, или эти параметры были переписаны тем или иным приложением в рамках их работы. За эту функцию в программе отвечает модуль «CalibrillaLUTOverlooker», и на время калибровки его нужно отключать.

Программа позволяет настраивать мониторы на целевую гамму (в т.ч. и в многомониторных системах) и автоматически загружать эти настройки при старте системы, а также постоянно контролировать состояние LUT VA (видеоадаптера) в процессе работы. Для этого другие автозагрузчики в область LUT VA сторонних приложений нужно отключить или убрать из системной папки «Автозагрузка».

Программу можно использовать также и для настройки устройств, не использующих поддержку управления цветом, но имеющих на уровне OSM настройку и корректировку по гамме, например, телевизоров и медицинских мониторов. По ряду дополнительных внешних тестов в программе можно визуально настроить эти системы по яркости, контрастности, а для аналогового интерфейса и по тактовой частоте и фазе, чтобы синхронизировать скорость распределения сигнала строчной развертки с кадровой частотой и не вызывать эффектов вертикального полошения или горизонтального мерцания.

Эти же тесты позволяют предварительно настроить LCD и CRT монитор по параметру резкости соседних пикселей, согласовав их с целевой гаммой, на которую шла калибровка, о чём подробно можно прочесть в документации программы и во встроенной справке самих внешних тестов. Программа позволяет выполнять как полностью визуальную настройку, так и смешанную аппаратную калибровку с использованием другого софта и приборов (спектрофотометров или колориметров, их поддерживающих). Также можно настроить монитор или устройство отображения, не требующего точности работы с цветом, которому достаточна лишь точная тонопередача, обеспечив при этом правильный баланс по белому в рамках заданной целевой гаммы.

## Отличия новой версии

Более точное предварительное сведение мониторов по точке чёрного и белого, включая и целевую цветовую температуру белого, ранее было возможно только аппаратное, до калибровки согласно целевой гаммы, а после калибровки была необходима характеристика монитора, т.е. аппаратный замер без переписывания содержимого в область LUT VA и перестройки параметров точки чёрного и белого, с конечным созданием мониторного профиля. Вторичная правка и уточнение целевой гаммы была возможна лишь с отключением работы профиля монитора и, как следствие, требовало проверки по внешним тестовым гамма-адаптированным таблицам, загружаемым в софт, поддерживающий управление CMS на уровне приложения и системы. Эта методика вела к некоторому снижению точности хроматических цветов в угоду уточнению ахроматически близким оттенкам.

Теперь, кроме предварительной линеаризации возможна пост-линеаризация, т.е. настройка и корректировка гаммы монитора с включённым профилем рабочего цветового пространства и профилем самого устройства отображения, что существенно упрощает работу с приложением и

уже не будет требовать сторонних программ просмотра и графических редакторов с поддержкой CMS для проверки результатов редактирования кривой тонопередачи. Такая проверка может происходить уже во время самого редактирования, что повышает точность и эффективность работы и снижает время, затраченное на дополнительные проверки. Можно сказать, что с появлением у Calibrilla v.4.0 модуля управления цветом, её функциональные возможности перешли на новый качественный уровень.

Для осуществления вышеописанного функционала в программу добавлен настраиваемый СММ-модуль, который позволяет делать преобразования с цветом — назначать ICC-профиль, конвертировать к указанному ICC профилю с дальнейшим преобразованием к мониторному профилю и отображением видеосистемой. Кроме прочего реализована поддержка связующих профилей для возможности просмотра в рамках цветового охвата (color gamut) цветовоспроизведения других RGB-устройств на данном мониторе и, как побочная функция, смотреть работу профилей-колорайзеров в рамках того или иного рабочего цветового пространства.

Для более простых и быстрых настроек в программу была дополнительно добавлена внешняя настроечная таблица «Модифицированных цветов, аналога таблицы PAL/SECAM», созданной для быстрой настройки просмотрочного телевизора или монитора из-под «синего светофильтра». Только вместо светофильтра нужно использовать соответствующий профиль Blue\_Rec709 ITU-R BT.709, который согласуется с Rec709 ITU-R BT.709.icc, и позволяет последовательно настроить яркость, контраст, насыщенность и смещение цветового тона. Подробнее о работе с самой таблицей читайте в справке к самой шкале.

## Краткое описание библиотек, используемых в новом модуле управления цветом

**FreelImage** — библиотека с открытым исходным кодом для разработчиков, которые хотели бы обеспечить поддержку в своём приложении популярных форматов файлов изображений, таких, как PNG, BMP, JPEG, TIFF и других. FreelImage — простая в использовании, быстрая, многопоточная и безопасная библиотека, совместимая со всеми 32-разрядными и 64-разрядными версиями Windows.

Новый релиз библиотеки FreelImage 3.17.0 добавляет множество улучшений для ICO, TIFF, PNG, HDR, TGA, GIF, RAW, JXR, JP2, Exif плагинов. Он поставляется с новыми функциями преобразования

для форматов RGBA16/RGBA8, а также с новыми функциями, используемыми для обработки внешних пиксельных буферов (ConvertFromRawBitsEx, CreateView). Библиотека была обновлена с новым Libpng (1.6.16), LibTIFF (4.0.4), LibRaw (0.17.a1), LibWebP (0.4.2), OpenEXR (2.2.0).

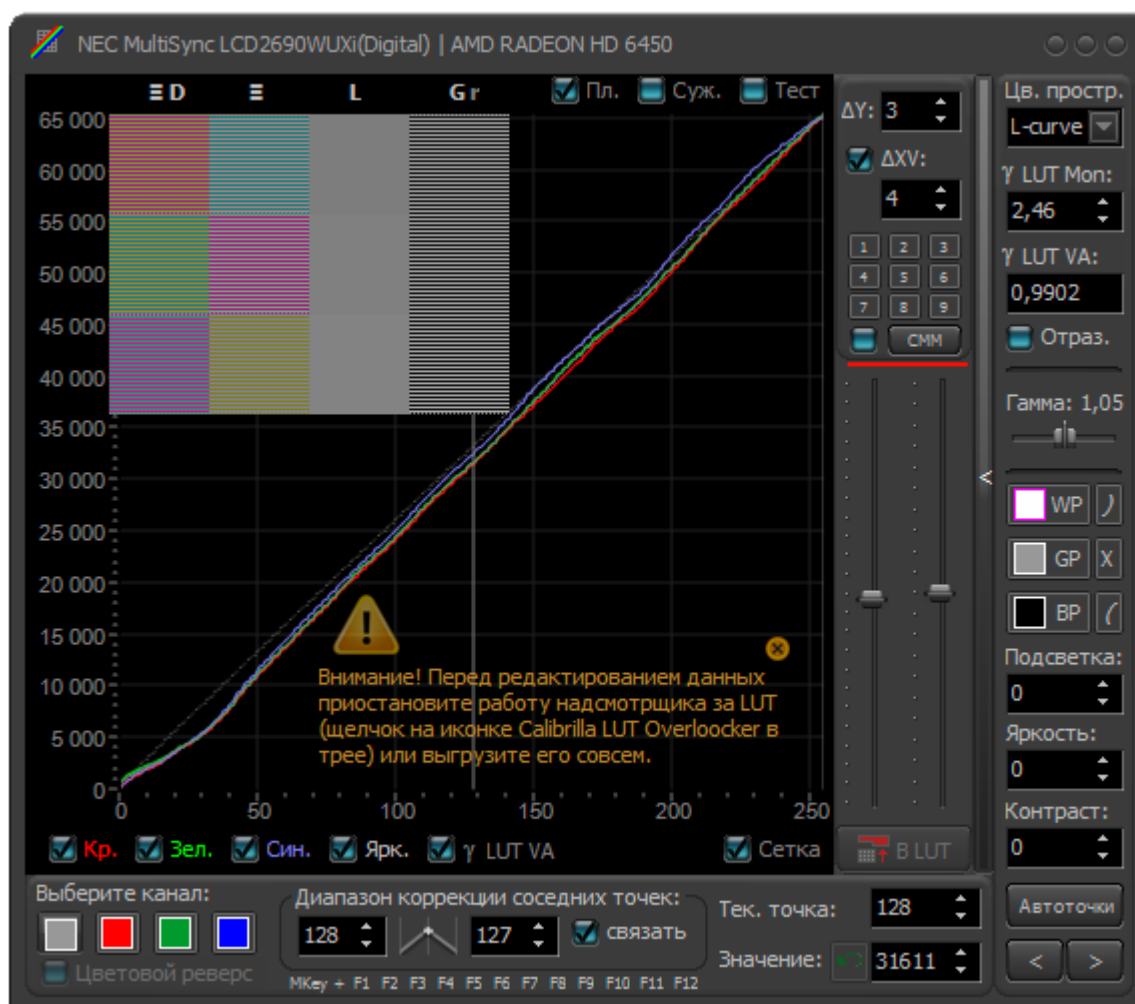
В рамках текущего приложения эта библиотека позволяет считывать файлы в формате PNG, BMP, JPEG и TIFF, имеющие глубину цвета 8 и 16 бит на канал.

**Little CMS** — библиотека с открытым исходным кодом для разработчиков, которые хотели бы обеспечить поддержку в своём приложении функций управления цветом. В библиотеке обеспечена полная реализация спецификации ICC 4.3. Она полностью поддерживает все виды V2 и V4 профилей, в том числе абстрактных, связующих и профилей именованных цветов. Библиотека использует все классы профилей, в том числе и профили именных цветов. Поддерживает до 15 каналов цветности, компенсацию чёрной точки. Производит вычисления на уровне внутренней PCS для 32-битного цвета, используя преобразования с плавающей запятой. Поддерживает модели видимости цвета CIECAM02 и CGATS.17-200x.

## Использование модуля управление цветом

### Настройки модуля. Понятие трансформации.

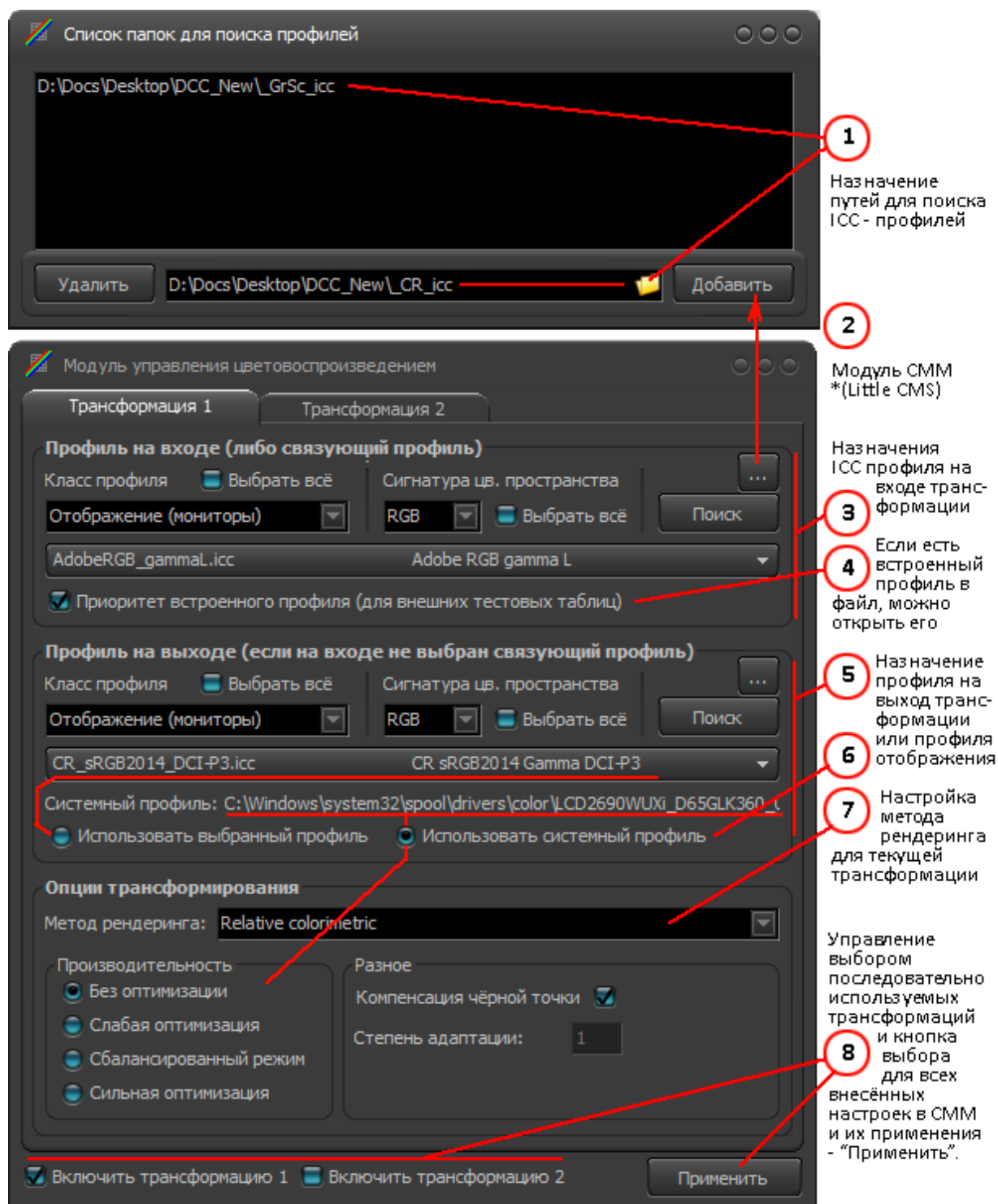
Настройки CMM открываются из инструментального окна визуальной коррекции LUT видео адаптера соответствующего монитора нажатием на кнопку [CMM] или сочетанием клавиш Ctrl+Alt+Y. Включение/отключение управления цветом осуществляется флажком «Использовать управление цветовоспроизведением при генерировании тестовых таблиц», расположенным рядом с этой кнопкой или сочетанием клавиш Ctrl+Y.



Интерфейс модуля CMM максимально приближен к логике работы движка Little CMS. Чтобы лучше представлять себе, как работать с модулем, давайте поближе познакомимся с таким понятием Little CMS, как трансформация.

Трансформация преобразует изображение, созданное ранее в соответствии с одним профилем, профилем источника (например, профилем фотокамеры), в изображение, которое должно соответствовать другому профилю, (например, профилю монитора для его правильного отображения на нём). Для работы трансформации ей нужно указать метод преобразования, а также другие настройки, влияющие на это преобразование.

В окне настроек модуля расположены две вкладки – «Трансформация 1» и «Трансформация 2». Таким образом, мы можем осуществить над изображением до двух последовательных трансформаций, где результат первой трансформации будет источником для второй. Для каждой трансформации необходимо указать на вход и выход нужные профили, а также другие уточняющие настройки. Трансформации могут использоваться как вместе, в очерёдности их следования, так и отдельно, когда любая из трансформаций отключена соответствующим флажком.



Флажки включения/отключения трансформаций находятся внизу окна модуля СММ, перед кнопкой «Применить». После того, как мы выбрали нужную конфигурацию в каждой из вкладок трансформаций, нажимаем на эту кнопку. Она сохраняет настройки, а в случае наличия открытых

изображений тестов ещё и трансформирует их соответствующим образом. Неоткрытые изображения тестов будут трансформироваться согласно настройкам в момент их открытия в программе.

## Настройки трансформации

Остановимся подробнее на настройках трансформации. В блоке «Профиль на входе» (3) следует указать профиль источника, описывающий начальное изображение. В блоке «Профиль на выходе» (5) указывается профиль вывода, к которому будет изменяться цвет в рамках такой трансформации.

Профиль на входе, соответствующий начальному изображению большинства тестов, как правило, входит в класс устройств отображения и имеет цветовую модель RGB (sRGB, AdobeRGB, Rec.709, Rec.2020 и т.п.). Для первой трансформации необходимо определить, с каким профилем сопоставлять изображение — с тем, что встроен в него, или же с выбранным в настройках вручную. Это делается флажком «Приоритет встроенного профиля».

Если изображение не содержит встроенного профиля или если оно является генерируемой тестовой таблицей, профиль всегда будет браться из ручных настроек.

Профиль на выходе должен описывать целевое цветовое пространство. В простейшем случае, это профиль монитора. Можно указать конкретный файл профиля из списка, найденного по классу «Отображение (мониторы)», и сигнатуре цветового пространства «RGB», а можно просто выбрать опцию «Использовать системный профиль», если он прописан в системе.

## Поиск и выбор профилей

В блоках профилей помимо основного выпадающего списка, куда будет осуществляться поисковая выдача профилей, находятся органы поиска профилей в системе. Поиск и выбор профиля осуществляется следующим образом.

Определяем класс профиля, выбирая его из соответствующего списка (ввод, отображение, вывод, связующие или «колорайзеры»). Остальные классы профилей в контексте использования текущей версии программы нас не интересуют и трансформациями не поддерживаются, но их поиск тоже можно осуществить. Если вы хотите осуществить поиск по всем профилям сразу, то включите флажок «Выбрать всё».

Определяем сигнатуру искомого профиля, выбрав её из второго списка (RGB или GRAY). Профили с другими сигнатурами в контексте использования текущей версии программы нас не интересуют и трансформациями не поддерживаются, но их поиск тоже можно осуществить. Если вы хотите осуществить поиск по всем сигнатурам, включите флажок «Выбрать всё».

Поиск профилей осуществляется в системной папке «C:\WINDOWS\system32\spool\drivers\color». Чтобы определить дополнительные папки для поиска ICC/ICM-профилей, воспользуйтесь кнопкой [...], после нажатия на которую откроется форма для добавления папок с профилями. Кнопки [...] есть около каждого списка выбора профилей, но все они открывают единый список дополнительных путей. Форма позволяет легко добавлять и удалять пути к папкам.

После задания вышеописанных параметров нажимаем кнопку [Поиск]. Результат поиска будет помещён в выпадающий список, из которого уже можно осуществить выбор конкретного профиля.

## Дополнительные настройки трансформаций.

После задания профиля источника (на входе) и профиля цели (на выходе) можно определить дополнительные правила и метод преобразования каждой трансформации.

**Метод рендеринга** — способ пересчёта цветов из одного цветового пространства в другое. Для устройств отображения выберите метод преобразования «относительный колориметрический», если для ваших задач не требуется иной. Для текущей версии программы актуальны четыре метода преобразований: *Perceptual*, *Relative colorimetric*, *Saturation* и *Absolut colorimetric*. Остальные методы обычно используются с профилями CMYK, в текущей версии программы не поддерживающимися.

*Perceptual* — перцепционный метод (метод, основанный на механизмах адаптации нашего восприятия к светлоте, или с приоритетом сохранения светлоты и насыщенности). Метод похожий на наше восприятие, восприимчивый к изменениям света, имитирующий световую адаптацию. Жертвует цветностью ради сохранения светлоты и насыщенности. Сохраняет точку белого нейтрально серой.

*Saturation* — метод насыщенности (метод с приоритетом сохранения цветности). Метод сохранения оттенка и насыщенности с светлотой, необходимой для поддержания такой насыщенности. Жертвует светлотой ради сохранения насыщенности, при этом сохраняет вектор цветности. Сохраняет точку белого нейтрально серой.

*Relative colorimetric* — относительный колориметрический метод (метод с приоритетом сохранения светлоты). Жертвует насыщенностью ради сохранения вектора цветности, аналогично и абсолютному колориметрическому методу. Сохраняет точку белого нейтрально серой.

*Absolut colorimetric* — абсолютный колориметрический метод. В рамках цветового охвата целевого устройства сохраняет цветность, а если первичный цвет шире по охвату, то жертвует насыщенностью. В отличие от других методов, которые белый делают нейтрально серым, в этом методе первичная белая точка сохраняется и для целевого устройства.

**Производительность** — эта настройка влияет на пропорцию точности высчитанного цвета по отношению к скорости его просчёта и объёму памяти, используемой для этого. Может давать разные результаты при разном объёме памяти и разной тактовой частоте процессора.

- *Без оптимизации* — медленно, максимальное качество, использует большой объём памяти.
- *Слабая оптимизация* — высокое качество, использует большой объём памяти.
- *Сбалансированный режим* — средняя скорость выполнения операций и качество, использует средний объём памяти.
- *Сильная оптимизация* — быстро, низкое качество, использует небольшой объём памяти.

**Компенсация чёрной точки** — сохраняет светлоту (L) для ахроматически близких цветов. Идентична одноимённой функции, впервые реализованной в Adobe PhotoShop. Для CMYK-профилей сохраняет чёрную краску (K), но в текущей версии профили CMYK не поддерживаются.

**Степень адаптации** — устанавливает степень адаптации для абсолютного колориметрического метода рендеринга. 0 — Не адаптировано, 1 — Полная адаптация, дробные значения — промежуточная, частичная адаптация.

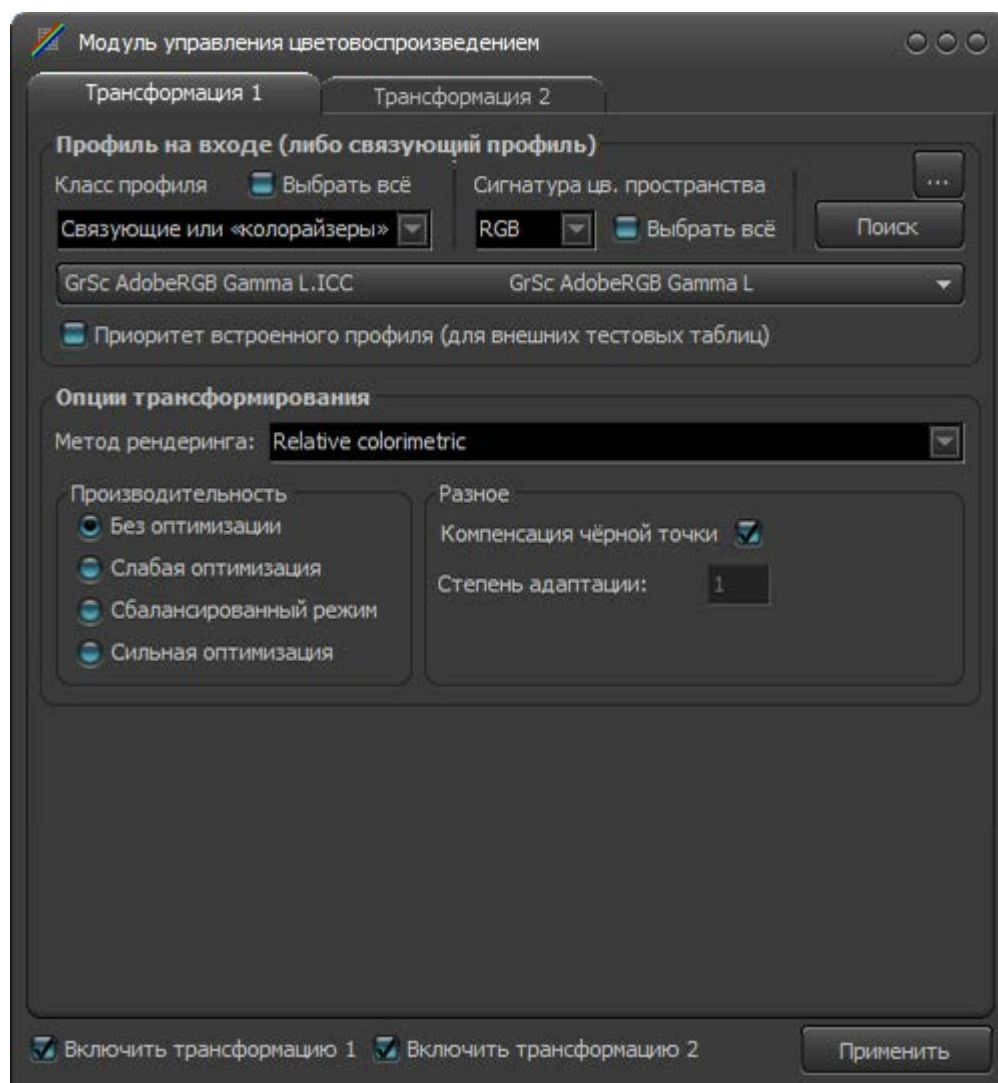
## Особенности работы с несколькими трансформациями

В некоторых случаях для отображения изображения бывают нужны две последовательные трансформации. Например, нужно отобразить изображение, созданное в одном цветовом пространстве, предварительно конвертировав его в другое (например, из sRGB в AdobeRGB, или даже вообще из RGB в GRAY). Тогда такое конвертирование задаётся в первой трансформации, а во второй — конвертирование из этого другого цветового пространства уже в профиль монитора.

При двух последовательных трансформациях на выходе первой трансформации и на входе второй должен быть установлен один и тот же профиль. Конвертирование в другое цветовое пространство может осуществить также и красящий профиль мониторного класса.

**Внимание!** Нельзя в качестве мониторного профиля, устанавливаемого на выходе последней трансформации, использовать профиль мониторного класса, описывающий рабочее цветовое пространство или преобразование RGB->RGB, **но не являющийся профилем описания устройства отображения** (монитора).

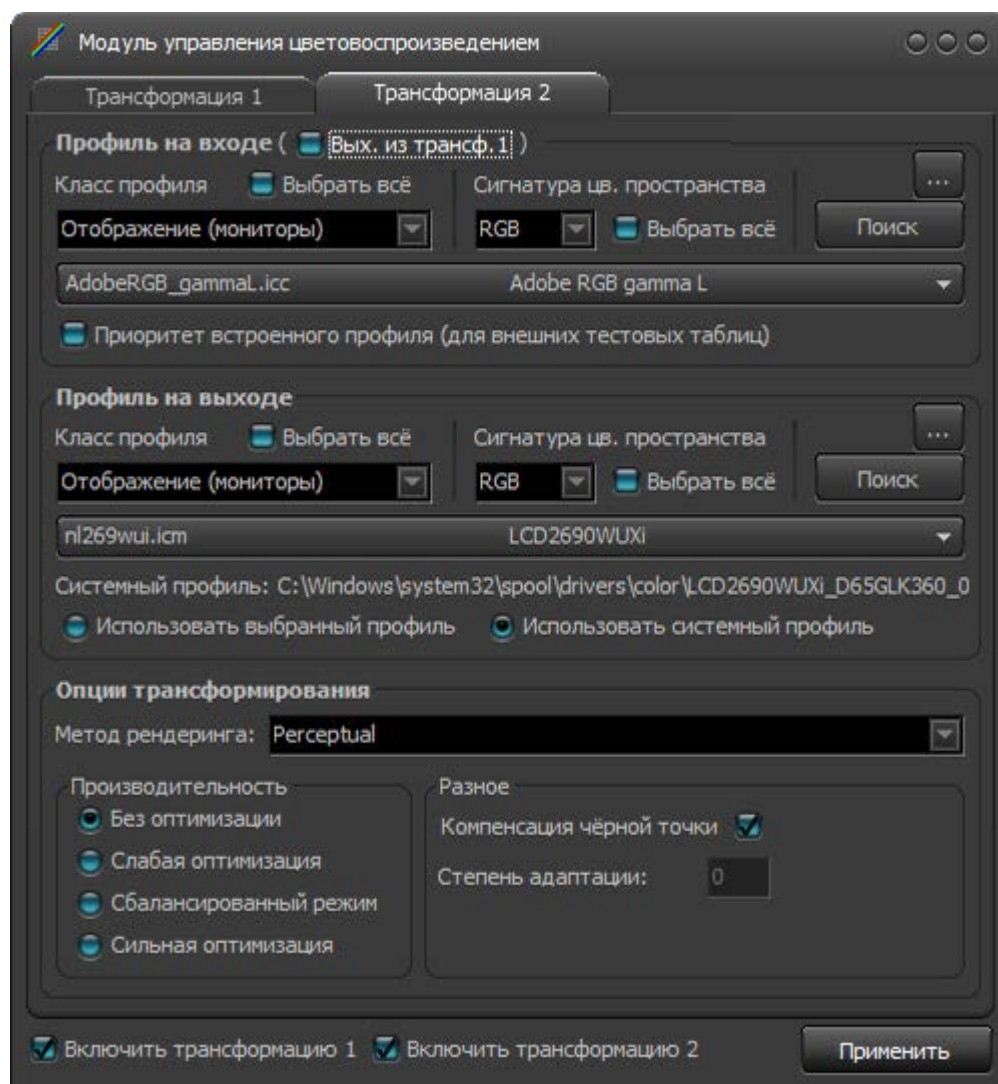
Если используется профиль связующего класса (device-link), то он указывается на входе первой трансформации. При этом блок выходного профиля этой трансформации автоматически убирается, поскольку в профиле связующего класса уже имеется полная информация для преобразования.





Во второй трансформации на входе указывается профиль цветовой модели, для которой предусмотрен связующий профиль, и в рамках которой он совершает преобразование. Как правило, этот профиль встроен в изображение.

Если в профиле нет изображения, но мы знаем, что этот файл был создан в нужном нам пространстве (просто был сохранён без профиля), то во второй трансформации на входе нужно просто назначить этот профиль.



Если мы используем связующие профили (device-link), они должны соответствовать цветовой модели изображения (даже если они колорайзеры по их функциональной задаче). Если мы применили связующий профиль к изображению с другой цветовой моделью (которая не была целевой для данного связующего профиля), то мы получим отличие результатов по цвету — другой колорит (для колорайзеров) или неверное преобразование цвета, не такое, как закладывалось при её создании.

На выходе второй трансформации назначаем мониторный профиль, если у вас, конечно, не иные конечные намерения, вместо просмотра работы (отображения на мониторе) связующего профиля.

## Примеры настройки СММ

Давайте теперь на примерах подробно рассмотрим разные варианты трансформаций, которые могут нам понадобиться для работы:

Условные обозначения:

A := B — присвоить A значение B.

Vx(1) — настройка профиля на входе первой трансформации

Vyx(1) — настройка профиля на выходе первой трансформации

Vx(2) — настройка профиля на входе второй трансформации

Vyx(2) — настройка профиля на выходе второй трансформации

**Пример 1.** Отображение изображения согласно встроенному профилю и системному профилю монитора. Для генерируемых таблиц и файлов, которые не имеют встроенного профиля, определить назначенный.

Возьмём, для примера, профиль sRGB, как назначаемый изображению, не имеющему встроенного профиля и системный мониторный профиль:

Трансформация 1 (активна):

Vx(1) := sRGB (Включить приоритет встроенного профиля)

Vyx(1) := Выбрать опцию «Использовать системный профиль»

Метод рендеринга := Perceptual

Трансформация 2 (не активна)

То же самое с использованием только второй трансформации:

Трансформация 1 (не активна)

Трансформация 2 (активна):

Vx(2) := sRGB (приоритет встроенного профиля включить)

Vyx(2) := Mon (или выбрать системный профиль, если он установлен)

Метод рендеринга := Perceptual

**Пример 2.** Отображение изображения согласно назначенному ему профилю и назначенному профилю монитора.

Возьмём, для примера, профиль AdobeRGB, как назначаемый изображению и профиль MonitorX.icm монитора:

Трансформация 1 (активна):

Vx(1) := AdobeRGB (Отключить приоритет встроенного профиля)

Vyx(1) := Выбрать опцию «Использовать выбранный профиль»

Метод рендеринга := Perceptual

Трансформация 2 (не активна)

Аналогично и с использованием только второй трансформации.

**Внимание!** Для вышеописанной трансформации неприемлем выбор профиля другой цветовой модели, нежели тот, в которой делалось изображение. Соответственно, лучше такое правило не использовать, а воспользоваться либо настройками, указанными в примере 1, либо осуществить конвертирование в другую цветовую модель. Рассмотрим такой пример ниже:

**Пример 3.** Конвертирование из одной цветовой модели в другую.

Трансформация 1 (активна):

Вх(1) := sRGB (Включить приоритет встроенного профиля)

Вых(1) := AdobeRGB (Выбрать опцию «Использовать выбранный профиль»)

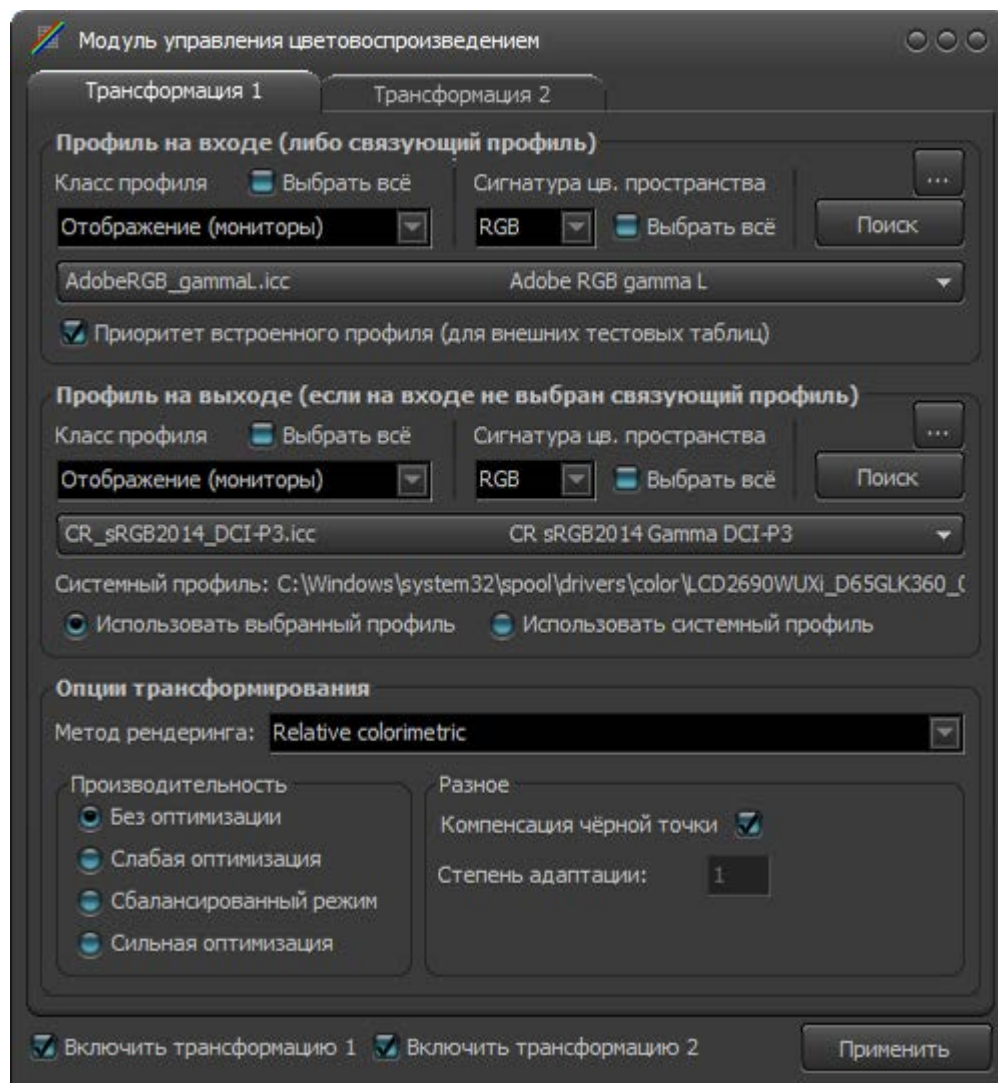
Метод рендеринга := Relative colorimetric, если мы хотим сохранить значения более узкого по цветовому охвату первичного цв. профиля, или выбрать метод - Perceptual, если среди внешних тестовых таблиц у нас будет много файлов, которые шире по цветовому охвату, чем AdobeRGB.

Трансформация 2 (активна)

Вх(2) := AdobeRGB (Отключить приоритет встроенного профиля)

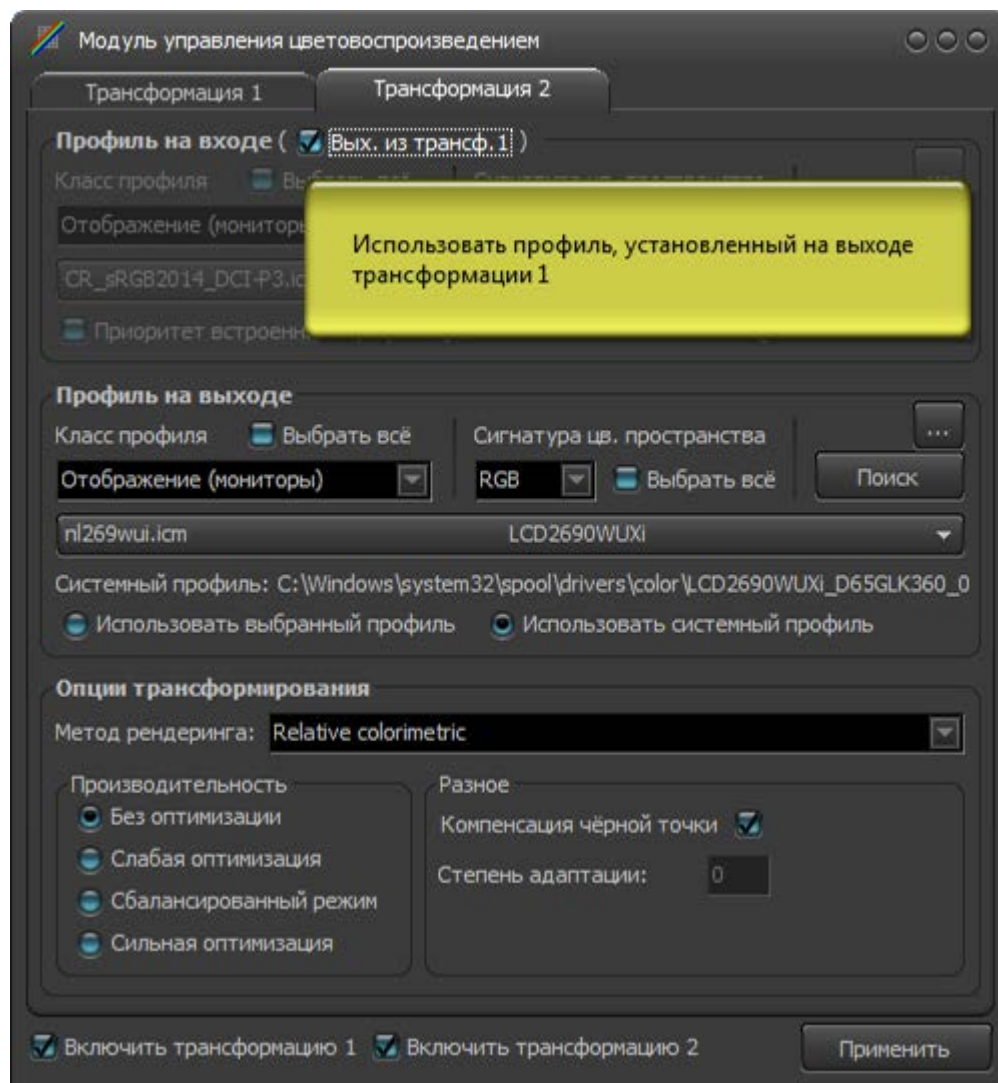
Вых(2) := выбрать системный профиль

Метод рендеринга := Perceptual



В первой трансформации конвертируем изображение из одной цветовой модели (например, определённой профилем sRGB) в другую (например, определённую профилем AdobeRGB). Во второй трансформации конвертируем изображение из модели AdobeRGB в модель устройства отображения, чтобы увидеть результат на экране.

Чтобы повторно не задавать тот же профиль на входе второй трансформации, можно просто поставить галочку «Вых. из трансф.1». В этом случае этот профиль будет просто принят равным профилю на выходе первой трансформации:



**Пример 4.** Как эмулировать отображение цвета на другом мониторе? Для этого нужно, чтобы первоначально профиль текущего монитора был шире по цветовому охвату, чем монитора эмулируемого, а их точка белого и чёрного либо совпадали, либо были шире для текущего устройства по своему диапазону контрастности  $K=W_p/V_p$ . В противном случае света или тени будут немного подрезаны.

Компенсация тонопередачи LUT VA уже должна быть заложена в профиле эмулируемого монитора, иначе она не будет учтена.

Для примера, назначим некий профиль SRGB\_Monitor1.icm для монитора, отображение цвета на котором мы будем эмулировать на другом мониторе с профилем ARGB\_Monitor2.icm



Трансформация 1 (активна):

Вх(1) := AdobeRGB (Включить приоритет встроенного профиля)

Вых(1) := SRGB\_Monitor1.icm (Выбрать опцию «Использовать выбранный профиль»)

Метод рендеринга := Relative colorimetric, если мы хотим сохранить значения более узкого по цветовому охвату первичного цв. Профиля, сохранив цветовой тон и светлоту.

Трансформация 2 (активна)

Вх(2) := Вых(1) = SRGB\_Monitor1.icm (Отключить приоритет встроенного профиля)

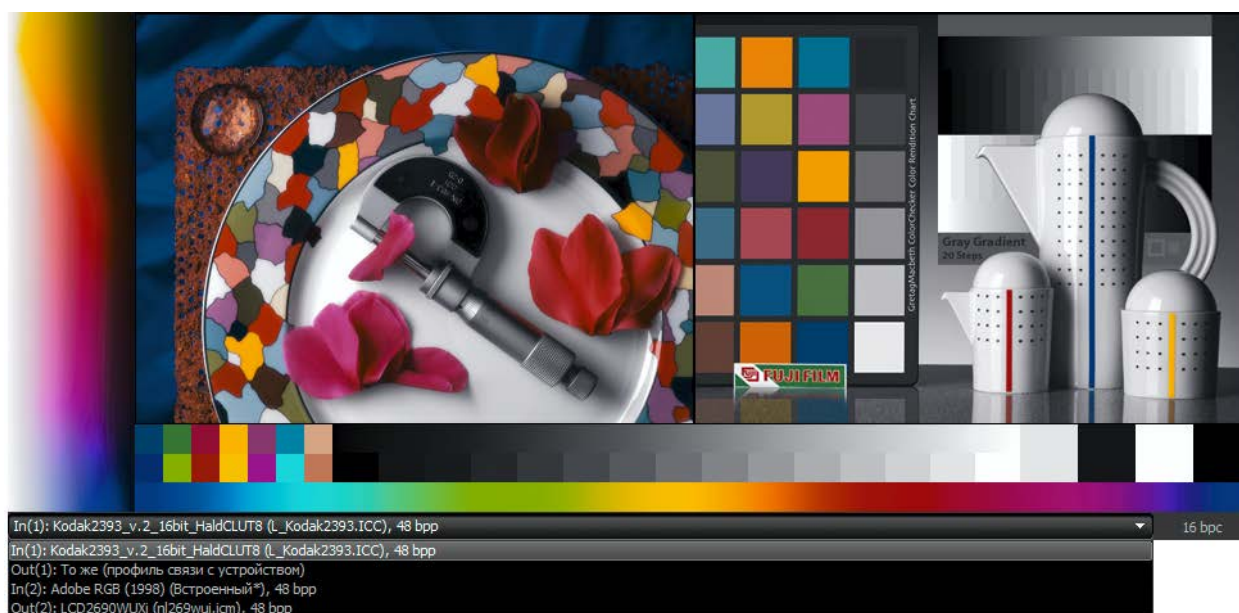
Вых(2) := выбрать системный профиль (у нас это ARGB\_Monitor2.icm)

Метод рендеринга := Absolut colorimetric

Степень адаптации := 1

## Информационная строка внешних тестов

В информационной строке окон внешних тестов в правой части показывается битовая глубина открываемого изображения, а в выпадающем списке можно увидеть все профили, которые были последовательно задействованы в его трансформациях, а также количество бит на пиксель перед трансформацией с указанным профилем на входе и после трансформации с указанным профилем на выходе.



Если модуль СММ отключён, то в строке сообщается, что «Профиль не используется».