



Усенков Дмитрий Юрьевич

КАК СМОТРЕТЬ 3D-ФОТО И 3D-ВИДЕО

Начнем с того, что собой вообще представляет стереоизображение и как производится его съемка. Более подробно об этом предполагается рассказать в отдельной статье, а сейчас дадим хотя бы краткие комментарии.

Мы (так же, как и многие животные) видим мир не просто двумя глазами. Главная особенность нашего зрения, позволяющая нам видеть окружающее нас пространство и предметы объемными, заключается в том, что поля зрения левого и правого глаза перекрываются, а в мозге зрительные нервы, несущие информацию от правого и левого глаза, пересекаются в особом участке, называемом *хиазмой*. Поэтому информация о том, что видит левый и правый глаз, в мозге обрабатывается совместно. Кроме того, нужно не забывать, что левый и правый глаз смотрят на мир не из одной точки: они разнесены по горизонтали на некоторое расстояние (у человека в среднем оно составляет 63–64 мм). Поэтому картинка, видимая левым и правым глазом, оказывается неодинаковой. Попробуйте посмотреть на какие-нибудь предметы, расположенные на различном расстоянии от вас, попеременно закрывая то левый, то правый глаз. Вы увидите, что контуры этих предметов как бы «прыгают» друг относительно друга.

Если хотя бы приблизительно нарисовать схему распространения световых лучей в оптической системе каждого глаза (рис. 1), то становится понятно, почему так происходит. Расстояние между проекциями одной и той же точки на сетчатке правого и левого глаза (*параллакс*) тем больше, чем дальше эта точка отстоит в пространстве от некоторой «нулевой» плоскости (перпендикулярной лучу зрения и проходящей через точку, на которую сфокусирован взгляд).

Анализируя различия в проекциях на сетчатке левого и правого глаза, мозг ребенка учится определять расстояния между различными видимыми объектами «по глубине», определять, какие предметы располагаются дальше, а какие ближе, и насколько.

Это достаточно сложный процесс, во многом сходный, например, с обучением чтению («распознаванию букв») или речи, но для нас он является естественным, и умение определять взаимное расположение предметов вокруг нас мы считаем чем-то само собой разумеющимся.

Но тогда очевидно, что если сфотографировать один и тот же пейзаж или объект одновременно с двух точек, расположенных на одной горизонтали на расстоянии примерно в 65 мм (это расстояние называют *стереобазисом*), а

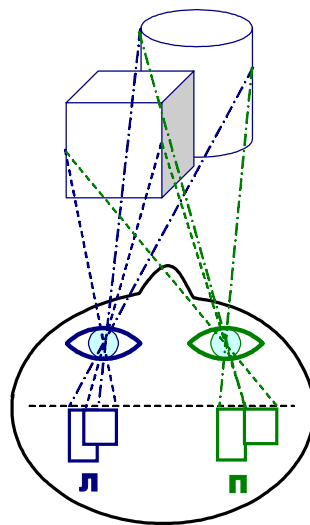


Рис. 1



Однако научиться это делать достаточно сложно: нужно очень близко подносить стереопару к лицу...

потом каким-то способом показать левому глазу только левую из этих фотографий, а правому глазу – только правую, то на сетчатках глаз картинки будут как раз такими, как при рассматривании этого пейзажа или объекта «вживую». И тогда мозг, продолжая анализировать различия на этих фотографиях, должен получить почти такое же впечатление объемного изображения.

Такая пара фотографий (или, аналогично, – видеofilмов) называется *стереопарой*, а все существующие (самые разные) технологии просмотра стерео так или иначе сводятся к одной-единственной цели: обеспечить их просмотр так, чтобы левый глаз видел только предназначенный ему левый кадр стереопары, а правый глаз – только правый кадр.

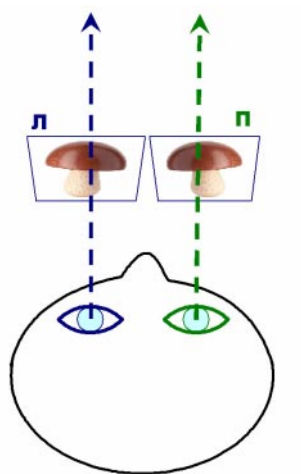


Рис. 2. Просмотр прямой стереопары

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ И ПЕРЕКРЕСТНЫЕ СТЕРЕОПАРЫ

Самый простой способ – просто разместить (на странице журнала, на экране телевизора или монитора компьютера и т.д.) оба кадра стереопары рядом друг с другом. В бумажном варианте, если эти кадры не очень большие, можно при некотором старании научиться смотреть как бы «сквозь» стереопару, тогда обе картинки «сольются в одну» (рис. 2).

Однако научиться это делать достаточно сложно: нужно очень близко подносить стереопару к лицу, но при таком рассматривании картинка получается размытой, глаза трудно сфокусировать на ней. Поэтому подобные стереопары (в которых левый кадр расположен слева, а правый – справа; такие стереопары называют *параллельными*, или *обычными*), как правило, просматривают при помощи специальных приспособлений – стереоскопов (чуть позже мы расскажем вам и о них).

Другой вариант стереопары, в которой левый и правый кадры переставлены местами (левый кадр справа, а правый – слева), просматривать гораздо легче. Для этого достаточно скосить глаза к носу так, чтобы оба кадра совместились в одну картинку (рис. 3). При этом направления взглядов правого и левого глаза перекрещиваются (направлены на соответствующий «правиль-

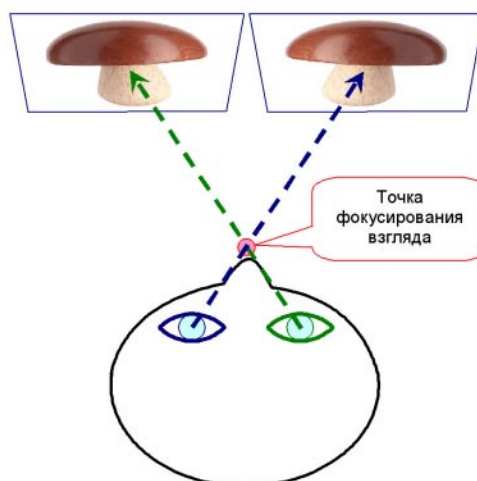


Рис. 3. Просмотр перекрестной стереопары

ный» кадр), поэтому данный вид стереопар называют *перекрестными* (или *обратными*, так как в них кадры стереопары расположены наоборот по сравнению с обычной).

Научиться просматривать перекрестные стереопары таким способом (скашивая глаза к носу) не очень сложно, – нужно только немного потренироваться. В этом вам поможет следующее упражнение.

Посмотрите на рис. 4. Здесь тоже изображена «стереопара», только не сфотографированная, а нарисованная.

Глядя на нее, вытяните перед собой руку с выпрямленным указательным пальцем. Свой палец вы будете видеть как бы «раздвоившимся». Расположите палец между своим лицом и экраном с рисунком-«стереопарой» на таком расстоянии, что «раздвоившиеся копии» вашего пальца будут приходиться напротив нарисованных под зелеными рамками темно-синих прямоугольничков (ниже них, чтобы палец не загораживал изображения на экране).

Теперь переведите взгляд на свой палец. Его «раздвоившиеся копии» сольются в одно четкое изображение. А за ним на экране компьютера вы увидите вместо бывших в «стереопаре» двух рамок-«кадров» сразу три.

А теперь – самое сложное. Переведите (перефокусируйте) взгляд с пальца на «стереопару» так, чтобы по-прежнему видеть на ней три рамочки – одну, более четкую, в середине и две плохо заметных, «мерцающих» – по бокам. Если эта средняя рамочка у вас «двоится», то попробуйте передвигать палец чуть ближе или чуть дальше от себя, либо немного наклонить голову вправо/влево, чтобы устранить это «двоение».

Посмотрите внимательно на среднюю из трех рамок. Это и есть стереокартинка: на ней черный кружочек явственно «висит в воздухе» перед серым кругом, зеленой рамкой и вообще плоскостью экрана. А две картинка по бокам – это «паразитные» изображения, на которые нужно просто не обращать внимания. (Если это пока для вас трудно, то можно загородить их руками.)

Если сразу увидеть стереоэффект не получается, не расстраивайтесь. Потренируйтесь ещё, добываясь результата (только обя-



Научитесь просматривать перекрестные стереопары ...скашивая глаза к носу... не очень сложно...

зательно делайте перерывы, если почувствуете, что глаза устали). Просмотр стереопар невооруженным глазом – это *навык*, которому сложно научить. Его можно только выработать самому путем тренировки. А когда вы научитесь переводить взгляд с пальца на стереопару, не теряя получающегося в ней стереоизображения, попробуйте сделать то же самое без пальца, просто скашивая глаза к носу и добываясь, чтобы кадры «стереопары» совмещались перед вами в среднюю картинку-стереоизображение.

Если глаза устали, выполните следующие упражнения для отдыха глаз.

1. Закройте глаза и посидите так в течение нескольких минут, пока не почувствуете, что ощущение напряжения в глазах прошло.

2. Откройте глаза и, как бы осматриваясь, несколько раз посмотрите влево – вправо. Затем посмотрите несколько раз вверх – вниз.

3. Несколько раз пройдитесь взглядом по кругу – сначала по часовой стрелке, а затем против часовой стрелки.

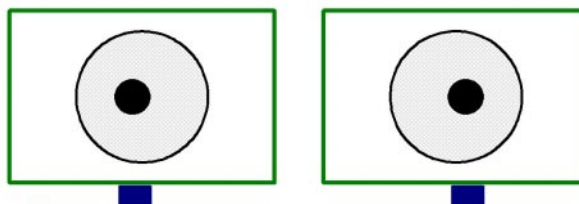


Рис. 4. «Учебная стереопара»

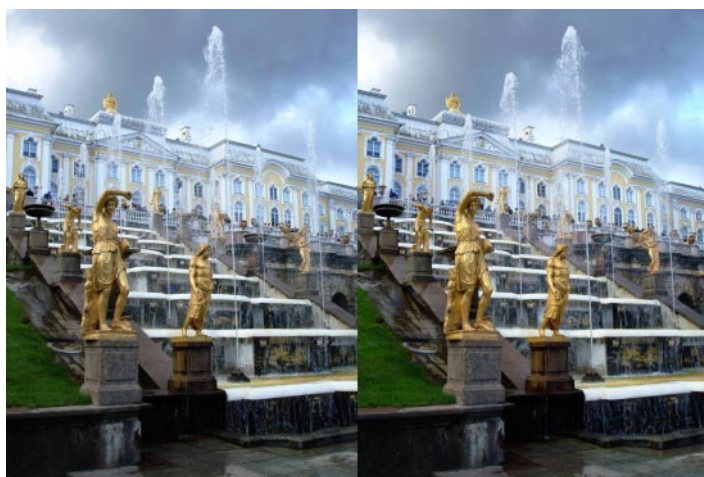


Рис. 5. Большой каскад (Петергоф)

Старайтесь делать все эти упражнения, не поворачивая головы, – только глазами, так чтобы линия вашего взгляда отклонялась от обычного направления (прямого взгляда) на максимальное расстояние.

Повторив указанные выше упражнения несколько раз, вновь закройте глаза и посидите так еще несколько минут.

А теперь вы можете попробовать посмотреть уже настоящую стереофотографию в виде перекрестной стереопары (рис. 5).

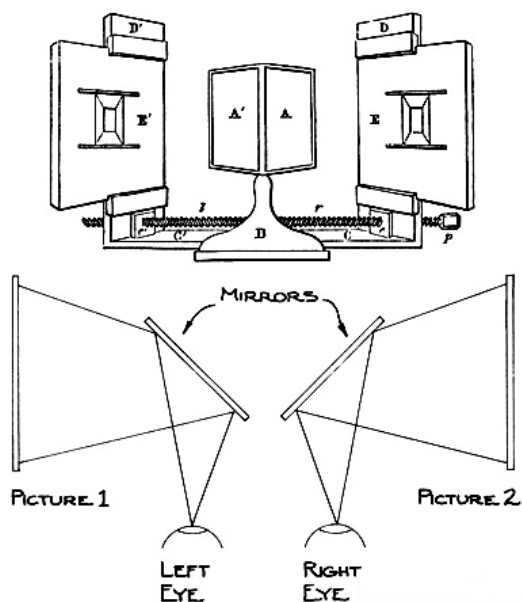


Рис. 6. Стереоскоп Уитстона
(рисунок с сайта <http://www.prooptiku.ru>)

СТЕРЕОСКОПЫ

Это приспособления, специально придуманные, для того чтобы облегчить просмотр стереопар (причем в основном параллельных – они обеспечивают более крупный «визуальный» размер получаемой стереокартинки, чем перекрестные стереопары, хотя это – тоже только лишь зрительная иллюзия).

Самые первые стереоскопы были изобретены очень давно (как, впрочем, и сама стереофотография), – в 1837 г. английским ученым и изобретателем Чарльзом Уитстоном; фотографии тогда еще не существовало, а стереоэффект достигался для нарисованных от руки «стереокадров».

В стереоскопе Уитстона в середине устанавливалась конструкция из двух расположенных под углом зеркал, а по бокам крепились, соответственно, левый и правый кадры стереопары (рис. 6). Левый кадр отражался через левое зеркало в левый глаз, а правый кадр через правое зеркало – в правый, а в результате можно было увидеть результирующее объемное изображение.

Более удобным был стереоскоп Дэвида Брюстера, изобретенный в 1849 г. По конструкции он напоминал бинокль (рис. 7): был снабжен окулярами с двумя увеличительными линзами, через которые предлагалось смотреть на вставляемую сзади стереопару (ее освещение обеспечивалось при помощи расположенного сверху «лючка»).

Обе эти конструкции – с зеркалами и с линзами – определили две разновидности стереоскопов, которые существуют и сегодня.

Линзовые стереоскопы – облегчают фокусировку глаз на изображении, расположенном очень близко к ним. При этом возможны конструкции для просмотра как стереопар, напечатанных на бумаге, так и стереослайдов, которые предлагается смотреть «на просвет». Такие стереоскопы в прежние годы выпускались промышленно, а сегодня иногда попадают в продаже как «состав-

ная часть» книжек со стереокартинками или как продукция различных мелких фирм.

Зеркальные стереоскопы могут быть реализованы двумя способами.

В первом случае устройство содержит четыре зеркала, которые нужно повернуть (подстроить) так, чтобы отражаемые через них изображения левого и правого кадра «накладывались» друг на друга (рис. 8). Такой принцип работы позволяет просматривать стереопары любого размера, расположенные на любом расстоянии от зрителя; именно так устроены некоторые «стереочки», иногда появляющиеся в продаже.

Другая конструкция предполагает использование только одного зеркала, в котором отражается один из кадров стереопары (соответственно, он должен быть напечатан зеркально), тогда как другой кадр рассматривается непосредственно глазом (рис. 9).

Наконец, *призматические стереоскопы* по принципу работы аналогичны зеркальным, но в них для визуального совмещения кадров стереопары вместо системы зеркал используется призма (то есть вместо отражения используется преломление – рис. 10). Такая призма может быть выточена из стекла или прозрачной пластмассы (оргстекла), либо склеена из тонкого прозрачного пластика и заполнена водой или глицерином.



Рис. 7. Стереоскоп Брюстера (рисунок с сайта «Википедия» <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/ru/0/02/BrusterStereoscop.jpg>)

АНАГЛИФИЧЕСКОЕ СТЕРЕО

При использовании *анаглифического* метода левый кадр стереопары окрашивается в один какой-либо цвет, а правый – в другой цвет, противоположный (контрастирующий) первому, а затем два таких окрашенных кадра накладываются друг на друга (получается характерная «двоящаяся» картинка). Просматривать такое «совмещенное» изображение нужно через специальные очки, в которых в качестве стекол установлены светофильтры (стеклянные, пластико-

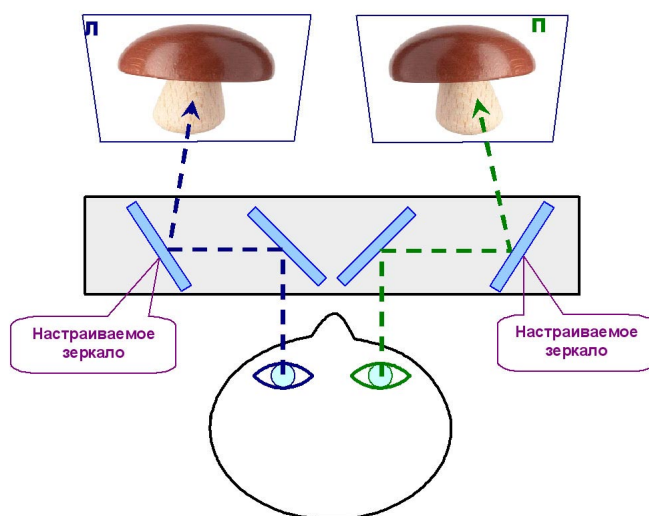


Рис. 8. Принцип работы зеркального стереоскопа

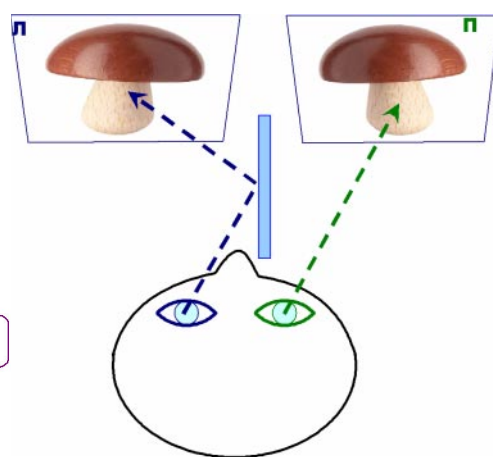


Рис. 9. Принцип работы зеркального стереоскопа с одним зеркалом



При использовании анаглифического метода левый кадр стереопары окрашивается в один какой-либо цвет, а правый — в другой цвет...

вые или пленочные) соответствующих цветов. Впервые анаглифический способ создания стереоизображений предложил в 1853 г. Вильгельм Роллман (Лейпциг, Германия), который изобразил синие и красные линии на темном фоне и проиллюстрировал возможность цветового разделения изображений для левого и правого глаза при помощи красно-синих очков.

Какие цвета можно считать противоположными (контрастирующими)? Это краски, которые при смешивании на бумаге дают черный цвет. При создании анаглифических стереоизображений обычно используются красный (Red) и голубой (Cyan) цвета либо красный и синий. Реже применяются цвето-

вые пары красный – зеленый и синий – желтый. Традиционным же является сочетание «анаглифических» цветов «красный–голубой», где красный светофильтр предназначается для левого глаза, а голубой – для правого.

Если на распечатке фотографии (или в изображении на экране монитора компьютера) друг на друга наложены левый кадр, выполненный в оттенках красного, и правый – в оттенках голубого, то, когда на эту распечатку падает внешний белый («дневной») свет, точки изображения, имеющие соответствующие цвета, окрашивают отраженные световые лучи в соответствующие цвета. Тогда при просмотре такого изображения (см. рис. 11):

- красные участки (левого кадра) видны через красный светофильтр левому глазу (красный светофильтр пропускает красный свет), но не видны через голубой светофильтр правому глазу (голубой светофильтр задерживает красный свет);

- голубые участки (правого кадра) не видны через красный светофильтр левому глазу (красный светофильтр задерживает голубой свет), но видны через голубой светофильтр правому глазу (голубой светофильтр пропускает голубой свет);

- черные участки анаглифа (черные и на левом, и на правом кадре), очевидно, будут

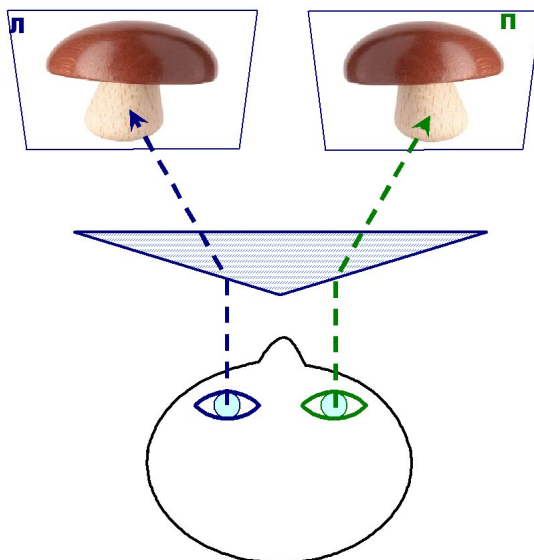


Рис. 10. Принцип работы призматического стереоскопа

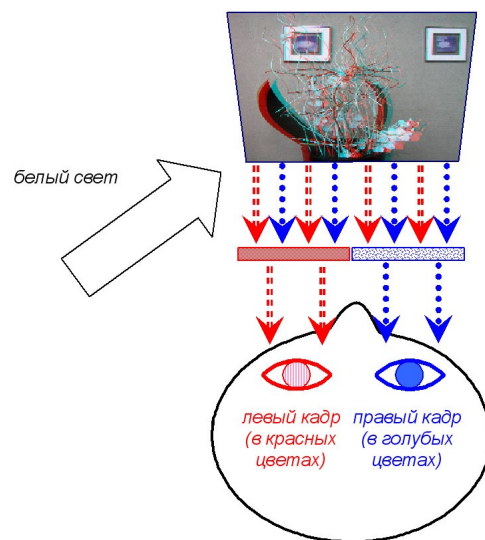


Рис. 11. Анаглифический способ воспроизведения стереоизображений

черными для обоих глаз независимо от светофильтров перед ними;

– белые участки анаглифа (белые и на левом, и на правом кадре) будут видны для обоих глаз, так как белый свет пропускается и красным, и голубым светофильтром.

В результате левый глаз действительно будет видеть (благодаря красному светофильтру выделять из «смесевой» анаглифической картинки) левый кадр и видеть «черноту» вместо правого кадра, а правый глаз будет видеть (выделять благодаря голубому светофильтру) правый кадр и видеть «черноту» вместо левого кадра. Такое разделение как раз и обеспечивает воспроизведение стереоэффекта.

В цветных анаглифах левый и правый кадр тоже окрашиваются, соответственно, в красные и голубые оттенки. Но здесь, в отличие от монохромных анаглифических изображений, такое окрашивание – не полное, хотя цветовая гамма этих кадров искажается. При просмотре же такого анаглифа принцип действия светофильтров в очках остается тем же самым. Искажение цветопередачи в левом и правом кадрах частично компенсируется за счет гибкости самого зрительного «механизма».

Главное и, наверное, единственное бесспорное преимущество анаглифического метода – его дешевизна (почти бесплатность). Для просмотра такого стереофото или стереовидео нужно иметь двухцветные очки, которые можно купить за 20–30 рублей (максимум) или даже сделать самому. (В нашем случае такие очки прилагаются к каждому номеру журнала с анаглифическими изображениями.) При этом просматри-

вать анаглифическое фото и анаглифическое видео вы можете как на обложке журнала, так и на прилагаемом CD на любом обычном компьютере и любом мониторе.

Недостатки у анаглифического метода тоже есть. Во-первых, при его использовании заметно снижается качество цветопередачи (например, красный цвет превращается в черный). Наилучшие результаты вообще получаются для монохромных («черно-белых») анаглифических стереоизображений, хотя средства их воспроизведения (экран или типографская печать) должны быть цветными. Во-вторых, при длительном просмотре через двухцветные очки устают глаза и нарушается их цветовосприятие. И, в-третьих, анаглифический способ очень чувствителен к различным преобразованиям изображений, особенно к используемым на компьютере методам сжатия фото и видео, при этом могут появляться неприятные «двоения» контуров в получаемом стереоизображении.

Однако другие технологии просмотра стереоизображений (поляризационные, растровые и др.) требуют наличия специального оборудования – специального стереоскопического монитора компьютера или стереотелевизора и/или специальных, довольно дорогих, очков. Поэтому мы в нашем журнале пока остановимся на двух описанных выше способах – на перекрестных стереопарах и анаглифических стереоизображениях. Хотя это, конечно, не догма: с более широким распространением стереоустройств в нашей стране мы тоже со временем изменим используемые стереотехнологии...

Литература

1. Усенков Д.Ю. Как мы видим то, что видим // Мир 3D / 3D World. №1. 2011. С. 10. [Электронный ресурс]. URL: http://mir-3d-world.narod.ru/2011/3dworld_1_2011.pdf

2. Усенков Д.Ю. Как смотреть 3D: со стереоскопом и без него // Мир 3D / 3D World. №1. 2012. С. 6. [Электронный ресурс]. URL: http://mir-3d-world.narod.ru/2012/3dworld_1_2012.pdf

*Усенков Дмитрий Юрьевич,
старший научный сотрудник
Института информатизации
образования Российской академии
образования, Москва.*



Наши авторы, 2012.
Our authors, 2012.