

## «А ЧТО В АКТИВЕ?»

### Затворный метод воспроизведения стерео

Все ранее рассмотренные нами методы воспроизведения стереоизображений – стереопары, анаглифы, поляризационный метод – можно условно назвать «пассивными»: стереоконтент (фотография или видеофрагмент) уже подготовлен в соответствующем формате, а зрителю остается только пассивно его просматривать – невооруженным глазом или через специальные очки, в которых тоже во время просмотра ничего не меняется: остаются всё те же поляризационные фильтры, красные и синие плёнки, зеркала или призмы, физические характеристики которых остаются неизменными. А вот метод просмотра стерео, который будет рассмотрен в данной статье, вполне заслуживает названия «активный», поскольку в формировании 3D-эффекта здесь очень актив-

но участвуют надеваемые зрителем специальные очки.

#### НЕМНОГО «ФИЗИКОБИОЛОГИИ»

Для начала вспомним основы кино- и видеопроекции, – о том, как удастся создать на экране эффект движения.

Все (или почти все) читатели еще со школьной скамьи наверняка знают: секрет кино и телевидения – в «инерционности» нашего зрения: если глазу (или обоим глазам) показать некое изображение, а потом быстро его убрать, то глаз продолжает «видеть» это изображение еще некоторое краткое время.

Причинами этого явления отчасти являются оптические процессы в сетчатке глаза: попадая на нее, свет вызывает распад зрительного пигмента – родопсина (что и фиксируется зрительным нервом как сигнал о наличии света), а для восстановления зрительного пигмента требуется некоторое небольшое время, и пока оно не прошло, сетчатка продолжает «воспринимать» ощущение светового луча. В чем-то это подобно «инерционности» свечения люминофора под действием потока электронов, на которой основана возможность вывода изображения на экран электронно-лучевой трубки. (В существовании этого эффекта неоднократно убеждался каждый из нас: если посмотреть на что-то достаточно яркое, например, на электролампочку, то зрительный пигмент в



*...если глазу.... показать некое изображение, а потом быстро его убрать, то глаз продолжает «видеть» это изображение еще некоторое краткое время.*

соответствующем участке сетчатки «выгорает» настолько существенно, что для его восстановления требуется уже несколько секунд, и потому перед глазами продолжает «висеть» световое пятно. Говорят, в прежние времена, когда не было еще смартфонов, карманных компьютеров и даже сотовых телефонов, некоторые «ушлые» студенты умудрялись таким способом, с помощью фотовспышки, «запечатлеть» в своих глазах целые листки со шпаргалками, предварительно написанными на прозрачной плёнке, – правда, при этом их приходилось заводить в аудиторию под руки.)

Впрочем, другая существенная составляющая «инерционности» зрения относится уже к области высшей нервной деятельности. «Инерция» зрения вызвана тем, что мозгу требуется некоторое время на обработку (в частности, на распознавание) поступившей с сетчатки глаз визуальной информации. Да и, кроме того, мозг многое «домысливает» на основе всего предыдущего жизненного опыта: например, если на экране некий объект просто исчез в одном месте и тут же появился в другом, чуть в стороне от предыдущего, то такое «мерцание» мозг воспримет как «плавное перемещение» объекта, – поскольку весь предыдущий опыт сводился к тому, что предметы хотя и могут двигаться очень быстро, так что этого почти не заметишь, но мгновенной телепортации пока еще, к сожалению, не открыли.

Следствием всего сказанного является то, что при предъявлении глазу серии статичных изображений, демонстрирующих последовательные фазы некоторого динамического процесса, глаз (а вернее – мозг) воспринимает всю эту серию как непрерывное движение, если только частота смены изображений будет составлять не менее 16 кадров в секунду. Именно на этом эффекте основаны и кинематограф, и видео, и телевидение, и даже формирование «искусственных» движущихся картинок в компьютерных играх.

А теперь вернемся к нашей задаче: для создания у зрителя стереоэффекта необходимо каким-то образом разделить левые и правые кадры стереопары, так чтобы левый глаз видел только левый, а правый глаз –

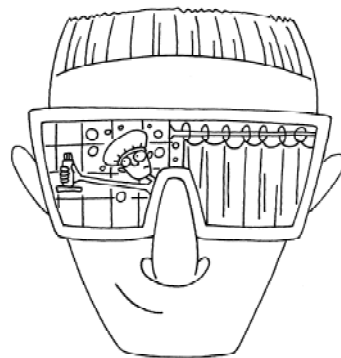
только правый кадр. Ранее мы реализовывали *пространственное разделение* кадров (пример – простая или перекрестная стереопара), *частотное разделение* (при помощи светофильтров в анаглифическом методе) и *разделение при помощи различных направлений поляризации*. Теперь же мы посмотрим, как можно обеспечить *разделение левого и правого кадров во времени*.

Будем демонстрировать на экране (обычном, без каких-либо светофильтров или иных приспособлений) поочередно то левый, то правый кадр стереопары и *строго одновременно* с их сменой на экране закрывать непрозрачной шторкой то правый, то левый глаз. Тогда:

– когда на экране левый кадр, левый глаз открыт и видит это изображение, а правый закрыт шторкой;

– когда на экране правый кадр, левый глаз закрыт шторкой, а правый открыт и видит это изображение.

В результате левый глаз будет видеть только левый кадр, а правый – только правый, что нам и требовалось. А то что это «видение» будет не непрерывным, а с мерцанием, будет «сглажено» за счет «инерционности» зрения, – если, конечно, обеспечить достаточно высокую скорость смены кадров. Более того: если последовательные левые и правые кадры будут не одинаковыми, а чуть-чуть различающимися, то у зрителя появится впечатление не только об объемности изображения, но и о движении объектов на экране, как в обычном кинематографе.



*...когда на экране правый кадр, левый глаз закрыт шторкой, а правый открыт и видит это изображение.*

## НЕМНОГО ИСТОРИИ

Подобный способ получения стереоизображений – при помощи очков с попеременно затемняемыми стеклами – получил достаточно широкое распространение в 1990-х годах как более дешевая (хотя и менее качественная) альтернатива «шлемам виртуальной реальности». Да-да, – был когда-то период, когда во всем мире пользователи компьютеров (те, кто побогаче, – практически, а остальные теоретически) увлекались технологией VR (Virtual Reality – «виртуальная реальность»).

Собственно, сама эта технология и представляла собой сочетание интерактивной компьютерной графики (как в современных 3D-играх «от первого лица») со стереотехнологиями, с целью обеспечить почти полный «эффект присутствия» в созданном в памяти компьютера «искусственном мире». Для этого (кроме самого, достаточно мощного, компьютера) пользователю требовались специальные периферийные устройства: «виртуальный шлем» и устройства управления, которые позволяли бы (в отличие от обычных мыши и клавиатуры) не быть «привязанным» к своему сидячему рабочему месту. «Виртуальный шлем» (рис. 1) включал в себя стереодисплей из двух рассматриваемых через линзы маленьких экранчиков (как в стереоскопе – отдельно для левого и правого глаза, куда выводились левый и правый кадры стереопары), стереонаушники и гироскопический датчик, отслеживающий наклоны и кивки головы. А устройство управления могло представлять со-



Рис. 1. Шлем виртуальной реальности

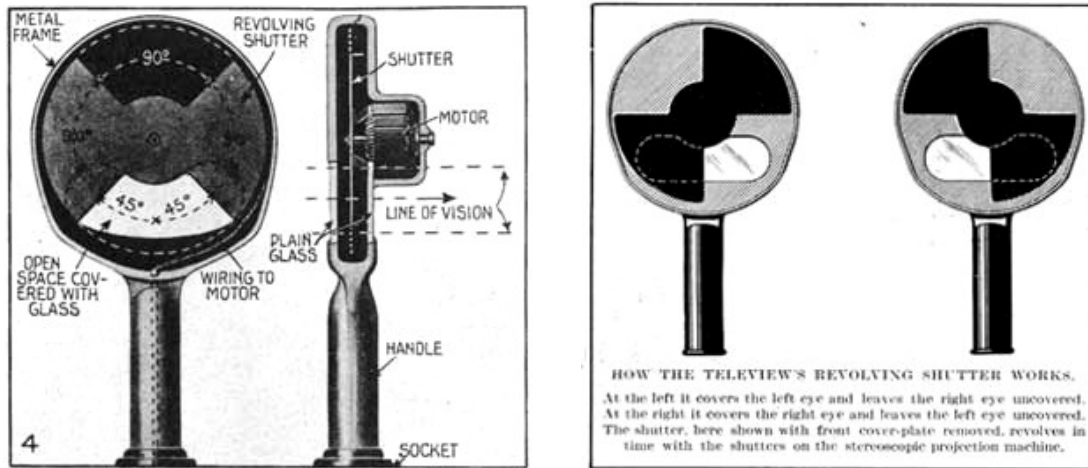
бой в простейшем случае беспроводную гироскопическую мышь, способную отслеживать ее перемещения в пространстве, наклоны и крены, а в более сложных вариантах – специальную одежду с датчиками – от перчатки с определением положения пальцев до полного комбинезона.

Стоимость такого оборудования была, конечно, мягко говоря, «не для простого юзера»: один только шлем стоил как весь комплект (системный блок + дисплей) хорошего настольного компьютера. Поэтому очень быстро появились «эрзацы» – в виде стереочков, которые обеспечивали восприятие объемного изображения на экране обычного дисплея на базе ЭЛТ именно за счет попеременного затемнения стекол (нанесенного на них сплошного покрытия из жидких кристаллов) синхронно со сменой на экране левого и правого кадра.

Однако на самом деле сам этот принцип стереопоказа был (как, в общем-то, и почти все «современные» стереотехнологии) далеко не новинкой. Первыми о такой возможности догадались Лауренс Хаммонд и Уильям Кэссиди еще в 1922 г. (см., например, на сайте <http://3dteh.com.ua/history>). В их стереокинотеатре (рис. 2) зрители смотрели на экран через специальное приспособление с двумя окулярами и механическими шторками, движение которых было синхронизировано с кинопроекторами, так что шторки вовремя закрывали «ненужный» глаз при проекции на экран то левого, то правого кад-



Рис. 2. Стереокинотеатр Хаммонда и Кэссиди (иллюстрация с сайта <http://3dteh.com.ua/history>)



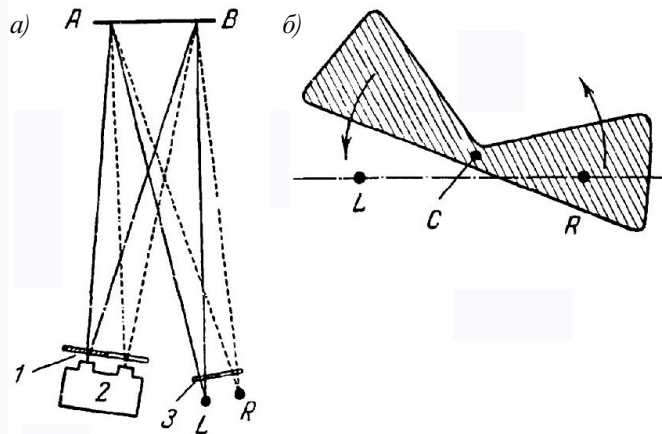
**Рис. 3.** Конструкция «затворных стереочков» Хаммонда и Кэссиди; данная технология получила название Teleview Stereoscopic System (иллюстрация с сайта «New York Stereoscopic Society»: <http://www.ny3d.org/2009/05>)

ра (рис. 3). Правда, по этой технологии был снят всего один-единственный фильм «The Man From M.A.R.S.» (позже переснятый уже под названием «Radio-Mania»); новых фильмов больше не выпускалось и интерес к новинке очень быстро угас.

Подобные механические конструкции затворных очков разрабатывались и в нашей стране (тогда еще – в СССР). Одна из таких систем, получившая название «эклипсной», описана, в частности, в книге: *Валюс Н.А. Стереоскопия*. М.: Издательство Академии наук СССР, 1962, где в §8 «Эклипсная система сепарации стереоскопических изображений» описана конструкция стереопроектора и стереочков. При этом предполагалось использование стереопроектора с двумя объективами, накладывающими на экран левое изображение поверх правого, и с вращающимся обтюратором, секторы которого должны были открывать для демонстрации на экране попеременно то левое, то правое изображение. Очки же, по мысли конструкторов, должны были снабжаться специальной качающейся заслонкой (рис. 4), закрывающей синхронно с показом то левый, то правый глаз зрителя.

Конструкция очков с такими колеблющимися заслонками (рис. 5)

была, кстати, довольно хитроумной. Внутри обычной оправы с заменяющими стекла непрозрачными пластинами, в которых прорезаны прямоугольные отверстия, монтировалась целая система миниатюрных пластинок и пружинок, управляемых электромагнитами. Принцип действия этих очков был следующим. Заслонки 9 и 11 открывали отверстие 10, одновременно с чем заслонки 16 и 4 закрывали отверстие 5. Заслонки были укреплены на пружинах 6, 14, 7 и 2 и приводились в действие при помощи легких электромагнитов 12, 8, 13 и 3, соединенных с коммутаторами, помещенными на обтюраторах.



**Рис. 4.** Схема эклипсной стереопроекции (а) и качающийся обтюратор (б) для рассматривания стереоизображений при эклипсной проекции: 1 – обтюратор; 2 – проектор; 3 – качающаяся заслонка (иллюстрация из книги Н.А. Валюса)

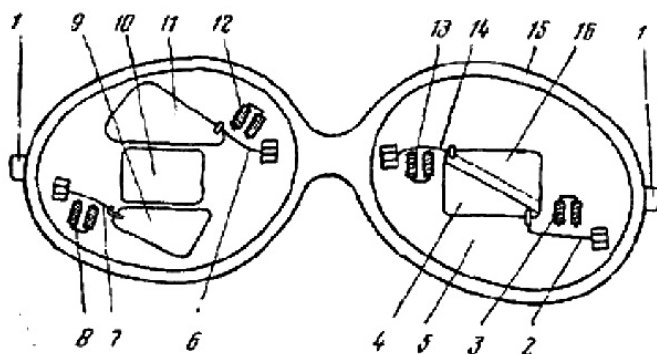


Рис. 5. Эклипсные стереочки  
(иллюстрация из книги Н.А. Валуся)

торе проекционного аппарата. Пружинки действовали так, что при отсутствии тока в соответствующем электромагните заслонки прикрывали отверстие. Система пружин и заслонок была настроена на частоту, близкую к резонансу, поэтому для приведения их в действие требовалось незначительное усилие электромагнитов.

В упомянутой книге приводились также и математические расчеты критической частоты мерцаний получаемого изображения, при которой просмотр начинает вызывать дискомфорт, в зависимости от освещенности экрана, согласно которым частота смены левых и правых изображений на экране должна составлять не менее 83 кадра в секунду.

Из-за необходимости применять специальные, «сверхбыстрые» киносъемочные и кинопроекторные аппараты, а также из-за сложности и «капризности» механической конструкции очков механические затворные технологии в основном так и остались на уровне лабораторных исследований энтузиастов стереокино и в широкую серию не пошли. И только с появлением компьютеров с дисплеями на базе ЭЛТ, имеющими достаточно высокую частоту смены кадров, и благодаря использованию жидких кристаллов, позволившему отказаться от мелкой механики, около 10 лет назад к затворному методу вновь стали проявлять интерес.

Правда, тогда этот интерес тоже продержался недолго. «Бум» виртуальной реальности схлынул (не в малой степени из-за значительных психологических и медицинских проблем, сопровождающих использование

«виртуальных шлемов»), а дисплеи на базе ЭЛТ начали почти повсеместно заменяться на жидкокристаллические, более компактные, энергоэкономичные и безопасные с точки зрения вредных для пользователя излучений. Именно эта замена ЭЛТ на ЖК и «подкосила» тогда широкое распространение затворных очков: их тогдашние модели были жестко «завязаны» на использование сигнала смены кадров, а в ЖК-экранах принцип обновления изображения несколько другой, и для них такие очки уже были непригодны.

И только сравнительно недавно, несколько лет тому назад, появились модели затворных очков, способные работать совместно с ЖК-дисплеями. С этого момента началось их широкое распространение, а также не в меньшей степени – и современный «бум стереотехнологий»: именно на затворном принципе работало подавляющее большинство первых моделей стереотелевизоров.

#### «АКТИВНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ СЕГОДНЯ

В настоящее время одним из ведущих производителей затворных стереосистем для персональных компьютеров является компания Nvidia (что, впрочем, не удивляет: эта фирма с давних пор известна как один из крупнейших поставщиков видеоплат для компьютеров, – кому же как не им быть в этой области специалистами?). Так, например, комплект Nvidia 3D Vision Glasses включает в себя электронный блок с беспроводным инфракрасным передатчиком управляющего сигнала и собственно стереочки.

Аналогичные комплекты прилагаются и к современным стереотелевизорам, использующим затворный принцип, – например, моделей фирмы Samsung.

Однако применение затворной технологии (или, как ее теперь называют, «технологии с активным затвором») связано с целым рядом существенных недостатков:

– мерцание экрана – хотя современные стереотелевизоры обеспечивают очень высокую частоту смены кадров (более 200 кад-

ров в секунду), у многих зрителей при просмотре стереопередач все же возникает дискомфорт, а в некоторых случаях головные боли и сильная усталость глаз; кроме того, даже незначительная рассинхронизация попеременного затемнения стекол очков и показа соответствующих кадров на экране существенно увеличивает мерцание и приводит к «двоению» контуров в изображении;

– субъективное снижение яркости изображения – тоже в основном вызывается рассинхронизацией очков и изображения на экране: во избежание мерцания между кадрами в некоторых моделях телевизоров делается пауза (воспроизводится пустой черный экран);

– вес и цена – поскольку затворные очки представляют собой электронное устройство, их вес хотя и невелик, но чувствителен (по сравнению, например, с обычными очками); кроме того, наличие электронной «начинки» существенно повышает их стоимость, – в среднем одни такие очки обходятся покупателю в 200 долларов, а ведь они нужны каждому стереотелезрителю;

– необходимость подзарядки очков – по той же причине (из-за наличия электронных компонентов) затворные очки снабжены встроенным аккумулятором, который требуется время от времени подзарядать.

Эти и другие недостатки затворной технологии приводят к тому, что первую «волну» реализованных на этом принципе стереотелевизоров, скорее всего, очень скоро вытеснит вторая «волна» моделей, основанных на использовании поляризационного метода (который был описан в предыдущем выпуске журнала), а также (если удастся добиться более высокого разрешения изображения) – безочковых телевизоров и дисплеев, работающих на лентичулярном принципе (к нему мы вернемся в следующем выпуске).

*Усенков Дмитрий Юрьевич,  
старший научный сотрудник  
Института информатизации  
образования РАО, главный редактор  
журнала «Мир 3D/3D World».*

## КОМПРОМИССНЫЙ ВАРИАНТ

С учетом сказанного выше будущее затворных стереотехнологий выглядит не слишком перспективно. Впрочем, возможно, что «активный» метод стереопроекции еще удержит свои позиции, «объединившись со своим заклятым врагом» – поляризационным методом. По крайней мере, об одном таком проекте рассказывалось в журнале *Chip* № 12 за 2011 год.

Новый вариант активной технологии, совместно разработанный компаниями Samsung и RealD, сочетает в себе преимущества затворного и поляризационного методов, по возможности избавляясь от их недостатков. По этой технологии, на экране телевизора или дисплея размещается активный слой, который выполняет функции затвора: попеременно поляризует кадры изображения по или против часовой стрелки. А зрители просматривают получаемое стереоизображение уже через пассивные поляризационные очки – легкие и дешевые.

Некоторое преимущество такая компромиссная технология дает с точки зрения разрешения получаемого изображения: ведь в «классической» поляризационной технологии (например, реализованной в телевизорах LG Cinema 3D), по сути, теряется половина разрешения изображения по высоте, поскольку левые и правые кадры выводятся чересстрочно и в них пропускается каждая вторая ТВ-строка. В новой же технологии разрешение изображения будет сохранено полностью, поскольку разделение правых и левых изображений осуществляется за счет роста частоты смены кадров. Однако пока на данный момент описываемой затворно-поляризационной технологии все еще свойственны такие недостатки как мерцание и двоение контуров изображений.



Наши авторы, 2013.  
Our authors, 2013.