

АВТОСТЕРЕОГРАММЫ: особенности структуры, условия успешного восприятия и практическое использование



Г.И. Рожкова, д.б.н., профессор, gip@iitp.ru,
ФГБУН Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН

Аннотация

Автостереограммы (АСГ) – это особый вид стереограмм, отличительной чертой которых является обеспечение возможности видеть закодированные в них объёмные предметы без использования каких-либо физических средств сепарации левого и правого изображений. В случае АСГ вся информация о двух проекциях объёмного предмета содержится в одном изображении с квазипериодической структурой и извлекается благодаря специальному способу рассматривания этого изображения. Тестирование детей 6-7 лет показало, что около половины из них способны воспринимать АСГ после необходимых объяснений уже на первом занятии, а практически все остальные дети с нормальным бинокулярным зрением обучаются этому за несколько занятий. АСГ могут быть использованы в научных исследованиях бинокулярного зрения, в офтальмологии, в изобразительном искусстве и кинематографии.

Ключевые слова: автостереограмма, сепарация, бинокулярное зрение, офтальмология, изобразительное искусство, кинематография, компьютерные цифровые технологии.

Введение

Наблюдающееся в последние годы стремительное внедрение компьютерных цифровых технологий в изобразительное искусство и кинематографию может способствовать повышению интереса к особой разновидности стереограмм – автостереограммам, замечательные свойства и потенциальные возможности которых используются ещё в малой степени. Хотя в автостереограммах левое и правое изображения совмещаются в одной картинке, восприя-

AUTOSTEREOGRAMS: STRUCTURAL FEATURES, CONDITIONS OF SUCCESSFUL PERCEPTION AND PRACTICAL USAGE

G. Rozhkova, Dst, prof, gip@iitp.ru

Abstract

Autostereogram (ASG) is a special kind of stereograms that provides a possibility to perceive 3D images without any physical separation techniques. In the case of ASG, all the information about two projections of the 3D objects is contained in one picture having quasi-periodic structure; this information can be extracted by means of specific way of viewing ASG. Examination of children aged 6–7 years revealed that approximately half of them were capable to perceive 3D images during the first learning session after explanation how to view ASG. Practically all the remaining children were also capable to see 3D images but needed several learning sessions. ASG can be used in scientific researches of binocular vision, ophthalmology, fine arts and cinematography.

Keywords: autostereogram, separation, binocular vision, ophthalmology, fine arts, cinematography.

тие закодированных в них объёмных предметов и сцен не требует никаких физических средств сепарации (разделителей полей зрения, стереоскопов, стереочков, растровых фильтров), обычно используемых для того, чтобы в каждый глаз поступало только «свое» изображение. Возможность обойтись без физических сепарирующих устройств обеспечивается физиологическими механизмами зрения, которые при наблюдении автостереограммы должны работать в режиме, задаваемом её специфической структурой.

Напомним, что *обычные стереограммы* – согласованные пары изображений объёмных сцен в двух ракурсах, получаемые съёмкой при помощи двух камер или искусственным путём, – предполагают такое *раздельное* наблюдение этих изображений левым и правым глазом, при котором проекции на сетчатках глаз соответствуют проекциям запечатлённых сцен в условиях их естественного рассматривания двумя глазами. При создании искусственных стереограмм для простейшего случая имитации наблюдения небольших объектов, располагающихся в центральной части поля зрения, правила формирования парных изображений очень просты. Если требуется, чтобы некоторая заданная точка картины воспринималась ближе условной точки отсчёта, нужно позицию заданной точки сдвинуть в левом изображении вправо, а в правом – влево; если же, наоборот, нужно видеть заданную точку дальше точки отсчёта, направления сдвигов должны быть противоположными. Эти правила вытекают из простых геометрических построений. Возникающее при этом различие между левым и правым изображениями количественно определяется разностью относительных координат двух точек – так называемой относительной горизонтальной *диспаратностью*. Величина и знак диспаратности определяют степень и направление видимого сдвига точек по глубине.

В автостереограммах (будем далее называть их сокращённо – АСГ) для создания объёмных образов также используются горизонтальные диспаратности, только они вводятся в изображение специфическим образом. Секрет АСГ в том, что они имеют квазипериодическую структуру и создаются с таким расчётом, чтобы при фиксации взгляда не на плоскости АСГ, а ближе или дальше неё, на сетчатках двух глаз получалась задуманная стереопара. «Адекватное» восприятие АСГ предполагает умение наблюдателя направить оси левого и правого глаз не на одну и ту же точку квазипериодического изображения, а на соответствующие точки в соседних периодах. К примеру, для АСГ, показанной на рис. 1а и содержащей шесть периодов, правильным будет рассматривание в условиях *разведения зрительных осей* примерно на величину одного периода узора, т.е. при фиксации зрительной оси левого глаза на центре третьего периода, а оси правого глаза – на центре четвёртого периода. Такой способ наблюдения приведёт к совмещению в бинокулярных подсистемах зрения части левого изображения, содержащей периоды 2–6, и части правого изображения с периодами 1–5. На наружных краях общего бинокулярного изображения окажутся непарные части: период 1 – слева и период 6 – справа. Для аналогичной АСГ, показанной на рис. 1б, правильным будет рассматривание в условиях *избыточного сведения* зрительных осей, чтобы в результате настройки глазодвигательной системы оси глаз попадали на соседние периоды *после перекрещивания* перед плоскостью изображения. Во многих альбомах с АСГ около изображений стоят небольшие значки с параллельными или скрещенными стрелками, условно

обозначающие необходимый способ рассматривания. На рис. 1а и 1б такие значки поставлены у нижнего правого угла каждой АСГ. Стереограммы, предназначенные для рассматривания в условиях избыточного разведения (а) и сведения (б) зрительных осей, показаны на схеме в. Стереопары, получающиеся при правильной установке глаз, обведены штриховой линией на схеме г.

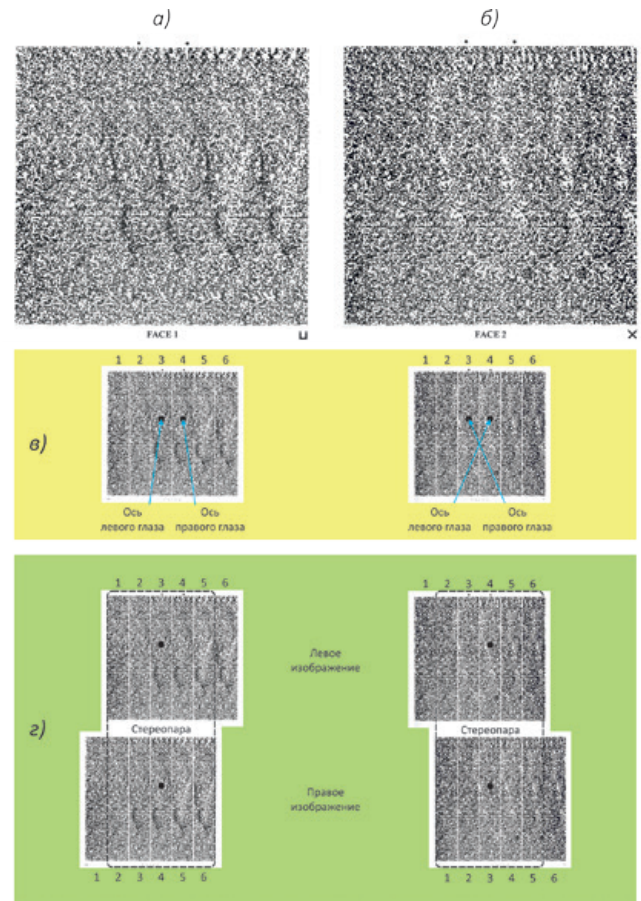


Рис. 1. Автостереограммы из альбома «SG Stereogram» [7]

Искусство изготовления АСГ состоит в создании таких квазипериодических изображений, у которых картинки, включающие накладывающиеся указанным образом периоды, составляли бы стереопару, порождающую задуманный объёмный образ. В настоящее время эта задача решается программными средствами, причём разные авторы предлагают различные алгоритмы. Эра компьютерной генерации АСГ началась примерно в 70-х годах прошлого века. Созданием и совершенствованием АСГ с использованием компьютерной техники много занимались американские, английские, японские, немецкие, французские авторы. Ключевую роль в развитии компьютерных АСГ сыграли работы К. Тайлера, который показал возможность представления на основе АСГ произвольных пространственных картин. Фактически для получения желаемого распределения объектов по глубине сейчас используются аналоги современных карт глубины, которые теперь стали широко известными в связи с распространением техники конвертации 2D фильмов в 3D формат.



К. Тайлер – специалист в области психофизиологии зрения, изобретатель компьютерных автостереограмм

наименованием *RDS* (от **R**andom **D**ot **S**tereogram). Соответственно, вследствие определённой преемственности, случайно-точечные АСГ получили в англоязычной литературе название *SIRDS* – **S**ingle **I**mage **R**andom **D**ot **S**tereogram, которое позже было перенесено и на АСГ не с точечными, а с более сложными исходными текстурами. В настоящее время поисковые системы Интернета по запросу «*SIRDS*» выдают информацию об АСГ с самыми различными текстурами.

В 1979 году, используя квазипериодические случайно-точечные паттерны и вводя нужные сдвиги, К. Тайлер и его программистка М. Кларк получили первые компьютерные случайно-точечные автостереограммы. Подробное описание техники создания автостереограмм авторы опубликовали позднее [17]. Одна из первых автостереограмм этих авторов показана на рис. 2.

Примечательно, что искусный японский автор Масаюки Ито (Masayuki Ito) сумел ранее (в 1970 году) ручным способом создать аналогичную случайно-точечную АСГ с

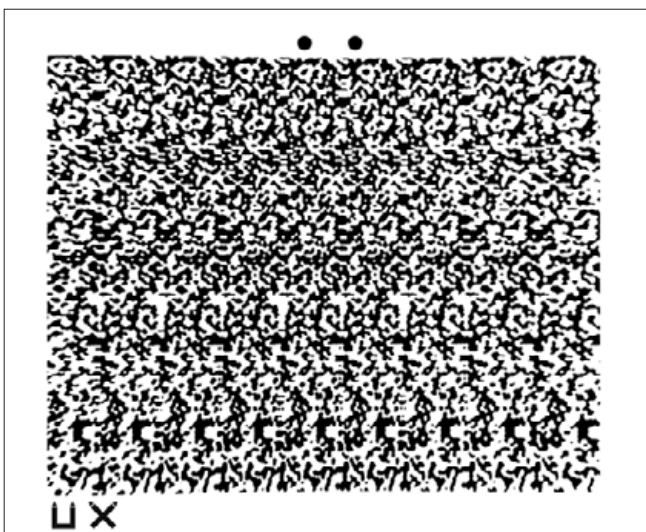


Рис. 2. Автостереограмма, созданная Тайлером и воспроизведённая во многих изданиях, в частности, в [16] на с. 87

Чтобы сделать закодированные пространственные конфигурации воспринимаемыми только при условии успешной работы бинокулярных механизмов, К. Тайлер, подобно Б. Юлешу, в качестве исходной текстуры использовал случайно-точечные паттерны. Как известно, случайно-точечные стереограммы Юлеша [12–14] получили широкое распространение в теоретических и экспериментальных исследованиях зрения под сокращённым

объектами, которые не видны при обычном рассмотрении (цит. по [19]).

В популярной литературе случайно-точечные АСГ постепенно заменились на более красочные и более впечатляющие АСГ, формируемые из разнообразных по форме и разноцветных мелких фигур или пятен. В некоторых АСГ используются комбинации крупных узнаваемых предметов и мелких элементов, порождающих при правильном фузирании АСГ объёмные образы, не воспринимаемые при обычном рассмотрении страницы с изображением. Поскольку появление объёмных образов за счёт особого способа рассматривания АСГ воспринимается как чудо, АСГ получили название «магические картинки». Закодированные в АСГ виртуальные трёхмерные объекты и сцены могут легко восприниматься даже детьми детского сада.

По сути дела, переход в создании АСГ от случайно-точечных текстур к мозаичным текстурам из крупных и мелких предметов можно считать возвращением к началу истории АСГ, поскольку идея АСГ основана на иллюзии обоев, впервые описанной Р. Смитом в его четырёхтомном учебнике по оптике ещё в XVIII в. (Smith, 1738). Эта иллюзия состоит в том, что при наблюдении стены, оклеенной обоями с узором, содержащим периодические вертикальные ряды, рисунок обоев может восприниматься не на плоскости стены, а перед ней или позади неё. На рис. 3 схематически показано, как и почему это происходит. Положение стены с обоями обозначено пунктирной линией. В зависимости от условий разглядывания видимый образ обоев формируется на стене (а), перед стеной (б) или за стеной (в).

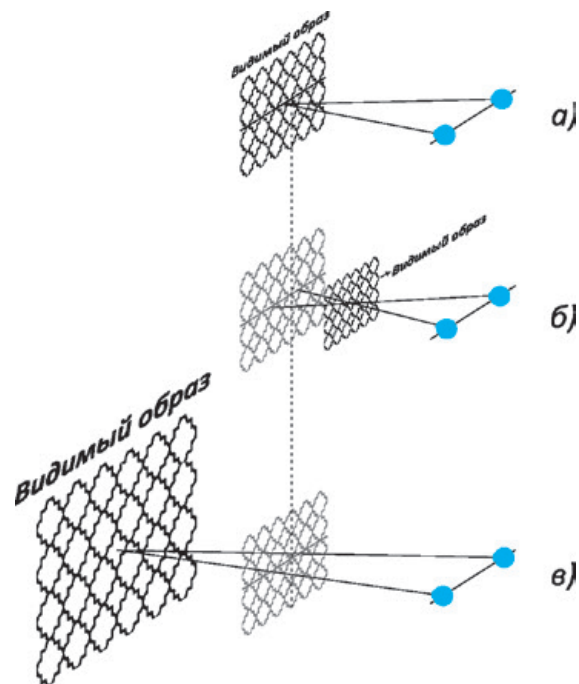


Рис. 3. Иллюстрация к объяснению иллюзии обоев: схемы разглядывания обоев при нормальной фиксации узора на стене (а), в условиях избыточной (б) и недостаточной (в) конвергенции зрительных осей

Вверху показан вариант обычного наблюдения, когда человек фиксирует двумя глазами одну и ту же деталь обоев на плоскости стены в центре показанного фрагмента. При этом угол конвергенции глазных осей и воспринимаемое расстояние до узора обоев соответствуют расстоянию до стены. В середине показан вариант, когда человек фиксирует глазами не одну центральную точку, а соответствующие точки узора на соседних рядах, причём правым глазом – в левом ряду, а левым – в правом. В этом случае угол конвергенции больше, чем при правильной бификсации, и зрительные оси двух глаз пересекаются перед плоскостью стены, куда и смещается воспринимаемая картина обоев. Одним из следствий такого способа наблюдения является кажущееся уменьшение узора обоев. На нижней схеме показан другой способ наблюдения обоев с фиксацией левым и правым глазом разных рядов: в этом случае зрительные оси пересекаются за плоскостью стены, угол конвергенции меньше, чем при правильной бификсации, а видимый образ обоев формируется позади стены. В отличие от предыдущего случая наблюдаемый фрагмент обоев кажется увеличенным. Увеличение/уменьшение видимых образов объясняется тем, что при сведении/разведении зрительных осей размеры изображения обоев на сетчатках не меняются, но они интерпретируются как расположенные не на стене, а в плоскости бификсации (конвергенции). Это приводит к естественному «масштабированию» видимых образов в соответствии с воспринимаемым расстоянием. При подходящих значениях периода узора обоев зрительные направления глаз можно смещать от точки бификсации на стене не только на один период, но и на два или более, что позволяет сдвигать видимый образ обоев на значительное расстояние от стены вдаль или ближе к наблюдателю.

Различные интересные вариации иллюзии обоев предлагались разными авторами, но по-настоящему принципиальным шагом в направлении создания АСГ стало наблюдение Д. Брюстера, связанное с наличием в обоях небольших дефектов, выражающихся в горизонтальном смещении отдельных деталей в некоторых вертикальных рядах. Д. Брюстер известен как автор фундаментальных трудов в области геометрической оптики и поляризации света, в частности, открывший круговую поляризацию; им был изобретён калейдоскоп и предложена конструкция стереоскопа, которая используется до настоящего времени.

Д. Брюстер переоткрыл иллюзию обоев и, исследуя её, обнаружил, что при фиксации левым и правым глазом разных рядов рисунка дефектные смещения создают сетчаточные диспаратности, приводящие к восприятию смещённых деталей вне плоскости основного узора [5]. Это навело на мысль создавать горизонтальные сдвиги соответствующих точек в разных рядах сознательно и целенаправленно, имея в виду формирование определённых объёмных образов при фузирании периодических



Д. Брюстер (1781–1868) – шотландский учёный-физик



Л.Н. Могилёв (1922–1985) – специалист в области структурно-функциональной организации системы пространственного зрения

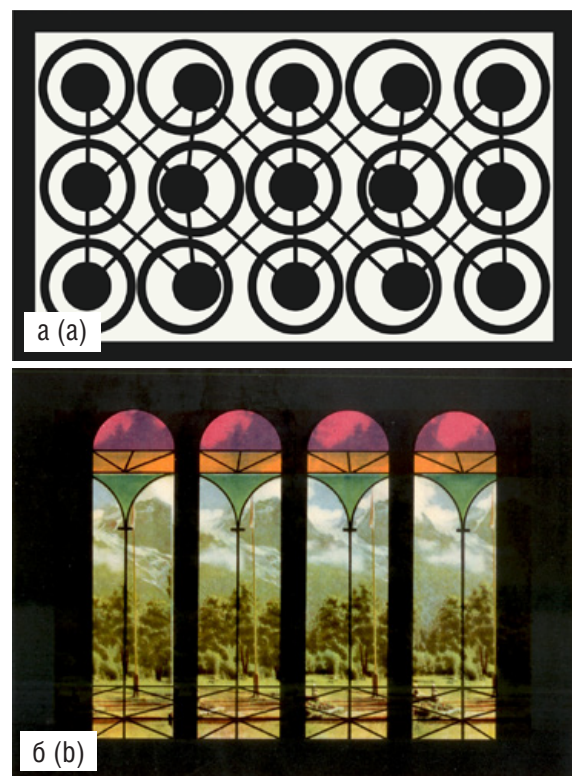


Рис. 4. Квазипериодические изображения из статьи Л.Н. Могилёва [2], фактически представляющие собой АСГ

узоров в условиях недостаточной или избыточной конвергенции. Фактически это означало создание АСГ, хотя сам термин появился позже. Первые АСГ создавались вручную, причём некоторые авторы достигали высоких степеней совершенства. Работали в этом направлении и отечественные исследователи. В качестве примера можно привести два простых и легко фузируемых изображения (рис. 4а и 4б) из давней популярной статьи [2] российского учёного Л.Н. Могилёва, который много и успешно занимался пространственным восприятием, изобретателя оригинальных стимулов для наблюдения стереокинетического эффекта, автора монографии «Механизмы пространственного зрения» [3].

Параллельно с совершенствованием техники создания АСГ предпринимались попытки их использования в научных исследованиях бинокулярного зрения [4, 6] для создания своеобразных произведений изобразительного искусства, средств развлечения и фильмов [8]. В рамках одной журнальной статьи охватить эти направления творческих поисков не представляется возможным. Читателям, интересующимся вопросами создания, совершенствования и применения АСГ, можно рекомендовать соответствующие главы из трёхтомной монографии Я. Говарда и Б. Роджера «Восприятие глубины» [9–11] и обзоры К. Тайлера [17–19] и Ж. Ниньо [15], а желающим подробнее ознакомиться с художественными достижениями – многочисленные альбомы и интернет-ресурсы.

Способность к восприятию АСГ

Поскольку при наблюдении АСГ условием успешного формирования объёмного видимого образа является согласованная работа окуломоторных систем двух глаз и нормальное функционирование центральных мозговых отделов бинокулярного зрения, рассматривание АСГ является прекрасным средством проверки, развития и укрепления пространственного восприятия. Имея набор АСГ с различными параметрами, можно проводить оценку состояния фузионных механизмов, в связи с чем такой набор был включён нами в методическое пособие, содержащее тесты для комплексной проверки зрительных способностей [4]. В настоящее время в лаборатории зрительных систем ИППИ РАН создана интерактивная компьютерная программа МАГИСТР [1], которая не только позволяет оценивать исходную способность человека воспринимать АСГ, но и обеспечивает возможность обучать тех, кто не сумел достичь успеха, испробовав обычно рекомендуемые некомпьютерные методы. Принцип работы этой программы и результаты работы с ней будут представлены в другой публикации. В настоящей статье мы сочли полезным привести результаты наших ранних исследований восприятия АСГ детьми детского возраста и эффективности обучения восприятию АСГ.

Прежде чем изложить полученные результаты, отметим, что у людей, впервые сталкивающихся с рассматриванием АСГ, правильное восприятие АСГ редко наблюдается спонтанно. Поскольку обычная работа с изображениями требует фиксации взгляда на картинке, а восприятие АСГ предполагает отказ от такого способа, необходимо объяснить испытуемому, как надо смотреть на АСГ, и добиться формирования у него стабильных объёмных образов. Иногда для этого хватает нескольких минут, но чаще требуется несколько десятков минут или большее время. Обычно к открыткам и альбомам с АСГ прилагается инструкция, объясняющая, что необходимо сделать, чтобы получить нужный эффект. Имеется много различных способов, помогающих визуализировать трёхмерные объекты и сцены, закодированные в АСГ [4], но ключевым моментом во всех случаях является создание какого-ни-

будь стимула для фиксации взгляда не на плоскости листа, а за ним или перед ним. При этом обычно происходит некоторая расфокусировка сетчаточных изображений. Расфокусировка переводит зрительную систему в режим поиска оптимальных условий рассматривания. В процессе этого поиска наступает момент, когда зрительные оси левого и правого глаза пересекают автостереограмму в точках, сдвинутых по горизонтали примерно на величину периода повторения узора (как на рис. 1). В этот момент сетчаточные изображения оказываются как раз соответствующими стереопаре с закодированными трёхмерными объектами, и человек начинает видеть эти объекты. Теперь их можно детально рассматривать, свободно перемещая взгляд по всей площади АСГ, но при этом необходимо сохранять найденное *взаимное положение* зрительных осей. После небольшой тренировки человек научается делать это непроизвольно и любит трёхмерными сценами, не прилагая специальных усилий.

В процессе обучения сначала предлагается опробовать описанные ниже 10 приёмов, которые рассчитаны на недоконвергенцию и нескрещенную фузию, т.е. на ситуацию, когда человек направляет взгляд за плоскость АСГ, и оси глаз пересекаются позади неё. Большая часть публикуемых автостереограмм предполагает именно такой способ рассматривания. Ситуация избыточной конвергенции и скрещенной фузии, когда оси глаз пересекаются перед страницей, для многих людей представляет значительные трудности, хотя встречаются и обратные ситуации. В любом случае желательно сначала хорошо усвоить один из способов – либо надлежащее разведение осей глаз, либо избыточное сведение, а затем переходить ко второму.

Приёмы, облегчающие восприятие автостереограмм

1. Приближение АСГ к глазам для расфокусировки изображения

Поднесите рассматриваемую АСГ к глазам так близко, чтобы она почти касалась кончика носа. Картинка окажется при этом сильно размытой, так как аккомодационный аппарат глаз не может обеспечить фокусировку на таком малом расстоянии, выходящем за пределы рабочего диапазона. Для глазодвигательной системы это расстояние также является запредельным, и она не может обеспечить нужную конвергенцию – сильное сведение зрительных осей, необходимое для бификсации (т.е. фиксации одновременно двумя глазами) точек на плоскости АСГ. В результате попытки фиксировать взгляд на АСГ прекратятся, оси глаз встанут почти параллельно, и глаза будут смотреть как бы сквозь картинку. Теперь начните медленно отодвигать АСГ от глаз со скоростью примерно 1 см в секунду. Аккомодационная и глазодвигательная системы войдут в режим поиска, будут варьировать состояние аккомодации и позиции глаз, в результате чего зрительная сенсорная система вскоре «обнаружит» закодированные в АСГ фрагменты трёхмерных объектов. Продолжайте смотреть как бы сквозь страницу – и трёхмерная сцена проявится полностью со всеми деталями.

2. Накрывание АСГ стеклом и разглядывание своего отражения

Накройте АСГ прозрачным стеклом или пластиком и рассматривайте своё «зеркальное» отражение в нём. Если для печати АСГ использована глянцевая бумага, можно обойтись и без стекла. Когда вы сосредоточитесь на своём отражении, изображение АСГ на сетчатках глаз станет несколько расфокусированным. Теперь расслабьтесь и попробуйте медленно перемещать точку фиксации взгляда по глубине относительно своего отражения. В какой-то момент вы почувствуете, что с плоским изображением АСГ что-то происходит. Постарайтесь не напрягаться, сохраняя расслабленное состояние, и через некоторое время вы увидите объёмную сцену. Иногда для получения стереоэффекта требуется несколько десятков секунд.

3. Добавление источника света

Эффективность второго способа можно усилить, добавив источник света, высоту которого над столом можно регулировать. Установив источник света таким образом, чтобы отражался в стекле рядом с АСГ, смотрите на изображение источника. Перемещая источник по высоте, добейтесь появления объёмных образов и наиболее комфортных условий их восприятия.

4. Использование парных меток

В некоторых альбомах с АСГ над каждой картинкой примерно посередине стоят пары меток – точек или кружочков. Расстояние между ними соответствует периоду повторения узора в АСГ. Такие метки помогают найти необходимое взаимное расположение глаз. Устремляя взор за плоскость АСГ, сначала добейтесь полного двоения меток, т.е. получите четыре метки, а затем постарайтесь слить две средние метки в одну. Это будет признаком того, что позиция ваших глаз соответствует условиям наблюдения трёхмерных объектов, закодированных в данной АСГ. Не меняя взаимного положения глазных осей, медленно переведите внимание с уровня меток на центр АСГ – и вы увидите объёмную картину.

5. Использование АСГ на прозрачных плёнках

Есть люди, которым трудно получить стереоэффект указанными выше способами, так как им очень трудно вообразить, что они могут что-то увидеть сквозь непрозрачную страницу. При обучении таких людей восприятию АСГ можно использовать прозрачные картинки – например, полученные путём копирования страниц из обычных альбомов на специальную прозрачную плёнку. Такие прозрачные АСГ можно укрепить на окне или на стеклянной крышке ящика с подсветом.

6. Варьирование периода повторения узора

У некоторых людей есть сильно выраженные предпочтения в отношении позиций глаз, связанные с определёнными привычками или аномалиями. Такие люди испытывают затруднения в восприятии АСГ с периодом повторения узора, не соответствующим предпочитаемым углам конвергенции. Чтобы не запугать таких людей трудностями, им надо сразу предложить большой набор автостереограмм с различными периодами повторения –

пусть они переберут их, не задерживаясь долго на трудных для них картинках, и «нащупают» свой оптимальный диапазон. Только натренировавшись на АСГ с периодами, близкими к оптимальным, таким людям можно переходить к АСГ с другими периодами.

7. Использование отстоящей рамки

Людям, которым трудно оторвать взор от плоскости рисунка, иногда помогает введение в поле зрения рамки, отстоящей от страницы с АСГ на несколько сантиметров. Наличие такой рамки стимулирует перемещение взгляда по глубине и облегчает задачу его устремления за плоскость картинки.

8. Использование разделителя полей зрения

Положите АСГ с двумя метками на стол и поставьте между метками вертикально непрозрачный лист картона или плотной бумаги, который будет играть роль разделителя полей зрения двух глаз. Наклонитесь над рассматриваемым изображением, ориентируя голову так, чтобы каждый глаз видел только одну метку и смотрел прямо на неё. Медленно выдвигайте разделитель из поля зрения, стараясь не менять позиции глаз. Когда разделитель уйдёт из поля зрения, вы увидите три метки. Теперь, не торопясь, переведите внимание на середину АСГ, чтобы увидеть закодированную в ней объёмную картину.

9. Рассматривание удалённого объекта

Требуемой установки глазных осей можно добиться и простым рассматриванием удалённого объекта, например, стены. При этом ваш напарник, стоящий между стеной и вами и держащий АСГ, должен медленно вдвигать АСГ в поле вашего зрения, призывая вас не менять установки глаз вдаль. Если заранее правильно подобрать расстояние до удалённого объекта в соответствии с периодом АСГ, способ может быть очень эффективным.

10. Использование маленького отверстия в странице с АСГ

Предыдущий способ можно несколько видоизменить, предложив обучающемуся рассматривать удалённый объект одним глазом через небольшое отверстие в странице с АСГ, проделанное посередине той центральной полосы, которую должен фиксировать выбранный глаз. Способ будет особенно эффективным, если рассматриваемый удалённый объект слегка перемещать по глубине. В соответствии с законами функционирования окуломоторной системы, «свободный от работы» второй глаз будет при этом автоматически поворачиваться таким образом, чтобы его ось как бы направлялась на объект, рассматриваемый первым глазом, хотя его второму глазу и не видно. В какой-то момент взаимное расположение зрительных осей окажется соответствующим периоду узора, и обучающийся увидит закодированную объёмную картину.

Результаты тестирования и обучения восприятию АСГ детей 6–7 лет

Способность детей воспринимать АСГ тестировали при помощи открыток размером 15x10 см (первый уровень), альбомов с АСГ размером 20x20 или 20x30 см, (вто-

рой уровень) и АСГ-картин размером 40х50 или 50х60 см (третий уровень). Поскольку открытки с АСГ имели небольшие размеры и, как правило, кодировали один простой стереообъект в центральной области, задача их адекватного восприятия условно считалась задачей первого уровня сложности. Альбомы содержали АСГ большего размера, которые кодировали объекты более сложной формы или несколько объектов на разной глубине; такие АСГ требовали *больших* усилий для успешного восприятия, поэтому они были отнесены ко второму уровню сложности. Картины, представляющие собой АСГ самого крупного размера, кодировали сложные объёмные композиции или сцены, которые требовали ещё более напряжённой работы фузионных механизмов, в связи с чем и были отнесены к третьему уровню сложности. Примеры использованных пособий приведены на рис. 5. С открытками и альбомами дети работали, сидя за столом. Картины были укреплены на стене, и дети рассматривали их, стоя на подходящем расстоянии. Экспериментальные исследования проводились студенткой 5-го курса факультета дошкольного воспитания МПГУ Ивановой Людмилой в рамках выполнения ею дипломной работы в 1997 году, когда альбомы с АСГ стали издаваться массовыми тиражами, и дети стали проявлять к ним большой интерес.



Рис. 5. Примеры пособий, использованных при тестировании детей. На фоне картины, которая была укреплена на стене и закрыта стеклом, видна тень наблюдателя

Результаты обучения

Результаты обучения детей представлены на рис. 6. Зелёными стрелками отмечено достижение первого, второго и третьего уровня в ходе первого занятия. Сиреневые стрелки показывают результаты, достигнутые благодаря последующему обучению.

Первое занятие, на котором выявляли исходную способность воспринимать АСГ, продолжалось 30 минут. В начале занятия педагог объяснял, как нужно рассматривать предлагаемый тестовый материал, а в конце занятия проверял успешность восприятия стереообразов, используя разные АСГ и задавая контрольные вопросы. В итоге первого занятия из 34 детей 22 ребёнка научились воспринимать АСГ на открытках (уровень 1), из них 12 детей освоили также альбомы (уровень 2) и 9 детей – все предложенные тесты (уровень 3). Результаты первого занятия, которые можно считать исходными

данными, представлены на рис. 6 зелёными стрелками, оканчивающимися на соответствующем уровне. Из всех 34-х детей только два ребёнка не смогли добиться никакого успеха.

Обучающие занятия также продолжались по 30 минут и отличались от первого занятия только более активным взаимодействием детей с педагогом, который мог уделить больше внимания каждому ребёнку, так как в подгруппах было всего по три человека. После завершения курса обучения АСГ на открытках стали успешно воспринимать 32 ребёнка (добавилось 10), АСГ в альбомах – 28 детей (добавилось 16) и АСГ на картинах – 24 ребёнка (добавилось 15). Результаты завершающего тестирования представлены на рис. 6 сиреневыми стрелками. За отведённое для занятий время два ребёнка так и не смогли научиться (две правые точки на нулевом уровне), и ещё два отказались заниматься после «освоения» от-

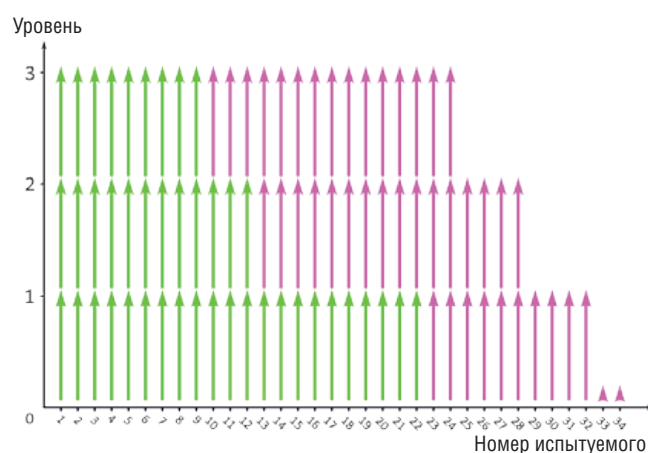


Рис. 6. Результаты обучения детей (34 ребёнка) с нормальным бинокулярным зрением из специализированного детского сада

крыток (видимо, им было трудно). Однако подавляющее большинство детей занимались с удовольствием и очень эмоционально выражали свой восторг, когда вместо плоского листа начинали видеть объёмные сцены. Чтобы зафиксировать успешность восприятия АСГ, можно было даже не спрашивать ребёнка – его лицо обычно расплывалось в улыбке и выражало удовольствие от рассматривания необычной картины.

Заключение

Суммируя данные литературы и результаты собственных исследований, можно заключить, что АСГ могут использоваться:

- для создания своеобразных и впечатляющих произведений искусства и средств развлечения, доставляющих удовольствие и способствующих релаксации в случае напряжения;
- для разработки наборов тестовых и тренировочных изображений и интерактивных компьютерных программ, имеющих целью оценку состояния и развитие механизмов бинокулярного зрения;

- для создания полноценных пространственных спецэффектов в обычных 2D фильмах, не требующих для просмотра вспомогательных приспособлений.

К сожалению, приходится констатировать, что, несмотря на огромное количество интересных исследований и красочной типографской продукции, потенциальные возможности АСГ пока реализуются лишь в малой степени. В некоторых странах АСГ большого размера устанавливаются в общественных местах, в отдельных учебных заведениях АСГ используются на занятиях. В лаборатории зрительных систем ИППИ РАН продолжают работы по применению АСГ для проверки, развития и тренировки бинокулярных функций. Однако настоящее признание достоинств и возможностей АСГ ещё потребует от создателей этих специфических стереограмм большой работы по внедрению их изобретений в науку, медицину, изобразительное искусство и кинематографию.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Большаков А.С., Белокопытов А.В., Грачёва М.А., Рожкова Г.И.* Интерактивная программа для обучения восприятию автостереограмм и развития бинокулярных функций МАГИСТР. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016613669 от 01.04.2016.)
2. *Могилёв Л.Н.* Резервы нашего зрения / Аврора. 1963. № 2. С. 40–41.
3. *Могилёв Л.Н.* Механизмы пространственного зрения. Л.: Наука, 1982, 112 с.
4. *Рожкова Г.И., Токарева В.С.* Таблицы и тесты для оценки зрительных способностей. М.: ВЛАДОС, 2001. 102 с.
5. *Brewster, D.* On the knowledge of distance given by binocular vision. Trans. Royal Soc. Edin. 1844. Vol. 15. P. 663–674.
6. *Burt, P., Julesz, B.* (1980) A disparity gradient limit for binocular fusion. Science, 208, 615–617.
7. CG Stereogram. (Ed. Horibuchi, S.). Tokyo: Shogakukan, 1992, 96 p (P. 22–23).
8. *Dyckman, D.* Hidden Dimensions: Use Your Deep Vision to Solve Mazes, Riddles, and Other Perplexing Puzzles. New York: Harmony Books, 1994.
9. *Howard I.P.* Perceiving in depth. Vol. 1. Basic mechanisms. Oxford: Oxford University Press, 2012. 664 p.
10. *Howard I.P.* Perceiving in depth. Vol. 3. Other mechanisms of depth perception. Oxford: Oxford University Press, 2012. 392 p.
11. *Howard I.P., Rogers B.J.* Perceiving in depth. Vol. 2. Stereoscopic vision. Oxford: Oxford University Press, 2012. 635 p.
12. *Julesz B.* Binocular depth perception of computer-generated patterns / Bell Syst. Techn. J. Vol. 39. N 5. P. 1125–1162. 1960.
13. *Julesz B.* Binocular depth perception without familiarity cues / Science. Vol.145. P. 356–362. 1964.
14. *Julesz B.* Foundation of cyclopean perception. Chicago: Univ. Chicago Press, 1971. 406 p.
15. *Ninio J.* The science and craft of autostereograms / Spatial Vision. 2007. Vol. 21(1). P. 185–200.
16. *Stereogram.* San Francisco: Cadence Books, 1994, 95 p.
17. *Tyler C.W., Clarke M.B.* The autostereogram / Proc. SPIE. N 1256. P. 182–197. 1990.
18. *Tyler, C.W.* The Birth of Computer Stereograms for Unaided Stereovision. In Stereogram. Horibuchi, S. (Ed.). San Francisco: Cadence Books, 1994. P. 83–89.
19. *Tyler, C.W.* Autostereogram. Scholarpedia, 2014. 9(4):9229.
20. <http://www.scholarpedia.org/article/Autostereogram>

REFERENCES

1. *Bolshakov A.S., Belokopytov A.V., Gracheva M.F., Rozhkova G.A.* Interactive software MAGISTR for learning how to perceive autostereogram and for improving binocular functions. Certificate of Russian State Registration №2016613669; 01.04.2016.
2. *Mogilev L.N.* The reserves of our vision / Aurora. 1963. № 2. P. 40–41.
3. *Mogilev L.N.* The mechanisms of spatial vision. L.: Nauka, 1982. 112 p.
4. *Rozhkova G.I., Tokareva V.S.* The charts and tests for assessment of visual capabilities. M.: Vldos, 2001. 102 p.
5. *Brewster, D.* On the knowledge of distance given by binocular vision. Trans. Royal Soc. Edin. 1844. Vol. 15. P. 663–674.
6. *Burt, P., Julesz, B.* (1980) A disparity gradient limit for binocular fusion. Science, 208, 615–617.
7. CG Stereogram. (Ed. Horibuchi, S.). Tokyo: Shogakukan, 1992, 96 p (P. 22–23).
8. *Dyckman, D.* Hidden Dimensions: Use Your Deep Vision to Solve Mazes, Riddles, and Other Perplexing Puzzles. New York: Harmony Books, 1994.
9. *Howard I.P.* Perceiving in depth. Vol. 1. Basic mechanisms. Oxford: Oxford University Press, 2012. 664 p.
10. *Howard I.P.* Perceiving in depth. Vol. 3. Other mechanisms of depth perception. Oxford: Oxford University Press, 2012. 392 p.
11. *Howard I.P., Rogers B.J.* Perceiving in depth. Vol. 2. Stereoscopic vision. Oxford: Oxford University Press, 2012. 635 p.
12. *Julesz B.* Binocular depth perception of computer-generated patterns / Bell Syst. Techn. J. Vol. 39. N 5. P. 1125–1162. 1960.
13. *Julesz B.* Binocular depth perception without familiarity cues / Science. Vol.145. P. 356–362. 1964.
14. *Julesz B.* Foundation of cyclopean perception. Chicago: Univ. Chicago Press, 1971. 406 p.
15. *Ninio J.* The science and craft of autostereograms / Spatial Vision. 2007. Vol. 21(1). P. 185–200.
16. *Stereogram.* San Francisco: Cadence Books, 1994, 95 p.
17. *Tyler C.W., Clarke M.B.* The autostereogram / Proc. SPIE. N 1256. P. 182–197. 1990.
18. *Tyler, C.W.* The Birth of Computer Stereograms for Unaided Stereovision. In Stereogram. Horibuchi, S. (Ed.). San Francisco: Cadence Books, 1994. P. 83–89.
19. *Tyler, C.W.* Autostereogram. Scholarpedia, 2014. 9(4):9229.
20. <http://www.scholarpedia.org/article/Autostereogram>