

УДК (778.534+612.843.7)-798.534.1
ББК 85.37

Рожкова Г.И.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ И СТЕПЕНЬ ДИСКОМФОРТА ПРИ РАССОГЛАСОВАННОСТИ СЕТЧАТОЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО РАЗНЫМ ПАРАМЕТРАМ

Рожкова Галина Ивановна, доктор наук,
профессор

E-mail:

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича
РАН

Дискомфорт, возникающий у значительной части зрителей при просмотре стереофильмов, может проявляться как в виде зрительного напряжения и усталости с сопутствующими астенопическими симптомами — покраснение глаз, слезотечение, нарушение фокусировки, так и в виде недомоганий общего характера — головная боль, тошнота, головокружение. Хотя в соответствующих статьях разнообразие проявлений дискомфорта обычно упоминается, в большинстве экспериментальных работ оценивается лишь общая степень дискомфорта в баллах и исследуется зависимость этого показателя от отдельных дефектов стереофильмов и условий их показа. В настоящей статье сделана попытка связать физиологически специфические проявления дискомфорта с конкретными факторами, которые могут провоцировать определённые негативные реакции зрительной системы и организма в целом на «дефектные» фрагменты стереофильмов.

Ключевые слова: 3D зрительный дискомфорт, специфичность проявления, зависимость от интерокулярных различий, физиологическая основа.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема дискомфорта, ощущаемого многими зрителями при просмотре стереофильмов в современных стереокинотеатрах и на телеэкранах, остаётся актуальной на протяжении всего последнего этапа развития стереокинематографии, отличающегося значительным увеличением количества выпускаемой продукции и возможностей для её показа. Этот факт подтверждают все недавние обзорные и аналитические работы, которые становятся всё многочисленнее и детальнее. В качестве примеров и источников, в которых можно найти конкретные материалы по эволюции теоретических представлений о причинах дискомфорта, разработке технологических и алгоритмических методов его снижения и улучшению качества выпускаемых стереофильмов, можно выделить статьи [1, 6–8].

До тех пор пока стереофильм оставался экзотикой — штучным произведением, демонстрируемым как аттракцион, вопрос о дискомфорте не поднимался. По-видимому, основная причина благополучной ситуации была в том, что эти эксклюзивные произведения создавались в тесном сотрудничестве с научными работниками высокого класса — «первопроходцами», разрабатывающими основы стереографии, и качество стереофильмов тщательно проверялось до их выпуска в прокат. Технический прогресс последних десятилетий создал предпосылки для превращения стереофильмов в массовую продукцию, но при этом выяснилось, что формальное использование возросших технологических возможностей не гарантирует получения удовлетворительного качества. Более того, если раньше число кинотеатров, где демонстрировались стереофильмы, было невелико и условия показа отвечали определённым расчётным требованиям, то сейчас число залов для демонстрации стереофильмов невероятно выросло и сколь-нибудь серьёзного контроля условий показа нет. Ситуация с просмотром стереоскопической видеопродукции на персональных устройствах ещё проблематичнее, поскольку в этом случае зритель остаётся один на один с задачей правильной наладки системы сепарации изображений и выбора условий наблюдения. Решение этой задачи осложняется тем, что непрерывное совершенствование технологий приводит к появлению разнообразных модификаций и комбинаций классических схем создания стереоизображений. Во многих случаях пользователю не удастся добиться комфортного восприятия фильмов в формате 3D, он пасует перед трудностями и предпочитает обычный

2D-формат. Более того, у некоторых зрителей сильный дискомфорт вызывает состояние стресса и стойкое нежелание смотреть стереофильмы.

Чтобы предотвратить отрицательные последствия технической некомпетентности и развитие предубеждений против формата 3D, необходимо более глубоко проанализировать весь комплекс причин, определяющих возникновение дискомфорта при наблюдении стереофильмов. Этот дискомфорт совершенно справедливо связывают с тремя основными причинами: некачественным стереоконтентом, несоблюдением требований адекватной демонстрации и наличием нарушений бинокулярного восприятия у части зрителей. Очевидно, что создатели фильмов более всего озабочены повышением качества стереоконтента, поскольку техникой показа фильмов и лечением бинокулярных расстройств должны заниматься другие специалисты. В последние годы были достигнуты значительные успехи в разработке системы автоматической оценки качества стереофильмов на основе совокупности формализованных метрик, учитывающих рассогласование левых и правых кадров по разным параметрам — геометрическим, яркостным, цветовым, временным [1]. В общем и целом, разработанные метрики позволяют получить адекватное представление о сравнительном качестве разных фильмов, ранжировать их по степени негативных ощущений, теоретически ожидаемых на основе оценок критичности отклонения параметров стереокадров от идеального соответствия. Однако анализ конкретных примеров формального рассогласования левого и правого изображений и сопутствующих наблюдению этих стереопар ощущений выявляет кажущиеся парадоксальными примеры отсутствия дискомфорта при значительных степенях рассогласования, с одной стороны, и сильно выраженного дискомфорта при весьма умеренных степенях рассогласования, с другой стороны. Это указывает на необходимость модификации системы оценки потенциального дискомфорта с позиции более общего подхода к проблеме. В частности, необходимо более глубоко и детально проанализировать *физиологические механизмы* возникновения дискомфорта, принимая во внимание то важное обстоятельство, что в восприятии стереофильмов принимает участие не только зрительная сенсорная система с обслуживающими её аккомодационными и глазодвигательными механизмами, но и другие системы организма, не столь очевидно связанные с процессом зрения.

ОБЩИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ РАССОГЛАСОВАННОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ СТЕРЕОПАРЫ

Прежде всего, подчеркнём, что *различие* и *рассогласованность* левого и правого изображений — принципиально разные понятия, причём в наиболее резкой форме это можно выразить следующим противопоставлением: теоретически, различие может быть бесконечно большим (в левом и правом изображениях нет ничего общего), а рассогласованность при этом — практически нулевой. Другими словами можно сказать так: в естественных условиях наблюдения при помощи специальных ухищрений (использования ширм, зеркал, нескольких источников света) на сетчатках двух глаз можно создать сильно различающиеся и даже совсем не имеющие сходства проекции рассматриваемой сцены, поэтому любая пара сетчаточных изображений может быть интерпретирована как согласованная. Это положение обсуждалось нами в работе [4], и рис. 1 иллюстрирует его на простом примере, когда глаза видят совершенно различные картины (левый глаз — два синих шарика на тёмном фоне, правый глаз — четыре фигуры разного цвета на светлом фоне) из-за того, что в рассматриваемой сцене расставлены ширмы, загораживающие от левого и правого глаза разные объекты.

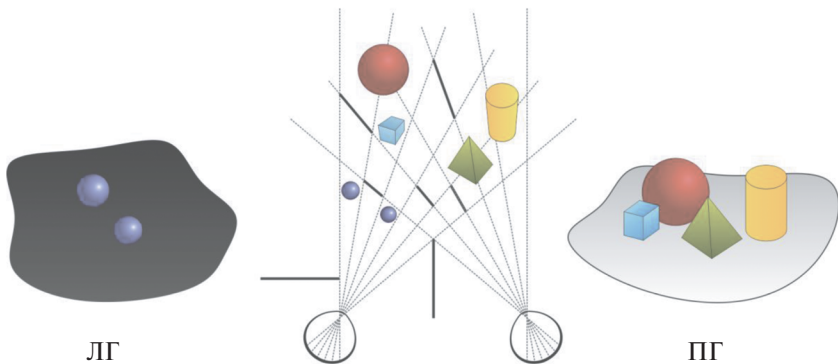


Рис. 1. Радикальное различие сетчаточных изображений в естественных условиях наблюдения сложно организованной сцены. Тонкие чёрные ширмы не мешают левому глазу видеть большую часть предметов освещённой сверху сцены, но правому глазу эти ширмы позволяют видеть только пару синих шаров на тёмном фоне

Такое радикальное различие, хотя и относящееся к естественным условиям наблюдения, но созданное специально посредством сложной организации сцены, кажется имеющим малое отношение к повседневной действительности (и отражающим её стереофильмам), однако это не так. Специалисты по стереоскопическому восприятию хорошо знают, что для отдельных частей рассматриваемой сцены различия левого и правого сетчаточных изображений действительно могут быть радикальными по целому ряду причин. Среди наиболее частых причин можно назвать разную степень окклюзии и автоокклюзии (загораживания объекта или части объекта другим объектом или деталью того же объекта), зависимость отражаемого поверхностью света от угла наблюдения, разные позиции бликов на водной глади и глянцевых поверхностях предметов, несовпадение границ поля зрения левого и правого глаз, наличие внутри них анатомических слепых зон и зон, сильно различающихся по чувствительности из-за адаптации к предыдущим воздействиям. Для иллюстрации сказанного на рис. 2 приведена стереопара с условно наложенными на неё анатомическими слепыми зонами (диски зрительных нервов и сети крупных сосудов) левой и правой сетчаток.

Красными штриховыми линиями отмечены некоторые фрагменты двух изображений, сильно различающиеся из-за окклюзии (левые овалы), лёгкой волнистости бликующей поверхности (овалы в центре) и наличия слепого пятна (круги справа).

Очевидно, что вышеупомянутые радикальные, но естественные и часто встречающиеся различия левого и правого сетча-



Рис. 2. Примеры радикального различия фрагментов сетчаточных изображений при наблюдении обычной сцены

точных изображений являются *адекватными различиями* и не должны вызывать дискомфорта, они должны надлежащим образом интерпретироваться мозговыми механизмами зрения с учётом накопленного человеком опыта и не должны препятствовать формированию видимых образов, соответствующих наблюдаемой пространственной сцене.

В то же время, различия, которые имеет смысл рассматривать как *рассогласования*, должны сильно затруднять процесс бинокулярного стереосинтеза или делать его невыполнимым. Но выше было сказано, что любое различие можно признать естественным, если допустить достаточно сложную организацию рассматриваемой сцены. Это означает, что между адекватным различием и рассогласованием нет принципиальной разницы, она только количественная, причём появление дискомфорта можно трактовать как признак перехода количества в качество.

Чем же определяется граница между адекватным различием и рассогласованием? Естественно предположить, что она определяется возможностями человека успешно интерпретировать данное различие и сформировать правдоподобный видимый образ за отпущенное на это время, так сказать «on-line». Примечательно, что при этом почти не имеет значения, *что именно* человек воспринимает — реальный объект или иллюзорный, человеку достаточно неполного соответствия, лишь бы образ успешно формировался. Наблюдение лишённых телесности виртуальных объектов, не во всём соответствующих обычной реальности, может даже доставлять удовольствие («я сам обманываться рад»).

При таком подходе к проблеме дискомфорта становится очевидным, что на первый план выходит показатель привычности—непривычности наблюдаемых сцен, отражающий возможность отнесения задачи интерпретации данных сетчаточных изображений к классу определённых задач, правила решения которых уже известны человеку. Другим критическим показателем является количество «частных» несоответствий, ибо чем больше различий между левым и правым сетчаточными изображениями, тем больше времени нужно для того, чтобы разобраться с ними.

Сумма всех физиологических усилий, необходимых для удовлетворительного решения задачи формирования видимого образа, — это физиологическая цена приемлемой интерпретации различающихся изображений для двух глаз. Трудность определения этой цены состоит в том, что характерный для стерео-

кино сильный эффект присутствия зрителя в демонстрируемых сценах заставляет участвовать в восприятии стереофильмов практически весь организм. Другими словами, физиологическая цена просмотра фильма определяется усилиями, затрачиваемыми многими системами организма.

Разумеется, в первую очередь, это системы, имеющие прямое отношение к процессу зрительного восприятия:

— зрительная система, получающая на вход стереопары и реконструирующая на их основе пространственные образы динамических сцен, снятых оператором;

— аккомодационная система, обеспечивающая удовлетворительную чёткость сетчаточных изображений как в обычном режиме фиксации и фокусировки объектов, воспринимаемых в плоскости экрана, так и в режиме рассогласования аккомодации и конвергенции при расположении наблюдаемых объектов перед экраном или позади него;

— глазодвигательная система, обеспечивающая условия для фузирования объектов, на которые направляется внимание зрителя, и слежения за движущимися объектами;

— вестибулярный аппарат, который участвует в реакциях зрителя, пытающегося мысленно имитировать движения оператора (кинокамеры), объясняющие изменения видеоряда;

— слёзная система, которая должна обеспечивать усиленное увлажнение поверхности глаза из-за характерного для условий просмотра фильмов снижения частоты морганий и напряжённой работы глаз.

Наряду с этим во многих случаях нельзя не учитывать физиологическую нагрузку на сердечно-сосудистую, дыхательную, пищеварительную и другие системы, не столь очевидно связанные с процессом зрения. Они могут вовлекаться в восприятие стереофильма двумя принципиально различными путями:

— через прямые влияния потока зрительных сигналов на нервные структуры, регулирующие работу этих систем;

— через посредство ассоциативных связей, приводящих к возбуждению сложных комплексов активности различных функциональных систем при восприятии зрительных сцен, вызывающих сильные эмоции и состояние вовлечённости в происходящее на экране...

Ощущение дискомфорта при просмотре стереофильмов определяется тремя главными компонентами:

— суммарным негативным ментальным эффектом от кад-

ров, которые не удаётся удовлетворительно интерпретировать *on-line*, что приводит к появлению ощущений неудовлетворённости, досады, тревожности, перенапряжения и головной боли;

— активными попытками устранить кажущиеся физиологические причины, которые могли бы объяснить неудачи с интерпретацией стереопар: усилением слезоотделения «чтобы протереть оптику», если причиной кажется неудовлетворительное состояние оптического аппарата глаз, напряжённая работа аккомодационной системы, если кажется, что она не обеспечивает условий для решения необычных и сложных задач) и т. п.

— невольным стремлением зрителя имитировать в своём воображении головокружительные трюки героев, приводящие к частичной активации вестибулярного аппарата, вовлечённого в выполнение таких трюков.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДИСКОМФОРТА И ИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ

Как уже было отмечено, в работах по исследованию дискомфорта, возникающего при восприятии стереофильмов, авторы обычно не анализируют физиологические проявления дифференцированно, а дают общую оценку степени неприятных ощущений в баллах. Учитывая приведённые выше соображения о возможном вкладе разных систем организма в общее ощущение дискомфорта, можно попытаться обозначить более конкретные связи между «дефектами» стереопар и физиологическими проявлениями дискомфорта. Остановимся сначала на типичных явных дефектах стереопар, приводящих к рассогласованию сетчаточных изображений по *геометрическим параметрам, по степени размытости границ и контуров, по светлоте/яркости, по цветовым характеристикам и по временной последовательности*. Сопоставим эти дефекты со специфическими проявлениями дискомфорта из следующего списка: напряжение, боль в глазах, покраснение глаз, слезотечение, умственное напряжение, головная боль, общая усталость, психологическое напряжение, тошнота, головокружение.

ЗАПРЕДЕЛЬНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ДИСПАРТАНОСТИ — УМСТВЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ГОЛОВНАЯ БОЛЬ, ОБЩЕЕ УТОМЛЕНИЕ

Интерокулярные различия геометрических параметров сетчаточных изображений, являющиеся следствием различия уг-

лов наблюдения и не выходящие за определённые пределы, помогают зрительным мозговым механизмам реконструировать трёхмерную форму объектов. При этом существуют диапазоны наиболее благоприятных различий — наиболее близко соответствующих приобретённому человеком опыту, анализ которых почти не требует усилий. Выход за пределы благоприятного диапазона сопровождается возрастанием умственного напряжения. Когда же рассогласование двух изображений превышает некоторую критическую величину, формирование удовлетворительного трёхмерного образа становится невозможным. Если такие кадры быстро сменяются удачными, у зрителя остаётся досадное чувство пропущенной информации или нерешённой задачи. Если такие кадры идут долго, зритель прилагает всё больше ментальных усилий для того, чтобы сформировать правдоподобные видимые образы, но успеха не достигает и нередко перенапрягается, доводя себя до головной боли и общего утомления.

РАССОГЛАСОВАНИЕ ПО СТЕПЕНИ РАЗМЫТОСТИ ГРАНИЦ И КОНТУРОВ — ЧУВСТВО НАПРЯЖЕНИЯ И БОЛИ В ГЛАЗАХ, ПОКРАСНЕНИЕ ГЛАЗ, СЛЕЗОТЕЧЕНИЕ

Очевидно, что зрительные механизмы будут пытаться устранить рассогласование по степени размытости границ и контуров, задействуя аккомодационную систему для улучшения фокусировки. Поскольку повлиять на резкость кадров зрителю не дано, указанное рассогласование может вызвать чувство напряжения и даже боли в глазах из-за безуспешных и чрезмерных усилий аккомодационной системы, покраснение глаз из-за повышенного напряжения, требующего усиления кровотока, и обильное слезоотделение для промывания глаза с нерезким изображением (в предположении, что его оптику требуется прочистить).

РАССОГЛАСОВАНИЕ ПО ЯРКОСТНЫМ И ЦВЕТОВЫМ ПАРАМЕТРАМ — ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Рассогласование по яркостным и цветовым параметрам довольно часто встречается в естественных условиях из-за сложной формы характеристик рассеяния/отражения света у большинства поверхностей объектов, поэтому зрители обычно достаточно терпимо относятся к значительным интерокулярным различиям по этим параметрам — они являются привычными. Однако при чрезмерных различиях в процессе формирования

видимого образа приходится предполагать влияние неизвестных факторов (множественность и изменчивость источников освещения сцены), что может порождать ощущения неопределённости, настороженности, тревожности и в итоге — приводить к психологическому напряжению.

НЕСОВПАДЕНИЕ ПО ВРЕМЕНИ, ЗАПАЗДЫВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОДНОМ ИЗ КАНАЛОВ — ГОЛОВНАЯ БОЛЬ, ГОЛОВОКРУЖЕНИЕ, ТОШНОТА

При несовпадении по времени соответствующих друг другу изображений в левом и правом глазу зритель вынужден предположить, что он поворачивает голову, наблюдая одни и те же картины сначала одним, а затем другим глазом. Поскольку в реальности голова зрителя не поворачивается, то наблюдаемые последовательности ассоциируются с ощущением головокружения, возникающим у человека по окончании вращения из-за инерционных процессов в полукружных каналах вестибулярного аппарата. Невозможность адекватной интерпретации всей совокупности возникающих в таких ситуациях раскоординированных мультимодальных ощущений может также вызвать тошноту и головную боль.

ВОЗМОЖНОСТЬ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ПРЕДСКАЗАНИЯ ОЖИДАЕМОЙ СТЕПЕНИ ДИСКОМФОРТА

В большинстве случаев надёжно предсказать ожидаемую степень дискомфорта можно только на основе предварительных исследований, направленных на то, чтобы установить правила экстраполяции и взвешенной суммации негативных эффектов, связанных с различными факторами дискомфорта. Однако в отдельных случаях, по-видимому, возможны ориентировочные теоретические предсказания. В качестве примера можно привести возможность оценки зависимости степени дискомфорта от места зрителя в кинозале на основе требуемых ментальных усилий.

В общем случае, ранжировать ментальные усилия достаточно сложно, но в определённых ситуациях это можно сделать, оценивая объём умственной работы, которую нужно совершить для построения адекватных видимых образов в условиях, различающихся по определённым параметрам. Один из подходящих простых примеров — сравнение ментальных усилий, затрачиваемых зрителями, сидящими в кинозале напротив центра экра-

на и сбоку на разных расстояниях. Хорошо известно, что только на одном определённом расстоянии от экрана по центральной линии соблюдаются *ортостереоскопические* условия наблюдения, т. е. сетчаточные изображения в глазах зрителя точно со-

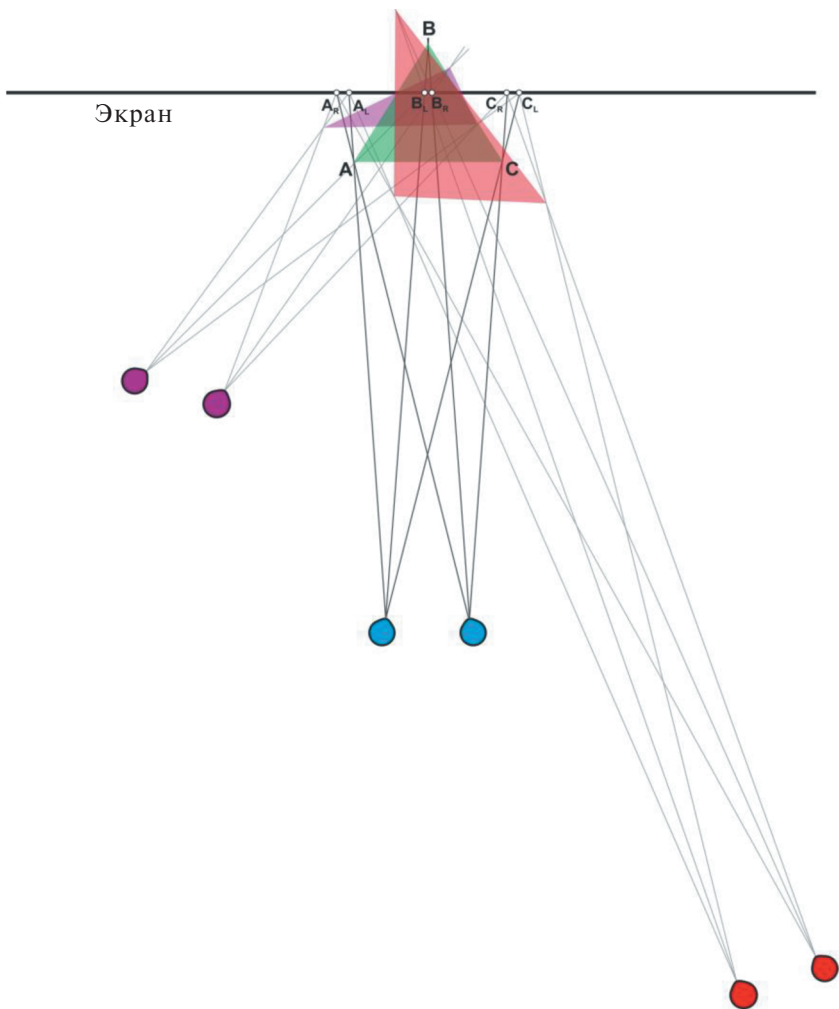


Рис. 3. Образы запечатлённого в стереопаре объекта — равностороннего треугольника ABC , формируемые на основе экранных параллаксов по одним и тем же правилам в мозгу зрителей, наблюдающих экран с разных позиций. Центральный зритель располагается в ортостереоскопической позиции

ответствуют проекциям сцены, зафиксированной кинокамерой [2]. Со всех других мест зритель должен был бы видеть предметы искажёнными, если бы он интерпретировал их по тем же правилам, что и зритель, находящийся в ортостереоскопической позиции. На рис. 3 схематически показана реконструкция на основе экранных параллаксов стереобъекта, имеющего вид плоского равностороннего треугольника ABC, лежащего горизонтально. Образ, формируемый центральным зрителем, точно соответствует данному объекту, тогда как аналогичные конструкции, возникающие в мозгу двух других зрителей, существенно отличаются от запечатлённого оригинала. Чтобы видимый образ соответствовал объекту, снятому оператором, «боковые» зрители должны совершить умственную работу по поворачиванию и масштабированию конструкций, формирующихся на основе экранных параллаксов. Очевидно, что объём необходимых умственных усилий тем больше, чем дальше место зрителя от точки ортостереоскопии, поскольку искажения монотонно нарастают с удалением от этой точки.

Приведённый пример только иллюстрирует возможность получения численных оценок, но пока нереально их определить даже для рассмотренного простого случая. К сожалению, психофизиологические характеристики восприятия человеком изображений трёхмерных объектов, предъявляемых на плоском экране при разных углах наблюдения, изучены ещё недостаточно, а они необходимы для обоснования критериев дискомфорта. Работы в этом направлении уже разворачиваются. О чём может свидетельствовать недавняя статья [5], в которой авторы представили данные по влиянию позиции наблюдателя на выполнение задачи обнаружения тестовых букв, воспринимаемых перед экраном. Правда, изменения позиции наблюдателя в этих экспериментах не были реальными, а были имитированы при помощи линз и призм, что снижает ценность полученных результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различные проявления дискомфорта, испытываемого зрителями при просмотре стереофильмов могут быть связаны с принципиальными различиями гипотез, выдвигаемых «зрящим мозгом» для объяснения наблюдаемых рассогласований между левым и правым сетчаточными изображениями. Определённые виды рассогласований не вызывают дискомфорта, поскольку представ-

ляются зрителю («зрящему мозгу») как естественные и привычные, легко интерпретируемые *физические* следствия различия ракурсов и условий наблюдения или как *физиологически объяснимые* особенности, обусловленные структурой бинокулярной зрительной системы и пространственно-временными характеристиками переработки информации, поступающей от двух глаз.

Появление ощущений дискомфорта при просмотре стереофильмов и специфичность этих ощущений определяются вкладом принципиально различных компонентов, из которых можно выделить:

— негативные последствия умственного перенапряжения (чрезмерных ментальных усилий) при восприятии кадров, которые не удаётся удовлетворительно интерпретировать *on-line*; эти последствия приводят к появлению ощущений неудовлетворённости, досады, тревожности, усталости и головной боли, а в итоге даже могут вызвать депрессию и стойкий отказ от просмотра стереофильмов;

— негативные проявления безуспешных активных попыток устранить гипотетические физиологические причины, которые могли бы объяснить неудачи с интерпретацией плохого качества изображений; характерным примером является покраснение глаз из-за перенапряжения аккомодационной системы, требующего усиления кровотока в глазу (такое наблюдается, если причиной кажется неудовлетворительная настройка оптического аппарата глаз);

— негативные процессы, возникающие при невольном стремлении зрителя имитировать всем своим организмом участие в трюковых сценах на месте героя; при этом по ассоциации из памяти автоматически извлекаются сложные комплексы мультимодальной активности, которые не могут полноценно соответствовать поступающей с экрана информации, а результатом нестыковок являются ощущения потери ориентации, тошноты, головокружения.

Таким образом, для оценки реально ощущаемого зрителем дискомфорта от просмотра конкретного стереоконтента необходим контекстный и интегральный анализ целостного процесса восприятия с учётом особенностей переработки визуальной информации в зрительной сенсорной системе, ассоциированной активности других систем и физиологической специфичности гипотез, привлекаемых для интерпретации данного стереоконтента мозговыми механизмами.

Автор выражает благодарность Е.Н. Крутцовой за техническую помощь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анциферова А.В., Ватолин Д.С. Автоматический метод оценки степени усталости от просмотра 3D-видео // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: VIII Международная научно-практическая конференция, Москва, 25–26 апреля 2016 г.: Материалы и доклады. М.: ВГИК, 2016. С. 106–122.
2. Валюс Н.А. Стереоскопия. М.: Наука, 1962.
3. Рожкова Г.И., Николаев П.П. Бинокулярное восприятие при сильной рассогласованности сетчаточных изображений // Сенсорные системы. 1992. Т. 6. № 2. С. 84–96.
4. Рожкова Г.И. Теоретическая оценка дефектности стереокадров и реальный зрительный дискомфорт // Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: VIII Международная научно-практическая конференция, Москва, 25–26 апреля 2016 г.: Материалы и доклады. М.: ВГИК, 2016. С. 85–98.
5. Aznar-Casanova J., Romeo A., Gomes A.T., Enrile P.M. Visual fatigue while watching 3D stimuli from different positions // Journal of Optometry. 2017. Vol.10 (3). P. 149–160.
6. Park J., Lee S., Bovik A.C. 3D visual discomfort prediction: Vergence, foveation, and physiological optics of accommodation // IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing. 2014. Vol. 8 (3). P. 415–427.
7. Terzic K., Hansard M. Methods for reducing visual discomfort in stereoscopic 3D: A review // Signal Processing: Image Communication. 2016. Vol. 47. P. 402–416.
8. Urvoy M., Barkowski M., Le Callet P. How visual fatigue and discomfort impact 3D-TV quality of experience: A comprehensive review of technological, psychophysical, and psychological factors // Ann. Telecommun. 2013. Vol. 68. P. 641–655.

Galina I. Rozhkova

PHYSIOLOGICAL SPECIFICITY AND DEGREE OF DISCOMFORT DUE TO DISCORDANCE OF RETINAL IMAGES IN DIFFERENT PARAMETERS

Galina I. Rozhkova, Sc.D., professor

E-mail:

Institute of Information Transfer Problems, Russian Academy of Sciences

Viewing stereo movies, many spectators feel discomfort manifested as visual strain and fatigue with accompanying asthenopic symptoms — eye redness, tearing, unclear vision, diplopia, as well as general sickness — headache, nausea, vertigo etc. In the publications on this issue, the variety of discomfort manifestations was usually indicated, however, most researchers estimated only the general degree of 3D discomfort in gradual scales and its dependence on certain defects of stereo content and screening conditions. In this paper, we tried to correlate specific manifestation of discomfort with concrete factors that could provoke certain negative responses of the visual system and the organism in general to the defective fragments of stereo movies.

Key words: 3D visual discomfort, specific manifestations, dependence on interocular differences, physiological basis.

REFERENCES

1. Antsiferova A.V., Vatolin D.S. Avtomaticheskii metod otsenki stepeni ustalosti ot prosmotra 3D-video // Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe i drugikh oblastiakh: VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moskva, 25–26 aprelya 2016 g.: Materialy i doklady. M.: VGIK, 2016, pp. 106–122.
2. Valyus N.A. Stereoskopiya. M.: Nauka, 1962.
3. Rozhkova G.I., Nikolaev P.P. Binokulyarnoe vospriyatie pri sil'noi rassoglasovannosti setchatochnykh izobrazhenii // Sensornye sistemy. 1992, Vol. 6, No 2, pp. 84–96.
4. Rozhkova G.I. Teoreticheskaya otsenka defektnosti stereokadrov i real'nyi zritel'nyi diskomfort // Zapis' i vosproizvedenie ob"emnykh izobrazhenii v kinematografe i drugikh oblastiakh: VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Moskva, 25–26 aprelya 2016 g.: Materialy i doklady. M.: VGIK, 2016, pp. 85–98.
5. Aznar-Casanova J., Romeo A., Gomes A.T., Enrile P.M. Visual fatigue while watching 3D stimuli from different positions // Journal of Optometry, 2017, Vol. 10 (3), pp. 149–160.
6. Park J., Lee S., Bovik A.C. 3D visual discomfort prediction: Vergence, foveation, and physiological optics of accommodation // IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2014, Vol. 8 (3), pp. 415–427.
7. Terzic K., Hansard M. Methods for reducing visual discomfort in stereoscopic 3D: A review // Signal Processing: Image Communication, 2016, Vol. 47, pp. 402–416.
8. Urvoy M., Barkowski M., Le Callet P. How visual fatigue and discomfort impact 3D-TV quality of experience: A comprehensive review of technological, psychophysical, and psychological factors // Ann. Telecommun, 2013, Vol. 68, pp. 641–655.