



СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ: основные термины



С.Н. Рожков, snrozhkov@yandex.ru, филиал «Научно-исследовательский кинофотоинститут» АО «ТПО «Киностудия им. М. Горького», РФ;
Г.И. Рожкова, д.б.н., проф., gir@iitp.ru, М.А. Грачева, м.н.с.,
mg.iitp@gmail.com, ИППИ им. А.А. Харкевича РАН

Аннотация

Представлен краткий глоссарий основных терминов, понятий и определений, связанных со стереоскопическим зрением и различиями в работе зрительной системы в естественных условиях, при восприятии стереоскопических (3D) и плоскостных (2D) киноизображений. Понимание смысла и корректное использование терминов должно способствовать формированию общей понятийной базы в стереокинематографе, содействовать лучшему взаимопониманию между техническими специалистами и создателями стереофильмов, ознакомлению с особенностями стереоскопического зрения, которые необходимо учитывать при создании стереоскопических фильмов и при их демонстрации.

Ключевые слова: бинокулярное зрение, особенности восприятия стереокиноизображения, стереоскопическое зрение, терминология стереоскопического зрения.

STEREOSCOPIC VISION: BASIC TERMS

S.N. Rozhkov, snrozhkov@yandex.ru, Cinema and Photo Research Institute JSC "Gorky Film Studio", Russia;
G.I. Rozhkova, Ph.D., prof., gir@iitp.ru, M.A. Gracheva, mg.iitp@gmail.com, Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute), Russ. Acad. Sci.

Abstract

A short glossary is presented that contains the basic terms, statements, and notions related to stereoscopic vision and to principal differences between the visual processing of natural scenes and perceiving stereo movies (3D) and regular movies (2D). Understanding of the meaning and correct usage of the terms could provide the formation of the common conceptual basis for the stereo cinematography, might be a contributory factor for the better cooperation between the technical specialists and the creators of stereo movies, for the closer learning those properties of the stereoscopic vision that should be taken into account in the course of stereo movie manufacture and demonstration.

Keywords: binocular vision, perception of stereo movies, stereoscopic vision, stereovision terminology.

■ Последние десятилетия ознаменовались быстрым развитием стереоскопических технологий и всё более широким их внедрением в различные сферы жизни и деятельности человека, такие как кинематограф и телевидение, медицина, образование, спорт, индустрия развлечений. Привычными атрибутами нашей жизни стали стереоскопические кино- и видеофильмы, очки вирту-

альной и дополненной реальности, компьютерные игры, тренажёры, имитирующие процессы, происходящие в реальном пространстве. В кинематографе непрерывно совершенствуются традиционные технологии и разрабатываются новые. В известной мере это касается и стереоскопического кинематографа, развитие которого требует как знания специфики кинотехнологических процессов,

так и понимания особенностей психофизиологии зрения и восприятия стереоизображения в условиях кинозала.

Качество массовой стереокинопродукции пока ещё далеко от идеала, о чём свидетельствуют жалобы многих зрителей на быстрое утомление, головные боли и тошноту. Это означает, что особенности восприятия стереокиноизображения недостаточно учитываются как творческими работниками, так и теми, кто создаёт технические средства стереокиносъёмки и стереокинопоказа и отвечает за грамотное их использование. Понимание и учёт этих особенностей позволит, с одной стороны, максимально использовать выразительные возможности и эффектность трёхмерного киноизображения, а с другой – обеспечить комфортность его восприятия. Поэтому как творческие, так и технические работники, причастные к созданию стереофильма и к его демонстрированию, должны хорошо разбираться в психофизиологии зрения. Чтобы специалисты разного профиля имели возможность успешно кооперироваться, они должны общаться на одном научном языке и иметь общую понятийную базу. Разработка такой базы позволит упростить решение проблем, связанных со специальной терминологией в области стереокинематографа. К таким проблемам относятся:

1) использование различных терминов для обозначения одного и того же понятия;

2) различные толкования одного и того же термина в различных областях науки и техники;

3) многовариантность переводов на русский язык иностранных терминов и понятий, осложняющая правильное использование терминологии в официальных документах, государственных законах и разрабатываемых стандартах;

4) необходимость правильного выбора новых терминов, понятий и определений, появление которых неизбежно в связи с интенсивным развитием цифрового кинематографа.

Вниманию читателей предлагается краткий словарь основных терминов, понятий и определений, относящихся к стереоскопическому зрению.

Приводимые в словаре термины сопровождаются этимологической справкой (в случае иноязычного происхождения термина), синонимами, встречающимися в литературе, и англоязычными названиями термина. Синонимы и англоязычные названия выделены полужирным курсивом. Если приводимый синоним отмечен верхним индексом, это означает, что он является более общим понятием и имеет несколько значений, а индекс соответствует номеру значения в соответствующей словарной статье. Выделение термина курсивом в тексте словарной статьи означает отсылку к соответствующей статье данного словаря. В текстах словарных статей название основного термина, независимо от формы слов, его составляющих, заменено начальными буквами, набранными полужирным шрифтом (например, **б.з.** вместо «базис зрения»).

АККОМОДАЦИОННО-ВЕРГЕНТНАЯ СВЯЗЬ (от лат. *accommodatio* – приспособливание, приравнивание и *vergere* – переходить, направляться), [англ. *accommodation/vergence link, accommodation/convergence relationship*], **аккомодационно-конвергентная связь** – свойство зрительного аппарата человека непроизвольно и одновременно фокусировать изображения на сетчатках (*аккомодация*) и соответственно менять угол между зрительными осями (*вергенция*) при переводе взора с одного объекта на другой, расположенный на ином расстоянии наблюдения. В естественных условиях мышцы, управляющие аккомодацией и вергенцией, настраиваются на одно и то же расстояние наблюдения. При рассмотрении стереопары в их работе может происходить рассогласование в связи с тем, что при восприятии стереоизображения аккомодация должна соответствовать расстоянию до экрана, а вергенция должна определяться расстоянием до воспринимаемого виртуального стереообъекта, который может смещаться относительно экрана по глубине в широких пределах. Величина угла вергенции равна углу между зрительными осями, направленными на *сопряжённые точки* в стереопаре.

АККОМОДАЦИЯ (от лат. *accommodatio* – приспособливание, приравнивание), [англ. *accommodation*] – способность зрительной системы фокусировать на сетчатке глаза изображения рассматриваемых объектов, находящихся на различном удалении от наблюдателя. Фокусирование осуществляется посредством аккомодационного усилия, изменяющего фокусное расстояние хрусталика (путём изменения его выпуклости) и его расстояние до сетчатки. Изменение аккомодационного усилия является одним из *монокулярных факторов пространственного зрения*. Максимальная дистанция, за пределами которой этот фактор для большинства людей перестаёт действовать, лежит в пределах от 2 до 3 м, но для отдельных наблюдателей может достигать 6 м.

БАЗИС ЗРЕНИЯ (от греч. *βάσις* – база, основа, основание), [англ. *inter-ocular distance, IOD, interpupillary distance, pupillary distance*], **базис стереоскопического зрения, глазной базис, межзрачковое расстояние, межглазное расстояние** – расстояние между узловыми точками левого и правого глаза человека. От **б.з.** зависит величина *бинокулярного параллакса* и, соответственно, степень различий между изображениями на двух сетчатках, имеющих место при одновременном наблюдении двумя глазами сцены с разноудалёнными объектами и являющихся основой *стереоскопического зрения*. Величина **б.з.** взрослого человека обычно лежит в пределах от 55 до 73 мм. **Б.з.** оценивают, измеряя расстояние между центрами зрачков глаз при параллельных *зрительных осях*. Величина **б.з.** лежит в основе расчётов, имеющих целью определение параметров стереосъёмки и параметров стереопроекции, которые обеспечивают комфортное восприятие стереоизображения. В отечественной практике расчёта параметров стереокиносъёмки величина **б.з.** принята равной 65 мм,

в зарубежной литературе рекомендуемая величина **б.з.** колеблется в пределах от 62 до 65 мм.

БИНОКУЛЯРНАЯ КОНКУРЕНЦИЯ [англ. *binocular rivalry, retinal rivalry*], *бинокулярная борьба, бинокулярное соревнование, борьба полей зрения, борьба сетчаток, соперничество полей зрения* – феномен, возникающий при необычно больших различиях левого и правого сетчаточных изображений, не позволяющих зрительной системе объединить их в единый бинокулярный образ. При этом левый и правый монокулярные образы могут поочерёдно доминировать по всему полю зрения или в его отдельных участках, в результате чего воспринимаемая бинокулярно картина постоянно меняется. Классический пример – одновременное наблюдение левым и правым глазом контрастных решёток ортогональной ориентации (рис. 1). **Б.к.** по цвету нередко возникает при использовании анаглифных стереочков.

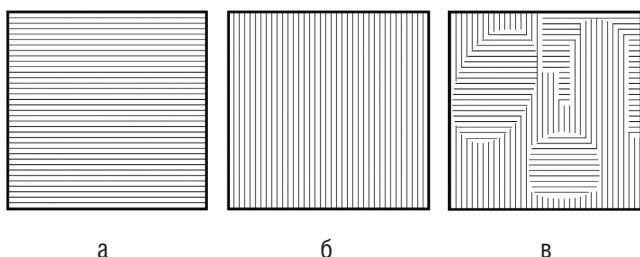


Рис. 1. Бинокулярная конкуренция. а, б – картинки стереопары, в – пример воспринимаемой картины: в одних участках поля зрения полосы соответствуют левому глазу, в других – правому

Fig. 1. Binocular rivalry. а, б – left and right images of a stereopair, в – an example of the perceived image: in some parts of the visual field, the lines correspond to the left image, in other parts – to the right image

БИНОКУЛЯРНОЕ ЗРЕНИЕ (от лат. *bini* – пара, два и *oculus* – глаз), [англ. *binocular vision*] – зрение двумя глазами. **Б.з.** включает в себя два вида зрения. Первый – *стереоскопическое зрение*, при котором мозг воспринимает визуальную информацию от двух глаз и в процессе *фузии* формирует единый стереоскопический образ. Второй вид **б.з.** – *одновременное зрение*, при котором видят оба глаза, но фузия не происходит и стереоскопический образ не формируется. На практике стереоскопическое зрение довольно часто называют **нормальным б.з.** или **полноценным б.з.**, что позволяет отличать его от одновременного зрения. Нередко термин **б.з.** используют без оговорок как синоним стереоскопического зрения, что неверно.

БИНОКУЛЯРНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗРЕНИЯ, [англ. *binocular depth cues*] *бинокулярные признаки глубины, бинокулярные признаки удалённости, первичные факторы пространственного зрения* – факторы, позволяющие судить о протяжённости пространства и рельефности объектов на основе сравнения информации от двух глаз. Главные **б.ф.п.з.** – различие *бино-*

кулярных параллаксов для сетчаточных изображений разноудалённых точек (*сетчаточная диспаратность*) и взаимное положение глаз в орбитах, определяющее *угол конвергенции зрительных осей*. При наблюдении динамических сцен к этим **б.ф.п.з.** добавляются временные различия между оптическими потоками, поступающими в левый и правый глаз (*временная диспаратность*).

БИНОКУЛЯРНЫЙ ПАРАЛЛАКС, *линейный параллакс, пространственный параллакс, стереоскопический параллакс* – различие в левом и правом глазу горизонтальных координат сетчаточных изображений двух разноудалённых точек, наблюдаемых в реальном пространстве или в стереоизображении. В первом случае величина **б.п.** определяется разницей расстояний от глаз наблюдателя до этих точек, во втором – величиной горизонтального параллакса в рассматриваемой стереопаре и расстоянием от глаз наблюдателя до плоскости изображений стереопары. **Б.п.** измеряется в угловых величинах.

ВЕРГЕНЦИЯ (от лат. *vergere* – стремиться, переходить, направляться), [англ. *vergence eye movement*], *вергентные движения* – координированные симметричные повороты глазных яблок в противоположных направлениях (*сведение или разведение зрительных осей*) при бинокулярном рассматривании объектов и при восприятии стереоизображений. Процесс сведения зрительных осей при переводе взора на более близкие объекты называют *конвергенцией*, или *конвергированием*, а процесс их разведения при переводе взора на более дальние объекты – *дивергенцией*, или *дивергированием*. Для обозначения углов между сходящимися зрительными осями употребляют термин *угол конвергенции*, а между расходящимися – *угол дивергенции*.

ВЕРЗИОННЫЕ ДВИЖЕНИЯ (от лат. *verso* – кружить, вращать, поворачивать), [англ. *version eye movements*] – согласованные однонаправленные повороты левого и правого глаза без изменения угла *конвергенции*. См. также *Вергенция*.

ВИРТУАЛЬНАЯ ТОЧКА ФИКСАЦИИ ВЗОРА (от лат. *virtualis* – возможный, воображаемый) – точка в пространстве стереоизображения, в которой пересекаются *зрительные оси*, направленные на *сопряжённые точки* в стереопаре при условии, что положительный параллакс между ними меньше, чем *базис зрения* наблюдателя. Реальные *точки фиксации взора* могут находиться только на поверхности реальных объектов или на плоскости совмещённой стереопары при рассматривании участков стереоизображения, зафиксированных с нулевым параллаксом. В условиях кинозала для участков стереопар с положительными параллаксами **в.т.ф.в.** формируются в заэкранном пространстве, с отрицательными – в предэкранном.

ВОЗДУШНАЯ ПЕРСПЕКТИВА (от лат. *perspecto* – смотреть до конца, внимательно вглядываться), [англ. *aerial perspective*] – оптический эффект, возникающий вследствие рассеяния света воздушной средой, которое приводит к изменению спектрального состава света, прихо-

дящего от удалённых объектов (появлению голубоватой дымки), к снижению контраста, насыщенности цвета и чёткости контуров объектов по мере увеличения расстояния от наблюдателя. **В.п.** является одним из *монокулярных факторов пространственного зрения*, создающих ощущение протяжённости сцены по глубине.

ДИВЕРГЕНЦИЯ [англ. *divergence*] – 1) разведённое положение *зрительных осей* при рассматривании участков стереопары с положительными параллаксами, превышающими *базис зрения*; 2) процесс разведения зрительных осей (дивергирование) при переводе взора с более близких на более дальние объекты в реальных условиях или на более дальние участки пространственной картины в стереоизображении.

ДИСПАРТНОСТЬ (от лат. *dispar* – неравный, различный), [англ. *binocular disparity, disparity*], **бинокулярная диспаратность, диспарация** – 1) разность горизонтальных и вертикальных угловых координат изображений пары рассматриваемых точек на сетчатках левого и правого глаза; 2) для горизонтальных координат – то же, что *Бинокулярный параллакс*. За начало координат принимают центр *фовеа*, на который проецируется *точка фиксации взора*.

ЗОНА СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО ВОСПРИЯТИЯ [англ. *fusion area*], *зона слияния, зона стереоскопической глубины, зона ясного стереовидения, фузионное поле* – область пространства, в пределах которой при неизменном положении *точки фиксации взора* объекты воспринимаются стереоскопически, без двоения (рис. 2). По мере удаления точки фиксации взора протяжённость **з.с.в.** увеличивается, по мере приближения – уменьшается. Угол φ сохраняется постоянным, поскольку он определяется величиной *фовеа*. При выборе параметров стереосъёмки эту величину чаще всего принимают равной $70'$. Такое значение было опытным путём определено немецким исследователем Германом Люшером в 1930 г. См. также *Базис зрения*.

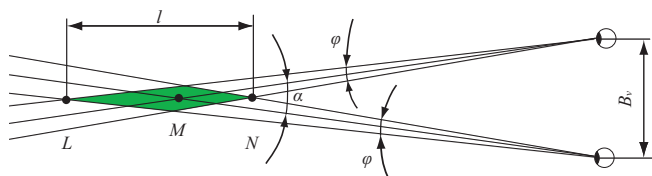


Рис. 2. Зона стереоскопического восприятия. B_v – базис зрения, M – точка фиксации взора, N и L – ближняя и дальняя точки з.с.в., l – глубина з.с.в., α – угол конвергенции, φ – угловой размер фовеа.

Fig. 2. Zone of stereoscopic perception. B_v – inter-ocular distance, M – fixation point, N and L – the nearest and the farthest points of the zone of stereoscopic perception, l – stereoscopic zone extension, α – the angle of convergence, φ – the angular aperture of fusion.

ЗРИТЕЛЬНАЯ ОСЬ [англ. *visual axis, line of sight*], *зрительная линия, зрительное направление, линия взора* – условная линия, проходящая через середину *фовеа* и

точку фиксации взора (при наблюдении реального объекта) или *виртуальную точку фиксации взора* (при восприятии *стереоизображения*). **З.о.** не совпадает с *оптической осью глаза* и пересекается с ней в *узловой точке глаза*.

ЗРИТЕЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ – совокупность физиологических, психофизиологических и когнитивных¹ процессов формирования видимого образа.

КОНВЕРГЕНЦИЯ (от лат. *convergere* – сближаться, сходиться), [англ. *convergence, convergence angle*] – 1) сведённое положение *зрительных осей*, направленных на *точку фиксации взора* при рассматривании реальных объектов или на *виртуальную точку фиксации взора* в стереоизображении; 2) процесс сведения зрительных осей (конвергирование) при переводе взора на более близкие точки реальных объектов в пространстве или на более близкие виртуальные точки фиксации взора при восприятии стереоизображения.

ЛИНЕЙНАЯ ПЕРСПЕКТИВА (от лат. *perspecto* – смотреть до конца, внимательно вглядываться), [англ. *perspective, linear perspective*] – совокупность искажений воспринимаемой пространственной картины, выражающихся в схождении уходящих вдаль параллельных линий в точку схода на горизонте, уменьшении размеров изображаемых объектов и промежутков между ними по мере увеличения их удалённости от наблюдателя. **Л.п.** является одним из главных *монокулярных факторов пространственного зрения* и в стереоизображении существенно усиливает ощущение трёхмерности воспринимаемой картины, причём в наибольшей степени, если при стереосъёмке использовалась короткофокусная оптика. В стереоизображении **л.п.** иногда может доминировать и подавлять *бинокулярные факторы пространственного зрения*.

МОНОКУЛЯРНОЕ ЗРЕНИЕ (от греч. *μόνος* – один, единственный и лат. *oculus* – глаз), [англ. *monocular vision*] – *зрение* при одном открытом глазе либо при двух открытых глазах, когда зрительная информация от второго глаза подавляется мозгом и этот глаз как бы не участвует в процессе зрительного восприятия. Последнее может наблюдаться при значительном рассогласовании оптических характеристик левого и правого глаза человека или при нарушениях работы бинокулярных механизмов зрения, например, при косоглазии.

МОНОКУЛЯРНОЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ЗРЕНИЕ, монокулярное глубинное зрение – способность человека оценивать пространственную картину на основе совокупности *монокулярных факторов пространственного зрения* при наблюдении одним глазом.

МОНОКУЛЯРНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗРЕНИЯ, вторичные факторы пространственного зрения, монокулярные признаки глубины, монокулярные признаки удалённости, монокулярные пространственные при-

¹ Когнитивный [от лат. *cognitio* – восприятие, познание] – связанный с восприятием, познанием, мышлением, сознанием.

знаки – факторы, позволяющие судить о протяжённости пространства, рельефности объектов и их взаимной удалённости по направлению взора при *монокулярном видении*. К ним относятся: *линейная перспектива, воздушная перспектива*, видимые размеры известных объектов, частичное перекрывание дальних объектов более близкими, распределение светотеней, степень аккомодационного усилия, изменение резкости изображений объектов и др. Из всех **м.ф.п.з.** следует особо выделить последовательно-временной стереоэффект (параллакс движения), возникающий при смещении головы в направлении, поперечном направлению взора, например, при наблюдении объектов с движущегося транспортного средства.

МОНОКУЛЯРНЫЙ СТЕРЕОЭФФЕКТ – 1) эффект восприятия протяжённости пространства и рельефности объектов при рассматривании их одним глазом; 2) эффект восприятия протяжённости пространства и рельефности объектов при бинокулярном рассматривании плоскостных изображений. В обоих случаях оценка пространственности и рельефности происходит благодаря *монокулярным факторам пространственного зрения*.

ОДНОВРЕМЕННОЕ ЗРЕНИЕ [англ. *binocular vision disability, simultaneous vision*] – вид *бинокулярного зрения*, при котором в зрительном восприятии участвуют оба глаза, но механизмы *фузии* не работают и стереоскопический образ не формируется. **О.з.** считается нарушением нормальной работы зрительной системы человека.

ОПТИЧЕСКАЯ ОСЬ ГЛАЗА [англ. *optical axis of the eye*] – условная линия, проходящая через центры преломляющих поверхностей хрусталика и роговицы глаза. **О.о.г.**, как правило, не совпадает со *зрительной осью*, направленной в середину *фовеа*, и пересекается с ней в *узловой точке глаза*. В связи с вариабельностью положения центральной ямки у разных людей зрительная ось может быть отклонена от **О.о.г.** на несколько градусов как к носу, так и к виску. Типичным считается отклонение в сторону носа на 5° [3].

ОСТРОТА ЗРЕНИЯ [англ. *visual acuity*], **визус** – показатель способности зрительной системы обнаруживать и узнавать мелкие объекты, различать их структуру. Для численной оценки **о.з.** измеряют минимальные угловые размеры различаемых объектов или их деталей. Человек способен увидеть на белом фоне круглое чёрное пятно, если его диаметр превышает 15 угловых секунд, а чёрную полоску – если её ширина составляет не менее 0.5 угловых секунд. Для распознавания отдельных пятен в ряду их минимальный размер и размер промежутков между ними должны составлять около одной угловой минуты. На практике в качестве меры **о.з.** обычно принимают величину, обратную минимальному угловому размеру различаемой детали, выраженному в минутах, или используют логарифм этой величины. Условно принято считать, что нормальная **о.з.** соответствует углу 1' и равна 1,0 в десятичной системе единиц или 0,0 в логарифмической системе. Для одного и того же человека **о.з.** может меняться в зависимости от возраста, условий наблюдения, пара-

метров тестовых изображений и других факторов. В офтальмологической практике принято отдельно оценивать остроту *монокулярного зрения* (при наблюдении одним глазом) и остроту *бинокулярного зрения* (при рассматривании тестовых объектов двумя глазами). Острота бинокулярного зрения (не путать с *остротой стереоскопического зрения*!) в норме выше монокулярной **о.з.**

ОСТРОТА СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ [англ. *stereoscopic acuity, stereoacuity*], *острота глубинного зрения, острота стереоскопического видения, стереоострота* – показатель способности человека различать минимальную разницу в удалённости двух точек объекта (или двух мелких объектов) при рассматривании их двумя глазами на основе различия их координат на сетчатках левого и правого глаза (*диспаратности*). На практике **о.с.з.** чаще всего характеризуют величиной *порога стереоскопического зрения*, выраженного в угловых секундах, но в научных статьях иногда используют для этого величину, обратную порогу стереозрения. Для разных людей **о.с.з.** неодинакова. Как и при оценке *остроты зрения*, количественные оценки **о.с.з.** в значительной степени зависят от параметров тестовых объектов и условий измерения.

ПОЛЕ ЗРЕНИЯ [англ. *field of view, visual field*] – область пространства, воспринимаемая человеком при неизменном направлении взора и неподвижной голове. В условиях бинокулярного наблюдения **п.з.** подразделяется на три зоны: центральную бинокулярную зону и две периферические монокулярные зоны. Границей **п.з.** являются внешние участки границ левого и правого монокулярных полей (рис. 3). **П.з.** измеряется в угловых величинах и в горизонтальном направлении охватывает угол около 180°, а в вертикальном – около 120°.

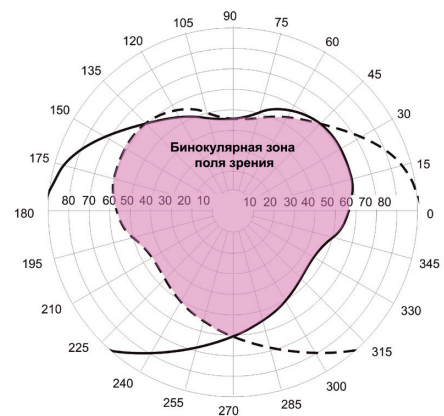


Рис. 3. Поле зрения. Сплошная линия – граница поля зрения левого глаза; штриховая линия – граница поля зрения правого глаза

Fig. 3. Visual field. Solid line is the limit of left eye visual field; dashed line is the limit of right eye visual field. The area marked by color is the binocular zone

ПОЛЕ ОБЗОРА, поле взора – область пространства, зрительно воспринимаемая человеком при неподвижной голове и подвижных глазах. По угловому охвату **п.о.** пре-

вышает поле зрения на $10 \div 30^\circ$ в зависимости от анатомических особенностей человека (строения черепа, положения глазных яблок в орбитах, размеров век и т. д.).

ПОРОГ РАЗЛИЧЕНИЯ ГЛУБИНЫ, порог восприятия глубины, порог глубинного зрения – минимальная разница в удалении от наблюдателя двух точек в рассматриваемой сцене, различаемая на основе как *монокулярных*, так и *бинокулярных факторов пространственного зрения*.

ПОРОГ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ, бинокулярный пороговый параллакс, порог стереовидения, порог стереопсиса, порог стереоскопического восприятия, разрешающая способность стереоскопического восприятия – минимальная величина относительной диспаратности, при которой человек способен воспринимать разницу в удалённости от него двух точек в пространстве на основе *бинокулярных факторов пространственного зрения*. **П.с.з.** у разных людей сильно варьируется и может существенно меняться в зависимости от условий наблюдения (яркости, контраста, размеров наблюдаемых объектов, состояния воздушной среды и т. д.). Величину **п.с.з.** используют как показатель *остроты стереоскопического зрения*. Согласно литературным данным, в оптимальных условиях измерения значение **п.с.з.** может достигать единиц угловых секунд. При создании стереофильмов величину **п.с.з.**, условно принятую равной $30''$, используют для расчёта числа планов, различаемых по глубине на определённом расстоянии от плоскости сравнения.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ЗРЕНИЕ, глубинное зрение – способность воспринимать протяжённость пространства и рельефность находящихся в нём объектов: при *стереоскопическом зрении* – на основе совокупности *бинокулярных* и *монокулярных факторов пространственного зрения*, при *монокулярном* или *одновременном зрении* – на основе совокупности только *монокулярных факторов*.

РАДИУС СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ [англ. *radius of stereoscopic vision*], **радиус стереоскопического восприятия, радиус стереоскопического видения** – максимальное расстояние от наблюдателя до объекта по направлению взора, за пределами которого *бинокулярные факторы пространственного зрения* перестают участвовать в оценке удалённости объектов от наблюдателя, вследствие чего различение их взаимного расположения по глубине оказывается возможным только благодаря *монокулярным факторам пространственного зрения*.

СОПРЯЖЁННЫЕ ТОЧКИ [англ. *conjugate points, homologous points*], **идентичные точки, одноимённые точки** – точки на сетчатках глаз или на стереопаре, являющиеся изображениями одной и той же точки объекта.

СТЕРЕОПСИС (от греч. στερεός – твёрдый, телесный, пространственный и ψυχή – душа), [англ. *stereopsis*] – **1)** то же, что *Стереоскопическое восприятие*; **2)** зрительное восприятие объёмно-пространственной картины, не исключаяющее *монокулярный с.*, на основе сочетания *бинокулярных* и *монокулярных факторов*, либо исключительно на основе *монокулярных факторов пространственного зрения*.

СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ [англ. *stereoscopic effect*], **стереоэффект** – эффект ощущения протяжённости пространства и рельефности объектов, возникающий при наблюдении реальных объектов и сепарированном рассматривании изображений стереопары.

СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ ВОСПРИЯТИЕ [англ. *stereopsis*], **бинокулярный стереоскопический эффект, стереопсис** – психофизиологический процесс воссоздания трёхмерной картины по двум несколько различающимся друг от друга изображениям на сетчатках левого и правого глаза. В процессе **с.в.** мозг выявляет различия в этих изображениях, на основе чего с большой точностью оценивает рельеф и относительное расположение объектов по глубине при их наблюдении в реальном пространстве или при сепарированном рассматривании изображений стереопары. Видимую пространственную картину, являющуюся результатом процесса **с.в.**, называют стереоскопическим образом.

СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ [англ. *stereoscopic vision*], **нормальное бинокулярное зрение, полноценное бинокулярное зрение** – вид *бинокулярного зрения*, при котором оценка рельефности объектов и протяжённости пространства производится на основе *бинокулярных факторов пространственного зрения* как в случае наблюдения реальной пространственной картины, так и при восприятии стереоизображения. По различным данным, от 2 до 6% людей не обладают **с.з.** и ещё около 10% испытывают трудности в процессе *стереоскопического восприятия*.

СТЕРЕОСЛЕПОТА [англ. *stereoblindness*] – отсутствие или значительное нарушение функций *стереоскопического зрения*.

ТОЧКА ФИКСАЦИИ ВЗОРА [англ. *fixation point*], **точка фиксации взгляда** – **1)** точка, на которую направлена зрительная ось смотрящего глаза при *монокулярном* наблюдении объекта; **2)** точка, на которую сведены зрительные оси глаз при *бинокулярном* наблюдении объекта (в этом значении **т.ф.в.** называют также **точкой бинокулярной фиксации, точкой бификсации, точкой конвергенции**). При сепарированном рассматривании сопряжённых участков в стереопаре зрительные оси пересекаются в пространстве стереоизображения в *виртуальной точке фиксации взора*. В случае, если положительный параллакс *сопряжённых точек* превышает величину *базиса зрения*, зрительные оси не пересекаются, и виртуальная **т.ф.в.** отсутствует.

УГОЛ КОНВЕРГЕНЦИИ [англ. *angle of convergence, convergence angle, stereoangle*] – **1)** угол, образованный зрительными осями двух глаз при рассматривании реального объекта; **2)** угол, образованный зрительными осями, направленными на *сопряжённые точки* изображений стереопары при условии, что расстояние между ними меньше *базиса зрения*. Величина **у.к.** определяется величиной *базиса зрения* и расстоянием до реальной или *виртуальной точки фиксации взора*. При переводе взора с бесконечно удалённой точки на точку фиксации, отстоящую от глаз на расстоянии 25 см, **у.к.** изменится от нуля до 15° .

УЗЛОВАЯ ТОЧКА ГЛАЗА [англ. *nodal point of an eye*] – точка пересечения *оптической оси глаза* и зрительной

оси. Расположена снаружи или внутри хрусталика у его задней поверхности. **У.т.г.** – понятие, относящееся к редуцированному глазу, то есть к упрощённой его модели. В классической схеме глаза – две узловые точки: передняя и задняя, расположенные на близком расстоянии друг от друга. **У.т.г.** – условный оптический центр глаза.

ФОВЕА – [лат. *fovea, fovea centralis*], **фовеальная область, центральная ямка сетчатки** – небольшое углубление в центре желтого пятна сетчатки глаза (лат. *macula lutea*) с максимально высокой плотностью зрительных фоторецепторов – колбочек, что обеспечивает наивысшую **остроту зрения** по сравнению с другими участками сетчатки. Диаметр **ф.** составляет величину 1,2÷1,5 мм. **Точка фиксации взора** (при нормальном зрении) всегда отображается на **ф.**

ФУЗИОННЫЕ РЕЗЕРВЫ [англ. *fusional reserves*] – предельные отклонения от угла **конвергенции**, необходимого для точной бификсации тест-объекта, при которых сохраняется возможность **фузии**. При измерении **ф.р.** имеет место искусственное рассогласование **аккомодации** и **вергенции**, т. е. нарушение **аккомодационно-вергентной связи**. Критические отклонения от угла конвергенции в сторону его увеличения называются **конвергентными**, или **положительными ф.р.**, а в сторону уменьшения – **дивергентными**,

или отрицательными.² **Ф.р.** в значительной степени зависят от условий, в которых их определяют. По этой причине результаты, полученные разными исследователями, существенно различаются. При измерении **ф.р.** в стандартных офтальмологических условиях нормальными считаются положительные **ф.р.** в диапазоне 15÷20°, а отрицательные – в диапазоне 5÷8°. Стандартные условия измерения **ф.р.** не всегда соответствуют условиям восприятия стереоизображения в кинозале, поэтому приведённые величины нельзя рассматривать в качестве нормативов, определяющих допустимые диапазоны параллаксов в экранной стереопаре. В условиях стереопроекции в кинозале измерения **ф.р.** до настоящего времени не проводились.

ФУЗИЯ (в офтальмологии) (от лат. *fusio* – сплавливание, слияние), [англ. *binocular fusion*] **бинокулярная фузия, бинокулярное слияние, стереоскопическое слияние** – процесс формирования мозгом единого трёхмерного образа на основе информации, поступающей от сетчаток левого и правого глаза. **Ф.** – необходимое звено процесса **стереоскопического восприятия**. ■

² Если тест-объект представляет собой стереопару, следует учитывать, что согласно терминологии, принятой в офтальмологии, положительные **ф.р.** соответствуют максимальным значениям отрицательных параллаксов, а отрицательные **ф.р.** – максимальным значениям положительных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Валюс Н.А.* Стереоскопия: фотография, кино, телевидение. М.: Искусство, 1986.
2. *Комар В.Г., Рожков С.Н., Чекалин Д.Г.* Необходимость нормирования параметров стереопары и стереопроекции с целью снижения зрительного дискомфорта в условиях кинозала // Мир техники кино, № 24, 2012.
3. *Кузнецов Ю.В.* Назначение расстояния между оптическими центрами линз в очках // СПб.: ООО «РА «Веко»», 2009.
4. *Рожков С.Н., Овсянникова Н.А.* Стереоскопия в кино-, фото-, видеотехнике. Терминологический словарь. М.: Парадиз, 2003.
5. *Рожков С.Н., Рожкова Г.И.* Искажения пространственных образов в стереокино: иллюзии уменьшения, увеличения и уплощения объектов // Мир техники кино, № 29, 2013.
6. *Рожкова Г.И.* Бинокулярное зрение // Сб.: Физиология зрения / Ред. Бызов А.Л. М.: Наука, 1992.
7. *Шацкая А.Н.* Основы стереофотокиносъёмки. М.: Искусство, 1983.
8. *Howard I.P.* Perceiving in depth, volume 1: basic mechanisms. Oxford University Press, 2012, 664 p.
9. *Howard I.P., Rogers B.J.* Perceiving in depth, volume 2: stereoscopic vision. Oxford University Press, 2012, 635 p.
10. *Howard I.P.* Perceiving in depth, volume 3: other mechanisms of depth perception. Oxford University Press, 2012, 392 p.
11. *Mendiburu B.* with Populin Y. and Schklair S. 3D TV and 3D Cinema. Focal Press. Oxford. USA, 2012.
12. *Scheiman M., Wick B.* Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. Lippincott Williams & Wilkins, 2008, 748.

REFERENCES

1. *Valus N.A.* Stereo: photography, cinematography, television. Moscow: "Iskusstvo", 1986 [in Russian].
2. *Komar V.G., Rozhkov S.N., Chekalin D.G.* Necessity of stereo pair and stereo projection parameters normalization for visual discomfort minimizing in theatrical conditions // Mir tehniki kino, 24, 2012 [in Russian].
3. *Kuznetsov Ju.V.* Prescription of the distance between the lens optical centers. Saint-Petersbourg: RA "Veko", 2009 [in Russian].
4. *Rozhkov S.N., Ovsyannikova N.A.* Stereoscopia in cinematography, photo- and video technology. Glossary. Moscow: Paradiz, 2003 [in Russian].
5. *Rozhkov S.N., Rozhkova G.I.* Distortion of spatial images in stereo movies: illusions of object diminution, enlargement and flattening // Mir tehniki kino, 29, 2013 [in Russian].
6. *Rozhkova G.I.* Binocular vision // Handbook: Vision Physiology / Ed. Byzov A.L. Moscow: Nauka, 1992 [in Russian].
7. *Shatskaja A.N.* Fundamentals of stereo photo and movie shooting. Moscow: Iskusstvo, 1983 [in Russian].
8. *Howard I.P.* Perceiving in depth, volume 1: basic mechanisms. Oxford University Press, 2012, 664 p.
9. *Howard I.P., Rogers B.J.* Perceiving in depth, volume 2: stereoscopic vision. Oxford University Press, 2012, 635 p.
10. *Howard I.P.* Perceiving in depth, volume 3: other mechanisms of depth perception. Oxford University Press, 2012, 392 p.
11. *Mendiburu B.* with Populin Y. and Schklair S. 3D TV and 3D Cinema. Focal Press. Oxford. USA, 2012.
12. *Scheiman M., Wick B.* Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. Lippincott Williams & Wilkins, 2008, 748 p.