

Мир Кино

ТЕХНИКИ

АПРЕЛЬ-ИЮНЬ | 2(28)-2013 |



**СРЕДСТВА
ОТОБРАЖЕНИЯ
В СОВРЕМЕННОМ
ЦИФРОВОМ
КИНОПРОИЗВОДСТВЕ,
ВКЛЮЧАЯ 3D**

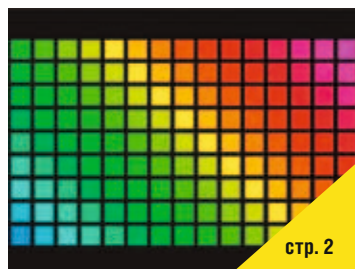
**ОПЫТ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СУБПИКСЕЛЬНЫХ
ПАРАЛЛАКСОВ
ПРИ ОЦЕНКЕ
СТЕРЕООСТРОТЫ
ЗРЕНИЯ**

**ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ
БАЗЫ ЗАПИСЕЙ
ДВИЖЕНИЯ
ГЛАЗ
ДЛЯ АНАЛИЗА
ВОСПРИЯТИЯ
КИНОФИЛЬМОВ**

**ИЗОБРАЗИТЕЛЬНО-ВЫРАЗИТЕЛЬНЫЕ
СРЕДСТВА 3D КИНО**

**И ЕГО НОВЫЕ
ПЛАСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ**

№ 28 СОДЕРЖАНИЕ



стр. 2

Доклады

Д.В.Корнев, А.С.Гайдаров

Средства отображения в современном цифровом кинопроизводстве, включая 3D

2

Е.Н.Новикова, А.С.Колесов

Применение измерительных таблиц в системах оценки качества объёмных изображений

7



стр. 10

Технологии

А.С. Большаков, А.А. Фёдоров, Д.С. Ватолин

Вопросы построения базы записей движения глаз для анализа восприятия кинофильмов

10

М.Грачёва

Опыт использования субпиксельных параллаксов при оценке стереоостроты зрения

17



стр. 23

Мастер-класс, семинары, новости smpte, отзывы

И.Г. Дауров

Изобразительно-выразительные средства 3D кино и его новые пластические возможности

23

Страницы истории кино

Ш. Дрёсслер

Начало 3D кинематографа в Германии

32

Н.А. Майоров

Самые первые в истории развития мирового кинематографа (продолжение. Начало в МТК № 27)

37



стр. 37

Требования для публикации научных статей в журнале «МИР ТЕХНИКИ КИНО»

1. Статья представляется на электронном носителе, либо по почте Kevin@paradiz.ru, объёмом не более 40 000 знаков.
2. Рисунки должны быть отдельно в JPG или TIF с разрешением не менее 300 dpi.
3. Статьи должны содержать (на русском и английском языках):
 - название;
 - аннотацию (краткую);
 - ключевые слова.
4. С авторами заключается лицензионное соглашение на публикацию.
5. Плата с аспирантов за публикацию не взимается.

Электронная версия www.elibrary.ru

Подписной индекс Роспечать: № 81923

Научно-технический журнал «Мир Техники Кино»
Выходит 4 раза в год
Издатель: ООО «ИПП «КУНА»
Учредители: ОАО «НИКФИ», ООО «ИПП «КУНА»
при поддержке Министерства культуры Российской Федерации

Руководитель проекта:
Костылев Олег Юрьевич
Главный редактор:
Индлин Юрий Александрович, к.т.н.
Выпускающий редактор:
Захарова Тамара Владимировна
Арт-директор, оформление обложки:
Шишкин Владимир Геннадьевич
Вёрстка и дизайн:
Аверина Наталия Владимировна
Корректор:
Сайкина Наталья Владимировна

Редакционный совет:
Комар В.Г., проф., д.т.н., ОАО «НИКФИ»
Белоусов А.А., проф., д.т.н., СПбГУКИТ
Тихомирова Г.В., проф., д.т.н., СПбГУКИТ
Сакварелидзе М.А., д.х.н., МКВИ
Тимофеев А.Е., к.т.н., ОАО «НИКФИ»
Перебудов А.Ф., к.т.н., СПбГУКИТ
Блохин А.С., к.т.н., ОАО «НИКФИ»
Барский И.Д., к.т.н., МКВИ
Одинокос С.Б., д.т.н., МГТУ им. Н.Э. Баумана
Раев О.Н., к.т.н., МКБК
Волков А.С., к.т.н., Министерство культуры РФ

Отпечатано в ООО «ИПП «КУНА»
Объём 5 п.л. Заказ № 122830.
Тираж 600 экземпляров.

Свидетельство о регистрации
СМИ-ПИ № ФС77-28384 от 23 мая 2007 года.

Перепечатка материалов осуществляется только с
разрешения редакции, ссылка на журнал обязательна.
Редакция не несёт ответственности за достоверность
сведений о рекламе и объявлениях.
Мнение редакции и рецензентов не всегда совпадает
с точкой зрения авторов статей.

www.mtk-magazine.ru, e-mail: kevin@paradiz.ru
телефон (факс): +7 (495) 795-02-99, 795-02-97



СРЕДСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ЦИФРОВОМ КИНОПРОИЗВОДСТВЕ, ВКЛЮЧАЯ 3D

(Доклад на V Международной ежегодной научно-технической конференции
«Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе
и других отраслях», 18–19 апреля 2013, г. Москва)

Д.В. Коренев, А.С. Гайдаров, 3D-Тек

■ Что видно на больших экранах?

Все современные средства отображения (мониторы, проекционные экраны, телевизоры, рекламные дисплеи и пр.) формируют картинку современной модификацией одного из древнейших известных человечеству способов – мозаикой. В свою очередь, в современных терминах мозаичность представления каких-либо информационных образов означает существенное сжатие объёма информации – путём выборки дискретных значений для информационно репрезентативных частей этих информационных образов за счёт вполне осознанной компромиссной потери промежуточных значений информации, считающихся не столь существенными для распознавания этих информационных образов при их органолептическом восприятии. Таким образом, при частичной выборке техника производит экстраполяцию (распространение) дискретных значений яркости и цветности – в границах каждого из пикселей, в расчёте на обратный процесс субъектно-биологической, психофизиологической интерполяции ступенчатости этих значений на границах соседних по времени и в пространстве пикселей, за счёт ограниченной способности наших рецепторных систем по угловому и временному разрешению. И именно поэтому качество всех систем сжатия информации, касающейся воспроизведения образов реальных объектов при дискретизации информации (неважно, видео- или аудиовидов), неминуемо базируются на психофизиологических особенностях восприятия информационных образов через восстановление их распознавательных признаков. И именно поэтому наиболее совершенные системы сжатия информации с её восстановлением при воспроизведении называются перцептуальными (базирующимися на особенностях восприятия).

Цифровые форматы записи изображений основаны на пиксельном принципе: картинка формируется из равных

по размеру прямоугольников, размещённых в неподвижной прямоугольной сетке раstra. Каждому пикселю в каждом кадре изображения присваивается значение (соотношения основных цветов) RGB от 0 до 255 (2^8). Яркость и цветность этого пикселя определяется тремя или четырьмя (добавляется Альфа канал) 8-битовыми цифровыми словами – в сумме 24- или 36-битный truecolor. При оцифровке в каждом пикселе вынужденно остаётся только усреднённая информация о цвете, яркости и прозрачности в этом фрагменте (квадрате, прямоугольнике) изображения. По умолчанию считается, что на определённом удалении от монитора, вследствие ограниченности разрешения человеческого зрения, пиксельные части изображения сами сливаются в распознавательные признаки информационных образов реальных объектов. Поэтому для получения слитного естественного изображения все производители просто уменьшают размер пикселя до углового размера, не различаемого человеческим глазом на экране данного размера с рекомендованной дистанции просмотра. При увеличении размера экрана для сохранения качества изображения неизбежно приходится пропорционально увеличивать дистанцию просмотра (для сохранения угла зрения), либо вновь пропорционально увеличивать количество пикселей на экране, что приводит к значительному усложнению и удорожанию как самих экранных систем, так и всей инфраструктуры новых форматов носителей, систем хранения и каналов передачи информации. Считается, что при восприятии статичной картинки угловое разрешение глаза у человека с нормальным зрением составляет не менее 1 секунды ($1/60$ градуса), соответственно, минимальный различимый объект с расстояния 2 м имеет размер, не менее чем 0,58 мм. Однако вероятность точного попадания границ такого объекта в границы пиксельного разбиения приёмной матрицы съёмочной камеры – исчезающе мала.

Чтобы сформировать изображение произвольного объекта малого размера с высоким разрешением, в общем случае, необходимо несколько пикселей размером, в несколько раз меньше размеров изображаемого объекта. Но даже если взять за основу предположение, что для формирования слитного изображения объекта малого размера достаточно разрешения в одну угловую секунду, равному размеру минимального объекта, то для воспроизведения кадра, рассматриваемого с дистанции 2 м, каждый пиксель должен быть размером менее 0,58 мм, а ширина экрана для Full HD разрешения получается $0,58 \cdot 1920 = 1113,6$ мм. Это и будет максимальным размером ширины экрана, отображающего неподвижную пиксельную (искусственную, техногенную анимационную) картинку с разрешением Full HD с дистанции 2 м.

Отсюда и следует подтверждение рекомендаций производителей различных средств отображения для домашнего просмотра: зрителю следует находиться на дистанции, превышающей две ширины экрана, что соответствует углу восприятия всей ширины экрана – менее 28° по горизонтали. Подобная же ситуация сложилась на сегодня и в профессиональном кино: подавляющее большинство цифровых кинозалов работают на проекционном оборудовании с разрешением 2K (2048x1080), то есть практически аналогичном Full HD, но только в пропорции не 16:9, а 2,35:1. И даже внедрение формата 4K не может обеспечить в полной мере столь необходимых условий комфортного просмотра в более широком угле зрения, соответствующему естественному углу восприятия зрения.

Максимальный угол статического одномоментного восприятия изменений картины зрением человека (без поворотов головы) составляет около 140° , но и даже главная зона параллаксного зрения, воспринимающего самые мелкие детали, согласно исследованиям, составляет не менее 74° в горизонтальной плоскости. И потому угол восприятия не более 28° – заведомо мал, особенно для восприятия 3D контента, где для восприятия глубины изображения особо важную роль начинают играть уже даже не сами мелкие детали объектов, а локальные изменения их взаимного положения в зоне периферийного зрения. Нетрудно вспомнить, как мы воспринимаем начало движения в поезде, когда в окне начинается движение другого поезда или поездов – относительно вашего. Только чуть позже становится понятно, что это было начало движения соседнего поезда, а не того, в котором находится наблюдатель. Но при рассмотрении изображения современных форматов высокой чёткости в широком угле, т.е. с малых дистанций на большом 3D экране, не только становятся отчётливо видны все техногенные детали: и пиксельная решётка, и межпиксельные шумы, и артефакты шумовой компрессии, и искусственный контурный абрис, и муар, и ступенчатость градиентных переходов, и изломанность кривых линий, и пр., – все факторы этой техногенной природы начинают всё больше мешать зрению воспринимать воспроизводимые

объекты из образующих их деталей. Для формирования целостности визуальных образов и образных планов человеческому мозгу приходится проделывать множество лишних действий, связанных не столько с восприятием 3D объёмности, сколько с интерполяционным восстановлением мозаично разбитых образов объектов, рассматриваемых при значительном увеличении как газетная иллюстрация – через лупу, к тому же, воспроизводимых последовательностью мерцающих кадров или даже их моноцветных составляющих. В связи с невозможностью показать мерцательный характер изображений, в качестве иллюстрации приведена картина кадра с экрана кинескопа или LCD монитора с параллельной за светкой цветовых составляющих кадра, как она выглядит с малого расстояния, необходимого для широкого угла восприятия всего экрана.

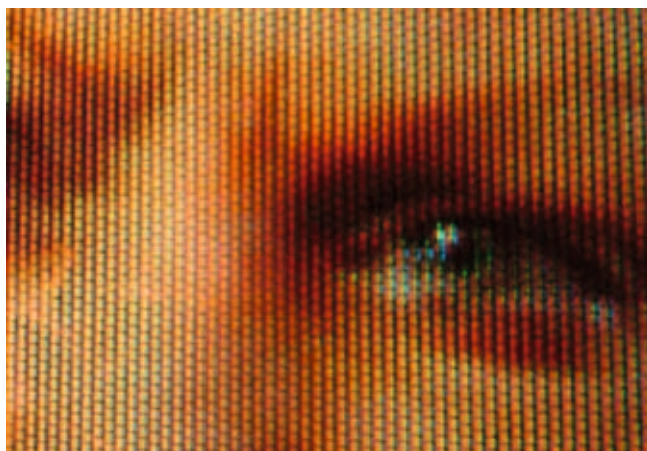


Рис. 1. Пиксельная природа оцифрованных изображений, рассматриваемых с малых расстояний для широкого угла восприятия кадра

Такие затруднения восприятия приводят к повышению нагрузки на организм, что может вызвать нарушения психики и расстройства зрения. Производители современных мониторов, опираясь на современные представления и действуя согласно тенденциям повышения требований к аппаратуре, вынуждены идти по интенсивному пути уменьшения размеров ячейки каждого пикселя, с соответствующим увеличением их количества и уменьшением толщины линий межпиксельной решётки. Это, в свою очередь, приводит к необходимости введения всё новых и сложных кодеков и соответствующих форматов записи и отображения медиаконтента. Получается согласно принципу – «совершенство недостижимо», поэтому и далее будет постоянно наращиваться мощь, ресурсоёмкость и пропускная способность средств регистрации, хранения, передачи и воспроизведения медиафайлов, до бесконечности увеличивая количество деталей на визуальных средствах.

Тенденция дальнейшего развития современных средств отображения понятна и хорошо прослеживается – это увеличение разрешения за счёт большего количества пикселей. Она наблюдается и в домашней технике (фотоаппараты, видеокамеры, телевизоры, мониторы),

и в профессиональных киноформатах: 2K сменяется на 4K и даже на 6K. Для комфортного просмотра в широком угле зрения (не менее 74°) при такой тенденции будет необходимо достичь разрешения в 40–50 миллионов пикселей на каждый кадр изображения, т.е. в 20–40 раз больше, чем есть сейчас. К тому же, такое повышение разрешающей способности техники в геометрическом плане неизбежно требует и кратного повышения частоты смены кадров. И эта цифра не учитывает введение многопланового 3D, которое потребует увеличения количества пикселей ещё в несколько раз.

Уместен вопрос – зачем стремиться как можно точнее сохранять цифровую дискретность мозаичной структуры изображения на мониторах и экранах, если это не только не нужно человеческому глазу, а даже мешает правильному восприятию отображаемых образов, вводя техногенную искусственность деталей и объектов? Нет ли других путей интерполяционного восстановления дискретизированной информации, не только учитывающих особенности восприятия, но и сознательно использующих их в целях эргономичности и комфортности просмотра? Нет ли возможностей уменьшить влияние оцифровки, учитывая особенности распознавания зрением визуальных образов реальных объектов? Ответ на этот вопрос потребовал нескольких лет исследований и поисков и показал возможность оптической интерполяции с эффективностью, соответствующей многократному увеличению воспринимаемого разрешения, если преобразование светового потока проектора производить не на поверхности экрана, а непосредственно в растровом объёме световозвращающей среды монитора.

Интерполяция – способ восстановления неизвестных промежуточных значений областей по известным граничным данным. В данном случае, проекции в кино, это базовое определение следует расширить учётом значений параметров свечения окружающих соседних пикселей и тенденций их изменений во времени. Оптическая интерполяция в этом случае должна снизить заметность дискретности пиксельной структуры картинки, обеспечивая на выходе исходную аналоговость изображения с высоким разрешением, по крайней мере, и в первую очередь – на градиентных переходах.

Авторы новой патентоспособной идеи попытались разобратся в деталях сопряжения представлений о взаимосвязи инструментальных научно-технических параметров с вопросами психофизиологии восприятия и распознавания образов, достаточно просто, но чётко обосновать и реализовать инновацию, приоткрывающую возможность создания объёмного 3D изображения, трудно отличимого от реальности даже на не самых современных форматах записи и хранения видеоконтента. Как ни покажется парадоксальным, но данная разработка принадлежит акустикам, уже имевшим опыт нетривиальных решений в области сопряжения объективных, инструментально измеряемых параметров качества воспроизведения с субъективными, органолептически воспринимаемыми,

перцептуальными потребительскими качествами техники при разработке принципиально новых, патентоспособных Контрапертурных Акустических Систем объёмного звучания. Новация в средствах отображения видеоматериалов возникла как необходимая составляющая часть в создании комплексной целостной аудиовизуальной системы средств отображения и воспроизведения для всех IT-технологий. Создавая Контрапертурные акустические системы класса Hi-End, уже с середины 90-х команда накапливала опыт инсталляций видеопроекторов с экранами в домашних и профессиональных приложениях. Выявилось, что видеопроекторы являются наиболее совершенным и перспективным средством для отображения видеoinформации для групп зрителей, в том числе, и в широком угле восприятия, которое при неоспоримых преимуществах имеет один досадный недостаток – необходимость полного затемнения помещения.

При использовании стандартных белых экранов в условиях внешней засветки всегда возникает раздражающая засветка полотна, не позволяющая добиться высокого контраста и глубокого чёрного цвета в тёмных сценах. Развивая идею избирательного поглощения паразитных засветок проекционного экрана от источников стороннего освещения, разработчики попробовали создать тёмное полотно экрана, на котором яркие цвета и белый свет будут формироваться за счёт микропризмовой структуры поверхности. Практические опыты позволили добиться яркого изображения. Но при этом картинка обладала неестественным «металлизированным» отблеском. Попытки каким-либо образом подавить этот эффект не давали результата, пока не возникла идея разнести слои в разных толщинах оптически прозрачного материала (стекло). Эффект получился неожиданным – тёмно-серый экран отображал всё многообразие ярких цветов, полутонов и, в том числе, белого цвета. Однако проявились новые трудности: картина начала двоиться и потеряла чёткость вследствие наличия двух разнесённых слоёв в экране. Эффективное решение было найдено путём организации многослойной структуры экрана. Каждый слой отвечал за определённую часть оптических преобразований.

В ходе многочисленных экспериментов, длившихся более трёх лет, был создан экран, обладающий необходимой контрастностью и слабо чувствительный к умеренной внешней засветке, являющийся в настоящее время наиболее высококачественным средством отображения для 2D и 3D кинопоказа. Именно на этом этапе было осознано значение оптической интерполяции, принципиально не требующей решения кардинальной проблемы выбора аппроксимирующей зависимости интерполяционного приближения: линейной, квадратичной, билинейной, экспоненциальной и т.д. Глаза и зрение, в целом, сами осуществляют сопряжение параметров свечения соседних пикселей в слитную картину, пользуясь психофизиологией восприятия образов с предожиданием характерных изменений их распознавательных признаков при движе-

ниях. Большую потенциальную возможность оптической обработки: рандомизации и сведения пиксельных лучей от проектора в многослойной структуре линзы экрана, удалось выразить математическими соотношениями. Задавая параметры светоотражения, преломления, светопоглощения и флюоресценции в слоях экрана, посредством расчётного синтеза оптики экрана, реализуются требуемые функции. Причём «вычислительная» способность «пассивной» оптической интерполяции обладает практически мгновенным быстроедействием, на 5-6 порядков опережая возможности самых совершенных современных видеокарт и видеопроцессоров.

Усилиями команды удалось создать действующий прототип Интерполяционного Экрана (ИЭ). В этом образце возможности оптической интерполяции реализованы лишь в первом приближении. Но, несмотря на это, прирост качества заметен невооружённым взглядом. При использовании бытовых форматов цифрового видео, даже не Full HD разрешения, получается картина, комфортно воспринимаемая в широком угле зрения. Причём качество восприятия уже находится гораздо выше современных профессиональных стандартов, таких как IMAX и SONY 4K. Угол просмотра даже на не full HD картинки при этом равен 74°. А ведь ранее *было невозможно* представить себе комфортный просмотр трёхметрового экрана с дистанции, меньше 1,5 м!

Благодаря оптическому преобразованию, происходящему в многослойной линзе экрана, достигается квазианалоговое разрешение на градиентных переходах, а контрастно-графическое разрешение возрастает в 16 раз! Интерполяционный экран способен отображать максимальный динамический диапазон и передавать недоступные ранее для зрения детали картинки, присутствующие в видеозаписи. Находясь в непосредственной близости к большому экрану, зрители воспринимают 3D образы, буквально оказываясь в среде происходящих событий, при этом «живая» картинка комфортно воспринимается и не вызывает усталости зрения глаз.

Если рассмотреть график представления градиентного перехода, расположенного вдоль линии изображения

(рис. 1), то мы видим дискретную ступенчатую функцию с разрывами между пикселями. Если же применить интерполяцию, то градиентные переходы передаются практически идеально (рис. 2).

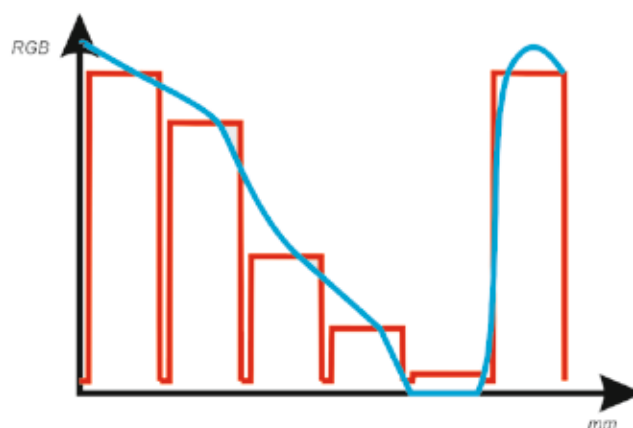


Рис. 2. График градиентного перехода: на пиксельном изображении (красная линия) и реальном изображении (голубая линия)

Для визуального восприятия разрешение фактически вырастает до неопределённо высокого. В ходе работы и исследований обнаружилась избыточность информации о яркости и цвете, содержащихся в каждом пикселе. 16, 24 и даже 32 бита картинки заданы и необходимы лишь для качественной передачи градиентных переходов. А то, что привычно понимается как чёткость, требует лишь присутствия затемнённых пикселей. Доскональность передачи градиентных плавных переходов становится достаточной для всего периферийного зрения, чёткость границ и деталей воспринимаемых образов обеспечивается за счёт сканирования зрительным аппаратом контурных границ объектов. Контур, это резкий переходной процесс, сравним с разрывом функции до уровня чёрного. При дискретной разбивке изображения на пиксели контур утолщается и становится менее контрастным, поэтому для достижения в цифровой картинке чёткости на резких переходах между пикселями увеличивают контрастность или вообще выключают часть пикселей.

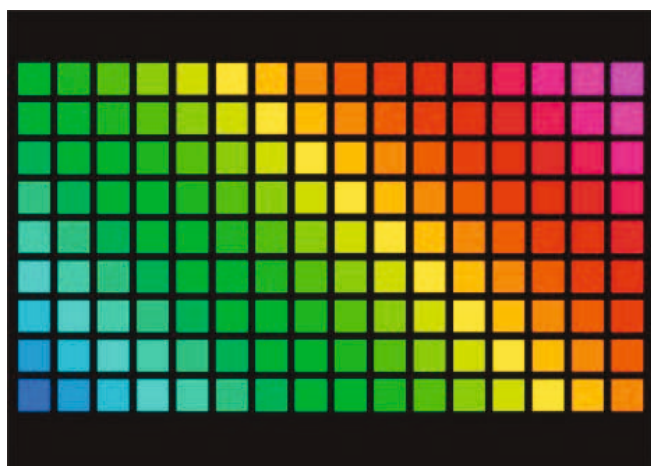


Рис. 3. Градиентные переходы с применением интерполяции





Рис. 4. Картина образа мухи, отцентрированная по границам пикселей матрицы проектора

Здесь обостряются проблемы уменьшения толщины и сглаживания зубчатых ступенчатых краёв. И эти проблемы достаточно успешно решаются оптической интерполяцией. Кроме слияния отдельных частей образа, удаётся отобразить объекты, имеющие длину в несколько пикселей и малую толщину линий (порядка пикселя). В итоге, на выходе интерполятора воспринимаемое разрешение контура вырастает примерно в 16 раз. К примеру: если этот текст распечатан на листе А4 в изображении реальной мухи на фрагменте экрана размером 7 м с разрешением full HD (1920x1080), на правой картинке проявляются закругления и детали размером менее пикселя. При движении такого объекта даже в зоне осевого зрения с высоким разрешением, зрение само достраивает зрительный образ известного объекта, в данном случае – мухи, изображение которой уже не пульсирует и не переваливается из одной группы пикселей в следующую, отвлекая сознание на непривычные трансформации границ образа (рис. 3, 4).

Использование оптической интерполяции для формирования изображения на этапе его финишной подготовки к восприятию зрением, является простым и эффективным средством: и увеличения воспринимаемой зрением детальности, и качества отображаемых движущихся объектов, и возможности применения экранов больших размеров, воспринимаемых в широком угле восприятия. Кроме того, оптическая неоднородность (анизотропия) свойств интерполяционных экранов, полученная за счёт использования третьего измерения (глубины слоистой структуры), позволяет получить различие свойств экранов: для полезных лучей, падающих под небольшими углами к нормали, осуществляется дозирование рандомизации (спутывания) и рассеяние, а для боковой засветки, падающей преимущественно вскользь под большими углами к нормали, происходит преимущественное поглощение света. Введение в светорассеивающую компоненту оптической системы интерполяционного экрана люминесцентных добавок с заданной постоянной времени послесвечения позволяет дозированно снизить заметность мерцаний экранов при

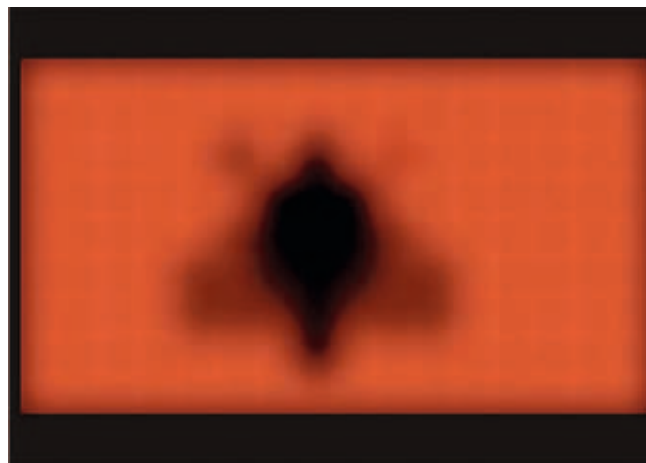


Рис. 5. Интерполированная картина на семиметровом экране

их импульсной засветке, особенно заметной при высокой скважности последовательного свечения кадров стереопар 3D изображений при светоклапанном разделении кадров для правого и левого глаза зрителей.

Итак, интерполяционные экраны позволяют создавать полноценное квазианалоговое изображение для просмотра в широком угле восприятия и в условиях внешней засветки, что крайне актуально для образовательных, культурных, домашних, общественных и многих иных мультимедийных и узкофункциональных применений.

Перспективы развития идей и применения технических решений

По оценкам специалистов и потребителей на сегодня Интерполяционный Экран представляется наиболее адекватным средством отображения, в первую очередь, затребованным в современном цифровом кинопроизводстве, который базируется на свежих научно-технических представлениях о механизмах распознавания зрительных образов, и поэтому определяет перспективу существующих направлений развития технологий формирования изображения. Отдельным направлением и рынком в развитии ИЭ являются большие экраны для профессиональных кинозалов.

Новая технология может найти успешное применение в различных сферах мультимедийного применения, повлияв на рынки подобных продуктов для профессионального и потребительского применения.

Развитие инновационной технологии оптической интерполяции и внедрение в производство Интерполяционных Экранов создаст возможности для пересмотра сложившейся системы представлений о взаимосвязи технических параметров средств отображения в видеотехнике с их органолептическими функциональными потребительскими свойствами. Новая технология позволяет значительно снизить себестоимость, расширяет сферы применения и открывает возможность создания принципиально новых устройств отображения для бытового и профессионального применения. ■



ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТАБЛИЦ В СИСТЕМАХ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБЪЁМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

(Доклад на V Международной ежегодной научно-технической конференции
«Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе
и других отраслях», 18–19 апреля 2013, г. Москва)

■ Е.И. Новикова, соискатель, А.К. Колесов, ассистент, кафедра ТВ и В СПбГУТ ■

Аннотация

В статье рассматриваются испытательные объекты и системы, которые используются для калибровки и оценки качества объёмных изображений.

Ключевые слова: объёмное изображение, оценка качества, испытательный объект.

TEST PATTERNS APPLICATION IN ASSESSING THE QUALITY OF THREE-DIMENSIONAL IMAGES

E. Novikova, A. Kolesov

Abstract

The article discusses the test objects and systems that are used for calibration and quality assessment of three-dimensional images.

Keywords: three-dimensional image, quality assessment, test pattern.

■ Объёмное изображение, так же как и двумерное, нуждается в оценке качества. Однако методы оценки, применимые для 2D изображения, не являются достаточными для оценки объёмного изображения. Так, в случае объёмного (многокурсного) изображения, к основным параметрам оценки необходимо добавить параметры, которые дают представление о восприятии глубины пространства зрительной системой человека. Для контроля параметров стереоскопического изображения используются различные виды испытательных объектов: двумерные и трёхмерные статические, динамические, а также оптические испытательные объекты. В данной работе рассматривается возможность использования испытательных объектов и систем для оценки качества объёмного изображения.

При измерении цифровых сигналов высокой чёткости используются оптические испытательные таблицы (ОИТ) [1]. Под оптической испытательной таблицей мы будем понимать физический испытательный объект, устанавливаемый перед объективом камеры. Эти таблицы позволяют оценивать, например, яркость, контрастность, зашумлённость и чёткость изображения, но по ним невозможно оценить глубину изображения.

В процессе видеосъёмки контента для 3D систем визуализации используются калибровочные таблицы. Под калибровочной таблицей понимается изображение специального физического испытательного объекта, устанавливаемого перед объективом камеры для настройки и оценки качества изображения на экране 3D монитора. Калибровочная таблица предназначена для калибровки ригов со светоделительным блоком и соосных [2], так как даже профессиональные стереориги могут иметь некоторую погрешность настроек. Стереориг – это система крепления и управления двумя камерами, установленными параллельно или под углом 90°. Калибровочные таблицы представляют собой набор из тестовых элементов, позволяющих обнаружить отклонения по вертикали и горизонтали, а также вносимые искажения. Кроме того, если начинать со съёмки данной таблицы, у монтажёров появляется инструмент для последующей корректировки и сведения изображения: таблица может использоваться как инструмент контроля геометрических искажений, вертикального и горизонтального положения камер, масштабирования, угла наклона, конвергенции, цветокоррекции и т.п.

Основные элементы калибровочной таблицы и их назначение:

- горизонтальное и вертикальное выравнивание (кресты-мишени);
- оценка фокусировки по углам таблицы (штриховые миры в виде расходящихся веером клиньев);
- оценка разницы в фокусном расстоянии камер в процессе трансфокации;
- коррекция трапецеидальных искажений (цветные круги с белой границей по углам таблицы);
- измерение точной величины базиса при съёмке с параллельным расположением камер (горизонтальная шкала с соответствующими единицами измерения);
- установка яркости, контрастности, баланса белого и уровня чёрного (шкала серого);
- определение расположения камер (слова «право», «лево»);
- контроль фокусировки при трансфокации;
- измерение горизонтального и углового отклонения.

Использование испытательного объекта в виде тестовой таблицы позволяет производить калибровку и настройку камер при подготовке к съёмке, но не предоставляет возможность создавать подвижные изображения и оценивать ряд важных параметров, характеризующих качество формируемого 3D изображения.

Качество цифрового потока объёмного видеоконтента оценивается с использованием электронных испытательных таблиц (ЭИТ). Электронная испытательная таблица представляет собой таблицу в виде электрических сигналов. Для контроля параметров стереосигналов применяют синтезированные на компьютере статические и динамические испытательные таблицы. Статические испытательные таблицы содержат схожие с оптическими испытательными таблицами наборы измерительных элементов. Цветные динамические электронные испытательные таблицы [3] включают специальные элементы, перемещающиеся в поле телевизионной испытательной таблицы.

Приведённые способы контроля параметров объёмных изображений позволяют или контролировать тракт от оптики передающей камеры (ОИТ), или использовать динамические тестовые изображения (в составе ЭИТ). Система оценки качества объёмного (в том числе, многоракурсного) изображения, использующая опти-

ческий испытательный объект, формируемый электронным путём, разработана в СПбГУТ [4]. Преимущество данной системы в том, что она позволяет контролировать не только тракт передачи, но и тракт формирования объёмных изображений.

Функциональная схема системы представлена на рис. 1. Принцип работы данной системы следующий. N камер, где N – число ракурсов объёмного изображения, оптически связаны с $2D$ монитором, который позволяет использовать в качестве испытательных объектов как статические, так и динамические тестовые изображения. На данный монитор с параллельно-последовательного преобразователя видеосигнала эталонных объёмных изображений (рис. 2) последовательно выводится тестовая таблица или эталонные объёмные изображения. Для стереоскопического изображения последовательно выводятся левое и правое изображения стереопары, которые последовательно считываются контролируемыми камерами. Сформированный сигнал с камер поступает на накопитель видеосигнала искажённых объёмных изображений и последовательно-параллельный преобразователь видеосигнала искажённых объёмных изображений. В вычислителе объективных оценок качества объёмных изображений может быть осуществлена количественная объективная оценка качества объёмного ТВ-изображения при подаче на него сигналов с выходов преобразователей.

Для проведения субъективной оценки качества выходной сигнал с последовательно-параллельного преобразователя видеосигнала искажённых объёмных изображений подаётся на вход дополнительного $3D$ монитора для отображения сформированного объёмного изобра-

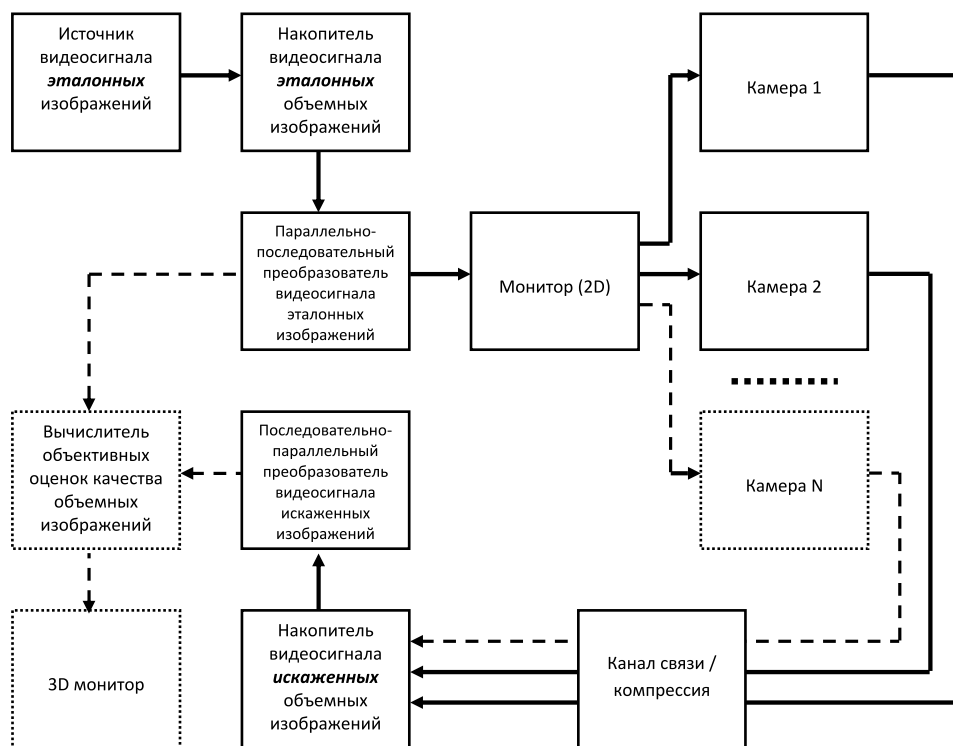


Рис. 1. Функциональная схема системы оценки качества объёмных изображений

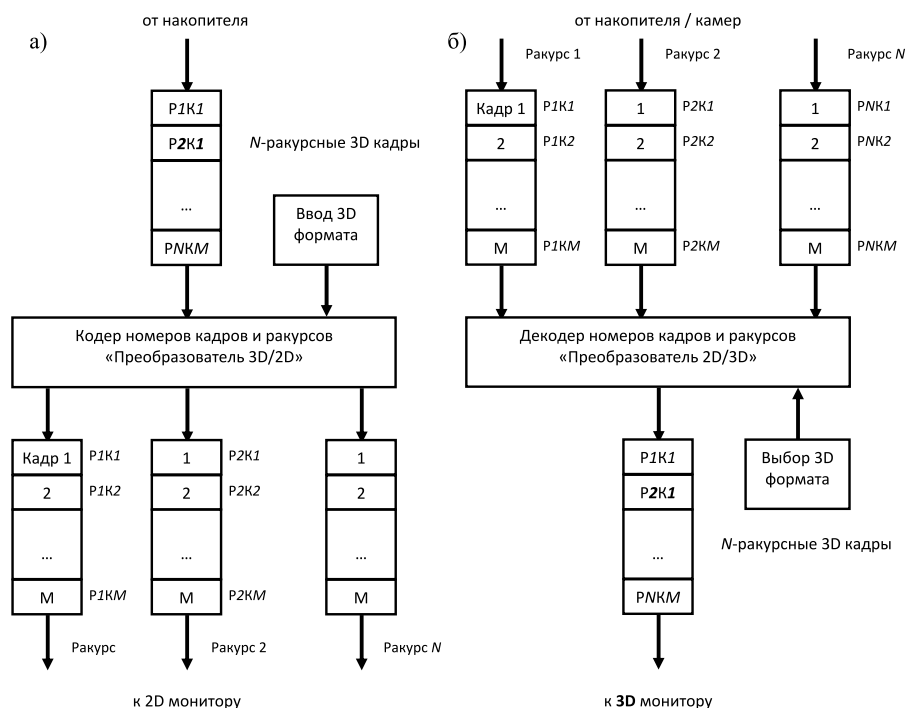


Рис. 2. Преобразователь видеосигнала объёмных изображений: а) параллельно-последовательный, в котором многоракурсный видеосигнал разделяется на отдельные кадры каждого ракурса, и б) последовательно-параллельный, который из N последовательностей видеосигнала формирует 3D видеосигнал в формате, соответствующем дополнительному 3D монитору

жения. В качестве указанного на схеме *3D монитора* (рис. 2) может быть использован как стереоскопический, так и многоракурсный дисплей, в зависимости от типа и количества используемых камер.

Наличие в данной системе единого источника сигналов – *2D монитора*, на экране которого воспроизводится изменяющееся (движущееся) эталонное объёмное изображение, являющееся испытательным объектом, позволяет избежать искажений, возникающих при использовании различных источников изображений.

Рассматриваемая система позволяет проводить как субъективную оценку качества объёмного контента при использовании дополнительного *3D монитора*, так и объективную оценку на основе объективных параметров качества отдельных ракурсов объёмного изображения, например, PSNR или SSIM. Кроме того, она может применяться и при разработке новых метрик оценки качества объёмных статических и динамических изображений.

Заключение

Испытательных таблиц, предназначенных для оценки качества объёмного изображения, описанных в [1] или

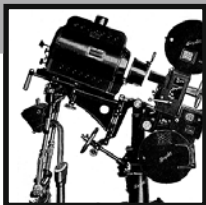
рекомендациях МСЭ, на сегодняшний день не существует. Рассмотренная система обеспечивает возможность:

- оценивать качество формируемого объёмного изображения передающим трактом от оптической системы видеокамер без внесения искажений, появляющихся при использовании различных источников изображений;
- использовать для оценки качества подвижные эталонные объёмные изображения;
- оценивать качество формируемого многоракурсного изображения;
- определять искажения, вносимые каждой из камер в формируемое объёмное изображение для последующей калибровки и настройки камер;
- получить как субъективную, так и объективную оценку качества формируемого изображения, и сопоставить их.

Дальнейшая работа с представленной системой будет направлена на экспериментальное исследование взаимосвязи параметров качества 2D изображений ракурсов (например, контраста, чёткости, величины параллакса, уровня шума) и степени их влияния на визуальное качество объёмных изображений. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 53534-2009. Цифровое телевидение высокой чёткости. Измерительные сигналы. Методы измерений. Общие требования.
2. Фзаберн Ш., Манукян Т. Fairburn 3D – таблица калибровки и настройки двух камер для стереосъёмки от DCS Labs. Техника и технологии кино, №3, 2011.
3. Полосин Л.Л., Третьяк С.А., Самсонова И.Г., Толочков Д.В. Методы и средства измерений в цифровом стереоскопическом телевидении. Вопросы радиоэлектроники. Серия Техника телевидения. Вып.1, с. 17–28, 2012.
4. Гоголь А.А., Мишеников И.Б., Черный В.Я. Система оценки качества объёмного изображения. Патент №123277 от 29.03.2012 г.



ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ БАЗЫ ЗАПИСЕЙ ДВИЖЕНИЯ ГЛАЗ для анализа восприятия кинофильмов



А.С. Большаков, аспирант, ИППИ им. А.А. Харкевича РАН;
А.А. Фёдоров, аспирант, Д.С. Ватолин, к.т.н., МГУ им. М.В. Ломоносова

Аннотация

Современные технологии создания стереофильмов сделали возможным существенное увеличение количества создаваемых картин. Однако при этом должного развития не получили технологии автоматизированного контроля их качества. В статье описан аппарат баз записей движения глаз, а также модели внимания, способных существенно оптимизировать алгоритмы поиска ошибок, предложена методика получения достоверных данных при составлении базы и представлены результаты рекогносцировочного исследования.

Ключевые слова: движения глаз, модели внимания, карты фиксации, видеопоследовательности, стереоизображение, базы данных.

THE PROBLEM OF DEVELOPING GAZE MAP BASE FOR THE ANALYSIS OF MOVIE PERCEPTION

A. Bolshakov, A. Fedorov, D. Vatolin

Abstract

Current stereo movie creation technologies have made it possible to increase the number of new films significantly. But, at the same time, an appropriate progress in automatic error control did not take place. In this paper, apparatus of gaze maps and of saliency model that can significantly optimize error searching algorithms is described, a method of obtaining reliable data is proposed and results of reconnaissance study is shown.

Keywords: eye movements, saliency model, gaze map, video sequence, stereo image, data base.

Введение

Существенный прогресс в создании средств съёмки, редактирования и демонстрации кинофильмов сделал возможным многократное увеличение количества создаваемых картин. Однако при этом задача обеспечения комфортности восприятия материала во многом остаётся не автоматизированной и решается персоналом, подчас не обладающим достаточной информацией для адекватной оценки дискомфорта. Это приводит к росту числа фильмов, просмотр которых вызывает у зрителя неприятные ощущения. Особенно эта проблема касается стереоскопического кинематографа, где кроме общих с традиционным кинематографом проблем восприятия также проявляются и другие, связанные с особенностями обработки информации в бинокулярных каналах. Решить проблему автоматизации оценки качества создаваемого материала может специальная модель зрителя,

которая будет находить существенные ошибки. Наиболее адекватным способом оценки релевантности модели является сравнение результатов её работы с результатами, полученными при тестировании людей. На данный момент существует несколько моделей восприятия видеопоследовательностей, основанных на критериях привлекательности изображений различной природы. При этом для подкрепления этих моделей использовались базы данных, материалом которых служили записи движения глаз при просмотре статичных изображений, либо видеофрагментов малой длины.

Карта записи движения глаз представляет собой совокупность координат точек фиксации, привязанных к тем изображениям, при просмотре которых они были получены. На рис. 1 показана карта записи движения глаз для некоторого промежутка времени (оранжевая кривая отражает траекторию).



Рис. 1. Пример карты записи движения глаз; оранжевая кривая отражает траекторию движения глаз в процессе рассматривания кадра на протяжении некоторого промежутка времени

На основе карты движения глаз строится карта распределения внимания, которая показывает наиболее часто фиксируемые взором зрителя области (рис. 2). Впервые такой способ представления информации был описан в [1], где представлялся как суперпозиция нескольких независимо действующих классификаторов.



Рис. 2. Пример карты внимания; красным цветом показаны наиболее привлекающие внимание области

В процессе построения карты распределения внимания рассматриваются два основных аспекта, влияющих на форму траектории: физиологический (движение глаз) и психологический (привлекающие внимание факторы).

Процесс движения глаз можно разделить на несколько стадий: фиксации, саккады и прослеживающие движения. Фиксации – это движения глаз, при которых координата точки взора относительно долгое время находится в некоторой небольшой окрестности. Основная часть информации, используемой зрителем для реконструкции сцены, получается в процессе фиксации. Саккады – это согласованные, быстрые движения глаз, которые по амплитуде могут превышать 7 угловых градусов. Саккадические движения имеют баллистическую траекторию, то есть не являются адаптивными по отношению к изменению положения точки фиксации назначения. Кроме этого, в случае, когда очередная точка фиксации не может быть достигнута за один скачок, на траектории появляются дополнительные точки, отражающие передвижение взора, а не привлекательность объекта. Наконец, прослеживающие движения представляют собой

нечто среднее между фиксациями и саккадами и возникают при слежении за объектом, находящимся в движении. Таким образом, несмотря на их подобие саккадам, они являются релевантным источником информации о привлекательности. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что для построения карты внимания наибольший интерес представляют точки фиксации и прослеживающие движения, тогда как саккадические движения, наоборот, могут вносить дополнительную погрешность в показания за счёт образования дополнительных фиксационных точек.

Вторым важным аспектом являются факторы внимания как таковые, а точнее, интерпретация зрителем частей изображения как важных или не имеющих значения для решения текущей задачи. Данные факторы могут быть разделены на две группы: низкоуровневые и высокоуровневые. К низкоуровневым факторам относят физические характеристики объектов: цвет, яркость, резкость, форму, движение в кадре, расположение по глубине. Наличие этих факторов вносит дополнительные требования к тестовому материалу (для получения репрезентативных результатов необходимо наличие кадров с различными значениями этих характеристик). Большинство существующих на данный момент моделей внимания используют именно эти низкоуровневые факторы при определении привлекательной области [2, 3]. Высокоуровневые факторы опираются на опыт зрителя и задание, выполняемое им при просмотре. Влияние этих факторов на форму траектории хорошо видно на иллюстрации из монографии А.Л. Ярбуса (рис. 3) [4], содержащей записи движений глаз одного испытуемого при просмотре одного и того же изображения в условиях выполнения разных заданий в течение трёх минут. Таким образом, важными задачами при составлении репрезентативной базы траекторий являются задача определения выборки зрителей с различным опытом просмотра, а также задача определения задания просмотра.

В настоящее время карты внимания уже нашли применение в широком круге областей, как научных, так и прикладных, основными из которых являются когнитивная психология [5], техническое зрение [6] и обработка видеопоследовательностей [7]. В области когнитивной психологии такие карты используются для описания и имитации механизмов внимания и осмотра (не только в научных целях, но и, например, в маркетинговых). В области технического зрения они используются для инжиниринга новых алгоритмов, выведения эвристик. Особый интерес для исследования вызывает использование карт и моделей внимания для обработки видеопоследовательностей. Наиболее перспективным является их применение в алгоритмах сжатия для прогнозирования местоположения наиболее требовательной к качеству области изображения, которое будет совпадать с наиболее привлекательной для зрителя областью. На данный момент подобные техники используются только в отдельных системах видеоконференций.

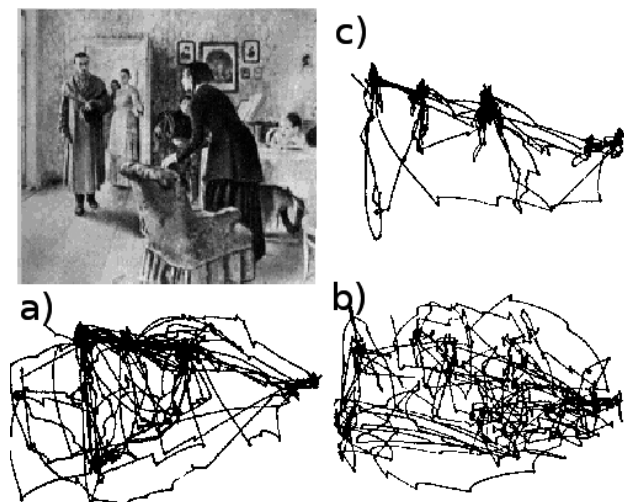


Рис. 3. Траектории движений глаз при просмотре одного и того же изображения с разными заданиями: а) свободный просмотр; б) запоминание максимального числа объектов сцены; в) определение возраста людей

Существующие базы записей движений глаз

Широкий круг областей, в которых возможно эффективное применение карт внимания, а также ограничения, накладываемые вышеописанными аспектами внимания, привели к созданию ряда баз траекторий движения глаз с различными характеристиками. Хронологически самой новой на данный момент является база SFU Video Dataset, созданная в Канаде в 2012 году [8]. База состоит из записей движений глаз 12 человек при свободном просмотре, материалом послужили 15 стандартных видеопоследовательностей для сравнения методов обработки видеок кадров относительно небольшого разрешения. База The DIEM Project, созданная в Великобритании в 2010 году, с одной стороны, имеет большую выборку (250 человек) и большее число видеопоследовательностей (50 штук с разрешением 1280x720 пикселей), но, с другой стороны, в публичный доступ помещены данные лишь с одной фиксацией на кадр (при том, что запись проводилась с частотой дискретизации 1000 Гц.), чего может быть недостаточно для обоснования релевантности модели. Материалом для базы немецкого Института Нейро- и Биоинформатики Университета в Любеке стали 18 видеопоследовательностей собственного производства, снятых статично установленной камерой. В связи с этим, несмотря на довольно большую выборку (54 человека), было бы не совсем адекватно применять эту базу для анализа кинематографических видеопоследовательностей [9]. Во французской базе RCUY IVC Eyetracker SD материалом были видео низкого разрешения, а итоговые результаты были выложены в публичный доступ без дополнительной постобработки [10]. USC iLab Video Dataset включает записи траекторий движения глаз 50 человек на видео разрешения Full HD, однако на первых шести кадрах видеопоследовательности взор наблюдателя направлен на центр кадра, и только к десятому

кадру испытуемые начинают реагировать на содержимое [11, 12]. Подводя итог, можно отметить следующие недостатки, присущие большинству существующих баз траекторий движений глаз:

1. Малое разрешение исходных роликов, которое является потенциальной причиной появления артефактов, снижающих качество восприятия материала в целом и способствующих появлению зрительного дискомфорта. Из изученных баз всего одна (USC iLab Video Dataset) в качестве материала использует видео формата Full HD.
2. Нерепрезентативность записей движений глаз на первых кадрах последовательности.
3. Несоответствие тестового материала реальному кино. Динамичные сцены представляют значительную сложность для алгоритмов сжатия видео, для них была бы весьма полезной информация о заметности объектов. Однако большинство существующих баз траекторий движений глаз не используют видео с динамичными сценами.
4. Отсутствие данных, тестовым материалом для которых являются стерео видеоизображения, при том, что информация о глубине может играть важную роль при сегментации и определении заметности объекта.
5. Малые длины тестовых последовательностей.

Создание собственной базы

В результате анализа был составлен список основных требований к создаваемой собственной базе траекторий движения глаз:

1. Высокое разрешение последовательностей.
2. Достаточно большое разнообразие последовательностей, большая часть из которых максимально приближена к реальному игровому кино.
3. Использование стерео последовательностей.
4. Наличие постобработки, а также использование методов, сокращающих величину ошибки.

Измерения траекторий движения глаз проводились на экспериментальной установке, включающей в себя высокоточную бесконтактную систему для дистанционной записи движения глаз iView XTM Hi-Speed 1250 компании SMI, а также монитор LG с чересстрочной круговой поляризацией (рис. 4). Система записи движения глаз проводит считывание координат точки фиксации взгляда с частотой 1000 Гц для монокулярного и 500 Гц для бинокулярного режима работы. Пространственное разрешение достигает одной угловой минуты.

В качестве материала были использованы 13 роликов из различных тестовых баз стереовидео, а также фрагменты реальных стереофильмов. Кроме этого, для увеличения релевантности данных в последовательности были включены калибровочные паттерны, представляющие собой перемещающиеся белые круги на чёрном фоне и позволяющие производить оценку точности записи и делать оперативные поправки во время анализа полученных данных. Такая оценка проводилась с помощью следующего алгоритма (схема работы представлена на рис. 5):

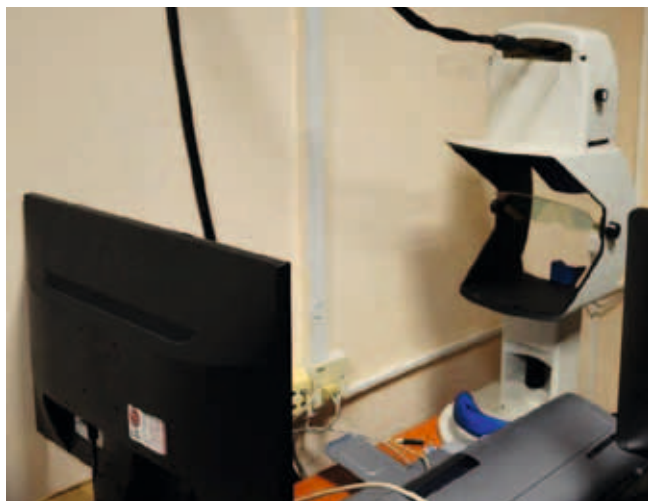


Рис. 4. Установка для бесконтактной записи движений глаз SMI iView XTM Hi-Speed 1250 и Full Hd стерео монитор LG Flatron D2342P

- расчёт математического ожидания позиции каждой из точек фиксации в каждом шаблоне;
- расчёт медианного значения точек, вычисленных на предыдущем шаге, по всем шаблонам;
- определение параметров перспективного преобразования.

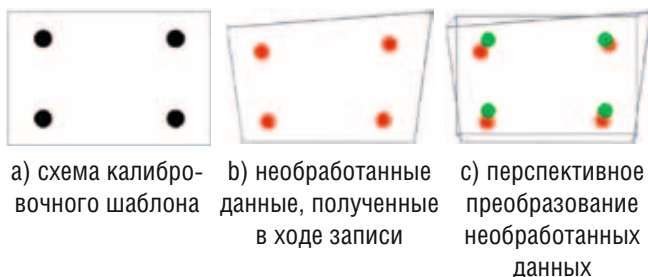


Рис. 5. Действие алгоритма устранения статистической ошибки

Также для решения проблемы определения точек фиксации взгляда на первых кадрах последовательности было произведено десятикратное дублирование первого кадра с наложением эффекта плавного затемнения (fade) на продублированные кадры.

Сама процедура проведения исследования включала в себя следующие этапы:

1. Оптическая коррекция зрения наблюдателя, перед которой проводились измерения рефракции.

2. Калибровка установки, в ходе которой испытуемый должен был следить за перемещающимся по экрану круглым стимулом небольшого размера и последовательно фиксировать свой взгляд на 13 точках. В результате калибровки программой слежения проводилось аффинное преобразование точек фиксации взгляда из системы, связанной с датчиками, измеряющими положение глаз, в систему, связанную с монитором.

3. Валидация калибровки, в ходе которой испытуемый последовательно фиксировал взгляд на четырех из ис-

пользованных при калибровке стимулов. В результате этой процедуры определялись ошибки измерения координат. Если отклонение превышало 0,3 градуса, тестирование не проводили, установку калибровали заново и повторяли процедуру сначала.

4. Просмотр тестового фрагмента.

5. Повторная валидация калибровки.

До начала запланированного масштабного тестирования по описанной методике было проведено рекогносцировочное исследование с привлечением 8 человек в возрасте 18–25 лет для решения следующих задач:

- испытание методики;
- апробация алгоритмов постобработки данных;
- определение требований к видеоматериалу (содержание, объём), для поддержания релевантности данных;
- выявление факторов, мешающих получению адекватных результатов, и нахождение способов устранения их влияния.

Учитывая специфику решаемых задач, такой набор предварительных исследований может считаться достаточным [13].

Результаты и их анализ

Запланированные эксперименты были достаточно продолжительными, поэтому при анализе данных необходимо было контролировать и учитывать степень усталости испытуемых. В связи с этим, целью первой серии экспериментов было выявление показателей степени усталости. Для получения необходимых данных тестовые фрагменты предъявлялись испытуемым дважды: после первого просмотра через 15–20 минут предлагалось повторно просмотреть тестовую видеопоследовательность, в которой был инвертирован порядок следования фрагментов. Таким образом, были получены траектории просмотра одних и тех же сцен одним и тем же человеком в условно усталом и условно бодром состояниях. Основываясь на полученном материале, были проверены следующие гипотезы:

1. Длина траектории движения глаза при нарастании усталости будет уменьшаться.

2. Средняя ошибка слежения за стимулом при нарастании усталости будет расти.

3. Количество точек фиксации по мере уставания будет уменьшаться.

Для проверки первой гипотезы было проведено сравнение длин траекторий движений глаз при просмотре одних и тех же видеофрагментов, находящихся в начале и конце общей видеопоследовательности (рис. 6).

По формам полученных карт внимания нельзя однозначно утверждать, что длина траектории действительно изменилась, более того, визуально они косвенно отрицают третью гипотезу. Для более точного анализа проблемы было проведено численное сравнение длин траекторий (некоторые значения приведены в табл. 1), которое показало, что выраженной корреляции между длиной и усталостью нет, однако было отмечено, что длина траекторий может меняться в достаточно широких пределах.



Рис. 6. Карта внимания фрагмента в начале последовательности (a) и в её конце (b)

Для проверки гипотезы о росте средней ошибки слежения было проведено её вычисление и сравнение для калибровочных шаблонов, вставленных перед каждым роликом видеопоследовательности (рис. 7, 8).

Из рис. 7 видно, что в целом имеет место тенденция к увеличению ошибки, однако для некоторой части исследованных людей ошибка не зависит от номера калибровочного шаблона. Таким образом, истинность данного

Табл. 1. Длина траекторий движений глаз за 450 кадров (в пикселях) в одних и тех же фрагментах первой и второй тестовой последовательности

Глаз	Зритель 1		Зритель 2		Зритель 3		Зритель 4	
	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый
Начало ролика	21836	22805	23648	26903	28008	35690	25898	28911
Конец ролика	27739	26386	27366	30379	26582	30385	25507	28407

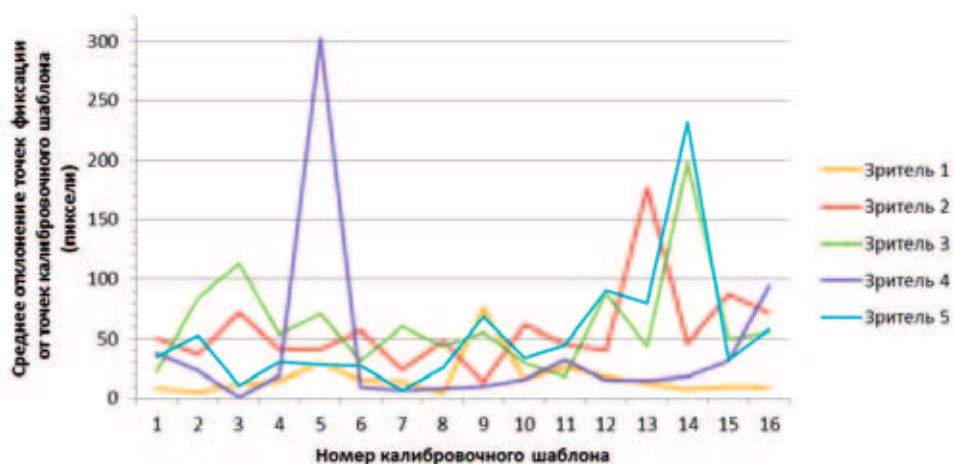


Рис. 7. Среднее значение отклонения точки фиксации взгляда зрителя при просмотре калибровочного шаблона



Рис. 8. Траектория движения глаз одного испытуемого при просмотре калибровочного шаблона в начале (a) и конце (b) последовательности

утверждения также не может быть доказана в полной мере. Важно отметить, что введение описанного калибровочного шаблона само по себе способствует уменьшению ошибки, связанной с усталостью зрителя.

Проверка гипотезы об убывании числа точек фиксации взгляда проводилась путём сравнения непосредственно числа точек фиксации и суммарной длительности фиксации при разном числе кадров. Для подтверждения гипотезы было необходимо получить как снижение общего числа фиксации, так и уменьшение их длительности. Важно отметить, что этот эффект также может быть связан с уменьшением новизны: в конце последовательности испытуемый смотрел уже виденный ранее ролик. Из табл. 2 видно, что для всех испытуемых это правило лишь частично верно: у некоторых зрителей было зафиксировано увеличение числа фиксации длительностью 5 кадров. Из-за этого оно не может считаться полностью подтверждённым и определя-

Табл. 2. Количество точек фиксации на одном и том же ролике в начале и в конце последовательности

Длительность фиксации		1 кадр	2 кадра	3 кадра	4 кадра	5 кадров
Зритель 1	в начале	411	193	114	77	51
	в конце	388	175	106	69	46
Зритель 2	в начале	389	170	91	54	32
	в конце	386	165	94	51	29
Зритель 3	в начале	399	175	95	62	34
	в конце	394	174	95	54	37
Зритель 4	в начале	389	173	93	58	36
	в конце	381	164	92	56	37

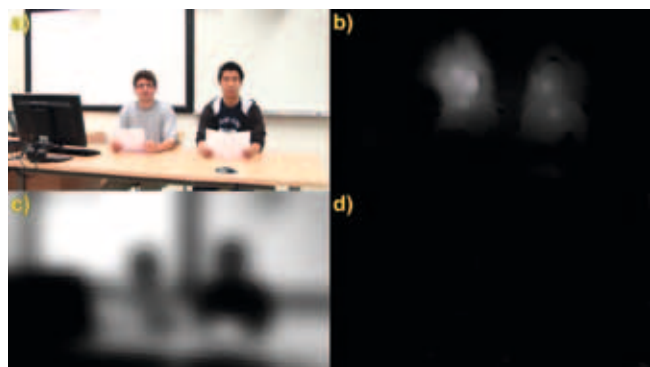


Рис. 9. Сравнение полученной карты с автоматическими методами: а) кадр исходной последовательности; б) результат, полученный по данным слежения за взором; в) результат метода, основанного на яркости [14]; д) результат метода, основанного на движении

ющим при оценке степени усталости зрителя в условиях наших экспериментов.

Для обоснования актуальности проводимых исследований было проведено сравнение полученных карт внимания с результатами работы распространённых в настоящее время моделей, основанных на таких признаках как движение объектов и их яркость. Из рис. 9 видно, что для некоторых сцен эти модели вообще не могут обнаружить привлекательные образы, либо же выделяют «противоположные» – наименее интересные.

Также было проведено дополнительное исследование корреляции между яркостью объекта и степенью его

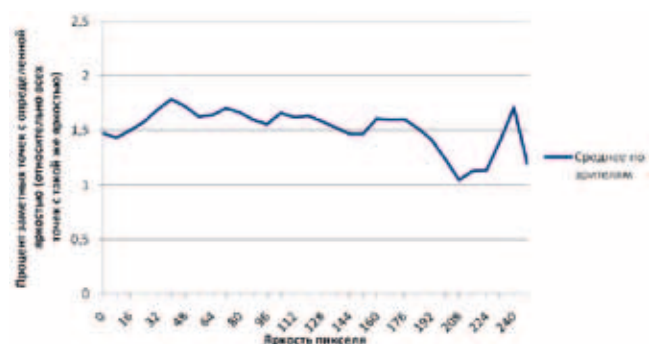


Рис. 10. Зависимость относительной привлекательности объекта от его яркости; усреднение по пятнадцатиминутному видеоролику для восьми человек

привлекательности для зрителя из-за частого использования этой характеристики при создании моделей внимания. На рис. 10 показана зависимость между яркостью объекта и величиной его привлекательности относительно других объектов изображения. На рисунке показано распределение количества пикселей в зависимости от их яркости

для областей, привлекающих внимание зрителей. Из полученных данных нельзя сделать вывод о наличии существенной корреляции между этими величинами. При этом важно отметить, что в настоящее время модели, построенные на признаке яркости, наиболее привлекательными считают самые яркие объекты изображения, что объясняет несогласованность между результатами, показанными на рис. 9 и 10.

Факт несовпадения результатов работы существующих моделей с полученными картами распределения внимания можно объяснить тем, что для сравнительно динамичных сцен наибольший вклад в определение наиболее привлекательных областей играют высокоуровневые факторы. Этот недостаток существующих моделей внимания делает актуальной задачу построения новых моделей, основанных на базе данных, полученных при помощи измерений траекторий движений глаз реальных людей.

Наконец, была осуществлена проверка самой необходимости создания описанных моделей из-за распространённого мнения о том, что внимание зрителя большую часть времени направлено на сравнительно узкую область в центре изображения. Причиной такого утверждения может быть то, что по сложившейся традиции производства фильмов основное действие происходит как раз в центре сцены. Для проверки было построено распределение числа точек фиксации относительно координаты объекта, представленное на рис. 11. Приведённое распределение демонстрирует высокую глазодвигательную активность зрителей в центральной области кадра. Это вызвано не тем, что область интереса всегда находится в центре, а тем, что существует большое количество разнообразных сцен, в которых внимание привлекают различные области кадра, в том числе и не центральные. При усреднении большого количества таких сцен мы, действительно, получаем нормальное распределение, однако, эта модель не является правильной для каждой сцены в отдельности.

Заключение

Для определения необходимых условий обеспечения адекватности создаваемых баз записей движений глаз проведены предварительные методические и анали-

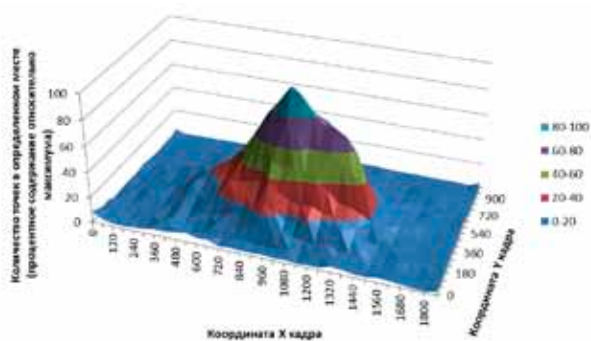


Рис. 11. Зависимость привлекательности объекта от его координаты; усреднение по пятнадцатиминутному видеоролику для восьми человек

тические исследования. Проанализированы проблемы записи траекторий движения глаз, систематизированы существующие решения в области, изготовлен тестовый материал, сформулированы протоколы проведения тестирования, разработаны алгоритмы постобработки данных и их анализа. Кроме того, показана актуальность исследований в области моделей внимания в целом, а также обоснована необходимость их актуализации и верификации путём сравнения результатов их работы с данными, полученными в ходе записи траекторий движений глаз реальных людей. Полученные количественные данные согласуются с результатами подобных исследований в этой области [15].

Основные результаты исследования:

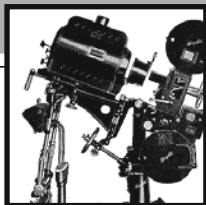
1. Разработана методика проведения тестирования, показавшая в ходе исследования способность купировать достаточно широкий набор факторов, оказывающих негативное влияние на качество получаемых данных.
2. Создана система коррекции данных, полученных во время измерений, существенно повышающая точность и репрезентативность данных.
3. Выдвинуты гипотезы, приближающие к пониманию процесса уставания и характеристик влияния уставания на адекватность получаемых данных.
4. На основании результатов промежуточных исследований проверена правомочность гипотез, описанных в пункте 3, а также работоспособность алгоритмов постобработки.

Проведённая работа является подготовительной для большого проекта по изучению влияния различных ошибок, допущенных при создании стереофильмов, и созданию средств их автоматизированного контроля [16]. Полученные результаты позволяют говорить об успешном окончании этого этапа. В дальнейшем планируется продолжить работу по анализу статистических данных, полученных в ходе эксперимента. Одним из основных направлений этого анализа будет классификация зрителей, а также дополнительный контроль релевантности получаемых данных (нельзя исключить возможность намеренного искажения данных зрителем). Также будет проведено более массовое тестирование с привле-

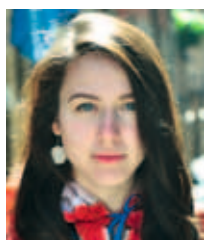
чением в качестве испытуемых нескольких десятков человек и использованием в качестве тестового материала видеопоследовательностей большей длины и разнообразия. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Koch C., Ullman S. Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry // *Human Neurobiology*. 1985. N 4, P. 219–227.
2. Underwood G., Foulsham T., van Loon E., Humphreys L., Bloyce J. Eye movements during scene inspection: A test of the saliency map hypothesis // *European Journal of Cognitive Psychology*, 2006. Vol. 18(3). P. 321–342.
3. Itti L., Koch C. A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention // *Vision Research*. 2000. Vol. 40(10–12). P. 1489–1506.
4. Yarbus A.L. *Eye Movements and Vision* // Plenum. 1967. P. 171–196.
5. Treisman A.M., Gelade G.A. A feature-integration theory of attention // *Cognitive Psychology*. 1980. Vol. 12(1). P. 97–136.
6. Siagian C., Itti L. Biologically-Inspired Robotics Vision Monte-Carlo Localization in the Outdoor Environment // *Proc. IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*. 2007. P. 1723–1730.
7. Itti L. Automatic Foveation for Video Compression Using a Neurobiological Model of Visual Attention // *IEEE Transactions on Image Processing*. 2004. Vol. 13(10). P. 1304–1318.
8. Hadizadeh H., Enriquez M. J., Bajić I. V. Eye-tracking database for a set of standard video sequences // *IEEE Transactions on Image Processing*. 2012. Vol. 21. N 2, P. 898–903.
9. Dorr M., Martinetz T., Gegenfurtner K., Barth E. Variability of eye movements when viewing dynamic natural scenes // *Journal of Vision*. 2010. Vol. 10(10). P. 1–17.
10. Engelke U., Barkowsky M., Le Callet P., Zepernick H.-J. Modelling Saliency Awareness for Objective Video Quality Assessment // *International Workshop on Quality of Multimedia Experience*. 2010.
11. Li Z., Qina S., Itti L. Visual attention guided bit allocation in video compression // *Image and Vision Computing*. 2011. Vol. 29. N 1. P. 1–14.
12. Itti L. Automatic Foveation for Video Compression Using a Neurobiological Model of Visual Attention // *IEEE Transactions on Image Processing*. 2004. Vol. 13, N 10, P. 1304–1318.
13. Judd T., Durand F., Torralba A. A Benchmark of Computational Models of Saliency to Predict Human Fixations // MIT Press. 2012.
14. Hou X., Zhang L. Saliency detection: A spectral residual approach // *Comput. Vis. Pattern Recognit.* 2007. Vol. 17. N 22, P. 1–8.
15. Itti L. Quantitative modelling of perceptual saliency at human eye position // *Visual Cognition*. 2006. Vol. 14. P. 959–984.
16. Большаков А., Федоров А., Ватолин Д. Вопросы построения базы записей движений глаз для анализа восприятия кинофильмов // *Международная ежегодная научно-техническая конференция «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях»*, 2013.



ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУБПИКСЕЛЬНЫХ ПАРАЛЛАКСОВ ПРИ ОЦЕНКЕ СТЕРЕООСТРОТЫ ЗРЕНИЯ



М.А. Грачёва, аспирантка, ИППИ РАН

Аннотация

У людей с хорошо развитыми зрительными функциями пороговые значения бинокулярных параллаксов составляют 1–5". Такая малая величина параллаксов создаёт значительные трудности при измерении стереопорогов в обычных лабораторных или клинических условиях. В случае компьютерных измерений тестовые стимулы предъявляют на дисплеях с дискретной структурой, причём при обычно используемых расстояниях наблюдения в 5–6 м угловой размер каждого пикселя соответствует 5–7". Следовательно, чтобы обеспечить точность порядка 1", нужно использовать субпиксельные смещения левого и правого изображений. В настоящем исследовании стереопороги измеряли с использованием субпиксельных сдвигов при двух различных методах сепарации изображений – цветовом и поляризационном. Тестовыми стимулами были элементы Габора разной пространственной частоты. Результаты измерений выявили преимущество поляризационного метода и подтвердили мнение стереоскопистов, что при создании стереофильмов следует ориентироваться на критические значения параллаксов в 20–30".

Ключевые слова: стереоострота зрения человека, критические параллаксы в стереокино, субпиксельные экранные параллаксы.

SOME EXPERIENCE OF USING SUBPIXEL PARALLAXES IN STEREOACUITY MEASUREMENTS

M. Gracheva

Abstract

In subjects with well developed visual functions, the threshold values of binocular parallaxes are of the order of 1–5". Such small values pose major problems for an accurate measurement of stereo thresholds in usual laboratory or clinic conditions. In the cases of computer-aided measurements, the test stimuli are presented on displays with discrete structure and, at commonly used viewing distances of 5–6 m, the angular size of each pixel correspond to 5–7". Therefore, to obtain the accuracy of 1", one should use subpixel shifts of the left and right test images. In this study, the stereo thresholds were measured using subpixel parallaxes with two different image separation techniques – based on color and polarization. The test stimuli were Gabor patches of various spatial frequencies. The results of measurements revealed the advantages of polarization method and supported the opinion that, in stereomovies, the critical binocular parallaxes should be of the order of 20–30".

Keywords: stereoacuity of human vision, critical parallaxes in stereo movies, subpixel parallaxes.

Введение

Очевидно, что при создании стереофильмов важно обеспечить полноценное и комфортное восприятие пространственных сцен, и для этого совершенно необходимо ориентироваться на характеристики стереозрения

человека. В частности, для повышения качества стереоконтента нужно знать, к какой точности передачи глубины следует стремиться. При создании стереокинофильмов это значение, как правило, принимают равным 30". Однако насколько это обоснованно?

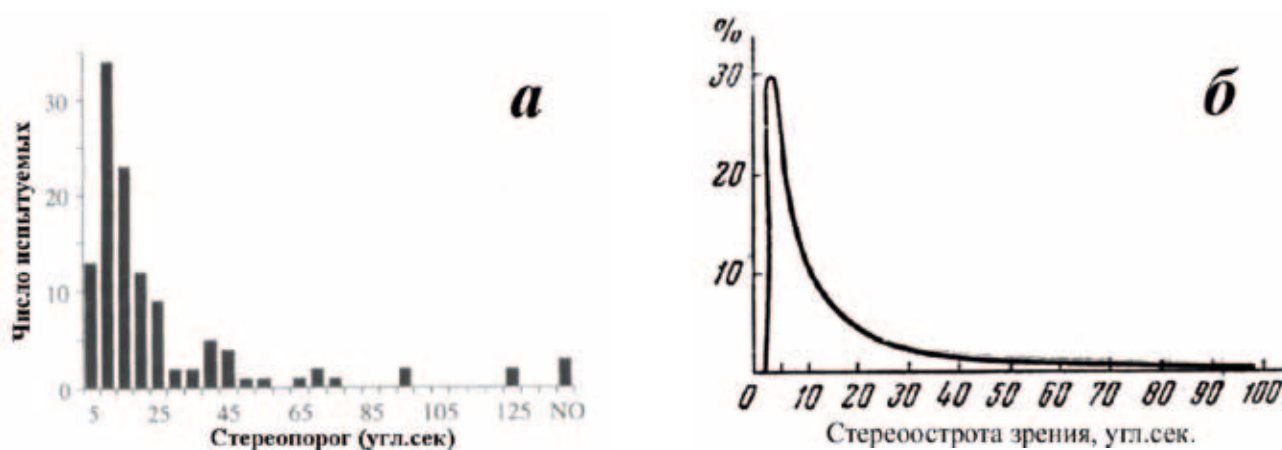


Рис. 1. Распределение стереопорогов: а – по данным зарубежных авторов [4]; б – огибающая распределения стереопорогов по данным отечественных исследователей [1]

В физиологии способность зрительной системы человека ощущать малые относительные смещения объектов по глубине принято называть стереостротой зрения. Несмотря на многолетнюю историю её исследования и на множество опубликованных к настоящему времени работ, широкий круг вопросов так и остаётся недостаточно освещённым, в том числе, и вопрос о возрастных нормах (средних значениях), на котором и пересекаются сферы интересов физиологов и специалистов по стереокино.

Имеющиеся литературные данные дают основания полагать, что большинство людей могут ощущать очень малые различия по глубине, порядка единиц угловых секунд. На рис. 1,а приведено распределение порогов различения глубины (стереопорогов) у 117 студентов из работы классика оптометрии Вестхаймера и его коллеги Кутана [4], а на рис. 1,б приведена огибающая статистического распределения стереопорогов из книги Н.А. Валуся [1]. Как видно, у обеих групп испытуемых максимумы распределения приходятся на диапазон 5–10". Похожие значения можно найти и в работах других авторов.

Наилучших порогов стереозрения, конечно, можно добиться только при хорошо подобранных условиях эксперимента, позволяющих зрительной системе работать в оптимальном режиме. Чаще всего значения в 5–10" получают исследователи, использующие для измерений прибор Говарда-Долмана или его модификации [3, 5, 8].

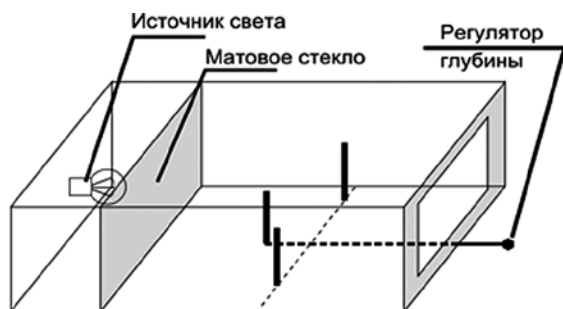


Рис. 2. Схематическое изображение конструкции прибора Говарда-Долмана

Этот прибор (рис. 2) основан на механическом принципе и не является стереоскопическим (т.е. не производит разделения полей зрения, а даёт возможность наблюдения объектов в естественных условиях). В приборе имеются три вертикальные спицы. От испытуемого требуется установить среднюю спицу на одном уровне с двумя боковыми. Для максимально возможного устранения монокулярных признаков глубины используют рамку, закрывающую концы спиц, и диффузное освещение, создаваемое матовым стеклом, расположенным перед источником света. Испытуемому не разрешается двигать головой. Все измерения, как правило, проводят с расстояния 6 м. На такой дистанции значению стереопорога в 5" соответствует сдвиг по глубине примерно в 13,5 мм.

Другие используемые медицинские тесты для оценки стереостроты применяются большей частью не для точных измерений, а для скрининга, т.е. для обнаружения явных зрительных нарушений по нескольким фик-

Табл. 1. Диапазоны рабочих параллаксов нескольких зарубежных тестов для оценки стереостроты зрения

Название теста	Рабочие параллаксы, угл.с
Lang-test 1	550, 600, 1200
Lang-test 2	200, 400, 600
Randot-cube	450–800
TNO	15–480
Stereo Fly Acuity (Titmus)	40–800
Stereo Butterfly Test	40–800
Randot Stereo Smile 1	120–480
Randot Stereo Smile 2	60, 120, 240, 480
Randot Stereo Acuity	40–800, 20–400, 250
Randot E test	170–500
Randot Distance	60–100
Mentor II-SG B-VAT	15–240
AO Vectographic P-O-C Slide test	30–480

сированным уровням. Обычно это комплекты карточек, содержащих несколько тестовых изображений. Для примера в табл. 1 представлены характеристики некоторых коммерческих тестов.

В то же время сложность механизмов обработки зрительной информации требует учитывать большое число факторов, так как многие признаки глубины анализируются и используются человеком для оценки пространственных отношений неосознанно. Ярким примером могут служить монокулярные признаки глубины (светотень, монокулярный параллакс, различие угловых размеров и т.д.), с возможным влиянием которых приходится считаться при использовании реальных тестовых объектов (таких, как спицы в приборе Говарда-Долмана).

Важно отметить, что заменой реальных объектов виртуальными посредством стереоскопических технологий и корректным подбором стимулов можно устранить монокулярные признаки глубины. Однако и в этом случае могут остаться факторы, влияющие на регистрируемые оценки стереозрения. К основным таким факторам можно отнести:

- метод сепарации;
- вид и параметры тестовых стимулов;
- контраст стимулов;
- расстояние наблюдения;
- время предъявления.

В настоящее время невозможно провести корректное сравнение результатов предыдущих исследований, необходимое для обобщения всех полученных данных по стереоостроте зрения, так как разные исследователи использовали различные тесты, процедуры тестирования и способы обработки данных.

К счастью, благодаря интенсивному развитию 3D технологий у физиологов появляется, наконец, реальная возможность получить достоверные данные о стереоостроте зрения человека, используя преимущества определённых стереотехнологий и обращая внимание на стандартизацию тестовых протоколов и программ.

В настоящей работе была проведена оценка перспективности использования одной из современных стереотехнологий, основанной на поляризационном способе сепарации изображений стереопары, путём сравнения с традиционной цветовой (анаглифной) сепарацией.

Методика

В эксперименте принимали участие 12 испытуемых от 22 до 47 лет, но не для всех испытуемых удалось получить полный комплект данных. Перед началом экспериментальной сессии у всех испытуемых проводили проверку состояния оптики глаз и,

при необходимости, обеспечивали полную оптическую коррекцию. Для предъявления тестовых изображений был использован монитор LG Flatron D2342P-PN с построчной поляризацией пикселей, позволяющий реализовывать как поляризационное, так и цветное разделение изображений стереопары. В разработанной нами тестовой программе были предусмотрены оба этих режима генерации стимулов.

Как уже было сказано, стереопорог у человека нередко составляет всего несколько угловых секунд. Параллакс в один пиксель у большинства современных мониторов не может обеспечить точность измерений такого порядка при обычных расстояниях наблюдения. Так, при размере пикселя 0,27 мм (как у использованного в данной работе монитора), относительный сдвиг левого и правого изображений стереопары на один пиксель создаёт смещение виртуального объекта по глубине, соответствующее 4,6'' с расстояния 6 м. Таким образом, для достижения точности в 1'' за счёт экранного параллакса в 1 пиксель, тестирование необходимо проводить с расстояния почти 30 м от экрана. Разумеется, реализовать подобные измерения проблематично, в силу чего на практике принято использовать методы генерации субпиксельных параллаксов, т.е. параллаксов, значения которых меньше, чем один пиксель.

В созданной нами программе для реализации этого подхода применялись широко распространённые в офтальмологии оплотипы (тестовые изображения) в виде элементов Габора – фрагментов решёток с синусоидальным распределением яркости в гауссовом окне. Субпиксельные смещения достигались путём введения небольших фазовых сдвигов между левым и правым изображениями. Испытуемый располагался на расстоянии 6 м от монитора. Протокол исследования включал измерения на трёх пространственных частотах: 2, 4, 8 цикл/град. Каждая стимульная конфигурация представляла собой четыре элемента Габора (рис. 3), а её угловой размер как по вертикали, так и по горизонтали составлял 2,6'', что примерно соответствует размеру фoveальной зоны сетчатки (зоны наилучшего видения).

Два элемента из четырёх имели нулевой параллакс, а у двух других параллакс был отрицательным и варьиро-

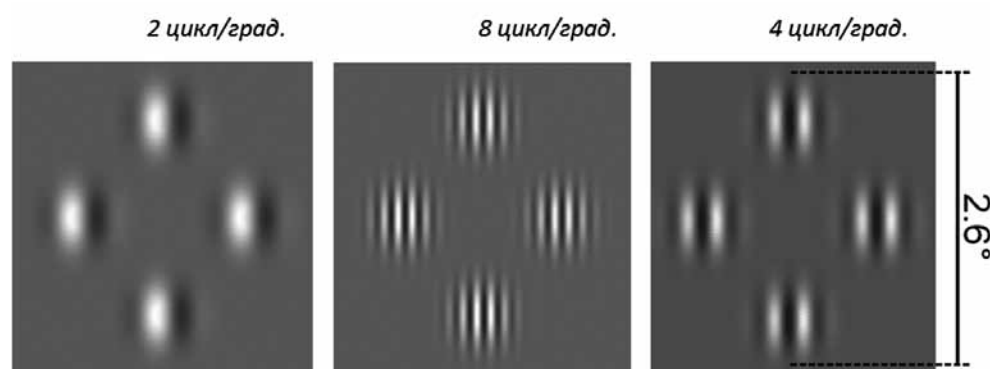


Рис. 3. Вид стимульной конфигурации для трёх пространственных частот

вался по величине, благодаря чему они воспринимались выступающими из экрана в большей или меньшей степени. Испытуемый получал инструкцию указывать два выступающих стимула; на основе его ответов производилось изменение параллакса с адаптивным шагом. То наименьшее значение параллакса, при котором испытуемый с заданной вероятностью давал правильный ответ, принималось за стереопорог. Чтобы уменьшить влияние на результаты фактора обучаемости зрительной системы, для части испытуемых тестирование проводилось в два этапа: на первом этапе («тест») для каждой пространственной частоты сначала использовали цветовую сепарацию, затем – поляризационную; на втором этапе («ретест») порядок использования методов сепарации менялся на противоположный. Каждый этап эксперимента занимал, в среднем, 45 минут для одного испытуемого (протокол тестирования в схематическом виде приведён на рис. 4).

Результаты

Средние значения полученных нами стереопорогов в зависимости от использованного метода сепарации и пространственной частоты представлены на графиках: рис. 5а – для первого этапа измерений (когда последовательность предъявлений начиналась с цветовой сепарации) и рис. 5б – для второго этапа. Как видно из

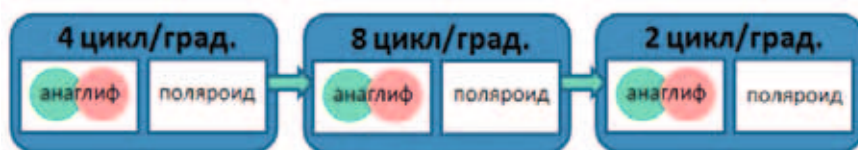
графиков, пороги для поляризационного метода в большинстве случаев оказались существенно ниже. Для пространственной частоты 4 цикл/град на первом и втором этапах они составили 22" и 21", соответственно.

Более детально результаты эксперимента представлены на рис. 6, где на трёх графиках показаны соотношения между значениями стереопорогов у разных испытуемых, полученных при использовании цветовой и поляризационного методов сепарации для трёх пространственных частот. Диагональные прямые соответствуют равным значениям порога при использовании обеих технологий. Как видно из графиков, большинство точек лежит ниже данных контрольных прямых, что указывает на меньшие значения стереопорогов (большие значения стереоостроты зрения), получаемые при использовании поляризационного метода сепарации. Логарифмический масштаб несколько скрадывает различия, но сравнение количественных данных показывает, что использование цветовой метода может завышать стереопороги в 2–3 раза. Что касается возможных причин получения более высоких стереопорогов при использовании цветовой разделения, то тут могут оказывать влияние несколько различных факторов.

Значительная разница по цвету между изображениями стереопары, существующая при использовании цветовой сепарации, может создавать серьёзную бинокулярную конкуренцию, в результате которой возможны такие явления, как деление поля зрения на участки доминирования одного или другого глаза, или же полное подавление одного из изображений.

Однако существуют и другие возможные причины менее точной оценки глубины при применении этой методики. Например, важным представляется тот факт, что при использовании поляризационной се-

1-ый этап:



2-ой этап:

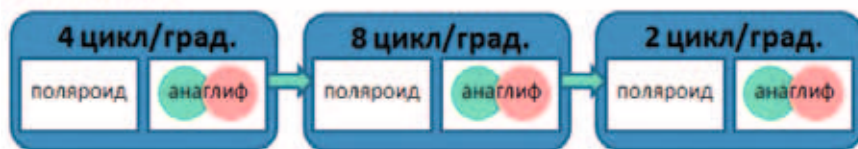


Рис. 4. Схематическое изображение последовательности тестирования

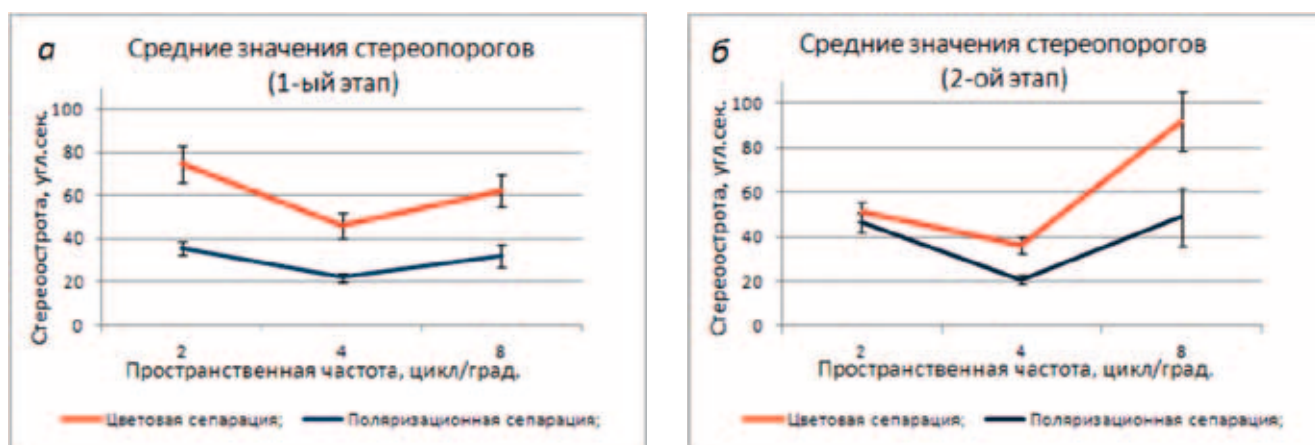


Рис. 5. Средние значения стереопорогов, полученные на первом (а) и втором (б) этапах измерений, в зависимости от использованного метода сепарации и пространственной частоты

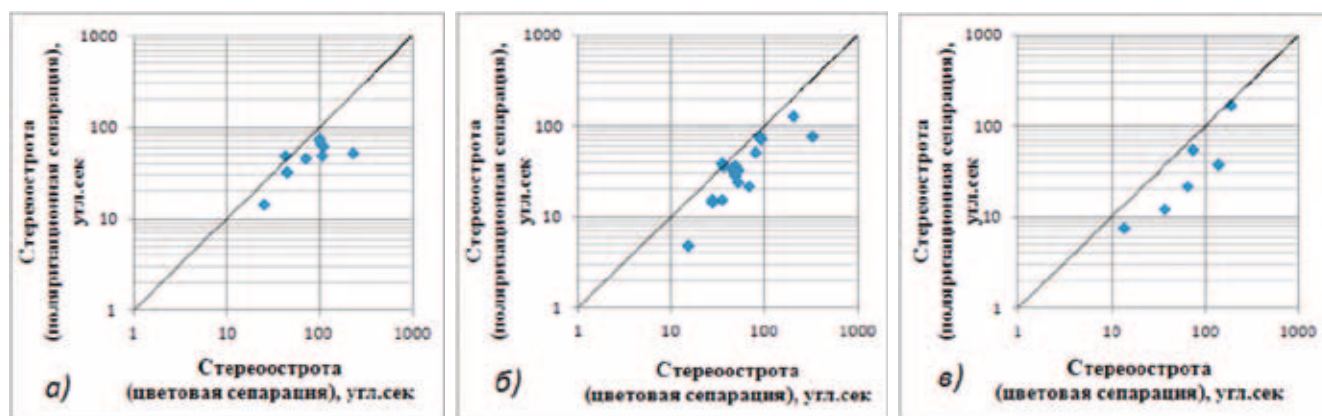


Рис. 6. Соотношения между значениями стереопорогов, полученными для разных испытуемых при двух методах сепарации для частот 2 цикл/град (а), 4 цикл/град (б), 8 цикл/град (в). По горизонтали – данные, полученные при цветовой сепарации, по вертикали – при поляризационной

парации стимулы являлись ахроматическими, благодаря чему в анализе изображений могли принимать участие все три вида колбочковых фоторецепторов, в то время как при предъявлении цветоразделённых изображений в каждом глазу активировалась лишь часть из них. Естественно предположить, что увеличенное количество приёмников может оказывать позитивное влияние на качество анализа информации. К тому же на сегодняшний день хорошо известно, что распределение колбочек в сетчатке очень неравномерно и у разных людей сильно

различается (рис. 7). При использовании цветовой сепарации стимулов свой негативный вклад также могут вносить хроматические aberrации глазных сред и коррекционной оптики.

В то же время следует отметить, что средние пороговые значения стереоостроты, полученные нами для поляризационного метода сепарации, не совсем согласуются с приведёнными выше литературными данными о единицах угловых секунд – такие значения были получены нами лишь у одного испытуемого.

Это расхождение может объясняться как особенностями выборки испытуемых, так и ограничениями методики.

В контексте использования данных о порогах стереоостроты при создании видеоконтента важно учитывать также то, что при проведении данного эксперимента время наблюдения стимула испытуемыми не ограничивалось. В кинокартинах же многие сцены – динамичные, и не дают возможностей для длительного анализа. Чтобы проиллюстрировать, насколько это существенно, приведём сводный график (рис. 8.), включающий данные разных авторов о пороговых значениях стереоостроты в зависимости от времени предъявления стимула [9]. Из графика видно, что в области, ограниченной

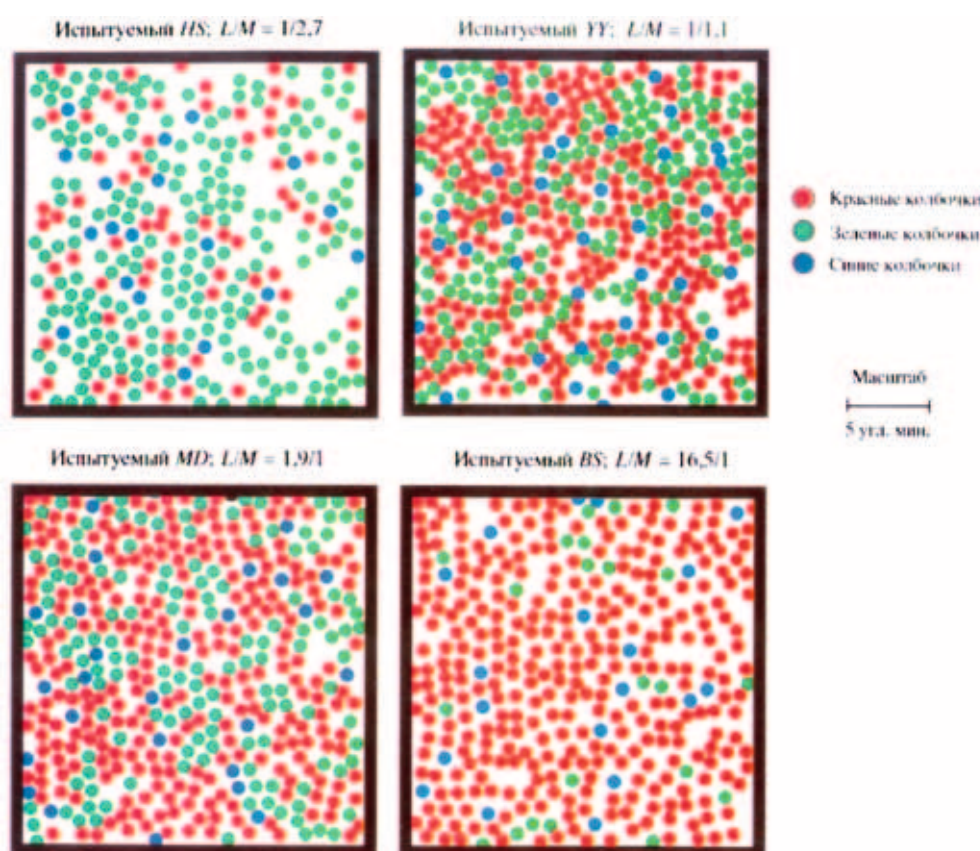


Рис. 7. Распределение различных фоторецепторов – «красных», «зелёных» и «синих» колбочек – на сетчатках четырёх испытуемых (рис. из [2] по данным [6,7])

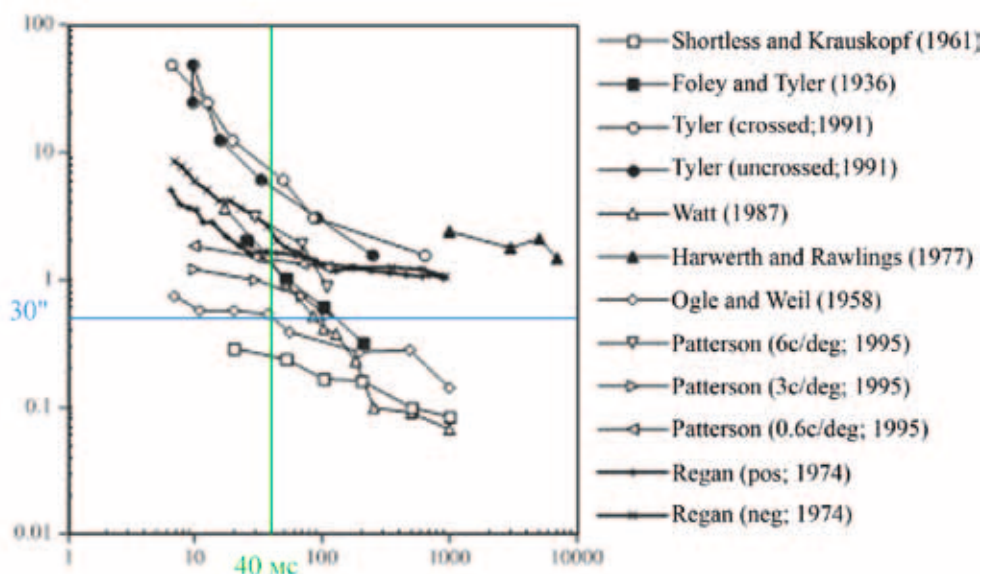


Рис. 8. Сводный график значений стереопорогов в зависимости от времени предъявления стимула, полученных разными авторами [9]

значениями 40 мс справа по шкале времени и 30'' сверху по шкале стереопорогов, почти нет данных. Временное ограничение в 40 мс примерно соответствует времени демонстрации одного кадра при частоте 24 кадра в секунду.

Заключение

Таким образом, в динамичных сценах расчётное значение порога в 30'' вполне приемлемо и, вероятно, не будет вызывать дискомфорт у большинства зрителей. Однако при длительном нахождении объекта в кадре или в сценах с малым количеством движения время рассматривания увеличивается и стереопороги понижаются, что может сделать более заметными несовершенства стереоконтента для наблюдателей с хорошими показателями зрения.

Для стандартного киноэкрана шириной в 6,5 м при демонстрации фильма с разрешением 2K размер одного пикселя составляет 3,25 мм, что соответствует угловым параллаксам в 60'', 30'' и 20'' с расстояний 5, 10 и 15 м, соответственно. Таким образом, при расстояниях до зрителя менее 10 м экранные параллаксы с шагом в один пиксель не позволяют обеспечить требуемую точность передачи глубины (хотя бы в 30''), и становится очевидной необходимость использования субпиксельных сдвигов для создания качественного стереокино. Невозможно обойтись без субпиксельных параллаксов и в физиологических исследованиях, где по-прежнему остаётся актуальным проведение точных измерений для получения достоверных данных о зависимости показателей стереозрения от различных параметров тестовых стимулов, состояния испытуемого и условий наблюдения. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Валюс Н.А. Стереоскопия. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 379 с.
2. Рожкова Г.И., Матвеев С.Г. Зрение детей: проблемы оценки и функциональной коррекции // М.: Наука, 2007. 315 с.
3. Adams W.E., Hrisos S., Richardson S., Davis H., Frisby J.P., Clarke M.P. Frisby Davis distance stereoacuity values in visually normal children // Br. J. Ophthalmol. 2005. V. 89. P. 1438–1441.
4. Coutant B.E., Westheimer G. Population distribution of stereoscopic ability // Ophthal. Physiol. Opt. 1993. V. 13. No 1. P. 3–7.
5. Heravian J., Yazdi S.H.H., Ehyaei A., Bagheban F., Mahjoob M., Ostadimoghaddam H., Yekta A., Azimi A. Effect of induced heterophoria on distance stereoacuity by using Howard-Dolman test // Iranian J. of Optal. 2012. V. 24. No. 1. P. 25–30.
6. Hofer H., Carroll J., Neitz M., Williams D.R. Organization of the human trichromatic cone mosaic // J. Neurosci. 2005 a. V. 25, P. 9669–9679.
7. Hofer H., Singer B., Williams D.R. Different sensations from cones with the same photopigment // J. Vision. 2005 b. V. 5. P. 444–454.
8. Lam A.K.C., Tse P., Choy E., Chung M. Crossed and uncrossed stereoacuity at distance and the effect from heterophoria // Ophthal. Physiol. Opt. 2002. V. 22. No 3. P. 189–193.
9. Lee S., Shioiri S., Yaguchi H. The effect of exposure duration on stereopsis and its dependency on spatial frequency // Opt. Rev. 2004. V. 11. No. 4. P. 258–264.



ИЗОБРАЗИТЕЛЬНО-ВЫРАЗИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА 3D КИНО И ЕГО НОВЫЕ ПЛАСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ



■ И.Г. Дауров, режиссёр-стереограф ■

■ Вступление

В последнее время из уст некоторых продюсеров и даже режиссёров можно было слышать, что 3D кино себя изживает, что это временное явление и что ничего нового в плане языка оно не привносит в кинематограф как таковой. Конечно, это глубокое заблуждение. Развитие кинематографа как искусства мы наблюдаем постоянно, с момента его возникновения и по настоящее время. Кино за более чем столетний период своего существования, постоянно и революционно обновляло арсенал изобразительно-выразительных средств, находилось в поиске и освоении новых пластических форм, нового языка. Развитие кинематографа как искусства всегда было тесно и непосредственно связано с внедрением новых технологий, с научно-техническим прогрессом. И кинематограф, как никакой другой вид искусства, жёстко увязан в своём развитии с технологиями. Но почти всегда новые технологии вначале их освоения проявляли себя не более чем аттракцион, как что-то «механическое» и даже «чужеродное». Вспомним, как уже признанный в своё время всеми гений немого кино — Чарльз Спенсер Чаплин вначале яростно не признавал появление звука в кино. Но позже, спустя десятилетие, он всё же пояснил, что отрицал не сам звук, а его крайне низкое техническое качество, которое на первоначальном этапе той технологии не позволяло творцу владеть этим средством на должном уровне. И сначала получалась какая-то пародия на звучание, а инженерам и творцам потребовалось определённое время, чтобы технологии стали новым понятным и удобным, а главное — неотъемлемым выразительным средством кино.

И сегодня никому и в голову не приходит утверждать, что кино — искусством не является! А ведь на заре своего становления мало кто в «балагане для нищих», как тогда презрительно нарекла синематограф «творческая богема», смог увидеть будущего «великого немого», потом звукового, цветного и объёмного кино как мощного и самого стремительно развивающегося из всех известных человечеству искусств.

Именно это сейчас и происходит с объёмным кино. Целый ряд художников не понимают пластику стереоскопического изображения, так как не обладают определёнными знаниями, желанием их получать, проверять на практике, неустанно и смело экспериментировать, ошибаться и снова практиковать. Только так технология становится мощным изобразительным и выразительным средством — т.е. в развитии, которое может дать неустанный творческий поиск, желание творца пойти за горизонт уже привычных и комфортных средств, желание новизны, иного языка, новых пластических форм.

С каждым новым десятилетием своего развития кинематограф требует от всех, кто задействован в кинопроцессе, а особенно от главных его создателей, всё больших глубоких, фундаментальных знаний по широчайшему спектру науки и технологий. От творцов, помимо профессиональных знаний основ их ремесла, требуется всё больше проявлять свою эрудированность, образованность, способность к постоянному обновлению своих знаний, ибо кинематограф сегодня — это сложнейшее наукоёмкое производство, мгновенно вбирающее в себя самые передовые научные и технологические достижения человечества. Без детального изучения

и понимания этих новых возможностей кино и без глубоких знаний, лежащих в основе технологий, без опыта их освоения на практике ни один художник не сможет создать по-настоящему выразительный образ на экране.

Не всем дан этот дар – идти вперёд, прокладывая дорогу чему-то новому. Большинство всегда предпочитает комфортно существовать в освоенном ранее кем-то пространстве, а первопроходцам часто достаются далеко не лавры. Именно по этой причине многие «мэтры» просто панически боятся эксперимента, боятся провала, боятся снимать 3D кино, так как уже твёрдо стоят на «пьедестале». Отсюда и желание сказать, что 3D кино – это всё блажь, «аттракцион». Чего не понимаю, не владею, не знаю – то опасно, а значит, не нужно вовсе – так рассуждают некоторые «творцы». Однако объёмным кино будет неизбежно, так как кино никогда не останавливалось в развитии, не «цементировалось» в своих пластических возможностях и именно поэтому является самым популярным, ярким и массовым видом искусства. Речь может идти только об учёбе, опыте, массовости производства объёмного кино, неуёмной жажде и желании обретения нового языка, новых возможностей для художника в широком смысле этого понятия. Тогда всё станет на свои места, и это неизбежно так и будет.

Изобразительно-выразительные средства объёмного кино

Под изобразительно-выразительными средствами кино как традиционного, так и объёмного (стереоскопического), мы, прежде всего, будем понимать имеющийся в арсенале съёмочной группы тот обширный инвентарь средств, при помощи которых максимально точно передаётся замысел картины в соответствии с целями и задачами, поставленными в сценарии фильма, его режиссёрской интерпретацией, в его непосредственном пластическом воплощении. Удачно выбранные кинооператором 3D кино выразительные средства непосредственно влияют на пластику итогового киноизображения, вызывая у зрителя ответное эстетическое и психоэмоциональное восприятие кадра.

Если в театре главное средство для объяснения происходящего – слово, то в кинофильме – это изображение. Именно движущееся изображение и формирует в итоге экранную пластику. Необходимо помнить, что статика в кино крайне непластична, как и так называемая «движущаяся фотография». Т.е. когда говорят, что «это не пластично», это означает, что изобразительно данный кадр или приём не эстетичен, не работает на цель авторов, а выразительные средства, применённые кинооператором, не сработали, явились неудачными или неграмотно реализованными. Следовательно, задача режиссёра и кинооператора в реализации итогового изображения – отбросить всё второстепенное, лишнее в выборе выразительных средств, чтобы акцентировать внимание зрителя на самом важном и главном в той или иной сцене снимаемого эпизода, кинокартины в целом.

В традиционном кино, а также в изобразительном искусстве, уже давно для передачи иллюзии объёма на плоскости прибегают к широкому арсеналу выразительных средств и приёмов, способных решить эту задачу. Применительно к 3D кино эти давно известные приёмы монокулярных факторов передачи пространства на плоскости работают с существенными оговорками, так как 3D кино предоставляет нам арсенал принципиально новых, имеющихся только в его распоряжении выразительных средств, обусловленных бинокулярными факторами восприятия объёмного изображения.



Пример сочетания бинокулярных и монокулярных факторов передачи глубины в 3D кино (множественные перекрытия объектов друг другом, линейная перспектива, построение по оси съёмки)

К бинокулярным факторам пространственного зрения относят факторы, позволяющие судить о протяжённости, разноудалённости и рельефности объектов на основе информации, поступающей от двух глаз, преобразованной нашим мозгом в единый стереоскопический образ. Это происходит лишь тогда, когда в рассматриваемом изображении стереопары присутствует различие в виде горизонтального бинокулярного параллакса – он основа стереоскопического зрительного восприятия. Т.е. это различие в расположении на сетчатках наших глаз (на кадрах стереопары) изображений двух точек, находящихся на разном расстоянии от наблюдателя, которое фиксируется как горизонтальный параллакс (сдвиг), приводящий к стереоскопической разности координат положения рассматриваемого объекта. Он обусловлен тем, что наши глаза смотрят на один и тот же предмет в пространстве с разных точек наблюдения, так как они разнесены на определённое расстояние друг от друга по горизонту. Мышечные усилия, направленные на поворот глазного яблока (конвергенция), а также на аккомодацию зрения (резкость), мозг анализирует и воспринимает как информацию об определённой дальности рассматриваемого предмета. Увидеть его рельефность позволяет не одинаковое изображение предмета в каждом глазу, т.е. наличие горизонтальных бинокулярных параллаксов в рассматриваемом нами изображении, предмете. Видеть мир объёмным мы можем при определённом опыте, который формируется у нас от момента рождения в про-

цессе первых месяцев жизни и при наличии у нас здорового бинокулярного стереоскопического зрения.

Для физиологии человека, обладающего бинокулярным зрением, данным нам от природы, более естественно воспринимать картину мира, используя бинокулярные факторы стереоскопического видения, а не смотреть часами на плоское изображение, как это происходит в традиционном кино. В данной статье я остановлюсь лишь на некоторых, наиболее интересных с моей точки зрения, изобразительно-выразительных средствах кино, влияющих в большей степени, чем другие, на итоговую пластику 3D кино.

Какие выразительные средства могут использоваться в традиционном кино, какова их эффективность в 3D кино

Кинематографический план. Крупность плана. Кино, в отличие от театрального действия, даёт возможность зрителю видеть происходящее не с одного ракурса, а с нескольких, причём разной крупности и разной детализации объектов в кадре. Традиционно в кино используются Общий план, Средний план, Крупный план.

Однако в 3D кино восприятие крупного плана человека отличается от восприятия такого в плоском кино. В 3D кино грудной план актёра заменяет по восприятию аналогичный крупный портретный план лица в традиционном кино. При этом плоскость нулевых параллаксов лучше размещать позади головы актёра, на затылке, тогда он отделится от плоскости экрана и будет восприниматься эмоционально ярче, чем размещённый в плоскости нулевых параллаксов (плоскости экрана).



Пример сочетания бинокулярных и монокулярных факторов передачи глубины в 3D кино (множественные перекрытия объектов друг другом, линейная перспектива, построение по оси съёмки)

«Резать» рамками кадра лицо актёра, как это часто делают в плоскостном кинематографе, в 3D кино недопустимо, так как восприятие такого кадра в объёме станет неестественным, лицо актёра «прилипнет» к чёрным рамкам экрана, что усилит эффект «окна» и сделает невозможным свободное и естественное перемещение зрительных образов в пространстве зала.

Если мы хотим, чтобы психоэмоциональное воздействие на зрителя объёмного кино существенно разли-



Пример наиболее распространённого творческого «брака» стереоскопии, усиливающего эффект «окна» и разрушающего эстетику восприятия кадра



Пример творческого и технического «брака» стереоскопии с отжимающим действием рамки экрана (отрицательные параллаксы портретного плана режутся рамками кадра)

лось в сравнении с плоскостным, необходимо постоянно создавать такие пластические решения, которые сделают условные рамки экрана незаметными зрителю, а действие будет органично распределено в условном пространстве перед экраном и в глубине него.

Для грамотной реализации портретных планов в 3D кино кинооператору следует вспомнить основы классической композиции в традиционном кино, когда оставляли «воздух» над головами актёров на средних и крупных планах лиц, от этого 3D фильм только выиграет в зрелищности и общей эмоциональности. 3D кино, если мы хотим максимально выразительно передать глубину



Пример построения композиции в 3D кино

и рельефность, требует большего количества предметов в кадре. 3D кино более тяготеет к пластике сверх общих (панорамных), общих и средне-общих планов, чем крупных и сверх крупных портретных построений. Большой экран кинотеатра, в отличие от телевизионного, как раз и создан для того, чтобы зритель смог увидеть большее число чётких предметов в кадре. При этом необходимо обеспечить резкость изображения по всему полю кадра и высокую чёткость движения перемещающихся объектов и актёров, а также максимально дробную компоновку мизансцен, с множественными перекрытиями одних объектов другими по глубине снимаемой сцены. Тогда зрителю будет предоставлена возможность, как в реальной жизни самому «сканировать» пространство кадра, рассматривая его по слоям. С другой стороны, дробность композиции снизит эффект «кулисности» стереоизображения.



Пример построения дробной композиции в 3D кино в сочетании с монокулярными и бинокулярными факторами стереоскопии

Но нужно помнить, что чем больше деталей и слоёв изображения в кадре, тем большее время понадобится зрителю на его рассмотрение. Также необходимо учитывать, что частое и неоправданное использование длиннофокусной оптики в 3D кино (чрезмерная детализация чего-либо в кадре в виде крупных планов) приводит к сужению поля зрения камеры, а значит, к уменьшению количества возможных деталей и глубинных слоёв в кадре, а это резко снижает восприятие объёма в целом.

Монтаж. Монтаж как таковой сделал кинематограф тем самостоятельным видом искусства, каковым мы его сегодня и можем знать. Монтаж позволяет управлять временем в кино, пространством, позволяет акцентировать внимание зрителя на главном в изобразительном ряде. Первооткрывателем монтажа на заре зарождения кинематографа в начале XX века стал француз Жорж Мельес. Он придумал и внедрил практически весь основной арсенал выразительных средств монтажа, а также многие спецэффекты и трюки в кино, которые используются с успехом и сегодня. Это монтаж по крупности планов, по движению объектов в кадре, по музыке, слову (мысли), цвету и т.д.

Существует межкадровый и внутрикадровый монтаж. Межкадровый монтаж осуществляется короткими пла-

нами разной крупности, соединёнными между собой посредством прямого стыка.

Внутрикадровый монтаж – это любое движение и перемещение камеры внутри снимаемой сцены от момента пуска и до её остановки, на тележке, операторском кране, при помощи стедикама, панорамирование камеры со штатива, трансфокация оптики непосредственно во время съёмки сцены, а также перемещение актёров внутри мизансцены – дальше или ближе к камере. Внутрикадровый монтаж предпочтительнее использовать чаще в 3D кино, чем межкадровый, так как в отличие от межкадрового монтажа (монтажа склейкой), внутрикадровый монтаж позволяет создать максимально возможную в кино иллюзию субъективного восприятия, единства времени и действия, в конечном счёте – наиболее яркую иллюзию интерактивности зрителя с тем, что происходит на экране. Внутрикадровый монтаж в 3D кино даёт возможность полнее и эмоциональнее вовлечь зрителя в экранное действие.

С другой стороны, если мы в 3D кино преимущественно используем традиционную «монтажную нарезку», т.е. межкадровый монтаж, а не внутрикадровый, то тем самым мы увеличиваем риск возникновения стереоскопического дискомфорта у зрителя ввиду возможных ошибок при стыковке планов с разными параметрами стереосъёмки (базис, дистанция рамп, фокус объектива, бинокулярные параллаксы и др.). Если же мы в съёмке 3D фильма преимущество отдаём хорошо продуманному внутрикадровому монтажу, более длинным планам, то тем самым мы снижаем количество возможных ошибок, так как монтажных стыков в фильме будет гораздо меньше. Например, быстро перейти от общего плана актёра к крупному методом прямой склейки в 3D кино невозможно, и не только потому, что это противоречит основам грамотного монтажа, когда между общим и крупным планом должен находиться средний план. Если это сделать, то мы столкнёмся с явлением «стереоскопический удар» – когда резко изменившиеся условия восприятия бинокулярных параллакс не позволят зрителю мгновенно адаптироваться и увидеть стереоэффект, что вызовет разрушение стереоэффекта или резкий дискомфорт его восприятия.

Если же прибегнуть к средствам внутрикадрового монтажа, то довольно стремительное приближение камеры от общего плана актёра к крупному – грудному, посредством стедикама или операторского крана, не вызовет дискомфорт у зрителя, а, напротив, усилит эмоциональный эффект восприятия такого кадра. Конечно, это верно, если соблюдать условия композиционного расположения актёра в пространстве снимаемой сцены на его крупном (грудном или чуть выше) плане, без усечения композиции по голове (оставив воздух) и выставив «ноль» позади затылка. Таким образом, следует учитывать и тот факт, что при тщательно организованном и грамотно реализованном внутрикадровом монтаже зритель лучше адаптируется к изменению па-

раллаксов внутри кадра, изменениям дистанции рампы и даже к изменению базиса съёмки непосредственно внутри кадра, и мозг испытывает значительно меньшую нагрузку, чем при дробном монтаже сцены короткими планами.



Пример стоп-кадра динамичной камеры, отжимающее действие рамок на передне-планные объекты при таком построении существенно снижается

Таким образом, в 3D кино следует избегать слишком коротких планов, особенно с большим количеством деталей или наличия в таких планах быстрого движения чего-либо. В то же время, динамику, создаваемую в традиционном плоскостном кино путём монтажной нарезки короткими планами, в 3D кино можно и необходимо заменять динамической камерой (внутрикадровым движением).

Следует избегать и большого количества статичных планов, снятых со штатива, а также лучше не прибегать к панорамированию камерой только с неподвижного штатива, а предпочтительнее использовать операторскую тележку, кран, стедикам, осуществляя медленное движение камеры по рельсам: вдоль снимаемой сцены или по дуге. В кадре, снятом таким образом, существенно усиливается восприятие объёма, так как здесь задействуется явление, известное как «динамический стереоэффект», или «временной параллакс» — один из ярких монокулярных факторов стереоскопического видения, который как изобразительный приём при съёмке 3D фильма многократно усиливает стереоэффект. Порог временного параллакса (если камера движется вдоль снимаемой сцены), позволяющий начать замечать различие в удалённости объектов от камеры, составляет 2–4 угловых минуты в секунду.

Кроме того, вертикальное движение камеры, установленной на операторском кране или лифте — также усиливает эффект объёма в 3D кино, даже при съёмке с малыми базисами. Здесь на усиление стереоэффекта работает явление, аналогичное описанному выше, известное как «динамический вертикальный параллакс», который также является одним из монокулярных факторов стереоскопического восприятия человека.

Глубина резкости. Глубина резкости в плоскостном кино позволяет управлять пространством, создавая иллюзию

глубины в абсолютно плоском (моноракурсном) изображении. Традиционно крупный план актёра в плоскостном кино снимается с минимальной глубиной резкости, что позволяет размыть резкий фон позади него и отделить главный объект в кадре от фона и таким образом акцентировать внимание зрителя на сюжетно важном персонаже, его эмоции. В 3D кино такой приём лишён здравого смысла, так как объекты, ввиду бинокулярных факторов восприятия, отделены друг от друга и от фона без расфокуса. Если всё же этим приёмом (размытие фона) злоупотреблять, то фильм потеряет зрелищность в эффе́кте объёма, будет восприниматься плоским, так как объект искусственно изолируется в пространственной композиции кадра, а нерезкий фон не позволяет нашему мозгу судить о бинокулярных параллаксах, а они главное условие восприятия глубины и рельефности в 3D кино.

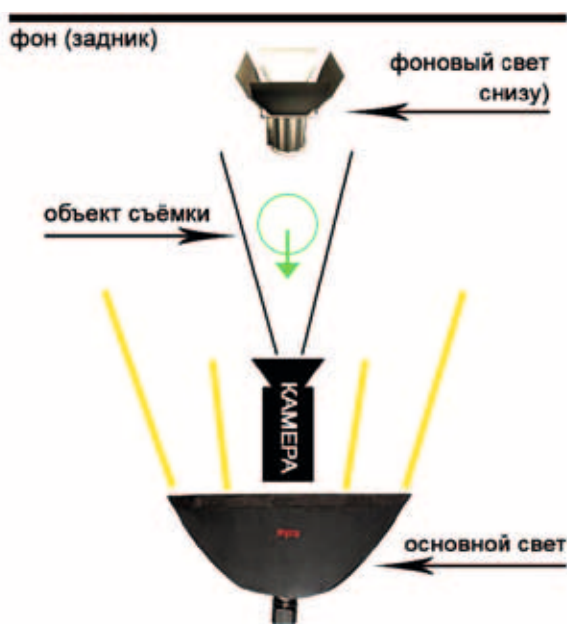
Свет. Выбор (прежде всего — кинооператора) такого решения светового рисунка кадра, в зависимости от поставленных задач, драматургии повествования, которое максимально комфортно воспримется бинокулярным аппаратом зрителя.

Чтобы полнее понять, чем отличается и отличается ли постановка света в кадре в 3D кино от постановки света в традиционном кино, вспомним, как в традиционном кинематографе кинооператор работает со светом. В традиционном кино кинооператор использует пять основных видов света:

- **Основной свет — РИСУЮЩИЙ** — главный свет в композиции традиционного кино, как правило, это один мощный источник света, его задача создать светотеневой рисунок, чтобы максимально ярко выявить форму и объём снимаемого объекта;
- **ЗАПОЛНЯЮЩИЙ СВЕТ** — (подсветка сцены от камеры) — это мягкий свет, задача которого наполнить всё пространство снимаемой сцены ровным бестеневым светом;
- **КОНТРОВОЙ СВЕТ** — встречный по направлению свету от камеры, он создаёт световой контур, отделяющий объект съёмки от фона, такой источник света ставится позади снимаемого объекта;
- **ФОНОВЫЙ СВЕТ** — служит для освещения фона снимаемой сцены;
- **МОДЕЛИРУЮЩИЙ СВЕТ** — служит для окончательного завершения общей картины освещения в снимаемой сцене.

Кроме этого, следует различать два принципиально различных метода освещения объектов в кадре (постановки света) в традиционном кино:

1. Создание на снимаемом объекте *Светотонального рисунка* освещения. Подобный характер освещения можно наблюдать днём, на улице в пасмурную погоду. Если мы снимаем в павильоне, то основной свет для получения светотонального рисунка ставится от камеры и подсвечивается фон снимаемой сцены прибором позади снимаемого объекта. При таком характере освеще-

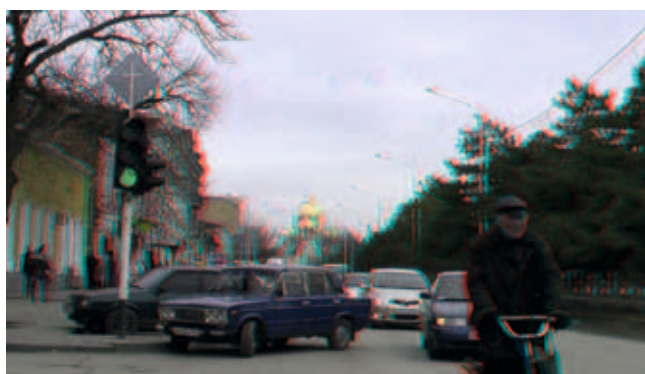


Светотеневой рисунок



Результат

Пример расстановки света для построения Светотонального рисунка освещения снимаемой сцены



Пример съёмки при рассеянном свете. Для восприятия объёма такой свет маловыразителен в 3D кино



Пример съёмки при солнечном свете, освещённость усиливается по мере отдаления от камеры, что способствует комфортному восприятию 3D изображения, дробность композиции и перспектива усиливают объёмность

ния рассеянный свет незначительно выявляет фактуру и форму снимаемых объектов, а итоговое изображение строится на локальных тонах.

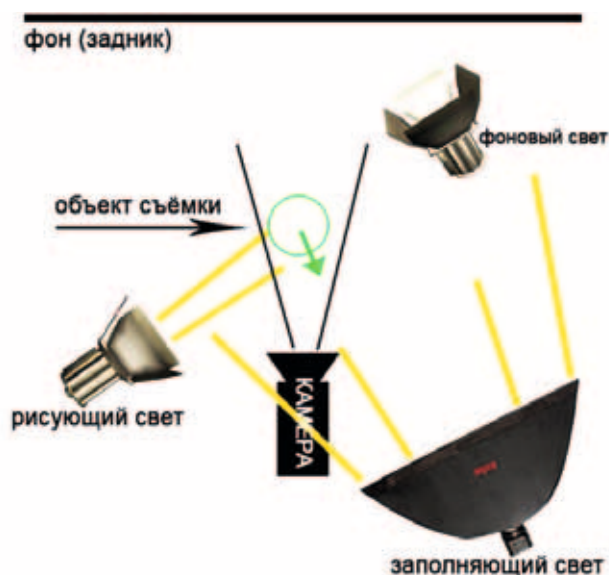
Применительно к 3D кино светотональный рисунок освещения — предпочтительнее, но применять его необходимо с некоторыми оговорками, имея в виду тот факт, что для передне-плановых объектов, расположенных ближе к камере, этот вид освещения больше подходит, чем к объектам дальней дистанции и объектам фона. Если всё в кадре будет освещено рассеянным светом, общая картина восприятия такого 3D кадра будет маловыразительна.

2. Второй метод освещения объектов в кадре — это создание *Светотеневого рисунка* освещения. Чтобы максимально выявить объёмные формы снимаемого объекта в традиционном кино, его нужно осветить направленным светом, создавая нужный эффект освещения расположением светового прибора (нескольких приборов). Если объект в снимаемой сцене осветить Рисующим направленным светом (под углом к камере) и заполняющим светом (непосредственно от камеры), то мы получим классический светотеневой характер итогового светотонального рисунка. При этом на снимаемом объекте создаются глубокие тени и яркие световые пятна — акценты, что придаёт определённый драматизм итоговому кадру.

Эта расстановка света в традиционном плоском кино создаёт иллюзию объёма на плоскости, но применительно к 3D кино такая схема значительно затрудняет восприятие зрителем объёма. Наличие глубоких теней, равно как и резких световых контрастов «яркое-чёрное», в 3D кино приведёт к трудностям восприятия такого кадра, так как мозг не будет воспринимать информацию о параллаксах должным образом. Именно по этой причине 3D кино противопоказана темнота, если мы не ставим целью убрать объём в кадре, сделать его «плоским» в восприятии. Ведь в глубоких тенях бинокулярная разница кадров будет просто не видна, а слишком яркие объекты

станут «прилипнуть» к краям кадра, даже если они находятся на значительном расстоянии от плоскости нулевых параллаксов (рампы).

Приведённая ниже расстановка света в 3D кино как основная – не пригодна, так как приводит к потере восприятия объёмности пространства. Но может быть применена для снижения объёма, глубины, телесности в кадре, если того требует драматургия.



Светотеневой рисунок

При съёмках средних и крупных планов людей солнечный верхнебоковой свет, падающий под углом 35–55 градусов, в наилучшей степени выявляет объём, форму, пластику человеческого лица и фигуры – это и есть нормальный портретный свет при естественном солнечном освещении.

Однако следует помнить, что в 3D кино умело созданная мягкая светотень без глубоких световых контрастов



Результат

Пример расстановки света для построения контрастного Светотеневого рисунка освещения снимаемой сцены (для 3D кино маловыразителен ввиду низкой проработки в тенях)

Рисующий свет – как единственный и главный свет – также наименее употребим в 3D кино. Рисующий свет традиционно ставится одним источником и, как правило – мощным. Однако, как уже говорилось выше, плохая проработка в тенях, возникающая неизбежно при применении рисующего света, тёмный фон на заднем плане, темнота как таковая для стереоскопии, для передачи трёхмерности – противопоказаны, так как всё это понижает восприятие горизонтальных параллаксов, а значит, наш мозг представляет картинку плоской, или возникает эффект «кулискости» восприятия стереокадра. Именно к этому приводит использование рисующего света в 3D кино как основного. Но всё зависит от многих условий, в которых строится композиция. Одно дело – в павильоне, другое дело – на натуре. При съёмках даже в яркий солнечный день в кино используются мощные световые приборы, цель которых в основном – ликвидация контрастных провалов в рисунке кадра (фоновый и акцентирующий свет, подсветки лиц актёров для ликвидации теней). На общих планах выразительность освещения человека в кадре зависит непосредственно от выразительности освещения пейзажа (фона). Для максимально объёмной передачи пространства в кадре в 3D кино фон должен быть хорошо освещён и быть не тусклее снимаемого передне-планового объекта, человека в кадре.

объёмно вылепливает скульптурные формы лица, что достигается путём выявления оптимального контраста освещения. Чтобы уменьшить высокий контраст освещения при съёмке на натуре, используют дополнительную подсветку приборами или отражательную подсветку в виде белого листа бумаги, ткани из светоотражающей рассеивающей поверхности. Это смягчает тени на лицах. При сугубо контрольном освещении также теряется передача объёмности.

С другой стороны, этим можно воспользоваться как изобразительным приёмом – в художественных целях сознательно уменьшая восприятие пространства. В 3D кино, если мы хотим убрать объём, категорически нельзя просто убирать второй ракурс и дублировать дважды один из оставшихся, лучше уменьшать объёмность, используя свет, композиционные построения, уменьшающие восприятие объёма, снижать базис съёмки, но всё же не выключать второй ракурс совсем. Если постоянно то включать, то выключать полностью второй ракурс, у зрителя возникнет психологическое неприятие такого монтажного ряда ввиду вынужденной частой адаптации то к монокулярному, то к бинокулярному процессу восприятия изображения (чего не происходит в реальной жизни), и неизбежно вызовет утомляемость и дискомфорт, и как следствие, негативные впечатления от картины в целом.

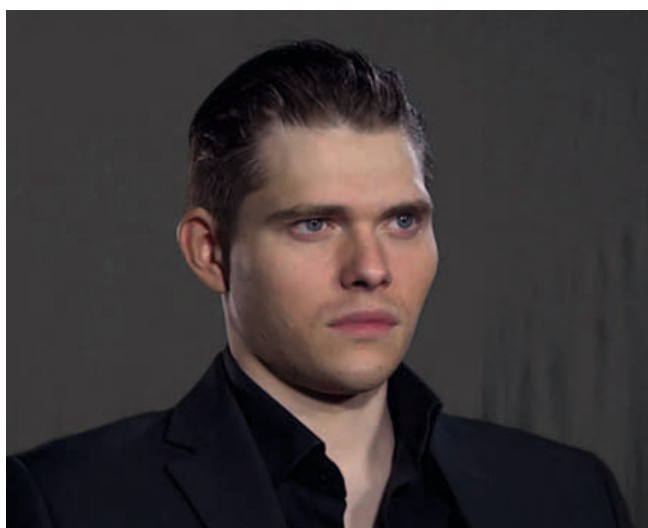
Гораздо более широкие возможности по манипуляции пространством дают бинокулярные факторы восприятия. Например, зловещая плоская тень на стене средствами компьютерной анимации может из плоской как бы «отклеиться» от стены и превратиться в объёмный объект, набрасывающийся из глубины кадра в зал. Уверен, переполох в зале просто обеспечен. Здесь поможет контрольный свет и светодинамическое внутрикадровое перемещение источников света. Этим в кино почти уже никто не пользуется, а зря.

Для 3D кино есть один универсальный принцип постановки света в кадре: свет в кадре (освещённость сцены) нужно усиливать по мере удаления предметов от камеры. Т.е. то, что находится на Дистанции Рампы (от камеры и до плоскости нулевых параллаксов) и будет восприниматься в зальном пространстве – должно притеняться по свету, здесь нужно использовать мягкий свет без теней, а фон (пространство, воспринимаемое зрителем как заэкранное) должен быть максимально ярко высвечен и снят в резкости. Если объекты зального восприятия касаются рамок кадра (например, в движении), то их нужно притенять, сводить к минимуму световую разницу между чёрной рамкой экрана и предметом, её касающимся. Тут, естественно, возникает и такое понятие как глубина комфортно воспринимаемого пространства и дальняя дистанция кадра. Фон (дальние объекты в кадре) в 3D кино не может быть тусклее, чем передне-плановые объекты, если мы не ставим целью получить уплощённое изображение. Почему? Потому что физиологические особенности человеческого зрения устроены таким образом, что параллаксы видимых нами предметов и регистрируемые нашим зрительным аппаратом на сетчатке глаз уменьшаются по мере удаления этих предметов от

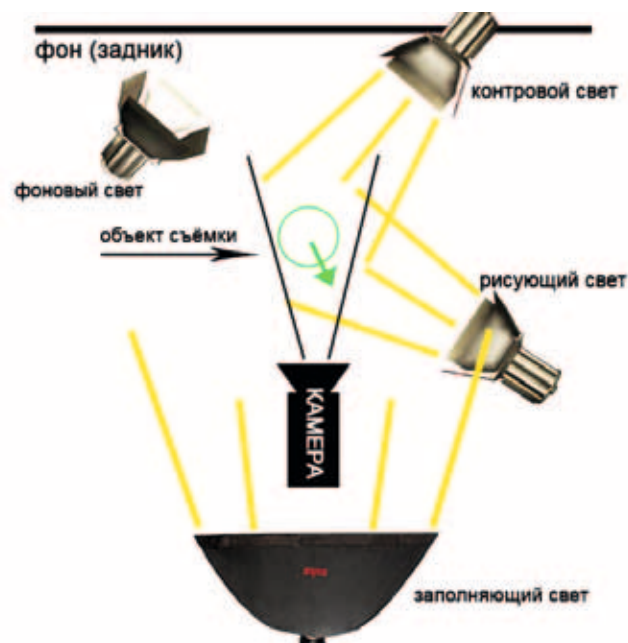
наблюдателя, а вместе с ними уменьшается и наша способность видеть бинокулярную разницу рассматриваемых предметов и уменьшается возможность сопоставления по принципу «дальше-ближе», так как величина этой разницы лежит на пороге предела разрешения глаз (нашей «матрицы-регистратора»). И если ещё при этом сознательно ухудшать требуемые условия комфортной регистрации нашим зрением параллаксов (затенять объекты дальнего плана, снижать освещённость удалённых от камеры предметов, снимать всё на чёрном фоне или в полумраке), то наш бинокулярный зрительный аппарат вообще перестанет видеть эти сетчаточные отличия, представляя нам плоскую картину, а мозг при этом будет испытывать значительную нагрузку и вызывать утомляемость просмотра. А передне-плановые (крупные объекты) и, соответственно, большие сетчаточные различия их одноимённых респондентных точек мы прекрасно видим и без максимального освещения этих объектов.

Таким образом, для получения максимально выразительного эффекта восприятия 3D изображения при съёмке крупных планов людей, можно использовать мягкий светотеневой рисунок так называемого «Нормального портретного освещения» снимаемого актёра. Обратите внимание на положение актёра по отношению к камере. Он не должен стоять фронтально, лучше в $3/4$. А источник Рисующего света в данном случае располагается справа от камеры (в зависимости от поворота головы актёра). При этом необходимо следить, чтобы фон в кадре был высвечен по яркости чуть больше, чем снимаемый объект.

Пластика природы. В качестве ярких выразительных средств в кино могут рассматриваться, к примеру, природные явления: туман, дождь, снегопад, дым, пух, летящий



Результат нормального портретного освещения



Нормальное портретное освещение

Расстановка света для построения Светотеневого рисунка освещения снимаемой сцены (наиболее приемлем в 3D кино)



Пример плавного наплыва (микса) для соединения планов с нормальными и завышенными отрицательными параллаксами

в пространстве кадра, различные состояния природы как таковые. А также определённые эстетические и концептуальные художественно-изобразительные решения в задаче того или иного эмоционального состояния, образа.

В этом смысле грамотно реализованная съёмка в 3D кино тумана или дыма («ковёр», уходящий вдаль от камеры – съёмка с предельно нижней точки), как бы «заползающих» в зрительный зал и подсвеченные мягким светотеневым рисунком, соединит пространство кадра с пространством зала и, следовательно, погрузит зрителя в происходящее почти физически.

Дождь, а в большей степени – снег – также могут способствовать максимальному контакту зрителя с происходящим действием. Кроме того, частицы снега или дождя, тополиный пух, заполняющие всё пространство снимаемого кадра, создадут максимально дробную пластику изображения, следовательно, максимально выразительный эффект объёма. Сюда же можно отнести и модулируемые посредством компьютера стереопары различных эффектов: пространственно заполняющие кадр царапины под «старое кино» или отдельные спонтанные вкрапления пылинок, всевозможных мелких частиц, имитирующих механически изношенную киноплёнку. Всё это может при умелом применении и к месту придать кадру дополнительную глубину и усилить восприятие зрителем объёма итогового фильма.

Наплыв – как выразительное средство 3D кино. Приём постепенного вытеснения одного изображения (пла-

на) другим, в 3D кино может стать ярким и совершенно по-иному воспринятым выразительным средством, чем в традиционном кино. Этим приёмом в 3D кино можно соединить два принципиально не стыкующихся кадра: в одном преимущественно отдано общему плану и объектам положительного параллакса, а в другом, который нам нужно смонтировать рядом, – крупный план объекта отрицательного параллакса. Если два таких плана просто поставить встык, то у зрителя при просмотре возникнет неизбежно «стереоскопический удар», зрительный аппарат не сможет быстро перестроиться на восприятие слишком разнящихся стереопар и в первые секунды не сможет увидеть стереоэффект, что вызовет дискомфорт и психологическое раздражение. Чтобы этого не произошло, а кадры необходимо дать последовательно, нужно сделать между ними довольно длительный наплыв (минимум 3 секунды).

С другой стороны, умело выстроенные и подобранные для такого стыка кадры могут стать совершенно новым выразительным средством 3D кино, ведь в этом случае нам предоставляется возможность «врезать» одни пространства в другие, что в сочетании с определённой идеей может стать мощным художественным изобразительным приёмом.

В заключение хотелось бы сказать, что в 3D кино главным выразительным и изобразительным инструментом в руках художника является осознанное и переживаемое психоэмоционально зрителем пространство, в котором условно «парит» создаваемое кинематографистами экранное действие. Задача 3D кино – сделать эту условность для зрителя через создаваемые пластические образы на экране максимально эмоциональной, трогающей своими образными решениями.

Каким будет язык 3D кино – зависит от нас. Для этого нужно учиться его азбуке, постоянно практиковать и экспериментировать, не останавливаться на уже достигнутом. Не нужно ждать, что кто-то завтра откроет все пластические возможности стереоскопии, научит всех ими пользоваться, нужно самому идти навстречу новым знаниям, становиться их первооткрывателем. ■



НАЧАЛО 3D КИНЕМАТОГРАФА В ГЕРМАНИИ



Штефан Дрёсслер
(Stefan Drossler), Direktor Filmmuseum, Muenchen

■ Спортивные события, такие как Олимпийские игры, не только преследуют политические цели, но и способствуют появлению новых технических изобретений и их сенсационному представлению общественности. Национал-социалистическая Германия, которая придавала особую важность своему имиджу, представила Олимпийские игры 1936 года в Берлине масштабным мероприятием, которое нашло своё отражение во всевозможных средствах массовой информации: газетах, на радио и в кинематографе. Впервые была запущена эстафета олимпийского огня, объединившая страны всего мира. Впервые известная женщина-режиссёр Лени Рифеншталь была привлечена к съёмке Олимпийского фильма, который должен был состоять из двух серий. Впервые можно было следить за ходом соревнований в прямом радиозфире. Наряду с традиционным фотоальбомом (который, в свою очередь, впервые состоял из двух частей) издательством Отто Шёнштайн [1] был выпущен альбом, содержащий стереоскопические изображения. И это перечисление можно было бы продолжать и дальше.

В справочной литературе можно найти лишь несколько ссылок на то, что немецкий стереоскопический кинематограф начался в 1936 году во время проведения Олимпиады. Имеющиеся на этот момент данные весьма противоречивы. В 1980 году была издана книга «3D-фильм» [2], где Петер Г. Гагеманн пишет следующее: «В Германии компания Zeiss Ikon предприняла попытку снять двухсерийный фильм и продемонстрировать его поляризационным методом с помощью узкоплёночной киноустановки. Эта установка была применена в 1936 году в Берлине на Олимпийских играх. Дипломированный инженер Герберт

Тюммель в связи с Олимпийскими играми пишет в своём докладе о стереоскопической скоростной киносъёмке, которая производилась двумя узкоплёночными кинокамерами, а получаемое изображение выводилось с помощью двух проекторов в поляризованном свете [3]. Р.М. Хайес, автор опубликованной в 1989 году книги «3D фильмы», пишет: «Во время Олимпиады 1936 года в Берлине нацисты сняли фильм о своих атлетах на основе стереоскопической технологии Zeiss Ikon. Воспроизведение велось с двух 8-мм киноплёнок, а изображения выводились на экран в поляризационном свете» [4]. Так как факты возникновения стереофильмов в Германии очень неточные и отчасти ошибочные, я попытаюсь привести ниже наиболее достоверную информацию из оригинальных источников.

Пожелания организационного олимпийского комитета

Во время Олимпийских игр в Лос-Анджелесе 1932 года была применена установка, которая позволила с высоты восьмиметровой башни производить киносъёмку скоростной камерой (128 кадров в секунду) и обеспечивать автохронометраж во время забега спортсменов. Это, в свою очередь, позволило избежать ошибок, возникающих при замере времени секундомером. Поэтому германцы были особо амбициозны в своём желании усовершенствовать технику для Олимпиады 1936 года. В марте 1933 года в государственный физико-технический комитет обратился 73-летний Теодор Левард, который являлся президентом основанного им в 1919 году государственного комитета по физическому развитию. Он

выразил свои пожелания к физико-техническому комитету, чтобы тот занялся разработкой прибора, который позволил бы производить безошибочный замер времени во всех видах спортивных программ [5, 6, 7]. В апреле 1933 года состоялось заседание с участием генерального секретаря организационного комитета Карла Дим и сотрудников доктора В. Кайл и доктора Е. Рикманн. На заседании было сформулировано задание: «Нужно разработать измерительный прибор, который зафиксирует на кинокадре стартовый сигнал и момент пересечения финишной черты спортсменами, а также их финишное время с точностью до 1/10 секунды» [8]. Впоследствии были добавлены некоторые уточнения: это должен быть механический времяизмерительный прибор, который во взаимодействии с хронометром и синхронным двигателем позволит зафиксировать результаты с точностью до 1/1000 секунды. Дополнительно должна была проводиться стереоскопическая съёмка, которая помогла бы определить победителя при равных временных результатах. «Кроме того, необходима стереоскопическая фиксация финиша, чтобы удостовериться в правильности определения победителей. Именно этот факт стал предпосылкой для проведения стереоскопической съёмки» [9].

Стереокамеры Zeiss Ikon

Восприятие трёхмерного изображения в повседневной жизни реализуется благодаря феномену стереоскопического зрения. Человек видит обоими глазами изображение предмета, а в коре головного мозга происходит соединение полученных изображений в единый объёмный образ. Этот принцип был знаком в фотографии уже в 19 веке: производится одновременная съёмка с помощью двух фотокамер, объективы которых расположены на расстоянии стереобазиса, равного расстоянию между глазами среднестатистического человека. Оба снимка помещаются в стереоскоп, где при разделном для каждого глаза просмотре двух картинок человек воспринимает единое объёмное изображение. Согласно этому принципу для съёмки стереоскопического фильма требуются две кинокамеры, расположенные рядом друг с другом и предназначенные для одновременной съёмки спортивного соревнования. Фирма Zeiss Ikon, которая была привлечена в 1935 году

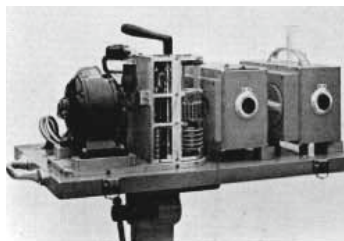


Рис. 1. Две синхронизированные кинокамеры, осуществляющие стереоскопическую съёмку на 16-мм киноплёнку [9]

к разработке проекта, изобрела специальную конструкцию для съёмки стереоскопического фильма: «Съёмочное оборудование состояло из двух синхронизированных плёночных кинокамер, каждая из которых осуществляла стереоскопическую съёмку на 16-мм узкую плёнку [10] (рис. 1).

Используемые камеры позволяли снимать до 100 кадров в секунду [11], а при стандартной скорости проекции 16 кадров в секунду достигался эффект шестикратного увеличения скорости киносъёмки [12]. Расстояние между камерами было больше расстояния между глазами человека, в результате чего стереоскопический эффект был неестественно увеличен [13].

Регистрация времени с помощью секундомера

Проблемы измерения времени были связаны в первую очередь с человеческим фактором, а именно неточностью при нажатии кнопки секундомера в момент старта и финиша. Было предложено следующее решение: от выстрела стартового пистолета запускался счётный механизм, который представлял собой электромеханический хронометр с шестью вращающимися дисками, на которые были нанесены числовые отметки (использовался принцип действия одометра, т.е. счётчика пройденного пути). С помощью соединительной муфты в действие приводились кинокамеры, съёмка производилась с самого старта гонки. Так как в камерах стояли кассеты с 16-мм плёнкой и снималась только линия финиша, не было смысла запускать кинокамеры ещё до начала забега [14]. На одной киноплёнке отображались время и дата фильма, а на другой счётный механизм с указанием числовых отметок (рис. 2).

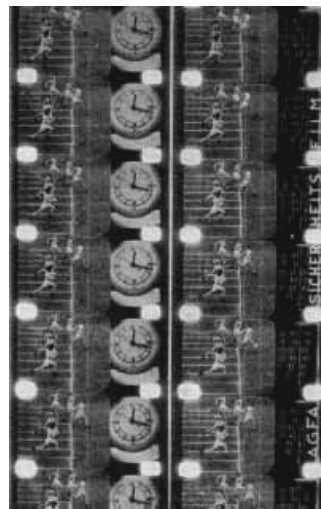


Рис. 2. Сохранившаяся киноплёнка, подтверждающая применение фотофиниша на Олимпийских играх в Берлине

Фильм, снятый на обратимую киноплёнку

Основной задачей немецкого концерна «Агфа», который был привлечён к проекту в начале 1935 года [15], стала разработка съёмки специального кинофильма. Для любого спортивного соревнования очень важно установить победителей как можно скорее, поэтому было решено использовать съёмку на обратимую киноплёнку и её скоростную проявку: «В течение 10 минут плёнка с фильмом обрабатывалась, высушивалась и передавалась в демонстрационный зал, находящийся рядом с проявочной установкой». Однако не было полной уверенности в том, что при съёмке на обратимую плёнку и её проявке не возникнет сбоя, поэтому в качестве запасного варианта второй камерой снимался обычный кинофильм на 16-мм киноплёнку. «Этот традиционный фильм был доступен для просмотра уже на следующий день, но ни в одном конкретном случае не возникало не-

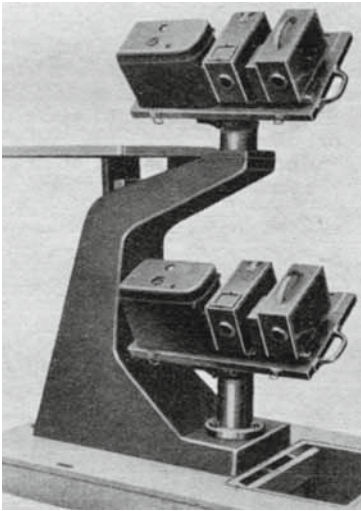


Рис. 3. Установка из двух стереоблоков

обходимости прибегать к этому запасному варианту [16]. Отснятые в этом формате фильмы продавались для частного кинопросмотра. Сегодня они являются единственными сохранившимися документами, подтверждающими применение фотофиниша на Олимпийских играх в Берлине». Несколько из них сохранилось в киноархиве Олимпийского комитета в г. Лозанне.



Рис. 4. Специальная операторская башня для съемки фотофиниша

Операторская башня

Сложным был и вопрос о размещении кинокамеры во время съёмки. «Считалось, что самой лучшей точкой для съёмки станет расположение олимпийской камеры на специальной башне, установленной на достаточно далёком расстоянии от беговой дорожки [17] (рис. 4) таким образом, чтобы при съёмке финиша не помешали бы ни судья, ни хронометрист, стоящие на вышке, и чтобы спортсмены не перекрывали друг друга [18]. Девятиметровая операторская башня устанавливалась с внутренней части

беговой дорожки. Конструкция была достаточно лёгкая по весу, но в то же время прочная и устойчивая, транспортировка производилась с помощью специального автомобиля [19] (рис. 5).



Рис. 5. Транспортировка операторской башни на специальном автомобиле

Стоит отметить, что ни на фотографиях Олимпийских игр, ни на видеокдрах не видна упомянутая операторская башня. Это потому, что появление кинокамер и других вспомогательных приборов в кадре не соответствовало эстетическим требованиям Лени Рифеншталь, которая считала, что эти вещи лишь помогают зрителю наблюдать за происходящими событиями.

Новый поляризационный метод

Для просмотра стереоскопических фотографий используется стереоскоп, который позволяет представить каждому глазу предназначенное ему изображение. При проекции на экран выводятся сепарированные, наложенные друг на друга изображения стереопары, которые зритель рассматривает в стереочках. С помощью этих очков изображения стереопары разделяются на картинку, предназначенные для правого и левого глаза. При демонстрации немых стереофильмов в США и некоторых других странах использовался метод цветных анаглифов, в соответствии с которым изображения для одного глаза проецировались в красных лучах, а для другого – в синих или зелёных. Изначально планировалось, что при показе стереофильмов об Олимпиаде тоже будет использован этот метод [20]. Но благодаря открытию линейной поляризации [21], впервые в истории кинематографа был использован метод, при котором ограничивалось колебание лучей света во всех направлениях и допускалось их колебание лишь в одной плоскости. С помощью пары поляризационных фильтров, векторы которых повернуты по отношению друг к другу на 90 градусов, можно зашифровать оба изображения стереопары фильма. Так как на белом экране происходит деполяризация лучей света, фильм для судей проецировался на матовое

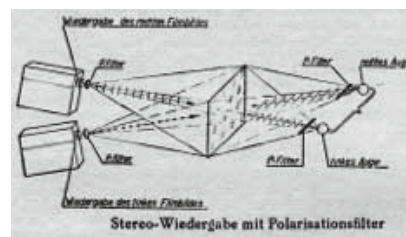


Рис. 6. Проецирование фильма для судей на матовое стекло через поляризационный фильтр сдвоенного кинопроектора

стекло через поляризационные фильтры сдвоенных кинопроекторов (рис. 6). Судьи смотрели фильм на просветном экране из матованного стекла в поляризационных стереочках.

Заснятые на киноплёнку соревнования

Фотофиниш стал применяться в гоночных соревнованиях и по окончании недели лёгкой атлетики; в гонках на велосипедах на гоночной трассе Авус в Берлине, в гонках на байдарках [22].

Из-за недостаточной ёмкости кассет производилась съёмка лишь с частотой 50 кадров в секунду. При видеосъёмке гребли этот показатель ограничивался 30 кадрами. Поэтому, на всякий случай, полагались не только на данные, полученные с помощью съёмочной техники. Па-

раллельно время засекалось и на секундомере. Во время Олимпиады был лишь один случай, когда киносъёмка помогла определить победителя, а именно, в забеге на 80 метров с препятствиями, когда представительницы Италии, Германии и Канады показали одинаковый результат в 11,7 секунды, который в то же время явился новым олимпийским рекордом. Использование фотофиниша стало настоящим успехом, а, по словам ответственных за этот проект, в дальнейшем не было никаких проблем и накладок.

Стереokino во время и после войны

Успешное внедрение стереоскопической техники во время Олимпиады поставило перед Zeiss-Ikon задачу разработки техники для стереокинематографа. Задачей номер один стала разработка способа, при котором оба изображения были бы спроецированы на экран без синхронизации камер и проекторов. 6 июня 1936 года в Доме берлинской техники состоялась презентация стереофильма в честь ежегодного заседания немецкого общества фотограмметрии и дистанционного зондирования. К показу были представлены два фильма, снятые разными способами: фильм на 35-мм киноплёнке, который позволял воспроизводить изображения стереопары, размещённые на площади одного кадра (рис. 7), а вторым был представлен 16-мм узкоплёночный фильм, изображение которого проецировалось на экран с использованием линзового раstra [23].



Рис. 7. Изображения стереопары на 35-мм киноплёнке



Рис. 8. Расположение стереопары с поворотом 90°

От воспроизведения при помощи линзового раstra в дальнейшем отказались (этот метод использовался до 1968 года в Советском Союзе), взамен занялись усовершенствованием 35-мм системы: для того чтобы достичь нормального формата кино 3:4 или 1:1,33, уменьшили оба кадра на 50%, расположили их с поворотом 90° (рис. 8).

Разработанный объектив «Стерикон» состоял из комплекса оптических элементов, которые позволяли повернуть оба изображения и проецировать их друг на друга в поляризованном свете (рис. 9). В таком «Zeiss-Ikon формате» 27 мая 1937 года в Доме немецкой техники к показу был представлен первый цветной стереоскопический звуковой фильм. Стереопроекция в этот раз производилась не через прозрачный, а на покрытый алюминиевой краской экран [25], позволяющий избежать

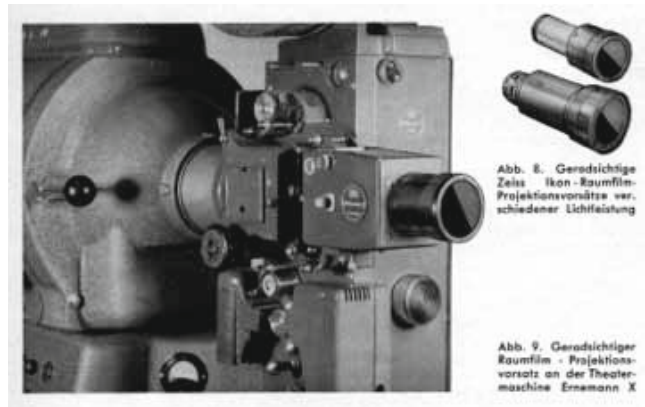


Рис. 9. Кинопроектор с объективом «Стерикон»

деполяризации и компенсировать потерю яркости. К общественному показу первый стереофильм, как назывались немецкие Zeiss-Ikon-3D фильмы, был представлен 5 декабря 1937 года в кинотеатре «Ufa-Palast am Zoo» и 27 февраля 1938 года в «Ufa-Palast» в Гамбурге. Тысяче зрителей был показан рекламный фильм о социальном народном обеспечении в Гамбурге «ZUM GREIFEN NAH» [26]. Летом 1939 года появился чёрно-белый короткометражный художественный фильм «DREI MÄDELS ROLLEN INS WOCHENEND», показ этого фильма проходил в «Tobis-Haus» в Берлине 20 марта 1941 года [27]. Начало войны воспрепятствовало проведению дальнейших экспериментов, вся техника была изъята военными силами. Гегеманн упоминает о сотне тысяч метров снятой киноплёнки для стереоскопических фильмов о военно-морском флоте и армии [28]. Эти данные никак нельзя проверить. До сих пор были найдены лишь фрагменты учебных фильмов для флота и авиации. Сохранились, например, фрагменты учебных фильмов для военной авиации, которые были сняты в подвале дрезденской Фрауэнхирхе [29], а также некая чёрно-белая копия начала фильма, который, судя по названию, должен был быть цветным стереофильмом Верховного командования флота для координирования войск. Скорее всего, этот фильм так и не был снят до конца [30].

Дальнейшее развитие

После войны попытались возродить технологию Zeiss-Ikon в связи с 3D бумом в Голливуде в 1952–1954 годах. Эти попытки закончилось съёмкой нескольких короткометражных фильмов. Частое утверждение, что немецкая версия фильма «Ярмарка любви» Курта Ноймана была снята техникой Zeiss-Ikon, не находит никаких подтверждений [31]. Сенсационными являются видеоролики под названиями «Пластичное представление», «Автомобиль и его работа» и «Белая мечта» (рис. 10), которые были сняты для автомобильного концерна Фольксваген в преддверии международной автомобильной выставки в городе Франкфурт-на-Майне [32]. Жак Варнер посетил в 1953 году предприятия Zeiss-Opton, похвалил объектив Sterikon [33], но в то же время заметил, что он вряд



Рис. 10. Кадр из фильма «Белая мечта»

ли подойдёт для массового использования в кинематографе из-за своего фокусного расстояния, больших потерь света и сложного процесса настройки. Объективы Sterikon больше не производятся, а немногие сохранившиеся экземпляры являются желанной добычей для коллекционеров. При копировании фильмов, снятых оборудованием Zeiss Ikon и хранящихся в государственной фильмотеке, не удалось произвести их просмотр в объёмном трёхмерном изображении. Позже, с появлением цифрового кино, в котором оба кинокадра в быстрой последовательности выводились на экран, прекратились попытки вывести две картинки на одну 35-мм киноплёнку.

Эксперименты 1936 года оказали большое влияние на дальнейшее развитие спортивных видео- и фотоотчётов. Спортивные мероприятия сегодня невозможно представить без повторных замедленных просмотров самых интересных, напряжённых и спорных моментов. В последнее время плоская 3D-графика часто применяется при повторе моментов игры рядом с воротами, а также при спорных оценках положения вне игры. Виртуальная камера охватывает область вокруг игрока, таким образом, возможен полный анализ игровой ситуации. Об этом инженеры в 1936 году и мечтать не могли. А вот и ещё один отличительный момент от ситуации 1936 года: для определения результатов запись могли просматривать только судьи, сегодня же телевидение использует технику, позволяющую зрителям оценивать решения, принятые судьями. И должно пройти ещё много времени, чтобы самим судьям было позволено принимать окончательное решение с помощью современных технологий. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Ludwig Haymann: «Die Olympischen Spiele 1936. Mit 100 Raumbild-Aufnahmen von Heinrich Hoffmann»; Raumbild-Verlag Otto Schönstein, Dießen/Ammersee, 1936.
2. Peter H. Hagemann (Hg.): «Der 3D-Film»; Verlag Monika Nüchtern, München 1980, s. 17.
3. Herbert Tümmel: «Vom Flachfoto zum dreidimensionalen Film», in: Peter H. Hagemann, a.a.O., s. 102.
4. H.M. Hayes: «3D Movies»; McFarland & Company, Jefferson/London 1989, s. 10–11.
5. W. Keil: «Die Genauigkeit der sportlichen Zeitmessung und die neuzeitlichen Anforderungen an diese»; in: «Die Kinotechnik» Heft 20, Berlin 1936, s. 331.
6. Theodor Lewald, http://de.wikipedia.org/wiki/Theodor_Lewald
7. W. Keil, a.a.O., s. 331.
8. E. Rieckmann: «Bau und Einsatz des Zeitfilmgerätes bei den Olympischen Spielen 1936», in: «Die Kinotechnik» Heft 20, Berlin 1936, s. 333.
9. W. Keil, a.a.O., s. 331.
10. Fritz Köber & Otto Vierling: «Die Entwicklung des Raumfilmverfahrens System Zeiss Ikon», in: «Kinotechnik und Filmtechnik», Heft 3/4, Gemeinschaftsverlag Kinotechnik und Filmtechnik, Berlin 1944, s. 17.
11. W. Keil, a.a.O., s. 332.
12. Anonymus: «Stereo-Zeitlupenkinno und Zeitmeßapparatur»; in: «Die Kinotechnik» Heft 15, Berlin 1936, s. 249.
13. E. Rieckmann, a.a.O., s. 334.
14. E. Rieckmann, a.a.O., s. 332–333.
15. W. Keil, a.a.O., s. 332.
16. E. Rieckmann, a.a.O., s. 334.
17. W. Keil, a.a.O., s. 331.
18. E. Rieckmann, a.a.O., s. 333.
19. E. Rieckmann, a.a.O., s. 334.
20. E. Rieckmann, a.a.O., s. 334.
21. F. Tuttle und J.W. McFarlane: «Photographische Möglichkeiten mit polarisiertem Licht»; in: «Kinotechnik» Heft 16, Berlin 1935, s. 274–276.
22. E. Rieckmann, a.a.O., s. 334–335.
23. Fritz Köber & Otto Vierling, a.a.O., s. 17.
24. Walter Selle: «Der Stereofilm nach Iwanow»; in: «Foto-Kino-Technik» Heft 3, Berlin 1947 S. 9–11 / Heft 4, Berlin 1947, стр. 7–9 / Heft 5, Berlin 1947, s. 12–14.
25. Leopold Kutzleb: «Ein Vorbote des plastischen Farbentonsfilms»; in: «Die Kinotechnik» Heft 7, Berlin 1937, s. 165.
26. Fritz Köber & Otto Vierling, a.a.O., s. 17.
27. Fritz Köber & Otto Vierling, a.a.O., s. 19.
28. Peter H. Hagemann, a.a.O., s. 20.
29. Dieter Lorenz: «3D-Filme aus den Gräften der Dresdner Frauenkirche»; in: «Fernseh- und Kinotechnik» Heft 12, Berlin 1999, s. 772–774.
30. Stefan Dröbler: «Zum Greifen nah»; in: «Film-Dienst» Heft 2, Verlag Deutsche Zeitung GmbH, Bonn 2008, s. 12.
31. H. M. Hayes, a.a.O., s. 152–153, 160.
32. André Eckardt: «Im Dienst der Werbung. Die Boehner-Film» 1926–1967, «CineGraph Babelsberg», Berlin 2004, s. 56.
33. Peter H. Hagemann, a.a.O., s. 58



САМЫЕ ПЕРВЫЕ В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО КИНЕМАТОГРАФА



Н.А. Майоров, режиссёр-оператор, киновед,
член Союза кинематографистов России

(Продолжение. Начало в МТК №27)



Джордж Истмен (George Eastman)

1885 год
– **Джордж ИСТМЕН** (George Eastman) (12.07.1854–14.03.1932), американский изобретатель, основатель компании «Kodak», предложил использовать рулонную светочувствительную бумагу для проведения многокадровой съёмки. Джордж Истмен внёс огромный личный вклад в разработку фотоматериалов и развитие кинематографа.

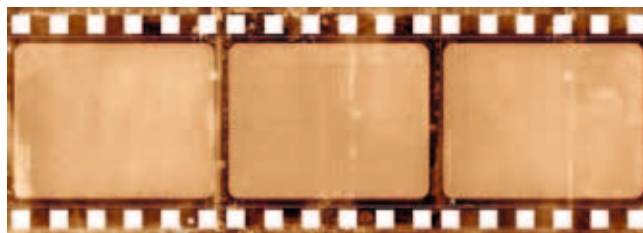


Эмиль Берлинер (Emile Berliner) у
первого образца своего граммофона

1887
– 26 сентября **Эмиль БЕРЛИНЕР** (Emile Berliner) (20.05.1851–03.08.1929), американский изобретатель, получил патент на изобретение **граммофона**.

1888

– **Уильям Кеннеди Лаури ДИКСОН** (William Kennedy Laurie Dickson) (1860–1935), ученик Томаса А. Эдисона (Thomas Alva Edison), применил **целлулоидную плёнку** шириной 2 дюйма (50,8 мм) с **перфорациями**, в которые входили зубья шестерён, протягивающих плёнку.



Одна из первых киноплёнок конца XIX века

– В ноябре в Великобритании французом **Огюстеном Ле ПРИНСОМ** (Augustin Le Prince) (1842–1890) был снят первый фильм, состоявший из двух фрагментов: первый снят с частотой 10–12 кадров в секунду, второй – 20 кадров в секунду.

1889

– **Этьен-Жюль МАРЕЙ** (Etienne Jules Marey) использовал для съёмки новую целлулоидную ленту, что позволяло делать 100 снимков в секунду.

1891

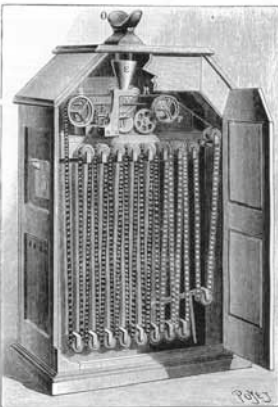
– **Томас А. ЭДИСОН** (Thomas A. Edison) (1847–1931) впервые использовал 35-мм светочувствительную плёнку с шагом кадра 19 мм и двухсторонней перфорацией.



Джордж Истмен (George Eastman) и Томас А. ЭДИСОН (Thomas A. Edison)

– Уильям Кеннеди Лаури ДИКСОН (William Kennedy Laurie Dickson) создал прообраз современной кинокамеры.

– Англичанин **Дж. АНДЕРТОН** (G. Anderton) предложил использовать явление поляризации света для проекции стереопар.



Кинетоскоп («Kinetoscope») Томаса Эдисона

– 22 мая состоялся первый открытый кинопоказ в лаборатории **Томаса А. ЭДИСОНА** (Thomas A. Edison) в Уэст-Орэндж (штат Нью-Джерси, США), на котором присутствовали 147 делегатов Национальной федерации женских клубов.

– 31 июля **Томас А. ЭДИСОН** запатентовал «Kinetoscope» (кинетоскоп) – аппарат для индивидуального просмотра движущихся изображений, снятых на киноплёнку.

1893

– 9 мая в Бруклинском Институте изобразительного искусства и науки (Brooklyn Institute of Arts and Sciences) состоялась первая публичная демонстрация кинетоскопа («Kinetoscope») Томаса Эдисона.

– Механик Новороссийского университета **Иосиф Тимченко** (по идее профессора Московского университета Н.А. Лебедева и при участии изобретателя М.Ф. Фрейденберга) изготовил скачковый механизм типа «улитка» для прерывистой смены изображений.

1894

– 9 января 1894 года **Иосиф ТИМЧЕНКО** провёл в Москве первую демонстрацию «движущихся изображений скачущих кавалеристов и метателей копья».

– 14 апреля прошёл **первый коммерческий кинопоказ в кинетоскопном зале** Холлэнд Бразерс на Бродвее (Broadway) в Нью-Йорке – за 25 центов показывали 5 фильмов. За первые дни демонстрации было собрано 120 долларов, а просмотры посетило более 500 зрителей.



Салон кинетоскопов в Сан-Франциско (San Francisco Kinetoscope parlor) (1894)

1895

– Издана первая книга о кинематографе – History of the Kinetograph, Kinetoscope, and the Kinetograph.



Обложка первой книги о кинематографе

(История кинетографа, кинетоскопа и кинетофонографа). Автором книги стали **Уильям Кеннеди Лаури ДИКСОН** (William Kennedy Laurie Dickson) и его сестра Антония. Эта маленькая брошюра стала не только первой книгой о том, как делается кино, но первым рекламным изданием для увеличения продаж кинетоскопов. В оформлении обложки книги У. Диксон использовал кадры из популярных кинетоскопических фильмов.

– Во Франции основана кинокомпания «Gaumont» (Гомон).

– **У. ЛАТАМ** демонстрирует в США фрагменты, снятые на плёнке шириной 2 дюйма (50,8 мм) с размером кадра 38,1x19 мм при шаге 19 мм.

– Во Франции **Леон ГОМОН** (Leon Gaumont) вместе с **Леопольдом ДЕКО** по патентам **Жоржа ДЕМОНИ** создают съёмочную камеру и кинопроектор для 60 мм плёнки с кадром 45x35 мм при шаге 35 мм.

– 22 марта состоялась первая публичная демонстрация фильма, снятого **Луи ЛЮМЬЕРОМ** (Louis Lumiere) «La Sortie des usines Lumiere» (Выход рабочих с завода Люмьер).

– 2 апреля снят **первый экспериментальный звуковой фильм** по системе «Kinetoscope» 35 мм фирмы «Edison» «Sound-on-Cylinder Sound System».

– 20 мая в доме на Бродвее (Broadway) в Нью-Йорке на экране перед публикой впервые за плату показали четырёхминутный фильм о боксёрском поединке Янга



Кадр из фильма «La Sortie des usines Lumiere» (Выход рабочих с завода Люмьер) (1895)

Гриффо и Чарлза Барнетта (снят фирмой «Ламбда Ко», основанной майором Вудвилл (Woodwill)).



Просмотр звукового фильма на кинетоскопе



Макс Складановский (Max Skladanowsky) демонстрирует кинопроектор «Bioscope» (Биоскоп)

– Первый платный киносеанс братьев **ЛУИ и ОГУСТА ЛЮМЬЕР** (Louis, Auguste Lumiere) состоялся 28 декабря в Париже (Paris) в Индийском салоне (Indian Salon) Гранд-кафе (Grand Cafe) на бульваре Капуцинок (Boulevard des Capucines). Начались регулярные платные показы фильмов для публики.

– В августе в США началась демонстрация первого сюжетного фильма «Execution of Mary, Queen of Scots» (Казнь королевы Марии Шотландской).

– 1 ноября в «Зимнем саду» в Берлине состоялся **первый платный показ кинофильма на экране в Европе**. Он был устроен **Максом (Max) и Эмилем (Emile) СКЛАДАНОВСКИМИ** (Skladanowsky), сконструировавшими аппарат для съёмки и проекции фильмов – «Bioscope» (Биоскоп), представлявший собой двойной проектор с двумя склеенными полосами целлулоидной плёнки. Было показано несколько фильмов длиной по 1,5 м, состоявших из 48 кадров каждый: «Итальянский крестьянский танец», «Акробаты», «Жонглёр» и другие.

– Первый платный ки-



Афиша киносеансов братьев Люмьер



Братья Люмьер

– **Первый в мире сюжетный комедийный фильм «L'Arroseur arrose»** (Политый поливальщик) выпущен на экран 28 декабря 1895 года.

– **Первый в мире запрещённый фильм** – по сообщению французского оператора Франсиса Дублье, летом 1896 года в Москве был запрещён фильм с участием принца Наполеона, танцующего с «дамой сердца».

– Основана первая американская кинофирма – «Edison» Томаса А. Эдисона (Thomas A. Edison).

– **Первый в мире фильм ужасов** и первый фильм о вампире «Le Manoir du diable» (Замок дьявола) снял **Жорж МЕЛЬЕС** (Georges Melies) (08.12.1861–21.01.1938).

– **Первая в мире женщина-режиссёр – Алис ГИ** (Alice Guy) (01.07.1873–24.03.1968) сняла свой первый фильм «La Fee aux choux» (Капустная фея, или Рождение ребёнка).



Алис ГИ (Alice Guy)

– Француз **А. Бертье** (A. Bertie) и немец **Ф. Лизеганг** (F. Lizegang) независимо друг от друга предложили применить растр перед экраном для разделения правого и левого изображений, стереопары.

– В России **Иван АКИМОВ** сконструировал проектор «**Стробограф**», используя плёнку шириной 40 мм.

– 15 июня в журнале «Сар Book» опубликован **первый в мире критический отзыв о фильме** – «Просто отвратительно». Журнал «Сар Book» издавался в Чикаго (Chicago) с 1894 по 1898 год для молодёжной аудитории и представлял читателям малоизвестных писателей и поэтов своего времени, таких как: Йетс (Yeats), Генри Джеймс (Henry James), Генрих Ибсен (Henrik Ibsen), Герберт Уэллс (H.G. Wells), Рембо (Rimbaud) и др.



Эрнст Карл АББЕ (Ernest Karl Abbe)

1897

– В Германии немецкий физик-оптик **Эрнст Карл АББЕ** (Ernest Karl Abbe) (23.01.1840–14.01–1905) разрабатывает оптическую систему «**Anamorphot**» (Анаморфот), сжимающую изображение в одном направлении и ставшую основой



В киноателье Мельеса (1901)



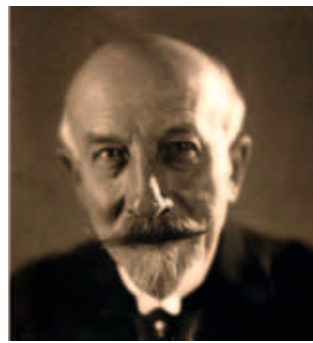
Жорж Мельес на съёмочной площадке (1901)

принципа работы широкоэкранных систем кинематографа в середине 20-го века. Разработал теорию образования изображений в микроскопе. Многие оптические приборы, конструкции которых разработал Э. Аббе, до сих пор находят применение в оптико-механической промышленности.

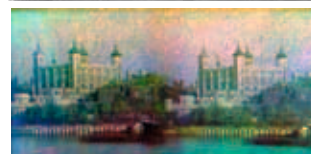
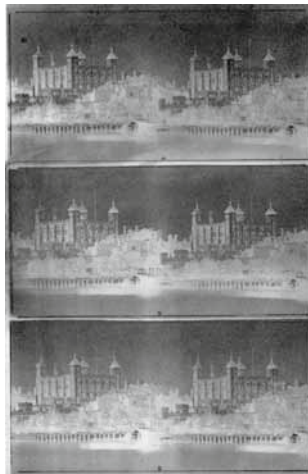
– В США выпущен на экран первый ковбойский фильм «**Cripple Creek Barroom**» (Закусочная в Криппл-Крик).

1898

– Во Франции **Жорж МЕЛЬЕС** (Georges Melies) открывает **первое в мире съёмочное киноателье**.



Жорж МЕЛЬЕС (Georges Melies)



Цветоделённые негативы и цветная стереопара с видом Лондона 1898 г. Фредерика Айвса

– **Первый в мире крупный план в кино применён в английском фильме «Grandma's reading glass»** (Бабушкино увеличительное стекло) режиссёром Джорджем Альбертом Смитом (George Albert Smith).



Кадры из фильма «Grandma's reading glass» (Бабушкино увеличительное стекло) (1900)



– На Всемирной выставке в Париже открыта **первая в мире круговая кинопанорама «Cineorama»** (Павильон Синеорама) (подробнее см. в МТК, №№ 11–12, 2009).

Продолжение следует