

СОЮЗ КИНЕМАТОГРАФИСТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В КИНЕМАТОГРАФЕ,
МЕДИАИНДУСТРИИ,
И ОБРАЗОВАНИИ**

**IX ВСЕРОССИЙСКАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

(Москва, 18–20 октября, 1 ноября 2022 года)

МАТЕРИАЛЫ И ДОКЛАДЫ

**МОСКВА
ИПП «КУНА»
2022**

УДК 778.5.001

ББК 85.37

И66

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *Тихомирова Г. В.*

доктор технических наук, профессор *Башарин С. А.*

И66 Инновационные технологии в кинематографе, медиаиндустрии и образовании: IX Всероссийская научно-практическая конференция, Москва, 18–22 октября, 1 ноября 2022 г.: Материалы и доклады / под общей редакцией О. Н. Раева. — Москва : ИПП «КУНА», 2022. — 331 с.

ISBN 978-5-98547-141-0

В сборнике приведены доклады и выступления на IX Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в кинематографе, медиаиндустрии и образовании», состоявшейся 18–22 октября, 1 ноября 2022 г. в г. Москве.

Для специалистов и преподавателей в области кинематографа и медиаиндустрии, а также для студентов вузов, аспирантов, учёных, специалистов, в сферу интересов которых входят инновационные технологии в кинематографе, медиаиндустрии и образовании.

ISBN 978-5-98547-141-0

© Коллектив авторов, 2022

УДК 612.843.721+778.4
ББК 32.81

Рожкова Г. И., Грачева М. А.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВОСПРИЯТИЮ 3D-КОНТЕНТА

Рожкова Галина Ивановна, доктор биологических наук, кандидат физико-математических наук, профессор

E-mail: gir@iitp.ru

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

Грачева Мария Александровна, кандидат биологических наук

E-mail: mg.iitp@gmail.com

Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН,
ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН

В настоящее время нет необходимости доказывать, что внедрение 3D-технологий в образовательный процесс может обеспечить значительно более высокий уровень наглядности представления учебного материала педагогами, а также более широкие возможности использования интерактивности и иммерсивности при усвоении этого материала учащимися. Однако преимущества 3D-технологий могут быть реализованы только при условии, что учащиеся не будут испытывать затруднений в восприятии 3D-контента. В статье обращается внимание на то, что при работе с большими коллективами даже в случаях успешного решения технических проблем и создания безупречного 3D-контента всегда остаются проблемы наличия у учащихся индивидуальных особенностей и различных функциональных нарушений бинокулярного зрения. Обсуждается система мониторинга бинокулярного зрения у школьников, технологии создания и демонстрации 3D-контента, а также необходимые методические пособия и материалы.

Ключевые слова: 3D-контент, бинокулярное зрение, стереопсис, стереотехнологии в школе, стереотесты.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении сотен лет иллюстрированные учебные пособия представляли собой печатные издания, рассматривая которые приходилось судить об объёмности предметов и трёхмерных сцен лишь по одной их проекции на плоскую поверхность страницы. В XX веке к печатным изобразительным пособиям добавились учебные кино- и видеофильмы, показывающие на плоской поверхности экрана не одиночные проекции, а серии проекций объектов в разных ракурсах, имитирующие их осмотр с разных сторон за счёт соответствующего движения кинокамеры или самих объектов. Это позволяет лучше ощущать объёмность, но требует определённого времени наблюдения и наличия движения. Одномоментного восприятия объёмности обычные фильмы не обеспечивают: стационарные сцены фильмов воспринимаются так же, как и печатные изображения, поскольку они соответствуют одному ракурсу наблюдения.

Благодаря стремительному развитию и совершенствованию стереотехнологий (к которым относятся и 3D-технологии), в последние десятилетия появилась возможность применять в учебных целях много ракурсные изображения, которые долгое время использовались только в экспериментальных исследованиях и в развлекательной индустрии. Эти технологии обеспечивают одномоментное восприятие объёмности и равно пригодны как для движущихся, так и для неподвижных объектов. В XXI веке развитие стереотехнологий буквально обрушило на пользователей массу разнообразных средств создания стереоизображений, основанных на разных принципах.

Теоретически, наиболее привлекательны голографические технологии, так как они позволяют формировать объёмные изображения, близко соответствующие объёмным моделям изображаемых сцен, и допускают как бинокулярное, так и монокулярное наблюдение, а также перемещение зрителя относительно показываемой композиции. Но применение голографии в образовательной практике на данном этапе представляется преждевременным из-за отсутствия серийной аппаратуры, пригодной для эксплуатации в школах.

Из серийной аппаратуры сегодня для образовательной практики можно считать наиболее подходящими двухракурсные системы, в основе которых лежат одновременное предъявление на одном экране двух проекций (соответствующих углам наблюдения двух глаз) и использование специальных средств для их сепарации — раздельного восприятия левым и правым глазом. Они получили краткое название 3D (от англ. 3-dimensional — трёхмерный) систем и технологий.

Однако успешное использование таких систем возможно только при нормальном функционировании у наблюдателей бинокулярных зрительных механизмов, которые обеспечивают фузию — совместную переработку сигналов, поступающих в мозг через левый и правый глаз, и формирование единого объёмного видимого образа. Это означает, что рассчитывать на успех внедрения 3D-технологий можно только при организации проверки и мониторинга состояния бинокулярного зрения учащихся. По официальным данным, около 6% учащихся имеют серьёзные нарушения бинокулярных функций, выявляемые при обычном стандартном обследовании в глазном кабинете, а у 10–15% имеются скрытые нарушения, выявляемые только при специальном тестировании. Приведённые цифры говорят о том, что в условиях общеобразовательных школ 3D-технологии имеет смысл внедрять лишь факультативно, в форме дополнительных занятий или кружковой работы для детей с проверенным состоянием бинокулярного зрения. Такая работа может быть более или менее масштабной в зависимости от степени заинтересованности и конкретных возможностей учебного учреждения.

Примечательно, что некоторые тесты для проверки нормальной работы бинокулярных механизмов появились ещё в незапамятные времена. Люди обращали внимание на то, что в норме зрение двумя глазами позволяет легче, точнее и быстрее выполнять определённые действия, и пытались придумать простые тесты для выявления лиц с нарушенными или выдающимися бинокулярными способностями, важными для ряда профессий. Описания таких тестов встречаются в старинных книгах по оптике. В этой связи заслуживает упоминания иллюстрированный П. Рубенсом фундаментальный труд Ф. Агилониуса «Шесть книг оптики» (1613), в одном из томов которого юмористически изображено проведение

пробы Кальфа с промахиванием* (рисунок «Амурчики изучают бинокулярное зрение» на с. 151 в томе 4), широко используемой и в настоящее время при проверке бинокулярного зрения.

По мере всё более детального исследования особенностей бинокулярного зрения всё очевидней становилась множественность и сложность бинокулярных механизмов, специфичность их взаимоотношений с монокулярными механизмами в различных условиях [4]. В естественной среде бинокулярное зрение, позволяющее человеку одновременно видеть объекты с двух разных точек зрения, обеспечивает существенно лучшее качество восприятия рельефности, пространственной протяжённости, удалённости и других свойств объектов по сравнению с монокулярным зрением. В то же время, хотя в определённых отношениях наблюдение двумя глазами одной и той же картинки на странице книги (или на экране в обычных 2D-фильмах) улучшает узнавание и оценку свойств рассматриваемых предметов, в некоторых других отношениях возникают затруднения. Первое касается различения мелких деталей, малых градиентов, расположения объектов в плоскости картинки, второе — восприятия объёмной формы и глубины в изображенных сценах. Первое связано, главным образом, с механизмами вероятностной суммации: работают два канала обработки одной и той же информации, шумы в которых независимы (т. е. как бы смотрят два наблюдателя), и вероятность правильных решений повышается. Второе объясняется противоречиями между монокулярными и бинокулярными признаками глубины: монокулярные признаки (светотень, окклюзии, перспективные преобразования, градиенты плотности текстуры и др.) указывают на объёмность изображенной сцены, а бинокулярные признаки (полное отсутствие различий между проекциями в левом и правом глазу) говорят о том, что рассматривается плоский рисунок. Все эти сложности нужно учиты-

* Проба Кальфа проводится с использованием двух стержней (спиц, карандашей, пальцев и пр.). Испытуемый держит стержень перед собой горизонтально в вытянутой руке и должен попасть его концом в конец второго стержня, который держат перед ним немного дальше в вертикальной ориентации. При нормальном бинокулярном зрении задание выполняется легко. Испытуемые с нарушенным бинокулярным зрением обычно промахиваются, как и люди с нормальным бинокулярным зрением, если они смотрят одним глазом.

вать при выборе тестов для целенаправленной проверки состояния бинокулярных зрительных функций.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ТЕСТОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ БИНОКУЛЯРНОГО ЗРЕНИЯ

В настоящее время специалисты используют множество тестов для оценки различных бинокулярных функций и установления причины их нарушения. Количество таких тестов исчисляется десятками, а с учётом различных вариантов их реализации — сотнями. Посредством различных бинокулярных тестов проверяется структурно-функциональная «нормальность» как различных компонентов, так и в целом всей системы, обеспечивающей процесс бинокулярного зрения. Эта система включает не только сенсорные пути анализа поступающих зрительных сигналов (от глаз до высших мозговых отделов), но и аппарат управления движениями глаз, механизмы аккомодации, связи с опорно-двигательной системой, вестибулярным аппаратом и другими органами.

Все имеющиеся тесты можно классифицировать по разным характеристикам: функциональному назначению, принципу работы, физической реализации, целевой возрастной категории и др. Существуют простые ручные тесты, приборные тесты разной сложности, интерактивные компьютерные тестовые программы, аппаратно-программные компьютеризированные диагностические и лечебные комплексы. К сожалению, накопленный массив тестов систематизирован лишь очень приблизительно, так что задача отбора необходимого и достаточного комплекта тестов для конкретных целей и условий работы должна решаться самими педагогами — инициаторами внедрения 3D-технологий в образование и использования 3D-контента. В идеале, группы инициаторов должны включать, как минимум, преподавателей физики, математики, информатики и биологии, способных разобраться в сути проводимых тестов и обеспечить техническую сторону работы, а также соблюдение принципов Хельсинкской декларации о работе с детьми [16].

Благоприятным обстоятельством для работы в школе является тот факт, что там не ставится задача диагностировать и лечить патологию, и поэтому можно использовать только небольшое число базовых тестов для отбора детей с практически нормальным бинокулярным зрением.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОВЕРКИ БИНОКУЛЯРНОГО ЗРЕНИЯ ДЕТЕЙ В ШКОЛЕ

Как отмечено выше, использование учебного 3D-материала в школе имеет смысл только при гарантии его успешного восприятия учащимися, а необходимым условием этого является нормальное состояние бинокулярных зрительных механизмов.

Соответственно, первой задачей должно быть скрининговое обследование всех учащихся, желающих включиться в работу с 3D-технологиями, для выявления детей с бинокулярными аномалиями. К сожалению, при существующей практике диспансерного обследования медики выявляют не более третьей части детей с такими аномалиями (только имеющих явное косоглазие и сильно сниженные функциональные показатели), а многие дети (и их родители) даже не подозревают об имеющихся у них расстройствах и удивляются, когда при просмотре фильмов в формате 3D они испытывают дискомфорт и головную боль, а не ожидаемые впечатляющие пространственные ощущения. Детям, получившим негативные результаты при скрининге, нужно рекомендовать более детальное специальное обследование и лечение в медицинских учреждениях.

Второй задачей является количественная оценка базовых показателей состояния бинокулярных механизмов у детей, успешно прошедших скрининг, так как у них возможны отклонения от нормы, некритичные для ежедневных обычных занятий, но ограничивающие круг учебных 3D-материалов и 3D-развлечений, которые они могут успешно использовать без специальной функциональной коррекции и тренировки.

Третьей задачей является организация системы мониторинга бинокулярного зрения, т. е. систематического слежения за изменениями его показателей, что необходимо по двум причинам. Во-первых, на протяжении обучения в школе механизмы бинокулярного зрения детей продолжают развиваться, и нужно проверять соответствие их показателей возрастным нормам. Во-вторых, не исключена вероятность появления расстройств бинокулярного зрения у детей с исходно нормальными бинокулярными механизмами. Это может быть обусловлено действием ряда факторов, препятствующих нормальной работе системы бинокулярного зрения — от травм и инфекционных заболеваний, нарушающих целостность

и структуру компонентов или симметрию бинокулярной системы (одностороннее помутнение глазных сред, птоз, парезы глазных мышц и т. п.), до психологических и социальных причин (стрессовые состояния, несоблюдение нормативов освещения, офтальмологических рекомендаций по размещению детей в классе и т. д.).

БАЗОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ БИНОКУЛЯРНОГО ЗРЕНИЯ, КОТОРЫЕ НУЖНО ОЦЕНИВАТЬ В ШКОЛЕ

У разных специалистов списки базовых показателей состояния бинокулярной зрительной системы существенно различаются, что определяется задачами обследования. Мы приведём здесь список базовых функциональных показателей, которые представляются нам необходимыми и по смыслу понятными широкому кругу людей, заинтересованных в освоении стереовизуальной аппаратуры и работе с 3D-контентом.

— Состояние глазодвигательного аппарата: степень подвижности каждого глаза по разным направлениям, окуломоторный баланс, способность к точной фиксации объекта наблюдения двумя глазами (бификсации).

— Равенство/различие параметров двух глаз: оптического аппарата (рефракции) и монокулярных показателей остроты зрения каждого глаза.

— Наличие/отсутствие способности к вероятностной бинокулярной суммации: соотношение монокулярной и бинокулярной остроты зрения.

— Наличие/отсутствие бинокулярной интеграции, т. е. способности сочетать в видимом образе фрагменты левого и правого сетчаточных изображений. В случае, если происходит только совмещение или наложение монокулярных образов, а не формирование единого бинокулярного образа, говорят, что имеет место одновременное зрение.

— Способность к фузированию с восприятием глубины и трёхмерной формы на основе анализа различий между двумя сетчаточными изображениями (диспаратностей).

— Скорость бинокулярной интеграции и фузирования, определяющая способность бинокулярных механизмов успешно срабатывать (формировать бинокулярные образы) за время демонстрации кадров кино- и видеофильмов.

— Фузионные резервы (положительные и отрицательные): способность сохранять единый бинокулярный образ объекта, несмотря на рассогласование аккомодации и конвергенции при удалении объекта от точки бификсации по глубине во время его движения.

— Степень доминирования одного из глаз.

Поскольку разные компоненты сложной системы, обеспечивающей процесс бинокулярного зрения, могут изменяться или повреждаться независимо друг от друга, очевидно, что адекватно оценивать состояние бинокулярного зрения необходимо при помощи комплекса различных тестов. Достаточное число тестов и их конкретные модификации зависят от цели исследования и имеющихся возможностей.

ТИПЫ ТЕСТОВ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Охарактеризовать весь существующий набор тестов для оценки состояния бинокулярного зрения вряд ли возможно даже в солидной монографии. Мы рассмотрим только моменты, важные для использования тестов в школьной работе. Прежде всего, отметим то благоприятное обстоятельство, что практически для каждого функционального теста имеется «линейка модификаций» — от примитивных (но часто остроумных), доставшихся нам по наследству с незапамятных времён, до очень сложных. Это позволяет найти подходящий вариант практически при любых ограниченных возможностях. Рассмотрим в качестве примера тесты для оценки остроты бинокулярного стереозрения (рис. 1). В начале линейки тут стоит упомянутая выше наглядная древняя проба Кальфа с промахиванием, позволяющая «видеть ошибки» в определении расстояния при монокулярном и бинокулярном зрении и грубо оценить их величину (рис. 1, *а*). Далее приведена схема прибора Говарда—Долмана, который на протяжении долгого времени оставался самым популярным средством измерения глубинной остроты зрения (рис. 1, *б*). А в конце линейки — современные тесты, использующие сгенерированные на компьютере случайно-точечные стереограммы и анаглифную (рис. 1, *в*) или растровую (рис. 1, *г*) технологию сепарации левого и правого изображений.

Хотя приведённые для примера тесты созданы с одной и той же целью — получить представление о точности оценки расстояний по глубине — они могут дать очень разные количественные

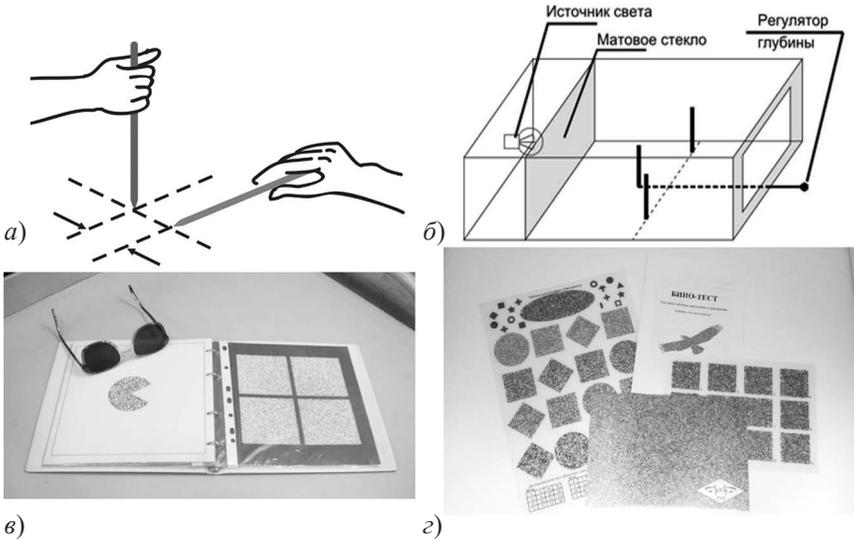


Рис. 1. Примеры тестов для оценки остроты стереозрения:
a — проба Кальфа с промахиванием (стрелками указана оцениваемая ошибка по глубине);
б — схема прибора Говарда-Долмана;
в — ТНО-тест со случайно-точечными стереограммами, основанный на анаглифной сепарации, требующей красно-зелёных очков;
г — безочковый «Бино-тест» со случайно-точечными стереограммами, основанный на растровой сепарации (разработка ИППИ РАН)

результаты, которые нельзя сравнивать напрямую. Дело в том, что эти результаты зависят от параметров тестовых стимулов и условий их наблюдения, причём информация о разных тестовых стимулах может перерабатываться в различных параллельных каналах зрительной системы. Другими словами, применяя конкретный тест, мы оцениваем работу определённых каналов переработки зрительной информации в определённых условиях наблюдения, и исследователь должен это понимать.

Поскольку понимание сути представленных на рис. 1 тестов невозможно без подробного пояснения (что выходит за рамки данной статьи), рассмотрим в качестве более простого примера понятные всем тесты для оценки глазодоминантности, или определения ведущего глаза. Как и точность оценки расстояний по глубине, этот показатель работы бинокулярной зрительной системы определяют разными способами. Ниже перечислены некоторые из них (по [7]).

1. Сравнение результатов оценки функциональных показателей состояния левого и правого зрительных каналов: размеров полей зрения, остроты зрения, контрастной чувствительности и других объективных оценок зрительных функций в условиях наблюдения одним левым/правым глазом.

Обычно у людей с нормальным зрением результаты для левого и правого глаза практически не различаются, так что этот тест имеет ценность в основном для лиц с односторонними расстройствами.

2. Кавер-тест (cover test). Тест заключается в сравнении эффектов поочерёдного прикрывания небольшой заслонкой левого и правого глаза ребёнка, сидящего напротив экспериментатора и смотрящего на него. Поведенческая реакция на прикрывание одного из глаз (смещение взгляда, поворот головы и др.) может полностью отсутствовать или быть существенно слабее, чем на прикрывание второго глаза, который по результату теста считается доминирующим. Слабая реакция или её отсутствие говорят о том, что прикрытый глаз вносил меньший вклад в восприятие.

3. Прицеливание, или проба Розенбаха. Человеку предлагают посмотреть на небольшой удалённый объект и в условиях зрения двумя глазами прикрыть его карандашом, держа этот карандаш вертикально. Затем предлагают поочерёдно закрыть левый и правый глаз и оценить видимое смещение карандаша. Тот глаз, при закрытии которого смещение оказалось больше, считается ведущим.

4. Тест «карточка с дырой». Человеку дают карточку с небольшим отверстием в центре, которую нужно держать перед собой двумя руками, и предлагают в условиях зрения двумя глазами посмотреть через отверстие на отдалённый объект. В этих условиях из-за малой величины отверстия человек может видеть объект только либо левым, либо правым глазом. Поочерёдно закрывая глаза, наблюдатель определяет, каким же глазом он видит объект — этот глаз и считается ведущим.

5. Тест «подзорная труба». Человеку дают трубку, имитирующую подзорную трубу, и просят посмотреть через неё на отдалённый объект. Тот глаз, к которому обследуемый приставляет «подзорную трубу», считается ведущим глазом.

6. Тест «конкуренция фигур». При помощи разделителя полей зрения, стереоскопа или синоптофора, создают ситуацию конку-

ренции, предъявляя левому и правому глазу разные фигуры. На основании того, которая из фигур видна чаще, определяют, какой глаз доминирует.

7. Тест «конкуренция цветов». Этот тест проводится так же, как и предыдущий, только вместо картинок с фигурками левому и правому глазу предъявляются однородные поля разного цвета, например — красного и зелёного.

8. Мышечный тест Литинского. Испытуемому предлагают посмотреть на кончик указательного пальца своей вытянутой руки и просят медленно приближать палец к переносице, стараясь удерживать на нём взгляд. Когда палец подходит к лицу на расстояние в несколько сантиметров, неведущий глаз часто начинает совершать колебательные движения вправо — влево.

Опыт показывает, что при использовании разных тестов из этого комплекта могут получаться разные результаты.

При упрощенной обработке данных по каждому пункту можно ограничиться оценками +1 (доминирует правый глаз), -1 (доминирует левый глаз) и 0 (доминирование не выявляется). Результирующий коэффициент доминирования можно вычислить, алгебраически сложив все полученные оценки и разделив сумму на общее число проведённых тестов. Очевидно, что при таком расчёте для коэффициента доминирования получится значение, попадающее в интервал от -1 до +1. Его знак будет говорить о том, какой глаз доминирует, а величина — о степени доминирования.

Наиболее перспективными в настоящее время представляются компьютерные тесты. В случае компьютерных тестовых изображений одним из критически важных условий, влияющих на результаты измерения, является используемый метод сепарации. Список методов сепарации левого и правого изображений, используемых в настоящее время, приведён ниже (см. также рис. 2).

1. Пространственная сепарация — использование двух отдельных оптических каналов: гаглоскопы, стереоскопы (щелевые, зеркальные, линзовые), синоптофоры, шлемы виртуальной реальности.

2. Временная сепарация (затворный метод) — поочерёдное предъявление левого и правого изображений с использованием заслонок или активных стереочков со встроенными ЖК-фильтрами, синхронизирующихся с системой предъявления изображений.

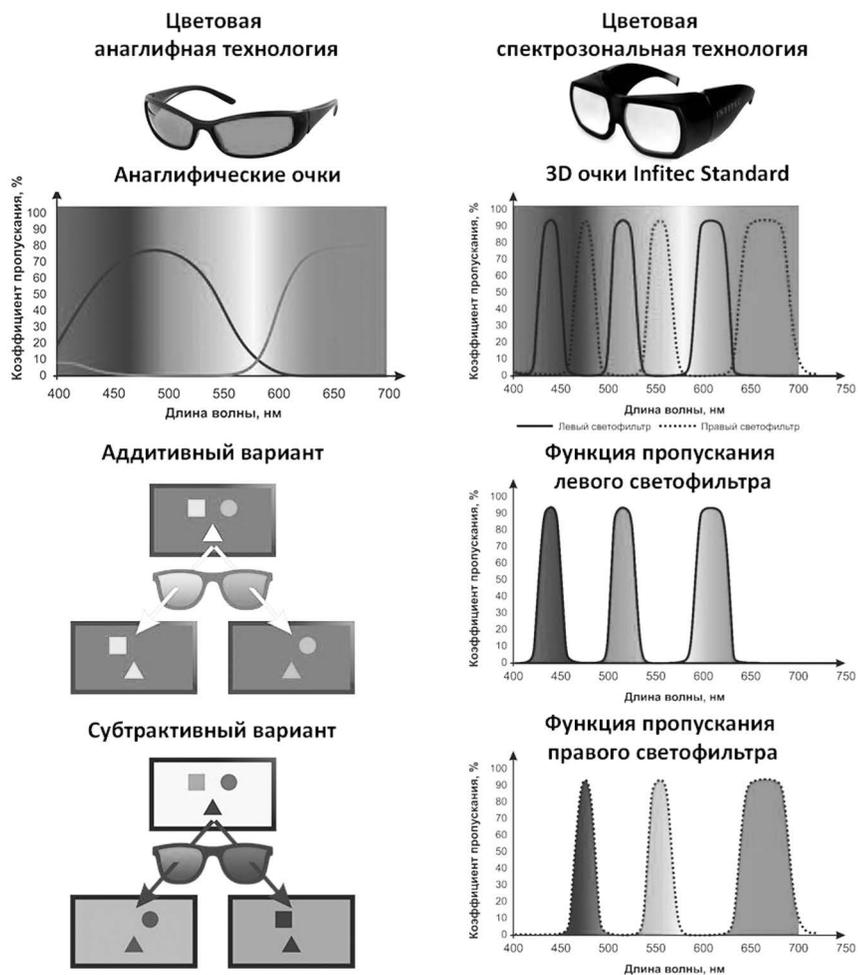


Рис. 2. Иллюстрация совершенствования цветового метода сепарации левого и правого изображений. Простые красно-синие фильтры для анаглифных методов окрашивают левое и правое изображения в разные цвета, что портит цветопередачу. Спектрозональная фильтрация значительно улучшает цветопередачу, так как и в левом, и в правом каналах фильтры пропускают излучение из разных частей спектра

3. Цветовая сепарация: анаглифные методы (аддитивный и субтрактивный), использующие пары фильтров (красный и сине-зелёный) с дополнительными спектрами, и спектрозональная технология (например, система Infitec), использующая более сложные зональные гребенчатые фильтры.

4. Поляризационная сепарация, основанная на использовании поляризационных светофильтров, пропускающих от левого и правого изображений свет с ортогональной линейной или противоположной круговой (циркулярной) поляризацией, и соответствующих очков.

5. Автостереоскопические безочковые растровые технологии с использованием щелевого или лентикулярного растра либо его параллакс-барьерной имитации на специальных дисплеях.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ И МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВОСПРИЯТИЮ 3D-КОНТЕНТА

Сегодня стереоскопические методы эффективно используются в образовательных курсах [10], в профессиональной подготовке [9] и в тренингах [15] и часто демонстрируют преимущества в сравнении с классическими методами обучения.

Поэтому необходимо делать всё, чтобы работа по внедрению 3D-контента в образовательный процесс не прерывалась. Самое актуальное сегодня — создание учебных и методических пособий разного уровня сложности, отвечающих современному уровню науки и технологий. Очевидно, что разворачивание деятельности нужно начинать с создания пособий для преподавателей вузов и аспирантов, чтобы подготовить кадры, способные обеспечить масштабную работу на разных уровнях обучения.

Анализ изложенных выше сведений о сложности процесса восприятия 3D-контента и о разнообразии имеющихся стереотехнологий указывает на необходимость большой подготовительной работы для обеспечения условий успешной реализации потенциальных возможностей внедрения 3D-технологий в учебный процесс.

Во-первых, необходимо приобрести или создать набор измерительных тестов для оценки бинокулярного зрения и состояния различных бинокулярных функций у учащихся.

Во-вторых, необходимо приобрести базовые учебные пособия с детальным и доступным для учащихся разного уровня образования описанием системы бинокулярного зрения человека и её основных механизмов.

В-третьих, желательно изготовить демонстрационные материалы для наглядного ознакомления с технологиями сепарации лево-

го и правого изображений и основами конструирования тестов и наглядных пособий.

В-четвёртых, необходимо разработать эффективные методики для развития и тренировки механизмов бинокулярного восприятия у детей разного возраста с использованием разнообразных средств (самодельных устройств, доступных приборов, интерактивных компьютерных программ).

К сожалению, ситуация с измерительными тестами и учебными пособиями школьного уровня у нас в стране не очень благополучная: доступных средств мало, и создавать их некому, так как за последние годы система подготовки специалистов в области стереотехнологий в России была существенно нарушена. Например, в Научно-исследовательском кинофотоинституте (НИКФИ), который в 1991 году получил премию Оскар за постоянное совершенствование техники и обеспечение объёмного кинематографа, на данный момент в штате числится всего 12 научных сотрудников; ликвидировано Московское конструкторское бюро киноаппаратуры, производившее первоклассное кинематографическое оборудование; закрыт Московский киноvideоинститут и т. д. Соответственно, нет потенциальных пользователей и для зарубежной стереотехники, и она остаётся невостребованной. Некоторые негативные тенденции в отношении стереотехнологий и их внедрения характерны не только для нашей страны.

Методических и учебных пособий на русском языке очень немного, причём они в основном фокусируются на сравнительно узком круге профессиональных кинематографических проблем, хотя авторы и рассматривают их детально (например, [1–3, 8]). Однако базовая информация о стереоскопии и стереовосприятии в большинстве из них представлена скупо.

За рубежом имеется довольно большое число изданий разного уровня — от фундаментальных монографий [11–14] до небольших практических руководств.

За последние годы сотрудники ИППИ РАН в соавторстве с коллегами из других учреждений сделали попытку заполнить обозначенный пробел в русскоязычной литературе и выпустили два методических пособия, предназначенных для разных пользователей, но имеющих акцент на физиологию зрительной системы. Одно из них [6] — краткое (38 с.), но ёмкое издание, имеет общий

характер и адресовано тем читателям, которые только начинают знакомиться с 3D-технологиями. Пособие включает в себя историю развития 3D-технологий, описание основных методов, анализ их достоинств и недостатков.

Второе методическое издание [5] — нестандартное методическое пособие для преподавателей и аспирантов. Идея этого пособия возникла в процессе руководства выполнением дипломных работ и подготовкой кандидатских диссертаций. Основу методического пособия составляют статьи, опубликованные авторами в журнале «Мир техники кино» с 2009 г. и посвящённые научным и техническим проблемам создания, демонстрации и восприятия фильмов в формате 3D. Пособие содержит четыре части: тематические наборы статей по общим и частным проблемам стереовосприятия и стереотехнологий (части I и II); статьи с описанием методов оценки стереозрения и технических проблем при компьютеризации таких измерений (часть III); таблицы с тестами и инструкции по их использованию (часть IV).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продуктивное освоение стереотехнологий возможно только в сочетании с их практическим применением и регулярным обсуждением насущных проблем в творческой профессиональной среде. За предоставление таких возможностей авторы благодарны оргкомитету ежегодной научно-практической конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях», Международному институту новых образовательных технологий РГГУ и лично Олегу Николаевичу Раеву и Сергею Викторовичу Кувшинову.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Мелкумов А. С.* Стереоскопический кинематограф: учебное пособие. Москва : ВГИК, 2013. 142 с.
2. *Раев О. Н.* Формирование и преобразование изображений при киносъёмке. Чебоксары : ИПК «Чувашия», 2020. 263 с.
3. *Рожков С. Н., Овсянникова Н. А.* Стереоскопия в кино-, фото-, видеотехнике. Терминологический словарь. Москва : Парадиз, 2003. 136 с.
4. *Рожкова Г. И.* Бинокулярное зрение. Руководство по физиологии. Физиология зрения. Москва : Наука, 1992. С. 586–664.

5. Рожкова Г. И., Алексеенко С. В., Большаков А. С. и др. Стереозрение человека и стереотехнологии. Методическое пособие. Под ред. Г. И. Рожковой. Москва : КУНА, 2022. 200 с.

6. Рожкова Г. И., Грачева М. А., Большаков А. С., Белокопытов А. В., Крутцова Е. Н. Современные стереотехнологии и их применение в функциональной коррекции бинокулярного зрения: методическое пособие. Москва : ИППИ РАН, 2016. 38 с.

7. Рожкова Г. И., Матвеев С. Г. Зрение детей: проблемы оценки и функциональной коррекции. Москва : Наука, 2007. 315 с.

8. Тарасенко Л. Г., Чекалин Д. Г. Кинозрелища и киноаттракционы. Справочник. Москва : КУНА, 2003. 184 с.

9. Alexander T., Westhoven M., Conradi J. Virtual environments for competency-oriented education and training. *Advances in Human Factors, Business Management, Training and Education*. Berlin: Springer International Publishing. 2017. P. 23–29. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42070-7_3.

10. Englund C., Olofsson A. D., Price L. Teaching with technology in higher education: understanding conceptual change and development in practice. *High. Educ. Res. Dev.* 2017. V. 36. P. 73–87. <https://doi.org/10.1080/07294360.2016.1171300>.

11. Howard I. P. Perceiving in depth. Volume 1. Basic mechanisms. Oxford university press, 2012a. 664 p.

12. Howard I. P. Perceiving in depth. Volume 3. Other mechanisms of depth perception. Oxford university press, 2012b. 392 p.

13. Howard I. P., Rogers B. J. Perceiving in depth. Volume 2: Stereoscopic vision. Oxford university press. 2012. 635 p.

14. Julesz B. Foundations of cyclopean perception. Chicago: Univ. Chicago Press, 1971. 406 p.

15. Schmidt M., Beck D., Glaser N., Schmidt C. A prototype immersive, multi-user 3D virtual learning environment for individuals with autism to learn social and life skills: a virtuoso DBR update. *Proceedings of International Conference on Immersive Learning*. Cham: Springer. 2017. P. 185–188. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60633-0_15.

16. World Medical Association. Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013. V. 310(20). P. 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>.

Galina I. Rozhkova, Maria A. Gracheva

MANUALS AND MATERIALS FOR TEACHING TO PERCEIVE 3D CONTENT

Galina I. Rozhkova, professor, D.Sci in biology, PhD in mathematics and physics

E-mail: gir@iitp.ru

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences

Maria A. Gracheva, PhD in Biology

E-mail: mg.iitp@gmail.com

Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute),
Russian Academy of Sciences; Institute for Biomedical Problems,
Russian Academy of Sciences

At present, it is no longer necessary to prove that the introduction of 3D technologies into the educational process can provide a significantly higher quality of the presentation of educational material by teachers, as well as wider opportunities for using interactivity and immersiveness in the assimilation of this material by schoolchildren. However, the benefits of 3D technologies can only be realized if children have no difficulty in perceiving 3D content. The article draws attention to the fact that even in cases of successful solution of all technical problems and the creation of impeccable 3D content, when working with large teams, there are always problems that people have individual characteristics and various functional impairments of binocular vision. The system of monitoring and promoting development of binocular vision in children is discussed, as well as the necessary manuals and training materials.

Key words: 3D content, binocular vision, stereopsis, stereotechnology for school education, stereotests.

REFERENCES

1. Melkumov A. S. Stereoskopicheskiy kinematograf: uchebnoe posobie. Moscow : VGIK, 2013. 142 p.

2. Raev O. N. Formirovanie i preobrazovanie izobrazhenii pri kinos“emke. Cheboksary : IPK “Chuvashiya”, 2020. 263 p.

3. Rozhkov S. N., Ovsyannikova N. A. Stereoskopiya v kino-, foto-, videotekhnike. Terminologicheskii slovar’. Moscow : Paradiz, 2003. 136 p.

4. Rozhkova G. I. Binokulyarnoe zrenie. Rukovodstvo po fiziologii. Fiziologiya zreniya. Moscow : Nauka, 1992. P. 586–664.

5. Rozhkova G. I., Alekseenko S. V., Bol'shakov A. S. i dr. Stereozrenie cheloveka i stereotekhnologii. Metodicheskoe posobie. Pod red. G. I. Rozhkovoi. Moscow : KUNA, 2022. 200 p.
6. Rozhkova G. I., Gracheva M. A., Bol'shakov A. S., Belokopytov A. V., Kruttsova E. N. Sovremennye stereotekhnologii i ikh primenenie v funktsional'noi korrektsii binokulyarnogo zreniya: metodicheskoe posobie. Moscow : IPPI RAN, 2016. 38 p.
7. Rozhkova G. I., Matveev S. G. Zrenie detei: problemy otsenki i funktsional'noi korrektsii. Moscow : Nauka, 2007. 315 p.
8. Tarasenko L. G., Chekalin D. G. Kinozrelischa i kinoatraktsiony. Spravochnik. Moscow : KUNA, 2003. 184 p.
9. Alexander T., Westhoven M., Conradi J. Virtual environments for competency-oriented education and training. *Advances in Human Factors, Business Management, Training and Education*. Berlin: Springer International Publishing. 2017. P. 23–29. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42070-7_3.
10. Englund C., Olofsson A. D., Price L. Teaching with technology in higher education: understanding conceptual change and development in practice. *High. Educ. Res. Dev.* 2017. V. 36. P. 73–87. <https://doi.org/10.1080/07294360.2016.1171300>.
11. Howard I. P. Perceiving in depth. Volume 1. Basic mechanisms. Oxford university press, 2012a. 664 p.
12. Howard I. P. Perceiving in depth. Volume 3. Other mechanisms of depth perception. Oxford university press, 2012b. 392 p.
13. Howard I. P., Rogers B. J. Perceiving in depth. Volume 2: Stereoscopic vision. Oxford university press. 2012. 635 p.
14. Julesz B. Foundations of cyclopean perception. Chicago: Univ. Chicago Press, 1971. 406 p.
15. Schmidt M., Beck D., Glaser N., Schmidt C. A prototype immersive, multi-user 3D virtual learning environment for individuals with autism to learn social and life skills: a virtuoso DBR update. *Proceedings of International Conference on Immersive Learning*. Cham: Springer. 2017. P. 185–188. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60633-0_15.
16. World Medical Association. Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013. V. 310(20). P. 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>.