

# Мир Кино

ТЕХНИКИ

ЯНВАРЬ-МАРТ | 1(35)-2015 |

**СТЕРЕО-КИНЕМАТОГРАФИЯ  
В ЛИНГВОДИДАКТИКЕ**

**ОБНАРУЖЕНИЕ  
ВРЕМЕННОГО СДВИГА  
МЕЖДУ РАКУРСАМИ  
И ПЕРЕПУТАННОГО  
ПОРЯДКА РАКУРСОВ  
В СТЕРЕОФИЛЬМАХ**

**ОСОБЕННОСТИ  
КОМПОЗИЦИОННО-  
МОНТАЖНЫХ  
ПОСТРОЕНИЙ  
В СТЕРЕОКИНО**

**САМЫЕ ПЕРВЫЕ  
В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ  
МИРОВОГО  
КИНЕМАТОГРАФА**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**МИКРОФОННОЙ  
АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ**



**№ 35 СОДЕРЖАНИЕ**

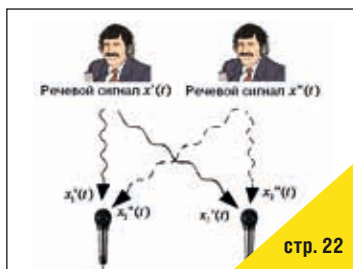


стр. 10

**Новости, обзоры**

С.А. Зернов, А.В. Кучеренко, *promo@gorkyfilm.ru, alxkucherenko@gmail.com*  
**Развитие научного потенциала НИКФИ в рамках многопрофильного кинематографического центра**

3



стр. 22

**Доклады**

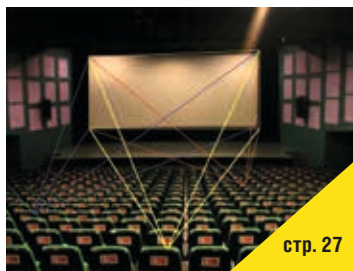
Д.А. Дёмина, О.В. Негодова, *dasha\_k@mail.ru*  
**Стереокинематография в лингводидактике**

6

**Технологии**

В.А. Людвиченко, С.В. Лаврушкин, В.А. Янушковский, Д.С. Ватолин, *dmitriy@graphics.cs.msu.ru*  
**Обнаружение временного сдвига между ракурсами и перепутанного порядка ракурсов в стереофильмах**

10



стр. 27

Я.Ш. Вахитов, Д.А. Давыдов, *da.davydov@mail.ru*  
**Анализ факторов адекватности парадигмальной математической модели реверберационного процесса реальному характеру формирования**

18

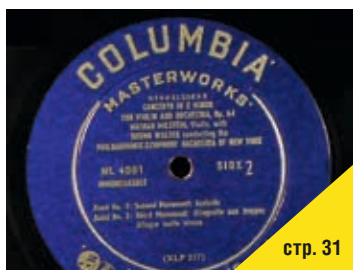
А.В. Кривошейкин, С.В. Перелыгин, *+7 961 809 86 74, +7 921 759 79 37*  
**Моделирование микрофонной антенной решётки**

22

**Мастер-класс**

А.С. Мелкумов, *info@stereokino.ru*  
**Особенности композиционно-монтажных построений в стереокино**

27



стр. 31

**Страницы истории кино**

Н.А. Майоров, *henrymay@mail.ru*  
**Самые первые в истории развития мирового кинематографа (продолжение. Начало в МТК № 27, 28, 29, 31)**

31

**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](http://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»

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 Наталья Владимировна  
 Корректор: Сайкина Наталья Владимировна

Редакционный совет:  
 Овечки Ю.Н., 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., ВГИК  
 Винокур А.И., д.т.н., МГУП им. И. Фёдорова  
 Перегудов А.Ф., к.т.н., СПбГУКИТ  
 Березин О.С., к.т.н., «Невафильм»  
 Барский И.Д., к.т.н., ВГИК  
 Одинокос С.Б., д.т.н., МГТУ им. Н.Э. Баумана  
 Раев О.Н., к.т.н., ВГИК  
 Волков А.С., к.т.н., Министерство культуры РФ

Отпечатано в ООО «ИПП «КУНА»  
 Объём 5 п.л. Заказ № 132264.  
 Тираж 1000 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](http://www.mtk-magazine.ru), e-mail: *kevin@paradiz.ru*  
 телефон (факс): +7 (495) 795-02-99, 795-02-97

№ 35 CONTENT

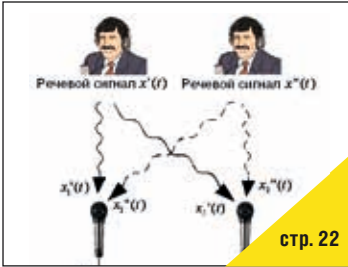


стр. 10

**News, review**

S. Zernov, A. Kucherenko, *promo@gorkyfilm.ru*, *alxkucherenko@gmail.com*  
**NIKFI scientific potential contribution to the development of multifunctional cinematographic center project**

3



стр. 22

**Reports**

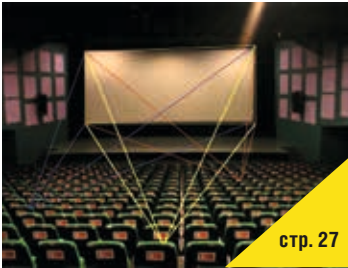
D. Demina, O. Negodova, *dasha\_k@mail.ru*  
**Stereoscopic cinematography in linguodidactics**

6

**Technology**

V. Lyudvichenko, S. Lavrushkin, V. Yanushkovskiy, D. Vatolin, *dmitriy@graphics.cs.msu.ru*  
**Detection of temporal shift and swapped views in S3D movies**

10



стр. 27

Y. Vahitov, D. Davydov, *da.davydov@mail.ru*  
**Factor analysis of the adequacy of the paradigmatic mathematical model of the reverberation process to the real nature of formation of the reverb**

18

A. Krivosheykin, S. Perelygin, +7 961 809 86 74, +7 921 759 79 37  
**Microphone array modeling**

22

**Master-class**

A. Melkumov, *info@stereokino.ru*  
**Features of composition-installation constructions in stereo**

27



стр. 31

**Movie history**

N. Mayorov, *henrymay@mail.ru*  
**The firsts in the history of world cinema**  
*(continued. Beginning in WTC № 27, 28, 29, 31)*

31

**The requirements for the publication of scientific articles in the journal «World to technology cinema»:**

1. Articles (papers) are submitted in electronic format, by mail *Kevin@paradiz.ru*, volume of no more than 40 000 characters.
2. Pictures must be sent as separate files in JPG or TIF format with a resolution of at least 300 dpi.
3. Articles (papers) should contain (in Russian and in English):
  - the name,
  - annotation,
  - keywords.
4. Authors must conclude a license agreement for publication.
5. Graduate students are not charged for publication.

Electronic version [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

Subscription index Rospechat: № 81923

Scientific and Technical Journal World of Technique Cinema is published 4 times per year

Publisher by «IPP «CUNA» Ltd.  
Founded by «IPP «CUNA» Ltd. and JSC «NIKFI».

Certificate of Registration Media-PI № FS77-28384  
May 23, 2007.

[www.mtk-magazine.ru](http://www.mtk-magazine.ru),  
e-mail: [kevin@paradiz.ru](mailto:kevin@paradiz.ru),  
tel.(fax): +7 (495)795-0297,795-0299

Chairman Ph.D. Yu.Indlin

Board of Editors Editorial Review Board:  
Ph.D. Yu.Ovechkis,  
Ph.D. G.Tihomirova,  
Ph.D. M.Sakvatrelidze,  
Ph.D. A.Vinokur,  
Ph.D. S. Berezin,  
Ph.D. A.Peregudov,  
Ph.D. I.Barsky,  
Ph.D. A.Odinokov,  
Ph.D. O.Raev,  
Ph.D. A.Volkov

No part of this issue may be reproduced without written permission of the publisher, reference to the journal is obligatory. World of Technique Cinema owns the copyrights to all published material, unless otherwise stated. Statements and opinions expressed in articles or editorials are expressions of contributors and do not necessarily represent the policies or opinions of Board of Editors. Opinion of editorial boards and of reviewers do not always coincides with the point of view of authors of articles. Advertisements appearing in the publication are the sole responsibility of the advertiser.

Printed in Russia.



# РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА НИКФИ В рамках многопрофильного кинематографического центра



■ С.А. Зернов, ген. директор ОАО «ТПО «Киностудия им. М. Горького», [promo@gorkyfilm.ru](mailto:promo@gorkyfilm.ru)

А.В. Кучеренко, ген. директор ОАО «НИКФИ», [alxkucherenko@gmail.com](mailto:alxkucherenko@gmail.com) ■

■ В декабре 2014 года общее собрание акционеров ОАО «НИКФИ» приняло решение о реорганизации ОАО «НИКФИ» в форме присоединения к ОАО «Творческо-производственное объединение «Центральная киностудия детских и юношеских фильмов им. М. Горького». Это решение стало важным шагом в создании на базе студии им.М.Горького многопрофильного кинематографического центра, куда НИКФИ войдёт на правах филиала всем своим имущественным комплексом. Реорганизация осуществляется по инициативе Минкультуры России в рамках реструктуризации организаций кинематографии.

Государственная политика в области отечественной кинематографии неразрывно связана с долгосрочной культурной политикой страны. Системный подход позволит решить задачи сохранения национального культурного наследия, обеспечит развитие творческих процессов и доступность культурных благ, повысит привлекательность и конкурентоспособность отечественной культуры.

Успешное развитие киноиндустрии возможно лишь при тесном взаимодействии различных сегментов отрасли кинематографии: кинопроизводства (продюсерские и производственные компании), кинопроизводственных возможностей (киностудии и сервисные центры), кинопоказа, кинотеатрального проката и видеодистрибуции. В непростых экономических условиях успех раз-

вития определяется конкурентными преимуществами, которыми обладает тот или иной участник кинорынка.

Одной из перспективных форм сотрудничества в кинематографии является кинокластер – современная модель, когда киностудия объединяет вокруг себя различные проекты и творческие группы, занимающиеся решением широкого класса задач, зачастую не имеющих аналогов.

НИКФИ, успешно работающий более 85 лет в области технологий кино, единственный в России отраслевой институт и единственный в мире научно-исследовательский институт, охватывающий все области техники профессиональной кинематографии и не имеющий аналогов в сочетании коллектива учёных, научного потенциала и уникальной научной и исследовательской базы.

Судьбы НИКФИ и студии им.М.Горького, которая празднует в этом году свой 100-летний юбилей, неразрывно связаны. Во многих творческих и технических вопросах киностудия была первооткрывателем и экспериментатором. Здесь впервые в нашей стране были применены новые технические возможности и были сняты художественные фильмы различных жанров. Среди них: фильм-фантастика «Аэлита» (1924 год), фильм совместного производства «Саламандра» (1928), первый звуковой фильм «Путёвка в жизнь» (1931), музыкальный «Гармонь» (1934), цветной «Груня Корнакова»



(1936), звуковая киносказка «По щучьему велению» (1938). Здесь в 1941 году создали стереоскопическое кино, для просмотра которого не требуются специальных очков, а в 1975 появился детский юмористический журнал «Ералаш». Киностудия им. М. Горького одна из первых освоила технику дублирования фильмов и более полувека занимает в этом виде работ лидирующее положение в стране. В восьмидесятые годы прошлого века на этой студии начались съёмки первого в мире голографического фильма (правда, это был лишь кукольный мультфильм), по российской системе голографического кинематографа, разработанной в НИКФИ д.т.н. В.Г. Комаром. К сожалению, из-за технических и финансовых трудностей этот проект так и не был завершён.

В результате объединения усилий отечественный кинематограф получит новые возможности развития производства отечественного детского, семейного кино и анимации. Задача развития детского и юношеского кинематографа предъявляет особые требования к качеству изображения, звука, спецэффектов. Ведь дети – самая взыскательная аудитория.

Чтобы обеспечить качество, нужен комплексный и системный подход. Индустрия – это когда качество выпускаемого продукта стабильно выше среднего уровня. Вне зависимости от времени и условий. При этом – чем крепче индустрия, тем больше вероятности, что удастся создать что-то выдающееся.

Опыт и технологии НИКФИ, реализованные в конкретных совместных проектах, сыграют здесь немаловажную роль. В свою очередь, глубокая интеграция с киностудией стимулирует модернизацию научно-технического сегмента отечественной киноиндустрии с опорой на прикладные решения. Это положительно скажется на увеличении объёмов производства фильмов и закреплении тенденции повышения конкурентоспособности российского кино относительно зарубежной кинопродукции.

Для сохранения и дальнейшего развития потенциала НИКФИ сформулирован и будет применяться на практике подход, делающий ставку на опережающее развитие. На практике проверяется модель, ориентированная на развитие приоритетных направлений деятельности, создание механизмов для коммерциализации технологий, творческих и научных результатов деятельности института.

Примером успешного внедрения результатов прикладной научной деятельности является проект «Аудиовизуальная помощь при осуществлении кинопоказа». Столичный кинотеатр «Иллюзион» был оборудован специалистами НИКФИ для возможности демонстрации кинофильмов незрячим и слабослышащим. 28 января 2015 года начались регулярные показы кинофильмов, доступных также для людей с ограничениями по зрению и слуху. Первым стал фильм «Белое солнце пустыни» с тифлокомментарием и сурдосубтитрами. Адаптирован фильм «Баллада о солдате», на очереди ещё четыре киноленты. Впервые в российской практике созданы условия для совместного просмотра кинофильма в кинозале на общем киносеансе как обычным зрителем, так и людьми с ограничениями по слуху и зрению (закрытый автоматический тифлокомментарий одновременно доступен незрячим кинозрителям и не мешает зрячим). В ближайших планах – разработка и внедрение мер по обеспечению адаптации национальных фильмов для людей с ограниченными возможностями по зрению и слуху в других кинотеатрах страны.

Проект объединил усилия в деле устранения визуальных и звуковых барьеров для людей с ограниченным слухом и зрением таких, казалось бы, разных организаций, как Российское Военно-историческое общество, Госфильмофонд Российской Федерации, Институт профессиональной реабилитации и подготовки персонала ВОС «Реакомп» и НИКФИ. В ближайших планах – расширение списка фильмов, доступных для совместного просмотра и расширение географии кинозалов, где такой просмотр возможен.

Создание на базе студии им. М. Горького многопрофильного кинематографического центра – проект, не имеющий аналогов в отечественной истории. Для успешного решения этой задачи предстоит найти ответы на множество вопросов.

Ни у одной киностудии нет собственной фундаментальной научно-технической библиотеки по фотокинотехнике и смежным отраслям знаний, нет аспирантуры, нет научно-технического журнала, включённого в список журналов, рецензируемых ВАК. Киностудиям не свойственно решать вопросы стандартизации и возглавлять технические комитеты. Нет учебного центра, куда будут входить преподаватели ведущих ВУЗов страны. Но современный

многопрофильный кинематографический Центр без таких структур немыслим! Рабочие контакты показали, что у руководства НИКФИ и студии им. М. Горького есть полное взаимопонимание. Уже идёт обсуждение направлений совместной деятельности НИКФИ и студии и творческих планов на ближайшее будущее.

Основной потенциал научных разработок НИКФИ сосредоточен в области стереоскопического и голографического кино, исследованиях в области электроакустики, качества киноизображения и комфортности восприятия аудиовизуальной информации зрителем. Одновременно с реализацией потенциала в сфере традиционных кинотехнических решений НИКФИ расширяет перспективные исследования в области цифровой обработки изображений.

Богатый опыт НИКФИ в проектировании и инсталляции будет востребован в случае создания киноцентра «студия имени М. Горького + НИКФИ» на ВДНХ.

Одно из направлений сотрудничества – работа над совместным анимационным проектом, в котором будут использованы все преимущества отечественных технологий съёмки 3D стереофильмов. В кинематографическом сообществе не прекращается обсуждение, как качественно снимать 3D стереоконтент.

Примером успешного зарубежного анимационного проекта может послужить анимационный 3D фильм с использованием кукольной мультипликации «Пираты! Банда неудачников» («The Pirates! Band of Misfits») – совместный проект студий Sony Pictures Animation и Aardman Animations. Фильм получил высокую оценку критиков и показал хороший результат в мировом прокате – более 114 млн. долларов при бюджете производства в 55 млн.

У НИКФИ есть ряд собственных разработок и успешный опыт сотрудничества с производителями анимационных проектов в Эстонии. Это фильмы «Чучело» (2008, 5 минут) и «Лиза Лимонная» (2011, 60 минут). При съёмках использовалась уникальная технология, разработанная в НИКФИ – мультфильм снимался фотокамерой при помощи специального приспособления, создающего идеальное наложение кадров, дающее стереоэффект. При этом необходимо учитывать, что 3D эффект должен разрабатываться на уровне сценария, «раскадровки», обеспечиваться соответствующим монтажом и операторским решением. У объединения опыта и усилий НИКФИ и студии им. М. Горького в реализации анимационных проектов есть отличные перспективы!

Интересный проект – стереосъёмки театральных шедевров в формате 3D. Театральные постановки являют собой самостоятельную культурную ценность. Каждый спектакль неповторим. Можно говорить о его существовании только в минуты его воспроизведения. Это общая особенность всех видов исполнительского искусства. В СССР была разработана программа создания фонда

лучших спектаклей советских театров, снятых на киноплёнку и предназначенных для показа по телевидению для массового зрителя, а иногда и в кинотеатрах.

Современные съёмки в формате 3D позволяют сохранить и сделать доступным для потомков культурное наследие в жанрах, относящихся к исполнительскому искусству – драме, опере, балете, оперетте, музыкальной комедии, детского и кукольного театров, а также цирке и эстраде. В наших планах продолжить традиции сохранения произведений исполнительского искусства в формате 3D. В формате, максимально сохраняющем пространство мизансцены, звука, мельчайшие детали актёрской игры и авторского замысла.

Особо хочется отметить, что инфраструктура, позволяющая демонстрировать стереофильмы, доступна даже в формате домашнего кинотеатра, а кинозалы, оборудованные для демонстрации стереофильмов, имеются во многих городах РФ. Именно демонстрация в кинозале создаёт максимальный эффект присутствия на живом спектакле.

В рамках вновь создаваемого многопрофильного кинематографического центра появляются новые возможности популяризации достижений, в том числе кинофильмов, снятых по современным отечественным технологиям. Продвижение отечественных достижений в области кинематографии будет включать в себя демонстрацию кинофильмов, участие в выставках, сотрудничество с ведущими ВУЗами страны. Отечественные разработки в области кинематографии реально конкурентоспособны на современном рынке киноуслуг.

В ближайших планах – выход с предложениями на международный рынок, включая рынки Белоруссии, Казахстана, Узбекистана, Китая, Индии и Азиатского региона. Мы предлагаем конкурентоспособные технологии, обеспечивающие лучшее качество.

В рамках центра мы сохраним традиционные направления деятельности, включая голографическое кино. Продолжится работа по национальной, региональной и международной стандартизации.

Так как Федеральная целевая программа «Культура России (2012–2018 годы)» формулирует стратегические цели, источником финансирования проектов, направленных на достижение этих целей, должно стать государство. Одновременно с этим, объединение со студией им. М. Горького открывает новые горизонты частно-государственного партнёрства.

Реализация возможностей, которые открываются при объединении учёных и профессионалов кинопроизводства, сможет обеспечить устойчивый рост российской киноотрасли и достигнет стратегических целей, поставленных перед российской культурой.

Мы очень надеемся, что задуманные планы превратятся в реальные дела и очень скоро принесут плоды в виде новых фильмов по новым технологиям. ■



# СТЕРЕОКИНЕМАТОГРАФИЯ В ЛИНГВОДИДАКТИКЕ

(Доклад на VI Международной научно-технической конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других отраслях», 17–18 апреля 2014, город Москва)

Д.А. Дёмина,  
О.В. Негодова, МГЛУ,  
dasha\_k@mail.ru



## Аннотация

Проведено исследование возможности применения технологии трёхмерной визуализации в лингводидактике. Изложены теоретические основы исследований, а также результаты практических испытаний.

**Ключевые слова:** технология трёхмерной визуализации; лингводидактика; вторичная языковая личность; иноязычная картина мира.

■ В Московском государственном лингвистическом университете в ноябре 2013 года была открыта научно-исследовательская лаборатория трёхмерного виртуального моделирования. В лаборатории созданы условия для просмотра видеоматериалов в стереоформате для индивидуальной работы в шлемофонах и для просмотра пятидесяти человек одновременно на большом экране. В лаборатории был создан ряд учебных фильмов в стереоформате на различных языках и для разных профессиональных направлений. К некоторым фильмам также созданы интерактивные задания, которые можно выполнять как в режиме индивидуальной работы в шлемофоне, так и в группе на большом экране с помощью гиро-мыши.

С ноября 2013 года в лаборатории активно ведётся исследовательская и экспериментальная работа для определения эффективности применения технологии трёхмерной визуализации в образовании. Сферу интересов нашей лаборатории представляет обучение профессионалов различных направлений иностранным языкам.

Практическая работа лаборатории строится на теоретических основах. Свои исследования мы начали с изучения категории пространства. Ознакомившись с трудами

STEREOSCOPIC CINEMATOGRAPHY IN LINGUODIDACTICS

*D. Demina, O. Negodova*

## Abstract

*Investigated the possibility of applying the technology of three-dimensional visualization in linguodidactics. The theoretical account of the technology's efficiency and the results of experimental teaching.*

**Keywords:** *technology of three-dimensional visualization; linguodidactics; second language personality; foreign language world picture.*

учёных в различных областях (физики, математики, лингвистики, психологии и др.), мы увидели, что категория пространства является общечеловеческой категорией. Однако учёные в области лингвистики и психологии отмечают, что людей различных культур с детства окружают и различные ландшафты, и различная архитектура, и своё отношение к личному пространству, и тому подобные вещи. И данный факт накладывает свой отпечаток на то, как представитель данной культуры относится к пространству. Также различное отношение к пространству находит отражение в языке. При этом в языке могут быть запечатлены некие исторические «пережитки», которые, однако, остались и закреплены в языке и понятны его носителям. Например: выражение «три кита» в русском языке и соответствующее выражение «die drei tragenden Säulen» (буквально первое «три несущих колонны») – в немецком; «небосвод» – в русском языке и «Himmels-glocke, -bogen» (буквально первое «небесный колокол», «небесная арка») – в немецком и др. Эти выражения не соответствуют современной картине мира и могут представлять определённые трудности для изучающих язык.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что в процессе формирования вторичной языковой личности не-

обходимо формировать у студентов концептуальную картину мира, присущую носителям изучаемого языка. Вторичная языковая личность – «способность человека к общению на межкультурном уровне. Данная способность складывается из овладения вербально-семантическим кодом изучаемого языка, то есть «языковой картиной мира» носителей этого языка (формирование вторичного языкового сознания) и «глобальной (концептуальной) картиной мира» [1].

Несмотря на споры о мерности пространства, все учёные признают, что человек воспринимает мир в трёх измерениях. Умение изображать мир в двух измерениях и умение воспринимать эти изображения являются достижением культурного развития человечества. Существуют исследования [2], которые показали, что для восприятия и расшифровки изображений (понимания взаиморасположения предметов, направления, объёмности, размера и т.д.) необходимо обучение, а также бытовой опыт рассматривания подобных изображений. И даже обладая таким опытом, реципиент опирается на те знания, которые он получил в своей культуре, что может послужить причиной межкультурной интерференции.

Основным отличием двумерной графики от трёхмерной является полное отсутствие у двумерных объектов координаты глубины. Именно глубина позволяет воспринимать трёхмерное изображение наиболее полноценно, максимально задействуя чувственные органы восприятия.

«Оценка третьего измерения окружающей нас действительности происходит по ряду признаков, которые делятся на две группы, именуемые как монокулярные и бинокулярные признаки или факторы пространственного восприятия. Восприятие складывается из психологических представлений и физических ощущений» [3]. «По монокулярным признакам мы имеем психологическое представление о глубине или объёме наблюдаемого объекта или его изображения, а бинокулярные признаки дают нам *непосредственное физическое ощущение трёхмерности реального объекта*» [3].

Наша гипотеза строится на возможности трёхмерного компьютерного моделирования создавать правдоподобные, реальные экранные образы. Экранная ситуация, смоделированная в трёхмерной графике, даёт возможность зрителю достичь *эффекта присутствия, эффекта реальности*. Таким образом, зритель (учащийся) становится частью действия на экране, оказывается вовлечённым в него.

Вовлечённость в созданную при помощи трёхмерной графики ситуацию на экране производит более яркое впечатление, усиливает глубину переживаний. Таким образом, переживая непосредственно события на экране, учащийся непроизвольно запоминает больший объём информации, чем при простом просмотре фильма в 2D формате.

«Непроизвольное запоминание осуществляется как бы само собой, без преднамеренного желания что-то запомнить. Оно определяется не установками или целями, а особенностями объектов и отношением человека к ним. Так обычно запоминается то, что произвело яркое впечатление, вызвало сильные и глубокие переживания.

Непроизвольное запоминание может быть эффективным, если оно включено в активную умственную деятельность. Например, артист в ряде случаев не заучивает специально текст роли, а запоминает его в ходе репетиций, главная цель которых заключается не в том, чтобы усвоить слова, а в том, чтобы вжиться в образ» [4].

С целью проверить теоретические положения на практике в лаборатории проводится экспериментальная работа. Ниже изложены результаты двух проведённых экспериментов.

### **Эксперимент 1. Сравнительный анализ усвоения лексического и визуального материала на базе просмотра учебных фильмов в двумерном (2D) и трёхмерном (3D) формате**

В основе исследования лежит проблема усвоения учащимися вербальной и визуальной информации после демонстрации им учебных фильмов в двумерном и трёхмерном формате. Объектом исследования являются созданные в лаборатории трёхмерного виртуального моделирования учебные фильмы для учащихся второго и третьего курсов «Путешествие из Берлина в Бремен» и «Прибытие в Бремен на конференцию». Исследование проводилось с целью определения эффективности усвоения учебного материала на основе фильмов в 3D, а также проведения сравнительного анализа усвоения вербального и визуального материала в результате просмотра этих учебных фильмов.

Эксперимент проведён в рамках школы Педагогического мастерства МГЛУ, участниками явились преподаватели МГЛУ факультетов немецкого языка, второго иностранного языка, ИПЭУ, ИМОиСПН, свободно владеющие немецким языком.

Для проведения эксперимента была использована одна из методик социально-ориентированного обучения *Cooperative Learning* (или, так называемого, метода обучения в сотрудничестве), а именно: Я-Ты-Мы метод (Think-Pair-Share).

Выбор методики социально-ориентированного обучения *Cooperative Learning* объясняется возможностью создать максимально эффективную работу в группах и добиться поставленных в эксперименте лингводидактических целей в результате просмотра учебных фильмов в 3D. Кроме того, методика *Cooperative Learning* создаёт некий элемент отвлечения участников эксперимента от сосредоточения непосредственно на самом исследовании и ходе его проведения.

Участники эксперимента были поделены случайным образом, при помощи жребия (карточки с цифрами 2 и 3), на две группы. Первая группа, участники которой вытянули карточку с цифрой «2», смотрели фильм в 2D, вторая группа смотрела тот же самый эпизод в 3D.

Для демонстрации участникам эксперимента был выбран эпизод из фильма «Путешествие из Берлина в Бремен», описывающий прибытие главного героя в отель, его регистрацию (продолжительность эпизода 1 мин.



40 сек.) В данном фрагменте содержится достаточное количество фоновой информации, которая позволяет зрителю (участнику) «вжиться» в разыгрываемую на экране ситуацию. Кроме того, в эпизоде отображена ситуация общения служащего отеля с главным героем, содержащая лексический материал по теме «Отель».

Метод *Cooperative Learning* Я-ТЫ-МЫ базируется на трёх фазах: в первой фазе участники эксперимента работают самостоятельно. Во второй фазе они обсуждают и сравнивают свои результаты. В третьей фазе они представляют свои результаты всей группе.

При первичном ознакомительном просмотре эпизода фильма в 2D участникам первой группы (8 человек) не было предложено никаких предпросмотровых заданий. После просмотра участники первой группы получили стикеры зелёного и розового цвета (это могут быть просто цветные листы бумаги).

Первое задание этой фазы эксперимента состояло в том, чтобы участники за 3 минуты записали на стикере зелёного цвета 5–7 лексических единиц по теме «Отель», услышанных ими в диалоге между служащим отеля и главным героем.

Второе задание участников первой группы состояло в том, что на стикерах розового цвета нужно было записать все лексические единицы (абсолютно любые слова / выражения), которые участники услышали или увидели на экране, но не относящиеся к теме «Отель». Другими словами, всё то, что можно было бы назвать лексическим фоном эпизода. При этом важно то, что это могут быть любые слова (предметы, характеристики предметов и персонажей и т.д.), не обязательно услышанные в диалоге, а просто всё то, что отложилось в памяти лучше всего. На это задание также было дано 3 минуты.

Далее участники первой группы были снова поделены на подгруппы методом случайного выбора: участникам эксперимента было предложено вытянуть одну из разноцветных карточек. Количество карточек определялось количеством участников первой группы.

Участники, вытянувшие карточки зелёного цвета (3 человека), получили задание собрать все стикеры зелёного цвета с лексикой по теме «Отель», наклеить их на один лист бумаги и систематизировать их в единый список.

Участники, вытянувшие карточки синего цвета (3 человека), получили задание собрать все стикеры розового цвета с так называемой фоновой лексикой, наклеить их на один лист бумаги и систематизировать их в единый список.

Участник, вытянувший карточку красного цвета (1 человек), следит за временем выполнения задания «зелёной группы» (5 минут), а затем представляет составленный список всей группе.

Участник, вытянувший карточку жёлтого цвета (1 человек), следит за временем выполнения задания «синей группы» (5 минут), а затем представляет составленный список всей группе.

Далее были приглашены участники эксперимента из второй группы. Им было предложено выполнить все те

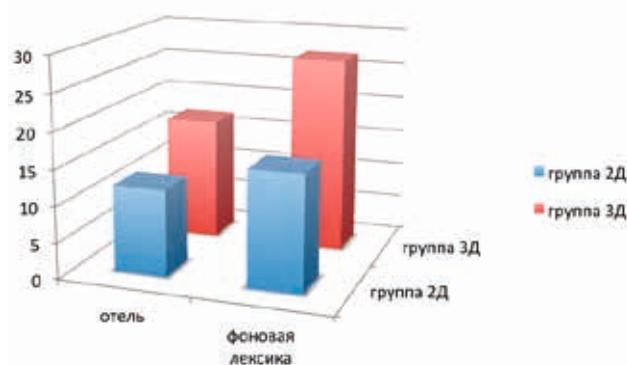


Рис. 1. Количественное соотношение лексических единиц, зафиксированных группами, смотревшими эпизод в 2D и 3D форматах

же самые задания после просмотра ими того же эпизода в 3D формате.

При проведении сравнительного анализа лексического материала, отобранного обеими группами, было выявлено численное превосходство лексических единиц, отмеченных по темам «Отель» и «Фоновая лексика» участниками второй группы (3D).

Как уже было отмечено выше, участниками первого эксперимента являлись преподаватели нашего вуза, свободно владеющие немецким языком, что является важным фактором, влияющим на чистоту самого эксперимента. Участники эксперимента, владеющие языком свободно, обладают необходимыми лингвистическими компетенциями для того, чтобы суметь выделить и описать на иностранном языке ту самую «фоновую информацию» (лексику, не относящуюся к теме «Отель»).

При проведении эксперимента со студентами 2-3 курса мы планируем предлагать фиксировать слова, относящиеся к темам «Отель» и «Фоновая лексика», на русском языке в том случае, если учащимся не будет хватать словарного запаса для описания запомнившейся информации на иностранном языке.

Мы планируем повторить данный эксперимент с учащимися нашего вуза, а также провести дополнительное исследование по истечении 1–2 недель после проведения эксперимента на тему «Уровень забывания вербальной и визуальной информации после просмотра учебного фильма в 2D и 3D формате». Мы предложим учащимся по истечении определённого срока времени заполнить анкету и ответить на вопросы, связанные с содержанием просмотренного ранее эпизода. Данное исследование позволит нам выяснить не только насколько стереозэффект влияет на запоминание вербальной и визуальной информации, но и продолжительность сохранения в памяти полученной в ходе просмотра учебного фильма информации.

## Эксперимент 2. Сравнение восприятия стерео- и моноизображения

При работе с учебными фильмами возникла гипотеза, что в случае работы со стереоизображением повышается произвольное внимание к пространству, представленному

Табл. 1. Количество верных ответов на вопросы теста для сравнения эффективности произвольного запоминания изображения в моно- и стереоформате (экспериментальная и контрольная группы)

процент верных ответов процент испытуемых	20	30	40	50	60	70	80	90
1 группа (стерео)	0	6,5	34,5	22	22	12,5	0	3
2 группа (моно)	12,5	37,5	15,5	12,5	15,5	3	3	0

в фильме, к деталям: у зрителей возникает желание изучать изображение, как это происходит в случае столкновения с чем-либо новым в реальной жизни (например, в музеях, в другой стране и т.п.). В случае подтверждения данной гипотезы можно утверждать, что учебные фильмы в стереоформате на занятиях иностранного языка способствуют формированию иноязычной картины мира, межкультурной компетенции, создавая у обучающихся образы изучаемой культуры.

Суть эксперимента заключалась в сравнении моно- и стереоизображения относительно произвольного запоминания деталей.

Все испытуемые (64 человека) были разделены на две равные группы. Студентам из первой группы был продемонстрирован фрагмент учебного трёхмерного фильма «Путешествие в Лондон» в стереоформате. Затем им было предложено выполнение теста, задания которого были направлены на проверку запоминаемости деталей видеоряда. Задание было для студентов неожиданным, т.е. проверялось именно произвольное запоминание.

Затем был предложен второй фрагмент фильма и вторая часть теста. Студенты уже ожидали, какого рода вопросы будут в тесте, и старались запомнить детали, таким образом, проверялось произвольное запоминание.

Второй группе испытуемых были предложены те же фрагменты фильма и такой же тест, однако фильм при этом демонстрировался в моноформате.

Студенты первой группы дали от 30% до 90% верных ответов. При этом основное количество студентов (78,5%) дали 40–60% правильных ответов.

Студенты второй группы дали от 20% до 80% верных ответов. При этом самое большое количество студентов в этой группе (37,5%) дали 30% верных ответов, по 3% дали 70% и 80% правильных ответов, остальные результаты распределились примерно поровну между 2–40–50–60% верных ответов (таблица 1).

Таким образом, в первой группе, которая смотрела фильм в стереоформате, уровень произвольного запоминания заметно выше и колеблется в основном между 40–70%, во второй группе – между 20–60%.

Результаты второго тестирования (произвольное запоминание) приведены в таблице 2.

Полученные результаты демонстрируют, что при произвольном запоминании формат изображения не влияет на результат.

Табл. 2. Количество верных ответов на вопросы теста для сравнения эффективности произвольного запоминания изображения в моно- и стереоформате (экспериментальная и контрольная группы)

количество верных ответов процент испытуемых	20 (25%)	30 (37,5%)	40 (50%)	50 (62,5%)	60 (75%)	70 (87,5%)
1 группа (стерео)	3	3	31,5	25	25	12,5
2 группа (моно)	3	6	25,5	31	25	9,5

### Заключение

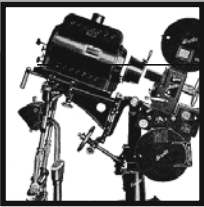
Опираясь на данные проведённых экспериментов, можно говорить о целесообразности применения трёхмерных фильмов в стереоформате на занятиях иностранного языка, в том числе, для формирования у обучающихся образа изучаемой культуры. При работе с фильмами в стереоформате происходит не только прочное усвоение учебного материала, но и произвольное запоминание пространственных образов, что необходимо для формирования вторичной языковой личности.

Данные выводы также свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований касательно определения того материала, который целесообразно визуализировать, и который целесообразно преподносить с помощью других средств, не отвлекая внимания обучающихся на визуализацию.

Также необходимы исследования для определения количественного соотношения материалов в стереоформате и других учебных материалов в процессе обучения для достижения максимальной эффективности при их использовании. ■

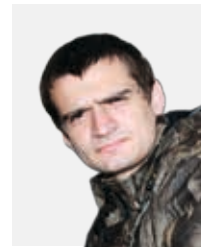
### ЛИТЕРАТУРА

1. Гальскова Н.Д., Гез Н.И. Теория обучения иностранным языкам: Лингводидактика и методика: учебное пособие. / М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.
2. Коул М., Скрибнер С. Культура и мышление. // Пер. с англ. П. Тульviste. Под ред. А.Р. Лурия. / М.: Прогресс, 1977. – 264 с.
3. Мелкумов А.С. Стереоскопический кинематограф: учебное пособие / М.: ВГИК, 2013. – 142 с.
4. Соломин В.П., Шатровой О.В., Михайлов Л.А., Маликова Т.В. Психологическая безопасность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://bookap.info/psywar/solomin\\_psihologicheskaya\\_bezopasnost/gl21.shtml](http://bookap.info/psywar/solomin_psihologicheskaya_bezopasnost/gl21.shtml)



# ОБНАРУЖЕНИЕ ВРЕМЕННОГО СДВИГА МЕЖДУ РАКУРСАМИ И ПЕРЕПУТАННОГО ПОРЯДКА РАКУРСОВ в стереофильмах

(7-й отчёт проекта MSU VQMT3D)



В.А. Людвиченко, С.В. Лаврушкин, В.А. Янушковский, Д.С. Ватолин, к.т.н., МГУ им. М.В. Ломоносова, [dmitriy@graphics.cs.msu.ru](mailto:dmitriy@graphics.cs.msu.ru)

## Аннотация

Сегодня многие зрители испытывают дискомфорт и головную боль при просмотре 3D фильмов. Основной причиной возникающего зрительного дискомфорта является наличие различных артефактов в стереофильме.

В работе предложены методы автоматического обнаружения двух типов артефактов в стереовидео: временного сдвига между ракурсами и перепутанного порядка ракурсов. Так как эти артефакты сложно обнаружить вручную, но легко исправить, то предложенные методы позволяют практически исключить возможность их появления в фильмах. Предложенный метод обнаружения перепутанного порядка ракурсов был апробирован на 105 современных фильмах, а метод обнаружения временного сдвига – на 26. Наиболее значительные артефакты, обнаруженные в этих фильмах, приведены в статье. Метод обнаружения перепутанных ракурсов имеет на 17% большую точность (по метрике AUROC) и в 3,5 раза меньшую вычислительную сложность, чем ранее предложенный подход.

**Ключевые слова:** стереовидео, анализ изображений, временной сдвиг, перепутанный порядок ракурсов.

## Введение

За последние пять лет доступность и распространённость технологий демонстрации стереоскопического видео существенно возросла. В 2013 году вышли в прокат 50 стереофильмов со средним бюджетом 130 млн. дол-

DETECTION OF TEMPORAL SHIFT AND SWAPPED VIEWS IN S3D MOVIES

V. Lyudvichenko, S. Lavrushkin, V. Yanushkovskiy, D. Vatolin

## Abstract

Many people experience the visual discomfort and a headache caused by watching S3D movies. The main cause of the visual discomfort is various artifacts in S3D films.

In this work we propose automatic methods for detection of two artifacts' types: temporal shift between views and swapped views. As these artifacts are hard to detect, but easy to fix, then proposed methods practically allow to eliminate such artifacts from S3D films.

The methods of swapped views and temporal shift detection were tested on 105 and 26 modern movies, respectively. Most significant detected artefacts were presented in the article. The method of swapped views detection on 17% more accurate (by AUROC metric) and on 3.5 time less time-consuming than previously proposed approach.

**Keywords:** stereovideo, image analysis, temporal shift, swapped views.

ларов. В 2014 году уже вышли в прокат более 40 стереофильмов. Количество залов, оборудованных для показа стереофильмов, находится на самом большом уровне в истории кинематографа. Только в Москве работают не менее 75 кинотеатров 3D. Доля продаваемых телеви-

зоров с поддержкой 3D в России превысила 25%, в Азии приближается к 75%. Несмотря на это, интерес общественности к 3D переживает спад, основной причиной которого является низкое качество производимого стерео [13–15]. Это делает актуальным, как никогда раньше, создание инструментов обеспечения контроля качества создаваемых стереоскопических видеоматериалов.

Существует множество артефактов, вызывающих ухудшение визуального восприятия и зрительный дискомфорт при просмотре стереофильмов у части зрителей [1, 2]. В данной статье представлены автоматические методы выявления следующих двух типов артефактов:

- временной сдвиг между видеопотоками для левого и правого ракурса;
- перепутанный порядок ракурсов.

При временном сдвиге действия, отображаемые в одном видеопотоке (ракурсе), опережают те же действия в другом видеопотоке. Под сценами с перепутанным порядком ракурсов мы будем понимать сцены, в которых на месте правого канала находится левый, и наоборот.

Чаще всего временной сдвиг между ракурсами возникает на этапе съёмки кинофильма из-за несовершенства съёмочного оборудования. Например, временной сдвиг может возникнуть при использовании малобюджетных систем стереозаписи с независимыми камерами из-за рассинхронизации момента начала записи. В таком случае временной сдвиг будет неизменным на протяжении всей сцены. Даже одновременное начало записи при использовании таких систем может привести к неравномерному сдвигу во времени вследствие различной частоты записи кадров у двух камер. Неаккуратность или невнимательность при монтаже стереофильма являются основными причинами появления перепутанного порядка ракурсов.

Очевидно, что зрительная система человека не имеет опыта восприятия информации об окружающем мире, содержащей подобные искажения. Поэтому появление данных артефактов в фильмах крайне нежелательно.

### Исследования качества стереовидео

Основная масса исследований в области оценки качества стереовидео направлена на выявление искажений, возникших на этапе его сжатия и передачи [11, 12], ввиду того, что аналогичная задача для одноракурсного видео хорошо изучена. Вопросам выявления искажений, возникающих на этапе создания стереовидео, уделено внимание в относительно малом числе работ. В частности, нашим коллективом был опубликован ряд работ [1, 2], в которых затронуты различные аспекты качества стереовидео и предложены методы оценки следующих характеристик:

- оценка максимального горизонтального параллакса,
- оценка вертикального параллакса,
- оценка соответствия по цвету,
- оценка геометрического соответствия,

- оценка соответствия по фокусу.

На сегодняшний день авторам известна одна работа, описывающая алгоритм выявления перепутанных ракурсов [3], но данный подход имеет относительно низкую точность и высокую вычислительную сложность, что не позволяет использовать его для анализа полнометражных фильмов.

Для обнаружения временного сдвига могут быть использованы методы пространственно-временного выравнивания последовательностей 2D видео [8, 9]. Но они не могут обеспечить оценку временного сдвига между ракурсами стереовидео с точностью менее одного кадра [8] или имеют высокую вычислительную сложность и склонны к ошибкам второго рода из-за того, что не используют особенности стереовидео [9].

### Алгоритм обнаружения перепутанных ракурсов

Для проверки корректности порядка ракурсов необходимо оценить параллакс объектов сцены и убедиться, что объекты с меньшим параллаксом расположены ближе к камере, чем объекты с большим параллаксом.

Алгоритмы оценки расстояния до объектов, основанные на бинокулярных признаках, неприменимы для данной задачи, так как перепутанные ракурсы приведут к инвертированной оценке глубины. Поэтому для построения карты расстояния до объектов необходимо использовать монокулярные признаки. Стоит отметить, что для решения данной задачи достаточно знать относительное расположение объектов в сцене, а не точную карту глубины. Для этого могут использоваться так называемые алгоритмы упорядочения глубины (depthordering), которые извлекают из монокулярной видеопоследовательности информацию о взаимном перекрытии объектов [6] и могут оценить их расположение относительно камеры [7]. Однако качество и скорость работы современных алгоритмов упорядочения глубины не позволяют использовать их для обнаружения перепутанных ракурсов на практике.

В целом, довольно сложно выделить единый критерий классификации сцен по наличию перепутанных ракурсов. Поэтому в предложенном методе мы используем композицию четырёх базовых алгоритмов. Каждый из них классифицирует сцену, основываясь на том, что для анализируемой сцены верно определённое предположение. Точность классификации отдельно взятого алгоритма максимальна, когда для сцены выполнено соответствующее предположение данного алгоритма. Конечное решение о наличии перепутанных ракурсов в сцене принимается путём взвешенного голосования базовых алгоритмов-классификаторов. Ниже приведены описания используемых классификаторов. Далее во всех приведённых алгоритмах для сопоставления стереоракурсов и оценки карт диспаратета мы используем блочный алгоритм с поблочной метрикой SND [4], устойчивой к цветовым искажениям между ракурсами.



Рис. 1. Пример кадра с «выпадающим» объектом по центру и оценка карты глубины. Исходное изображение взято из фильма «Avatar»

### Анализ областей перекрытия

Если в сцене присутствуют области перекрытия, то верно следующее: в левом ракурсе все области перекрытия всегда находятся слева от объекта переднего плана, а в правом ракурсе – справа. Чтобы проверить соответствие сцены данному утверждению, на первом шаге алгоритм производит сопоставление стереоракурсов и находит области перекрытия с помощью метода LRC (left-right consistency check) [5]. Помимо этого, для каждой области перекрытия определяется её *смежная область*.

Для левого ракурса смежная область – это область, лежащая слева от области перекрытия, для правого – справа. Если ракурсы не были перепутаны, то области перекрытия и их смежные области соответствуют одним и тем же объектам заднего плана, в противном случае области перекрытия соответствуют объектам заднего плана, а их смежные области – переднего. При выполнении предположения о том, что в анализируемой сцене объекты переднего и заднего плана имеют различные цвета, наличие перепутанных ракурсов можно проверить, сравнив распределение цветов в областях перекрытия и их смежных областей. Для этого на втором шаге алгоритм вычисляет цветовые гистограммы областей перекрытия и их смежных областей, разреженные до  $16^3$  градаций. Если для какой-то области перекрытия расстояние Кульбака-Лейблера между такими гистограммами больше 0,15, то считается, что ракурсы перепутаны.

### Анализ перспективы

В фильмах часто можно встретить различные изображения ландшафта с небольшим количеством объектов переднего плана. Для таких сцен карту глубины можно аппроксимировать вертикальным градиентом: внизу кадра находятся объекты с наименьшей глубиной, вверху – с наибольшей.

Алгоритм вычисляет линейную функцию  $d(y)$ , аппроксимирующую средние значения карты диспаратета в каждой её строке (строки нумеруются сверху вниз, т.е.  $y = 0$  соответствует верхней строке изображения). Если  $d(y)$  является убывающей, то считается, что правильный порядок ракурсов соблюден.

### Анализ «выпадающих» объектов

Обычно объекты, к которым приковано наибольшее внимание зрителей, находятся ближе к центру кадра и «выпадают» из экрана, т.е. имеют отрицательный параллакс. Сначала алгоритм по карте диспаратета пытается найти объект в центре кадра с наибольшим абсолютным значением параллакса. Если такой объект обнаружен, и он имеет положительный параллакс, то считается, что ракурсы были перепутаны.

### Анализ распределения диспаратета

Создатели стереофильмов, как правило, стараются компоновать кадр таким образом, чтобы области отрицательного параллакса составляли треть зоны комфортного восприятия стерео, а регионы положительного параллакса – две трети. Таким образом, предполагается, что в левом ракурсе будет больше положительных значений диспаратета, чем отрицательных, в правом ракурсе – наоборот. Алгоритм, использующий данное предположение, был ранее описан в [3].

### Алгоритм обнаружения временного сдвига между ракурсами

В качестве признака наличия временной рассинхронизации между ракурсами было выбрано наличие несоответствий скоростей движения объектов в разных ракурсах. Данный признак позволяет эффективно выявлять как неконстантные временные сдвиги, так и константные, при наличии в сцене объекта с изменяющимся вектором скорости.

Для полного анализа стереокартины часто оказывается полезным оценить величину обнаруженного временного сдвига. Например, зная, что величина временного сдвига равна 0,9 кадра, можно нивелировать заметность данного артефакта, сдвинув один из ракурсов на 1 кадр, тем самым сократив сдвиг до 0,1 кадра. Чтобы полностью устранить заметность нецелых временных сдвигов, необходимо задействовать алгоритмы изменения частоты кадров [16]. В ходе проведённых исследований было выявлено, что в реальных фильмах временные сдвиги почти всегда не превосходят одного кадра.

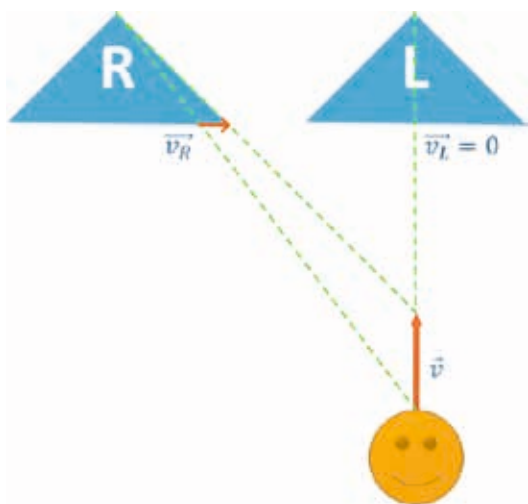


Рис. 2. Пример различия величины горизонтальной проекции вектора скорости в разных ракурсах

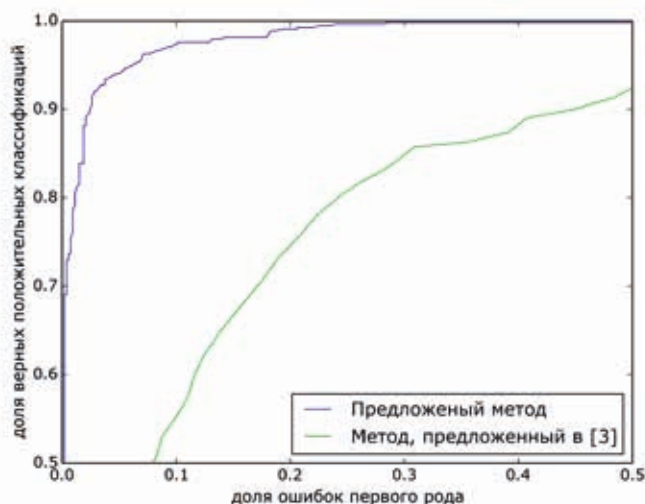


Рис. 3. ROC-кривая предложенного метода и метода, описанного в [3]

Табл. 1. Статистика фильмов, в которых были обнаружены сцены с перепутанным порядком (ППР)

Название фильма	Премьера (год)	Бюджет (млн. долл.)	Обнаружено сцен с ППР	Общая длительность сцен с ППР (с)	Длительность фильма (с)	Длительность сцен с ППР (% от общей длительности фильма)
The Child's Eye	2010	4,50	15	57,456	5822,85	0,99%
The Nutcrackerin 3D	2010	90	9	28,946	6480,14	0,45%
3D Sex and Zen: Extreme Ecstasy	2011	2,5	9	23,108	6775,43	0,34%
Spy Kids 3D: Game Over	2003	39	5	10,302	5063,05	0,20%
Hugo	2011	170	2	10,261	7581,03	0,14%
Sharks 3D	2004	5	1	8,926	3073,07	0,29%
SAW 3D	2010	20	3	6,674	5405,31	0,12%
The Last Airbender	2010	150	2	6,590	6193,18	0,11%
Dark Country	2009	4	4	5,756	5287,28	0,11%
Creature from the Black Lagoon	1954	–	2	5,422	4745,99	0,11%
Ghost Rider: Spirit of Vengeance	2012	57	1	4,630	5731,76	0,08%
Stalingrad	2013	30	1	4,296	7848,79	0,05%
Avatar	2009	237	1	3,336	9701,69	0,03%
Spy Kids: All the Time in the World in 4D	2011	27	1	2,962	5265,09	0,06%
Harry Potter and the Deathly Hallows: Part 2	2011	125	1	2,878	7826,94	0,04%
The Chronicles of Narnia: The Voyage of the Dawn Treader	2010	155	1	2,586	6760,75	0,04%
Conanthe Barbarian	2011	70	1	1,168	6742,23	0,02%
Step Up 3D	2010	30	1	0,876	6431,38	0,01%
Clashofthe Titans	2010	125	1	0,709	6306,3	0,01%
Drive Angry	2010	50	1	0,668	6271,26	0,01%
Bait	2012	31	1	0,584	5587,83	0,01%
A Very Harold & Kumar 3D Christmas	2011	19	1	0,501	5379,37	0,01%
The Three Musketeers	2011	75	1	0,500	6631,54	0,01%

Так как временные сдвиги являются достаточно маленькими, то мы можем использовать информацию о несоответствии скоростей движения объектов для оценки величины сдвига. Пусть вертикальная проекция вектора скорости объекта в кадре  $t$  левого ракурса равна  $v_L(t) = v(t)$  пикселей за кадр, и  $v_R(t) = v(t + \Delta t)$  в правом ракурсе, где  $\Delta t$  – величина временного сдвига.

Тогда,  
 $v(t + \Delta t) \approx v(t) + v'(t) \Delta t$ ,  $v'(t) \approx v_L(t + 1) - v_L(t)$ ,  
 следовательно

$$\Delta t \approx \frac{v_R(t) - v_L(t)}{v_L(t+1) - v_L(t)}.$$

В приведённых формулах мы используем вертикальную составляющую вектора движения (скорости), так как горизонтальная компонента проекции вектора скорости объекта на плоскость экрана в разных ракурсах может быть различна (рис. 2). Предложенный алгоритм вычисляет поля векторов движения для левого и правого видеопотока, производит сопоставление стереоракурсов и обнаружение областей перекрытия, после чего вычисляется средняя величина временного сдвига по всем областям, кроме областей перекрытия и областей, имеющих нулевой вектор движения.



Рис. 4. Визуализация кадра из фильма «Harry Potter and the Deathly Hallows: Part 2» с перепутанным порядком ракурсов



Рис. 5. Визуализация кадра из фильма «3D Sex and Zen: Extreme Ecstasy» с перепутанным порядком ракурсов

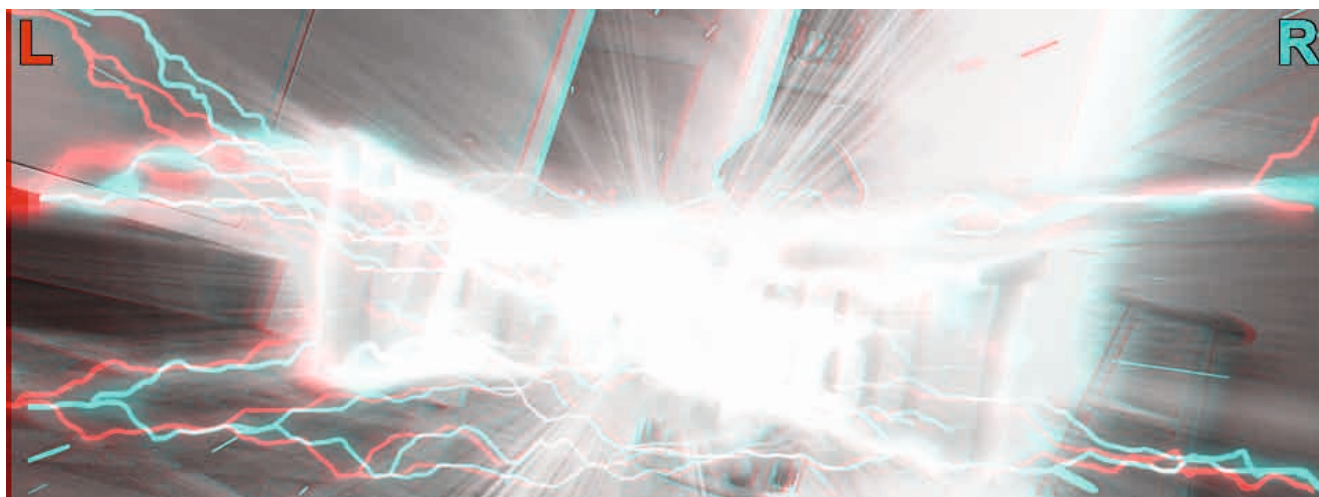


Рис. 6. Визуализация кадра из фильма «A Very Harold&Kumar 3D Christmas» с перепутанным порядком ракурсов

Табл. 2. Список фильмов, проанализированных на наличие временного сдвига между ракурсами (ВСМД), и их характеристики. В последнем столбце приведена средняя величина временного сдвига среди всех сцен фильма с ВСМД

Название фильма	Премьера (год)	Бюджет фильма (млн. долл.)	Метод производства (съёмка или конвертация)	Обнаружено сцен с ВСМД	Длительность сцен с ВСМД (с)	Средняя величина ВСМД (с)
Drive Angry	2010	50	съёмка	30	99,60	0,36
Resident Evil: Afterlife	2010	60	съёмка	5	12,89	0,17
Pina	2011	4,16	съёмка	1	4,25	0,16
Step Up 3D	2010	30	съёмка	2	2,59	0,07
Step Up Revolution	2012	33	съёмка	2	5,09	0,05
Pirates of the Caribbean: On Stranger Tides	2011	140	съёмка	2	16,43	0,05
Hugo	2011	170	съёмка	2	8,17	0,03
A Very Harold and Kumar 3D Christmas	2011	19	съёмка	1	1,58	0,01
The Three Musketeers	2011	75	съёмка	0	0,00	0,00
Galapagos: The Enchanted Voyage	1999	–	съёмка	0	0,00	0,00
Dolphin Tale	2011	37	съёмка	0	0,00	0,00
Sanctum	2011	30	съёмка	0	0,00	0,00
Resident Evil Retribution	2012	65	съёмка	0	0,00	0,00
The Amazing Spiderman	2012	230	съёмка	0	0,00	0,00
Alice in Wonderland	2010	200	конвертация	0	0,00	0,00
Clash of the Titans	2010	125	конвертация	0	0,00	0,00
Conan the Barbarian	2011	70	конвертация	0	0,00	0,00
Green Lantern	2011	200	конвертация	0	0,00	0,00
Gulliver's Travels	2010	112	конвертация	0	0,00	0,00
The Chronicles of Narnia: The Voyage of the Dawn Treader	2010	155	конвертация	0	0,00	0,00
Immortals	2011	75	конвертация	0	0,00	0,00
The Avengers	2012	220	конвертация	0	0,00	0,00
Wrath of Titans	2012	150	конвертация	0	0,00	0,00
Abraham Lincoln: Vampire Hunter	2012	69	конвертация	0	0,00	0,00
Avatar	2009	237	съёмка	0	0,00	0,00
Into the Deep	1994	–	съёмка	0	0,00	0,00





Рис. 7. Пример временного сдвига между ракурсами, обнаруженного в фильме «Drive Angry»

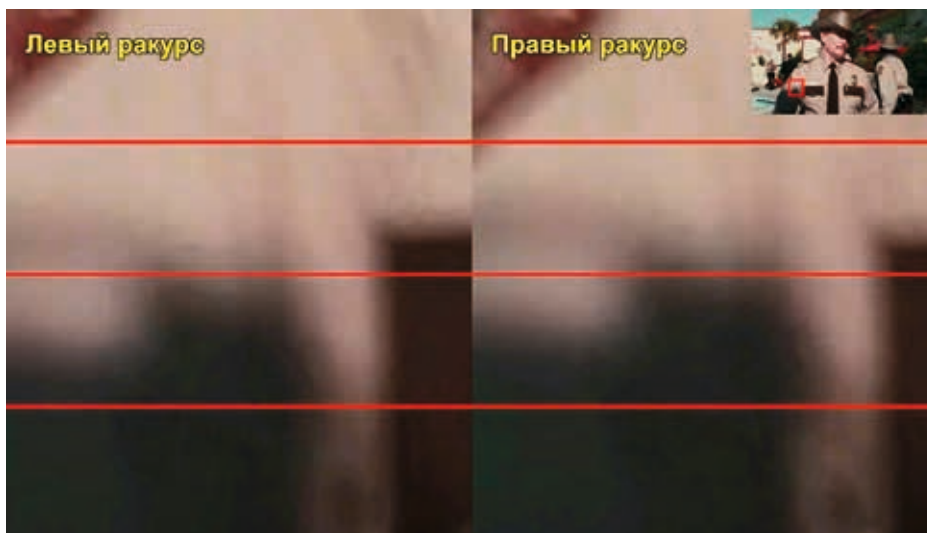


Рис. 8. Пример временного сдвига между ракурсами, обнаруженного в фильме «Drive Angry»

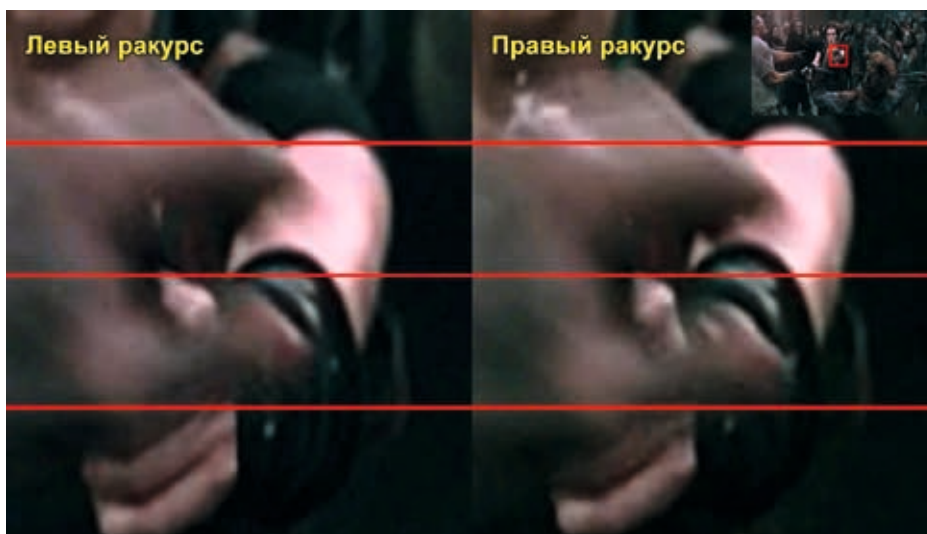


Рис. 9. Пример временного сдвига между ракурсами, обнаруженного в фильме «Resident Evil: After life»

## Результаты

Для тестирования алгоритма обнаружения перепутанных ракурсов была составлена тестовая выборка из 1000 сцен, взятых из современных стереофильмов (в 500 сценах порядок ракурсов соблюден, в оставшихся 500 сценах порядок был искусственно изменён). Предложенный метод имеет на 17% большую точность классификации по метрике AUROC (рис. 3) и в 3,5 раза меньшую вычислительную сложность, чем ранее предложенный подход [3]. Предложенным алгоритмом было проанализировано 105 различных стереофильмов, в 23 из которых было обнаружено 65 сцен с неправильным порядком ракурсов общей длительностью 189 секунд. Более подробные данные, полученные в ходе анализа, представлены в табл. 1. Также на рис. 4–6 приведены кадры в формате красно-бирюзового анаглифа из сцен, в которых был обнаружен неправильный порядок ракурсов.

В ходе тестирования алгоритма обнаружения временного сдвига между ракурсами было выявлено 45 сцен в 8 фильмах с временным сдвигом более 0,05 кадра, общая продолжительность которых составила 150 секунд. Большинство обнаруженных сцен имели константный временной сдвиг, величина максимального временного сдвига составила 0,92 кадра. Всего было проанализировано 26 фильмов. Таким образом, 18 фильмов не содержали заметных временных сдвигов. Такие хорошие показатели данных фильмов можно объяснить тем, что половина из них была произведена с помощью технологии конвертации из 2D-фильмов. Результаты проведённого тестирования представлены в табл. 2. На рис. 7–9 приведе-

ны визуализации кадров из сцен, в которых был обнаружен временной сдвиг. На этих визуализациях показаны два увеличенных фрагмента изображений левого и правого ракурса одного кадра. Оба фрагмента имеют одинаковое вертикальное выравнивание, таким образом, временной сдвиг можно обнаружить по вертикальному смещению отдельного объекта между левым и правым фрагментом.

### Заключение

Предложены алгоритм выявления перепутанных ракурсов и алгоритм обнаружения сдвига во времени, таким образом, был расширен список искажений стереовидео, выявляемых в рамках проекта VQMT3D (Video Quality Measurement Tool 3D) [10], развиваемого лабораторией компьютерной графики и мультимедиа МГУ им. М.В. Ломоносова. Основное преимущество предложенных методов заключается в достаточно

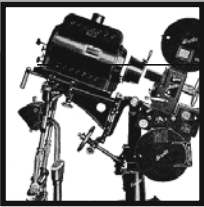
высокой скорости работы, что позволило целиком обрабатывать с их помощью полнометражные фильмы, в т.ч. провести анализ перепутанных ракурсов для 105 фильмов.

Оба метода были протестированы на видеоданных, взятых из современных стереофильмов, доказав свою практическую применимость. Новый метод обнаружения перепутанных ракурсов показывает значительные улучшения относительно метода, разработанного нашим коллективом ранее [3], как в плане вычислительной сложности, так и точности классификации. Сегодня крайне мало публикаций по определению временного сдвига, по крайней мере, найти аналоги, способные работать на полнометражных стереофильмах, авторам не удалось.

Данные, полученные в ходе проведённого анализа, планируется опубликовать в 8-м и 9-м отчётах проекта VQMT3D [10]. ■

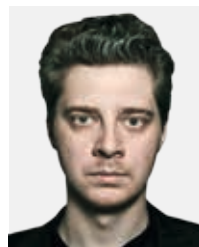
### ЛИТЕРАТУРА

1. *Voronov A., Vatolin D., Sumin D., Napadovsky V., and Borisov A.* «Methodology for stereoscopic motion-picture quality assessment», Proc. SPIE 8648, Stereoscopic Displays and Applications XXIV, vol. 8648, pp. 864810-1–864810-14, March 2013. doi:10.1117/12.2008485
2. *Ватолин Д.С., Воронов А.А., Нападовский В.В., Борисов А.В.* «Исследование артефактов в стереокино и примеры анализа кинокартин», Международная ежегодная научно-техническая конференция «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях», с. 190–203, Москва, 2012.
3. *Alexey Shestov, Alexander Voronov, and Dmitriy Vatolin.* «Detection of swapped views in stereo image», 22st GraphiCon International Conference on Computer Graphics and Vision, pp. 23–27, 2012.
4. *Jung-Jae Yu, Hae-Dong Kim, Ho-Wook Jang, Seung-Woo Nam.* «A hybrid color matching between stereo image sequences», 3DTV Conference: The True Vision – Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), pp.1, 4, 16–18 May 2011.
5. *Jian Sun, Yin Li, Sing Bing Kang, Heung-Yeung Shum.* «Symmetric stereo matching for occlusion handling», Computer Vision and Pattern Recognition, 2005.
6. *Bergen L., Meyer F.* «A novel approach to depth ordering in monocular image sequences», Proceedings. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 2, pp. 536, 541, 2000.
7. *Smith P., Drummond Tom, Cipolla R.* «Layered motion segmentation and depth ordering by tracking edges», IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 26, no. 4, pp. 479, 494, April 2004.
8. *Y. Caspi and M. Irani.* «Spatio-Temporal Alignment of Sequences», IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, pp. 1409–1424.
9. *B. Meyer, T. Stich, M.A. Magnor, and M. Pollefeys.* «Subframe Temporal Alignment of Non-Stationary Cameras», British Machine Vision Conference, 2008, pp. 1–10.
10. Проект Video Quality Measurement Tool 3D, <http://compression.ru/video/vqmt3d/>
11. *Huynh-Thu Q., Callet P.L., and Barkowsky M.* «Video quality assessment: From 2D to 3D – challenges and future trends», IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 4025–4028, 2010.
12. *Boev A., Hollosi D., Gotchev A., and Egiazarian K.* «Classification and simulation of stereoscopic artifacts in mobile 3DTV content», Proc. SPIE Stereoscopic Displays and Applications XX, 2009.
13. «3-D TV is Officially Dead (For Now) and This is Why it Failed», <http://spectrum.ieee.org/techtalk/consumer-electronics/audiovideo/3d-tv-is-officially-dead-for-now-and-this-is-why-it-failed/>.
14. «James Cameron says: 3D TV will come, but it requires better tech and content», <http://venturebeat.com/2010/10/27/james-cameron-says-3d-tv-will-come-but-it-requires-better-techand-content/>.
15. *Lambooj M.* «Stereoscopic displays and visual comfort: a review», SPIE Newsroom, 2007.
16. *Choi B., Lee S., Ko S.* «New frame rate up-conversion using bi-directional motion estimation», IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2000.



# АНАЛИЗ ФАКТОРОВ АДЕКВАТНОСТИ ПАРАДИГМАЛЬНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕВЕРБЕРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА реальному характеру формирования реверберации

Я.Ш. Вахитов, к.т.н.,  
проф., Д.А. Давыдов,  
аспирант, СПбГУКиТ,  
da.davydov@mail.ru



## Аннотация

Рассматривается соответствие модели Эйринга реальному процессу распространения звуковой энергии в помещении, её неточности в описании хаотичности и переносе энергии вследствие переотражения звукового сигнала. Для более точного и соответствующего реальному процессу описания предлагается метод с использованием мнимых источников звука, но учитывающий перераспределение энергии между отражёнными сигналами и их временные характеристики.

**Ключевые слова:** реверберация, модель Эйринга, метод мнимых источников, акустический сигнал, звуковая энергия.

## Введение

В начале 30-х гг. в журнале JASA появился ряд статей, посвящённых разработке математических моделей реверберационного процесса и расчёту  $T_{\text{ст.рев}}$ . Окончательный выбор пал на соотношение, называемое формулой Эйринга, в основном по той причине, что экспериментальная формула Сэбина оказалась частным случаем формулы, полученной Эйрингом на основе определён-

FACTOR ANALYSIS OF THE ADEQUACY OF THE PARADIGMATIC MATHEMATICAL MODEL OF THE REVERBERATION PROCESS TO THE REAL NATURE OF FORMATION OF THE REVERB

Y. Vakhitov, D. Davydov

## Abstract

Considered the relevance of the Eyring model to the real process of sound energy propagation in the room, its inaccurate description of the chaos and energy transfer due to multiple reflections of the sound signal. For more accurate and relevant to the real process describing a method of using the imaginary sound sources that takes into account the redistribution of energy between the reflected signals and its temporal properties is proposed.

**Keywords:** reverberation, Eyring model, imaginary source method, acoustical signal, sound energy.

ных теоретических предпосылок, главная из которых – предположение об одновременности актов отражения от всех поверхностей, ограждающих помещение.

При такой трактовке звуковая энергия в помещении  $E$  после первого отражения принимает вид  $E(t) = E(1-\alpha)$ . После второго  $E(t) = E(1-\alpha)(1-\alpha)$  и после  $n$ -го  $E(t) = E(1-\alpha)^n$ . Преобразуя эту формулу, получаем формулу Эйринга (см. вывод в [1]). Эта процедура вывода соот-

ветствует исходным положениям статистической теории реверберации [2]. Статистическая теория основана на вероятностном подходе и предполагает, что звуковое поле в помещении носит эргодический характер, т.е. значение, полученное усреднением результатов, измеренных в разные моменты времени, не отличается от результатов, полученных в разных точках пространства в один и тот же момент времени. Эта эргодичность формируется наличием множества возможных направлений прихода волн и их хаотическим наложением друг на друга. Т.о. хаотичность должна быть как во времени, так и по направлениям распространения энергии. Тогда интервал дискретизации сигнала вследствие актов отражений может быть выражен некоторым средним временем свободного пробега  $\tau$ , определяемым соотношением:

$$\tau = \frac{4V}{c_0 S}, \quad (1)$$

где  $V$  – объём помещения,  $S$  – общая площадь ограничивающих плоскостей,  $c_0$  – скорость звука [2].

В реальности в описанной нами процедуре вывода формулы, по сути, никакой хаотичности не присутствует, потому что отражение происходит одновременно от всех поверхностей с определённым тактом, как бы в сферическом помещении, что не соответствует реальному процессу. Тактовость процесса, может быть, нейтрализуется, когда модель Эйринга принимает в конечном результате очень большое число отражений, близкое к бесконечности, однако в реальности эта эргодичность может достигаться только в течение очень длительного времени наблюдения, которое в практике измерений никогда не достигается.

### Анализ модели Эйринга

В той части реверберационного сигнала, которую мы рассматриваем как воспринимаемый слухом переходной процесс, фактическая слуховая оценка связана лишь с начальной частью, которая не удовлетворяет условию эргодичности. И, более того, поскольку все отражения происходят одновременно, на него накладывается определённый такт, которого на самом деле нет. В результате получается, что положение модели об одновременности всех отражений не является корректным.

В действительности (для источника звука, находящегося на одной из стен) количество первых отражений соответствует 5 ограничивающим поверхностям; вторых отражений – в 5 раз больше, т.е.  $5^2$ , так как каждая стена является источником отражённого звука и одновременно поверхностью отражения звуков, «излучаемых» каждой стеной. Соответственно, третьих отражений будет  $5^3$  и т.д. Следовательно, при каждом цикле отражения количество отражённых сигналов определяется числом  $5^k$ , где  $k$  – номер цикла отражений. При этом общее количество  $k$  моменту  $n$ -го отражения выразится суммой

$$N = 5 + 5^2 + 5^3 + \dots + 5^k + \dots + 5^n = \sum_{k=1}^n 5^k. \quad (2)$$

Это – общее количество отражений за время наблюдения. Неодинаковость измеренных значений времени реверберации для разных точек помещения относят к флуктуациям реверберационного процесса из-за интерференции. Между тем можно доказать, что если даже флуктуации не учитывать, в разных точках реверберация будет разной, так как энергетическое сложение волн, которые исходят из разных точек помещения при отражениях, меняет структуру процесса из-за изменения координат расположения мнимых источников. Каждое отражение есть акт изменения координат отражения источников звука, хотя приёмник остаётся на том же месте. В результате если бы мы могли отстраниться от волнового характера явления, т.е. измерять в каждой точке сумму кинетической и потенциальной энергии, то всё равно равномерную кривую без флуктуаций получить бы не удалось. Таким образом, неизбежно в разных точках помещения получаются разные значения реверберации. Если мы их усредняем, это не значит, что мы подходим к модели Эйринга, потому что здесь происходит то взаимодействие между частичными волнами, которое не учитывается в модели Эйринга, и, следовательно, истинные усреднённые значения измерений в ряде точек не должны быть равными тому, что получает Эйринг в своей модели не только из-за неправильной трактовки динамики самого процесса, но и из-за того, что в действительности не может происходить одинаковое сложение энергии в разных точках помещения.

Таким образом, модель Эйринга не может рассматриваться как адекватное теоретическое описание реального реверберационного процесса. С позиции современности к ней следует относиться как к определённому методу программирования, позволяющему получить некоторый обобщённо-интегральный результат по реализации удовлетворительного акустического качества при не гарантированном отсутствии мест с неудовлетворительными акустическими условиями [4].

### Реальная структура отражений внутри одного цикла отражений

Ранее было показано, что количество отражений в соотношении (2) каждого цикла возрастает в геометрической прогрессии. Однако, это не означает, что все отражения внутри цикла происходят одновременно, например, первое отражение от ближней стены происходит значительно раньше, чем от дальней. При этом запаздывание отражений от дальней стенки может превышать интервал времени свободного пробега. А отражения более высокого номера цикла могут происходить раньше, чем закончится предыдущий цикл. Таким образом, в интервальном промежутке времени, соответствующем определённому циклу, могут попадать отражения ранних и более поздних циклов. В связи с этим плотность отражений, приходящихся на интервал одного цикла, будет значительно выше, чем задаваемая самим циклом. Данный процесс может быть проиллюстрирован путём

моделирования хода луча с помощью метода мнимых источников [5]. Этот вопрос был исследован нами применительно к помещению с наиболее вероятными (часто встречающимися в практике) [6, 7] соотношениями размеров. С этой целью выбрано прямоугольное помещение с геометрическим модулем соотношений сторон 1.45, под которым имеется в виду следующее соотношение:

$$g = \frac{b}{h} = \frac{l}{b}, \quad (3)$$

где:  $l$  – длина,  $b$  – ширина и  $h$  – высота исследуемого помещения. Используя метод мнимых источников, произведём предварительную оценку, проследив 10 циклов отражения. Так как на данном этапе установим поведение отражений и относительную плотность их энергии внутри интервала взаимного перекрытия циклов, то будем учитывать только уменьшение энергии отражений вследствие *распределения энергии* исходного сигнала цикла  $n-1$  между несколькими отражёнными сигналами цикла  $n$ . Потери энергии при поглощении учитывать не будем, т.е. примем коэффициент отражения равным единице.

Размеры помещения вычислены с помощью приведённой выше формулы (2), в которой наименьший размер (высота  $h$ ) принят равным 10 метрам. В результате для построения приняты следующие размеры: высота  $h = 10$  м, ширина  $b = 14,5$  м, длина  $l = 21$  м.

6	5	4	3	4	5	6
4	4	2	2	4	4	4
4	3	2	1	2	3	4
4	2	2		2	2	4
4	3	2	1	2	3	4
4	4	2		4	4	4
6	5	4	3	4	5	6

Рис. 1. Представление основного и мнимых помещений в плане

Источник сигнала расположен на расстоянии 1/4 высоты помещения от пола, 1/4 ширины от боковой стены и на расстоянии 1/8 длины помещения от задней стены. Точка, относительно которой рассчитывается структура реальных отражений, взята случайным образом во избежание влияния кратных размеров. Она расположена на расстоянии примерно 1/3 длины от задней стены и 1/3 ширины от боковой стены, противоположной источнику, и на расстоянии 1,5 метра от пола для имитации положения головы слушателя.

Для установления интервалов взаимного перекрытия отражений для каждого цикла были найдены самые первые и самые последние отражения без установления структуры сигнала внутри цикла.

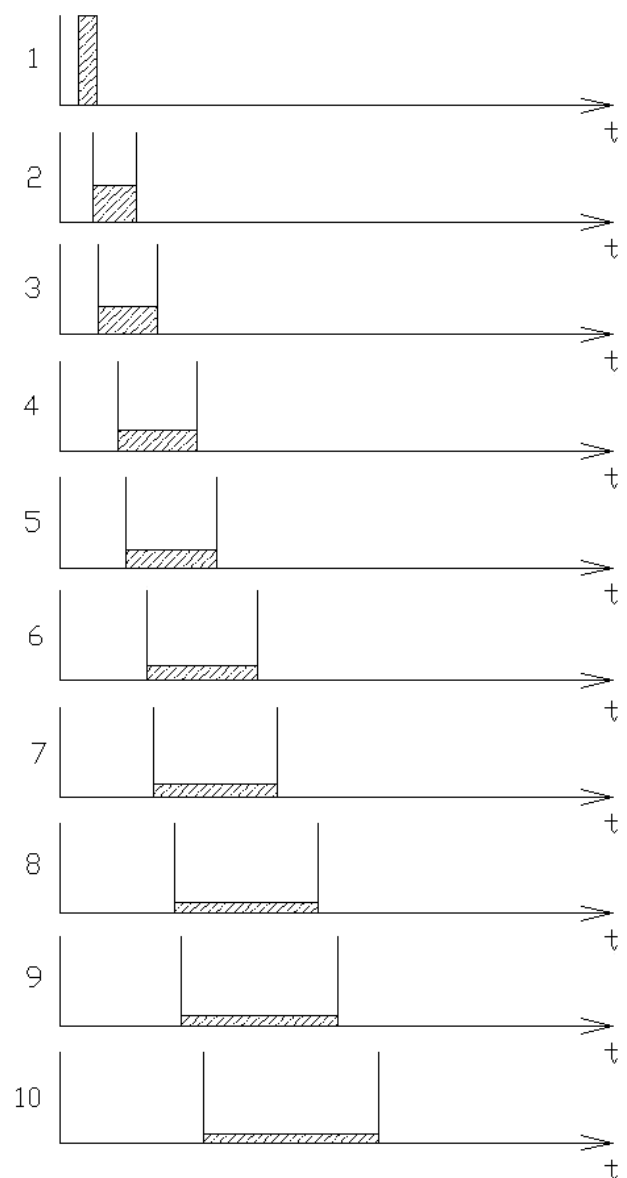


Рис. 2. Схематическая иллюстрация границ отражений с 1 по 10 цикл

Поскольку коэффициент отражения ограждающих поверхностей был принят равным единице, то внутри цикла суммарная энергия остаётся постоянной.

В результате описанной процедуры были получены следующие результаты (рис. 2). На рисунке по оси абсцисс показано время, в течение которого происходит наблюдаемый процесс отражения сигнала от ограничивающих поверхностей. Абсолютные единицы в данном опыте нас не интересуют, поэтому численных обозначений не представлено. По оси ординат показаны номера циклов отражения сигнала, а заштрихованная площадь, ограниченная по времени первым и последним отражениями циклов, показывает распределение энергии внутри цикла. С ростом номера цикла отражения количество одновременно существующих циклов увеличивается. Можно наблюдать закономерность в моментах следования начальных отражений цикла: заметно, что через один цикл идёт чередование небольшого и более длительного промежутка между возник-

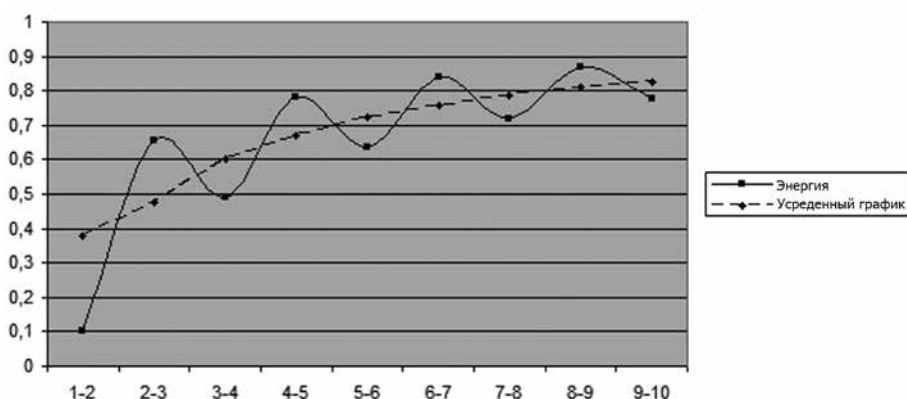


Рис. 3. Относительная плотность одновременно существующих отражений

новением начальных отражений циклов  $n$  и  $n+1$ . Это объясняется тем, что отражения до исследуемой точки приходят попеременно от пола и от потолка, но так как пол находится много ближе, чем потолок, нечётные отражения приходят через более короткий интервал времени. Также можно отметить, что прирост момента возникновения последнего отражения в цикле зависит от того, приходит отражение от дальней от слушателя стены или от ближней. Эта зависимость, а также поочерёдные отражения от пола и потолка, оказывают своё влияние на поведение графика суммарной энергии одновременно существующих отражений.

На рис. 3 показана тенденция накопления суммарной энергии внутри интервала взаимного перекрытия в зависимости от номеров взаимно перекрывающихся циклов отражения (за единицу принята энергия внутри всего цикла отражений). График (сплошная линия) описывает поведение интенсивности циклов отражений при влиянии попеременного прихода отражений от пола и потолка и от стен — дальней и ближней к слушателю. Это выражается в некой пульсации графика. Пунктирной линией показана общая тенденция поведения энергии отражений. Как можно установить по графику, с ростом номера цикла суммарная энергия внутри интервала взаимного перекрытия увеличивается. Она асимптотически приближается к единице, но так как первые отражения любого цикла и последующего за ним не могут появиться одновременно, единицы график не достигает. Данный график наглядно демонстрирует невозможность рассмотрения реверберационного процесса как дискретного. Показывает, что для адекватного рассмотрения процесса распространения и переотражения звука в помещении необходимо учитывать положение источника и наблюдателя в помещении, так как от этого будет зависеть количество и энергия сигналов отражений одновременно существующих циклов переотражения излучённого сигнала.

### Заключение

Приведённый анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. При расположении источника в любой произвольной точке помещения отражения происходят не одновременно, что наиболее заметно в помещении, один из размеров которого существенно превосходит другие.

2. Длительность цикла отражения увеличивается во времени с ростом номера отражения, что иллюстрирует рис. 2.

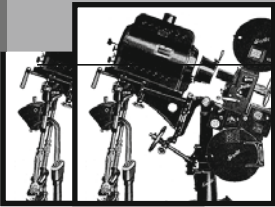
3. Разница во времени прихода первого и последнего отражений цикла увеличивается, что приводит к тому, что одновременно будут существовать сигналы из разных циклов отражения, соответственно, с разной энергией. Эти отражения будут вносить разный энергетический вклад в реверберационную картину в данной точке помещения.

4. Реверберационная картина будет изменяться в зависимости от положения точки наблюдения, потому что оно влияет на время пробега отражения от ограждающих поверхностей до этой точки. Интервал взаимного перекрытия циклов увеличивается, асимптотически стремясь к 100%.

Проведённое моделирование показывает неадекватность модели Эйринга реальному поведению звуковой энергии в помещении и иллюстрирует неоднородность реверберационной картины в помещении в зависимости от точки наблюдения. ■

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Eyring Carl F.* Reverberation Time in «Dead» Rooms. *Journal of The Acoustical Society*, Jan. 1930, Vol. 1, pp. 217–241.
2. *Сапожков М.А.* Электроакустика. Учебник для ВУЗов. М.: Связь, 1978.
3. *Качерович А.Н.* Акустическое оборудование киностудий и театров. М.: Искусство, 1980.
4. *Waterhouse Richard V.* Output of a Sound Source in a Reverberation Chamber and Other Reflecting Environments. *Journal of The Acoustical Society*, Jan. 1958, Vol. 30, pp. 4–13.
5. *Allen Jont B., Berkley David A.* Image Method for Efficiently Simulating Small-room Acoustics. *Journal of The Acoustical Society*, Jan. 1979, Vol. 65, pp. 943–950.
6. *Вахитов Ш.Я., Ковалгин Ю.А., Фадеев А.А. и др.* Акустика. М.: Горячая линия-Телеком, 2009.
7. *Анерт В., Райхардт В.* Основы техники звукоусиления: Пер. с немецкого. М.: Радио и связь, 1984.
8. *Wolfgang Ahnert and Frank Steffen.* Typeset in Sabon by Mathematical CompositionSetters Ltd, Salisbury, Wiltshire Printed and bound in Great Britain by St Edmundsbury Press, Bury St Edmunds, Suffolk, 1999 г.



# МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОФОННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ



А.В. Кривошейкин, д.т.н., профессор, С.В. Перелыгин, аспирант, СПбГУКиТ,  
+7 961 809 86 74, +7 921 759 79 37

## Аннотация

Статья посвящена моделированию процесса обработки широкополосного акустического сигнала с помощью микрофонной решётки. При проведении моделирования решается задача настройки микрофонной решётки на подавление сигнала, приходящего по одному угловому направлению, и неискажённый приём сигнала, приходящего по другому угловому направлению, при их одновременном воздействии на решётку. Для решения применяется взвешенное суммирование в частотной области; накладываются пороговые ограничения на весовые коэффициенты решётки.

**Ключевые слова:** акустическая антенна, широкополосный сигнал, полезный и мешающий сигналы, искажение сигнала, взвешенное суммирование, пороговое ограничение.

## Введение

В киноконцертных залах и на различных сценических площадках могут применяться массивы приёмников (микрофонные решётки), обеспечивающие заданную диаграмму направленности акустических антенн. Микрофонные решётки позволяют решать задачи пространственной фильтрации звука, что даёт возможность принимать акустический сигнал выборочно, только по определённому одному или нескольким направлениям. Примером использования микрофонных решёток на сценической площадке может быть случай, когда требуется подавить мешающий сигнал, поступающий извне. Настроенная решётка должна иметь минимальную чувствительность по направлению на мешающий источник,

## MICROPHONE ARRAY MODELING

A. Krivosheikin, S. Perelygin

## Abstract

The topic of the article is about modeling of broadband acoustic signal processing via microphone array. The article solves the problem of the microphone array tuning to suppress the signal from the source at one angle and to receive the signal undistorted from the source at the other angle during the modeling. Weighted summation in the frequency domain is used; threshold limits are imposed on weight coefficients.

**Keywords:** acoustic antenna, broadband signal, wanted and interfering signals, signal distortion, weighted summation, threshold limit.

в то время как полезный сигнал (голос актёра) должен быть усиленным и неискажённым.

В радиотехнике известны способы решения данной задачи с помощью антенных решёток, принимающих радиосигналы [3]. Методы расчёта антенных решёток основаны на использовании моделей приёма либо гармонического, либо узкополосного сигнала [1, 3]. Акустические сигналы являются широкополосными, что должно быть учтено при решении задачи настройки микрофонной решётки.

## Расчётные соотношения

Рассмотрим микрофонную решётку, состоящую из одинаковых ненаправленных микрофонов. С целью

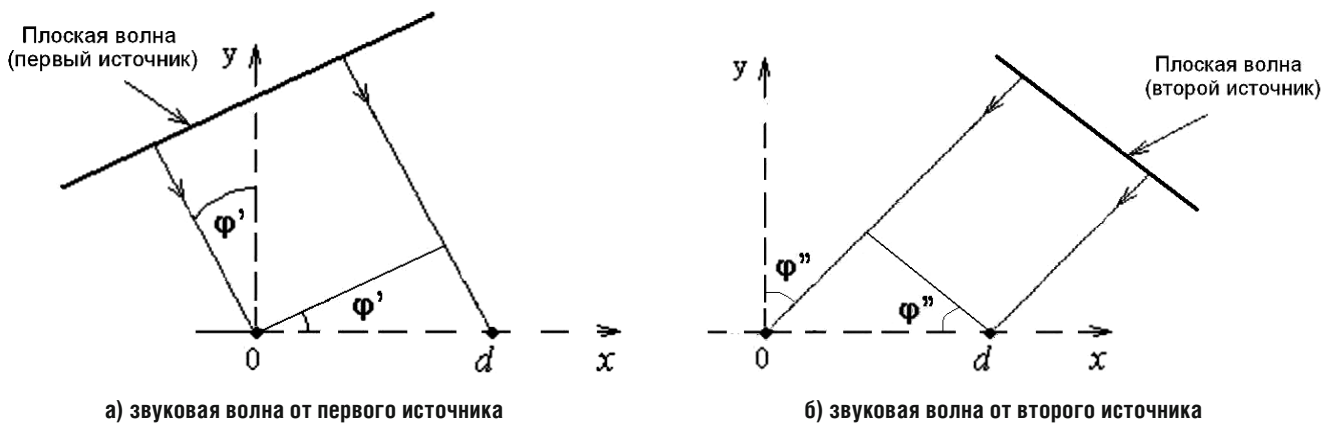


Рис. 1. Схема, поясняющая принцип работы решётки

упрощения моделирования число микрофонов сократим до двух (вырожденная микрофонная решётка) и будем считать, что микрофоны не вносят амплитудных и фазовых искажений в принимаемый сигнал. Выберем положение осей координат таким образом, чтобы центры обоих микрофонов лежали на оси X, а центр левого (первого) микрофона находился в начале координат. Расстояние между микрофонами обозначим буквой  $d$ . Пусть на решётку воздействуют широкополосные акустические сигналы с плоскими волновыми фронтами от двух источников, образующие углы  $\varphi'$  и  $\varphi''$  относительно нормали к решётке (рис. 1). Углы  $\varphi'$  и  $\varphi''$  могут быть заданы произвольно из диапазона от  $-90^\circ$  до  $90^\circ$ .

Поставим следующую задачу построения микрофонной решётки:

1) отклик решётки на первый источник сигнала с точностью до постоянной  $K$  должен быть равен отклику первого микрофона на первый источник сигнала;

2) решётка не должна давать отклик на второй источник сигнала.

Выбор постоянной  $K$  определяется возможностью реализации усилителя, принимающего сигнал с выхода микрофонной решётки, с коэффициентом передачи, равным  $K$ .

Для решения задачи в [2] предложено использовать взвешенное суммирование сигналов на выходах первого и второго микрофонов в частотной области с весовыми коэффициентами  $w_1(j\omega)$  и  $w_2(j\omega)$ , рассчитываемыми по следующим формулам:

$$w_1(j\omega) = \frac{K}{1 - \exp\left(j\omega \cdot \frac{d \cdot (\sin \varphi'' - \sin \varphi')}{c}\right)} \quad (1 \text{ а})$$

$$w_2(j\omega) = \frac{-K \cdot \exp\left(j\omega \cdot \frac{d \cdot \sin \varphi'}{c}\right)}{1 - \exp\left(j\omega \cdot \frac{d \cdot (\sin \varphi'' - \sin \varphi')}{c}\right)} \quad (1 \text{ б})$$

где:  $c$  – скорость распространения звуковой волны,  $d$  – расстояние между микрофонами,  $\varphi'$  и  $\varphi''$  – углы прихода сигналов от первого и второго источников, соответственно,  $\omega$  – циклическая частота,  $j$  – мнимая единица.

Как следует из (1), при взвешенном суммировании учитываются направления прихода сигналов от обоих источников.

Если обозначить спектр сигнала на выходе первого микрофона  $S_1(j\omega)$ , а спектр сигнала на выходе второго микрофона  $S_2(j\omega)$ , то отклик настроенной решётки в частотной области  $S(j\omega)$  будет равен:

$$\dot{S}(j\omega) = w_1(j\omega) \cdot \dot{S}_1(j\omega) + w_2(j\omega) \cdot \dot{S}_2(j\omega) \quad (2)$$

При этом предполагается, что углы  $\varphi'$  и  $\varphi''$  заранее известны. Если же реальный угол падения мешающего сигнала отличается от угла настройки  $\varphi''$  и равен  $\varphi'' + \Delta\varphi''$ , то отклик настроенной решётки будет содержать не только полезный, но и ненулевой мешающий сигнал. Это следует из формулы, полученной в [2] для коэффициента передачи спектра мешающего сигнала:

$$A(j\omega) = \frac{\left\{ 1 - \exp\left(j\omega \cdot \frac{d \cdot (\sin \varphi'' - \sin(\varphi'' + \Delta\varphi''))}{c}\right) \right\}}{1 - \exp\left(j\omega \cdot \frac{d \cdot (\sin \varphi'' - \sin \varphi')}{c}\right)} \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что при  $\Delta\varphi'' \neq 0$  степень подавления мешающего сигнала не равна бесконечности.

### Моделирование

Для подтверждения правильности решения сформулированной выше задачи с помощью соотношений (1), (2) авторами было проведено моделирование с использованием среды Matlab. При этом, как и ранее, предполагается, что углы  $\varphi'$  и  $\varphi''$  заранее заданы. На рис. 2 схематично показан звуковой тракт, используемый при проведении моделирования.



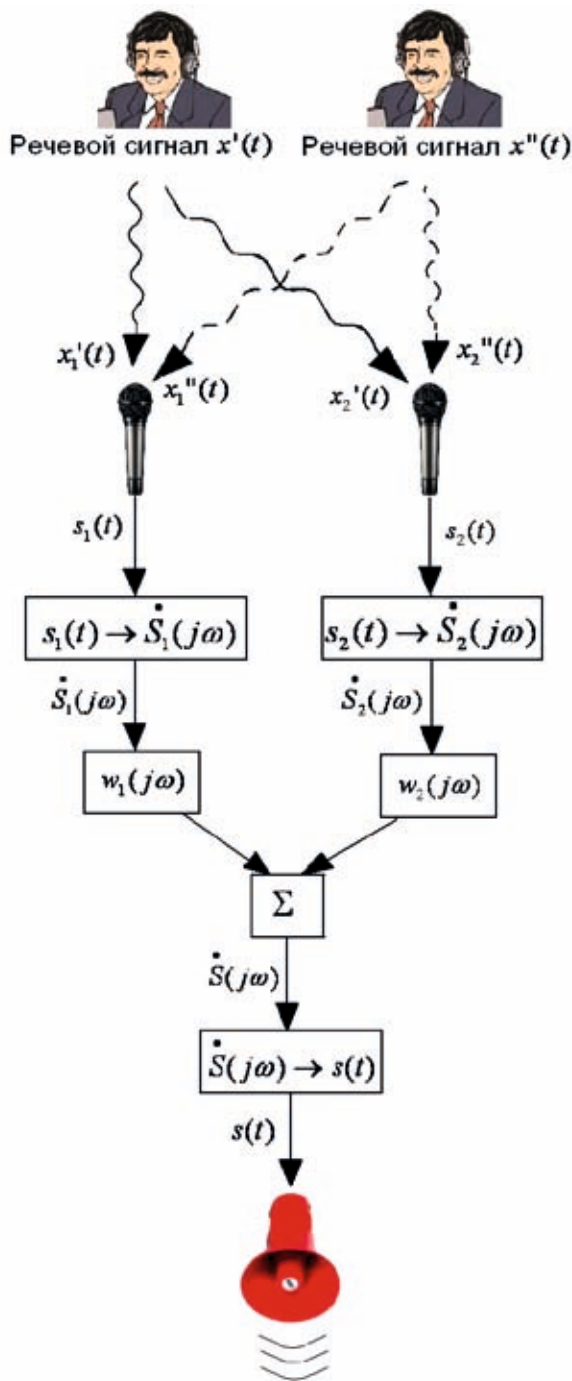


Рис. 2. Схема звукового тракта при проведении моделирования

В качестве исходного материала для моделирования были использованы два речевых сигнала  $x'(t)$  и  $x''(t)$ , создаваемые одним человеком. Тем самым были выполнены условия, когда оба источника излучают акустические широкополосные сигналы в одинаковом диапазоне частот.

На подготовительном этапе произвольно задавались углы  $\varphi'$  и  $\varphi''$ . Формировалась группа сигналов:  $x_1'(t)$  и  $x_1''(t)$  – точная копия двух исходных сигналов,  $s_1(t)$  – их сумма (звуковая смесь на выходе первого микрофона),  $x_2'(t) = x_1'(t - \tau')$  и  $x_2''(t) = x_1''(t - \tau'')$  – сигналы, сдвинутые по времени относительно исходных

сигналов на величины  $\tau'$  и  $\tau''$ , определяемые углами  $\varphi'$  и  $\varphi''$ ,  $s_2(t)$  – их сумма (звуковая смесь на выходе второго микрофона). Таким способом имитировался процесс прохождения звукового сигнала через первый и второй микрофоны.

На этапе обработки вычислялись весовые коэффициенты по формулам (1 а) и (1 б). Методом выборок с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ) осуществлялся переход в частотную область  $s_1(t) \rightarrow S_1(j\omega)$ ,  $s_2(t) \rightarrow S_2(j\omega)$ . Использовалось ДПФ со следующими параметрами: частота дискретизации 48 кГц, количество отсчётов 2048, временной период 42,7 мс, окно Хэмминга. Для спектра каждой выборки производилось взвешенное суммирование в соответствии с формулой (2). В завершение данного этапа осуществлялся обратный переход из частотной области во временную  $S(j\omega) \rightarrow s(t)$ , формируя результирующий сигнал из набора его выборок.

На этапе субъективного оценивания результатов выполнялось прослушивание и сравнение между собой сигналов  $s(t)$  и  $x_1'(t)$ .

Поскольку решётка была настроена на углы  $\varphi'$  и  $\varphi''$ , которые были заранее известны, то, как и ожидалось, в отклике решётки отсутствовал мешающий сигнал. Одновременно были выявлены искажения полезного сигнала в виде шипения и свиста.

Рассмотрим причины появления таких искажений. В процессе моделирования в подаваемом на решётку сигнале неизбежно присутствуют шумы помещения, собственные шумы микрофонов и шумы квантования. Можно предположить, что появление искажений возникает на тех частотах, для которых модули весовых коэффициентов имеют большие значения, что приводит к подчёркиванию шумовых составляющих в сигнале.

При работе с широкополосными сигналами возникают критические случаи для набора частот, для которых знаменатели в (1 а) и (1 б) обращаются в нуль, а абсолютные значения весовых коэффициентов обращаются в бесконечность. Из (1 а) и (1 б) следует, что такие частоты затухания равны:

$$f = \frac{c}{d \cdot |\sin \varphi'' - \sin \varphi'|} \cdot k, \quad k = 0, 1, 2 \dots \quad (4)$$

Для примера зададимся значениями углов  $\varphi' = 90^\circ$ ,  $\varphi'' = -90^\circ$  и построим график абсолютных значений весовых коэффициентов. Прочие исходные параметры равны:

- скорость звука:  $c = 340$  м/с;
- расстояние между микрофонами:  $d = 5$  см = 0,05 м.

На рис. 3 хорошо заметны всплески значений весовых коэффициентов на частотах, близких к частотам затухания.

Для борьбы с отмеченными артефактами предлагается использовать метод порогового оценивания, то есть ограничить сверху значение модуля весового коэффициента

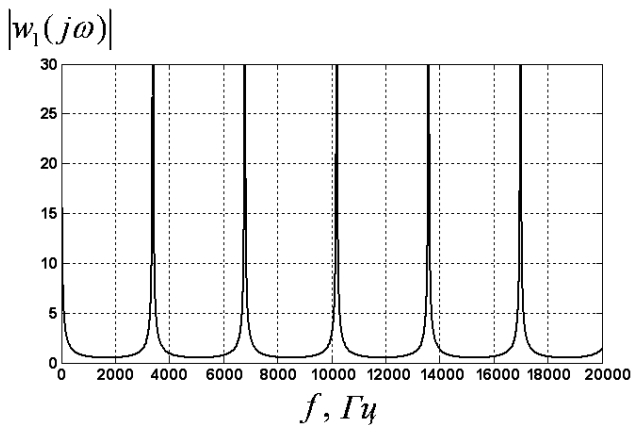


Рис. 3. Значения модуля весового коэффициента для максимального угла между направлениями на источники сигналов до процедуры порогового ограничения

циента и субъективно оценить произошедшие изменения в обработанном сигнале. Алгоритм порогового метода состоит в следующем. Если при расчёте по формуле (1 а) или (1 б) весовой коэффициент по модулю получается выше порогового значения, то ему присваивается значение, равное пороговому.

$$|w_1(j\omega)| = \begin{cases} \frac{K}{1 - \exp\left(j\omega \cdot \frac{d \cdot (\sin \varphi'' - \sin \varphi')}{c}\right)} & \text{для } |w_1(j\omega)| < |w_{\text{порог}}| \\ |w_{\text{порог}}| & \text{для } |w_1(j\omega)| \geq |w_{\text{порог}}| \end{cases} \quad (5 \text{ а})$$

$$|w_2(j\omega)| = \begin{cases} \frac{-K \cdot \exp\left(j\omega \cdot \frac{d \cdot \sin \varphi''}{c}\right)}{1 - \exp\left(j\omega \cdot \frac{d \cdot (\sin \varphi'' - \sin \varphi')}{c}\right)} & \text{для } |w_2(j\omega)| < |w_{\text{порог}}| \\ |w_{\text{порог}}| & \text{для } |w_2(j\omega)| \geq |w_{\text{порог}}| \end{cases} \quad (5 \text{ б})$$

Для проверки выдвинутой гипотезы был проведён модельный эксперимент по определению максимального порогового значения, при котором ещё не слышны вносимые искажения звука (свист и шипение). Эксперимент показал правильность выдвинутой гипотезы и существование порогового значения весового коэффициента  $|w_{\text{порог}}|$ , удовлетворяющее требованию отсутствия искажения звука. Одновременно оказалось, что если пороговое значение выбрать слишком маленьким, то в самом речевом сигнале возникают искажения, проявляющиеся в ухудшении слышимости согласных звуков.

При проведении моделирования был выбран диапазон поиска порогового значения от 100 до 0,5. По результатам моделирования было выбрано значение, лежащее внутри диапазона и равное 1,5. Выбор определялся отсутствием шипения и свиста, с одной стороны, и субъективным оцениванием слышимости согласных звуков – с другой стороны.

Теперь рассмотрим случай, когда источники широкополосного акустического сигнала расположены на небольшом угловом расстоянии, например,  $\varphi' = 5^\circ$ ,  $\varphi'' = -5^\circ$ . Построим график абсолютных значений весовых коэффициентов, оставляя неизменными прочие параметры (рис. 4).

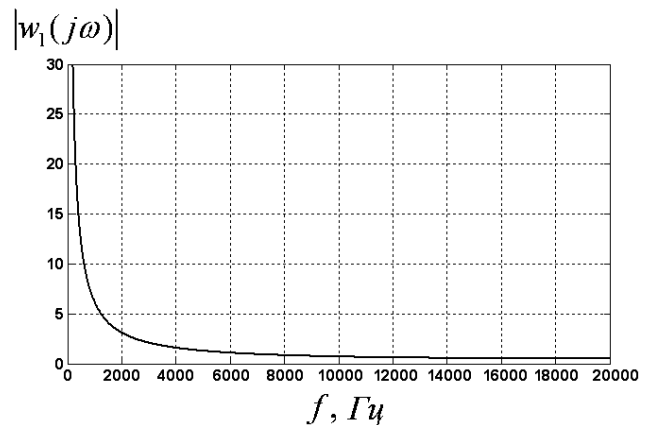


Рис. 4. Значения модуля весового коэффициента для небольшого угла между направлениями на источники сигналов до процедуры порогового ограничения

Как видно из рис. 4, в области слышимых частот присутствует только один всплеск, он приходится на низкие частоты. Результаты субъективной оценки показывают, что в области всплеска не возникает вносимых искажений (шипения и свиста). Если использовать такое же пороговое значение весового коэффициента, как и в предыдущем случае, то становятся заметными искажения голоса. Разборчивость речи не ухудшается, но голос диктора становится неестественным, как если бы он воспроизводился через громкоговоритель телефона (следствие завала низких частот).

На основании проведённого моделирования было принято решение разделить диапазон слышимых частот на две области и использовать два пороговых значения весового коэффициента. В первую область попадает первый всплеск, соответствующий частотам, близким к нулю, во вторую область попадают остальные критические частоты. Граница областей (т.е. значение частоты, разделяющей области) численно равна половине значения частоты затухания второго всплеска. Как следует из (4),

$$f_{\text{гран}} = \frac{c}{d \cdot |\sin \varphi'' - \sin \varphi'|} \cdot 1/2 \quad (6)$$

Пороговое значение весового коэффициента в первой области должно быть выше, чем во второй. Выбор значения весового коэффициента в первой области определялся, с одной стороны, отсутствием тембральных искажений голоса и, с другой стороны, отсутствием перегрузки звукового сигнала на низких частотах, которая приводила к снижению общего уровня сигнала при его прохождении через тракт. По результатам моделирования было выбрано пороговое значение, равное 100.

Так, для случая  $\varphi' = 90^\circ$ ,  $\varphi'' = -90^\circ$  (источники максимально разнесены в пространстве), получаем следующий график частотной зависимости модуля весового коэффициента с учётом двух пороговых ограничений (рис. 5). В соответствии с (6), граница областей  $f_{\text{гран}} = 1700$  Гц, на рис. 5 она отмечена пунктиром.

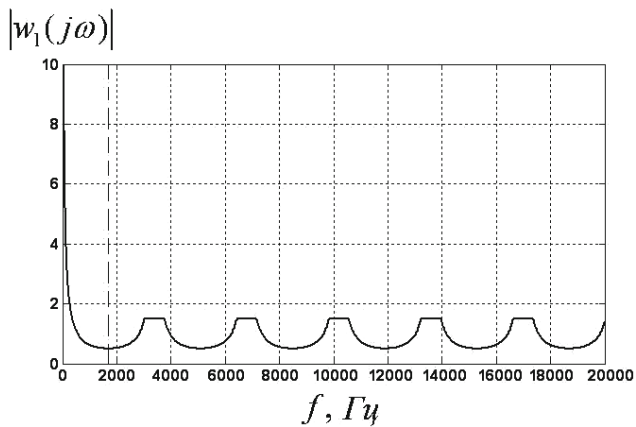


Рис. 5. Значения модуля весового коэффициента для максимального угла между направлениями на источники сигналов после процедуры порогового ограничения

Прочие параметры равны:

- скорость звука:  $c = 340$  м/с;
- расстояние между микрофонами:  $d = 5$  см = 0,05 м.

Как видно из рис. 5, в первой области порог не достигается, во второй области порог равен 1,5.

Для случая  $\varphi' = 5^\circ$ ,  $\varphi'' = -5^\circ$  (источники находятся близко друг от друга) при сохранении прочих параметров второй и последующие всплески оказываются за верхним пределом диапазона слышимых частот, граница областей  $f_{гран} = 19505$  Гц. На рис. 6 приведён в крупном масштабе график частотной зависимости модуля весового коэффициента в первой области с учётом порогового ограничения на частотах, близких к нулю.

По аналогии были проведены модельные эксперименты для произвольных значений углов  $\varphi'$  и  $\varphi''$ . При этом использовались два постоянных пороговых значения весовых коэффициентов (100 для первой области, 1,5 для второй области), изменялась только граница областей в соответствии с (6).

Результаты моделирования, полученные с использованием двух пороговых значений коэффициентов при точной настройке на углы  $\varphi'$  и  $\varphi''$ , показывают:

- 1) мешающий речевой сигнал подавляется полностью;
- 2) вносимых искажений (шипения, свиста) не наблюдается;
- 3) слышимость согласных звуков для полезного сигнала не ухудшается;
- 4) полезный речевой сигнал иногда претерпевает тембральные искажения, не вызывающие раздражения

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ермолаев В.Т., Флакман А.Г. Методы оценивания параметров источников сигналов и помех, принимаемых антенной решёткой. Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Новые подходы к проблемам генерации, обработки, передачи, хранения, защиты информации и их применение». Нижний Новгород: 2007. – 98 с.
2. Кривошейкин А.В., Перельгин С.В. Принципы настройки микрофонных антенных решёток. Материалы X Международной заочной научно-практической конференции «APLIKOVANÉ VĚDECKÉ NOVINKY – 2014» («Прикладные научные разработки – 2014»). Прага: Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2014, – с. 14–17.
3. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решётки: Введение в теорию. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.

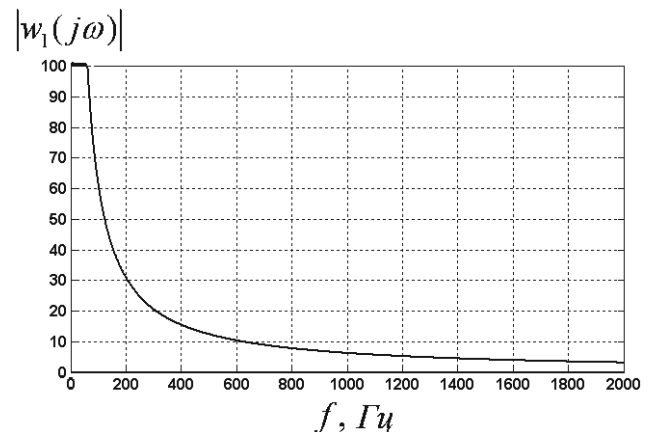


Рис. 6. Значения модуля весового коэффициента для небольшого угла между направлениями на источники сигналов после процедуры порогового ограничения

у слушателя; в большинстве случаев тембральные искажения незаметны.

## Заключение

Рассмотрен метод, позволяющий адаптировать способы построения фазированной антенной решётки, используемой в радио- и гидролокации для узкополосного сигнала, применительно к широкополосному речевому сигналу. Показано, что прямая адаптация метода приводит к искажению речевого сигнала. Для минимизации искажений проведены модельные эксперименты, по результатам которых даны рекомендации по выбору весовых коэффициентов в частотной области, используемых для получения взвешенного сигнала на выходе микрофонной решётки. Рекомендации сводятся к следующему:

- к определению границы между двумя областями слышимых частот, которым соответствуют два пороговых значения весовых коэффициентов;
- к необходимости установления пороговых значений весовых коэффициентов.

Эти пороговые значения должны одновременно удовлетворять требованиям отсутствия шипения и свиста в сигнале, отсутствия ухудшения слышимости согласных звуков и отсутствия тембральных искажений.

Окончательные рекомендации могут быть получены по результатам экспертных статистических испытаний. Этим исследованиям будут посвящены последующие публикации. ■



# ОСОБЕННОСТИ КОМПОЗИЦИОННО- МОНТАЖНЫХ ПОСТРОЕНИЙ В СТЕРЕОКИНО



А.С. Мелкумов, заведующий сектором цифрового стереокино  
ОАО «НИКФИ», доцент ВГИКа, [info@stereokino.ru](mailto:info@stereokino.ru)

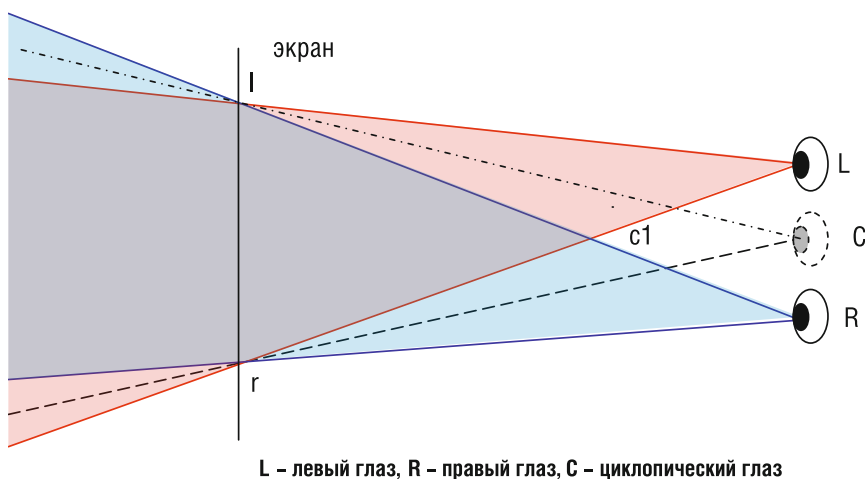
■ Освоение технологии стереокиносъёмок тесно связано с творческими вопросами использования стереоскопии в палитре средств художественной выразительности кинематографа. Как данное техническое средство обогащает возможности художника в экранизации драматургического материала, как меняются и следует ли менять художественные приёмы традиционного кинематографа в композиционно-монтажном построении стереофильма?

Революционность прихода стереоскопии в кинематограф скорее можно сравнить с вторжением звука, нежели с мягкой эволюцией чёрно-белого изображения в цветное, несмотря на то, что и цвет, и стереоскопия есть родственные средства, характеризующие изобразительную часть фильма. По существу, за всю историю кинематографа произошёл лишь один тектонический сдвиг, когда с приходом звука произошёл слом предыдущего и создание нового монтажного построения фильма. Дальнейшее развитие технических средств, как то цвет, широкий формат, широкий экран, стереофонический звук, сопровождалась лишь эволюцией композиционной формы. История кино так и делится на дозвучковую и звуковую эру. **Приход стереоскопии в кинематограф,**

**подобно приходу звука, задевает вопросы архитектуры фильма в силу вносимых изменений в наблюдение киноизображения, связанных с природой стереоскопического зрения.**

## 1. Особенности зрительного восприятия стереофильма

Особенность восприятия трёхмерного изображения в стереокино заключается в том, что зритель наблюдает на экране снятые для него отдельно два плоских разноракурсных изображения, а трёхмерность зрительного образа рождается только в мозгу. Стереоскопическое восприятие изображения длится ровно столько, сколько секунд оно демонстрируется на экране. Его (киноизображение) невозможно, как фотографию в стереоскопе, бесконечно долго разглядывать и наслаждаться стереоэффектом. **В силу повышенной информационной ёмкости стереоскопического изображения, для его восприятия требуется более длительный временной промежуток.** В полтора или в два раза следует продлить продолжительность плана? – это зависит от сложности и читаемости композиции и немаловажного фактора – желания насладиться эффектом. Граничит ли это с аттракцио-



L – левый глаз, R – правый глаз, C – циклопический глаз

Рис. 1. Оптическая схема световой пирамиды зального пространства

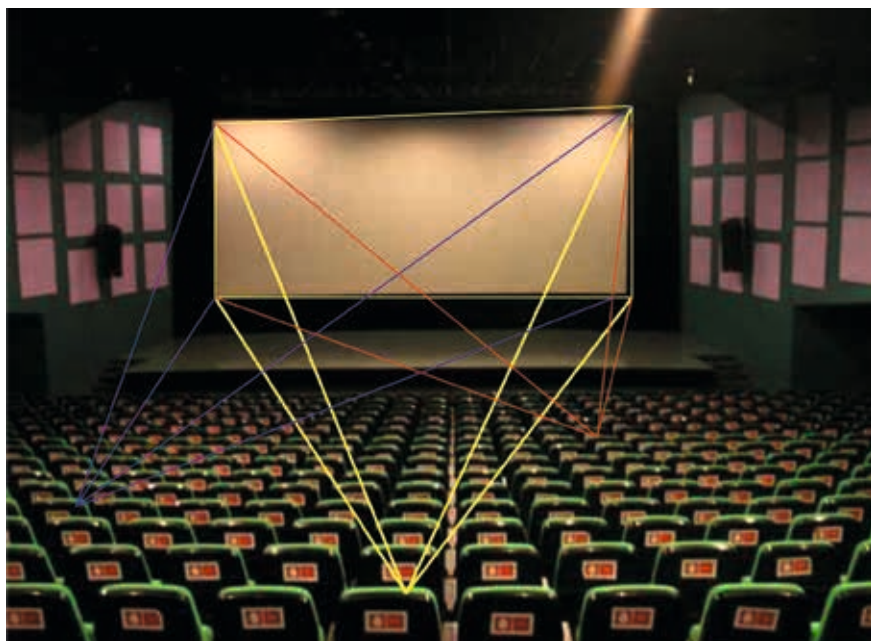


Фото. 1. Индивидуальная световая пирамида для каждого зрителя

ном? Спорно. Но возникающее зачастую чувство досады на краткосрочность выразительного по стереоскопии кадра – факт бесспорный, проверенный на зрителях.

Ещё одной особенностью оптического восприятия стереоскопического киноизображения является «материализация» границ кадра. В силу того, что в стереокино представлении о трёхмерности подкреплены её ощущением, экран в нашем восприятии уже не является картинной плоскостью, как в традиционном кинематографе, а материализуются в окно, сквозь которое в зальное пространство могут «проникать» элементы композиции, не обрезаемые границами кадра. По этой причине не всегда заэкранные объекты возможно переместить в зальное пространство, и требуются определённые композиционные решения, чтобы обойти эффект «отжимающего действия границ экрана». Одним из таких решений может быть дематериализация границ композиции кадра, когда путём подбора тёмных фактур на переднем

плане, или световым решением мы добиваемся слияния тёмных переднеплановых объектов с границами экрана. Другим эффектным решением является использование инерции зрительского восприятия при движении камеры на объект или объекта на камеру вдоль оптической оси.

Третьей особенностью восприятия стереофильма является то, что согласно оптической схеме (рис. 1), всё зальное пространство ограничено световой пирамидой, основанием которой является плоскость экрана, а вершиной – точка, расположенная в переносице наших глаз (третий глаз). Для каждого зрителя существует своя собственная пирамида предэкранного зального пространства, протяжённость которой зависит от места расположения в зрительном зале. Так как пространство, переходящее в зрительный зал, по форме является пирамидой, композицию кадра желательно выстраивать максимально соосно оптической оси объектива. Камера чаще должна быть субъективной, чем в обычном кинематографе. При съёмке мизансцены «восьмёркой», выставляя камеру на позицию одного из персонажей мизансцены, композиция становится интерактивной по отношению к зрителю, усиливая эффект присутствия.

Если объект, наблюдаемый в зальном пространстве, при своём движении к зрителю выпадает за границы пирамиды, он отжимается в заэкранную область. По этой причине стереоэффект, изображённый на фото. 1, может быть лишь в случае создания «искусственного экрана», который является объектом композиции, окружённый чёрными полями. В этом случае имеет место несовпадение границ «экрана» и кадра.

Бинокулярный эффект восприятия пространства передаётся через дифференциацию (различие) величин горизонтальных параллаксов совмещённых разнокурсных изображений на экране. По мере удаления от камеры, различие величин горизонтальных параллаксов объектов падает и постепенно нивелируется, и трёхмерность фонов воспринимается только благодаря монокулярным факторам наблюдения. Поэтому композиция по глубине кадра должна быть максимально дробной (фото. 2). В случае отсутствия между передним планом и фоном дополнительных элементов композиции, будет наблюдаться эффект аппликации – объёмный предмет

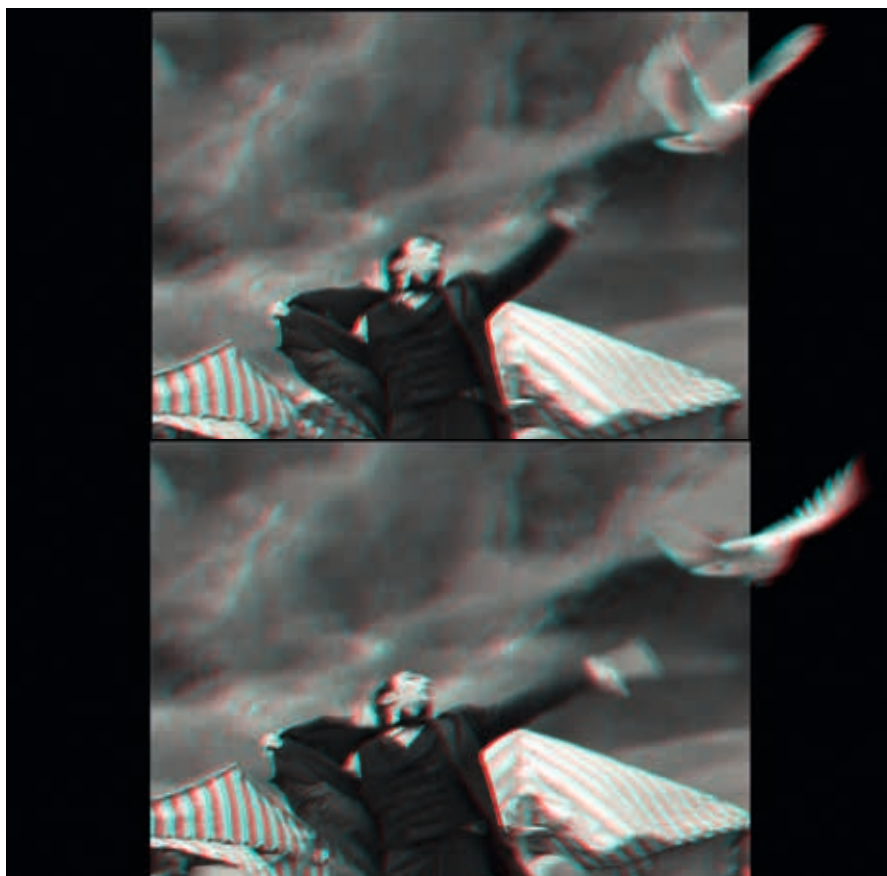


Фото. 2. «Выход» объекта за границы композиции кадра из фильма «Оз: Великий и Ужасный»



Фото. 3. Пример построения кадра с максимальным насыщением объекта по глубине пространства из фильма «Алеко»

на плоском фоне. В этом значении большую роль играет нижний ракурс. Через горизонтальную плоскость выразительно передаётся динамическое изменение

элементами композиции плоскость нулевого параллакса, что послужит ориентиром пространственного располо-

параллакса, что позволяет избежать эффекта кулискости (то же, что и аппликация) в изображении (фото 3).

Чёткость передачи горизонтальных параллаксов непосредственно влияет на передачу стереоскопической глубины пространственного изображения, поэтому ухудшение этой чёткости ведёт к обратному эффекту. По этой причине необходимо осторожно использовать диффузионные фильтры, пиротехнические дымы и другие средства смягчения изображения.

При движении камеры, независимо от траектории движения, возникает динамическое взаимное перекрытие объектов, различное для двух ракурсов (временной параллакс), что усиливает стереоскопический эффект композиции, поэтому проезды камеры предпочтительнее панорамированию.

Работая над пространственными композициями, простирающимися до бесконечности, съёмку следует вести с основной дистанцией рамп. При расстоянии между камерой и центральным объектом меньше основной дистанции рамп, максимально удалённый фон должен находиться на расчётной конечной дистанции, нарушение которой вызовет дискомфорт восприятия у зрителя. В случае невозможности сохранить допустимую дистанцию до фона, его следует гасить, размывать, переводить от него внимание зрителя на игру персонажа первого плана. Размытие фонов не всегда является действенным инструментом, особенно в случае наличия на фоне огней фонарей, чётких графических объектов и т. п.

Трёхмерное изображение, воспринимаемое зрителем в кинозале, располагается в заэкранной, экранной и предэкранной зонах (зальное пространство). Для лучшей ориентации зрителя рекомендуется на съёмке обозначать отдельными

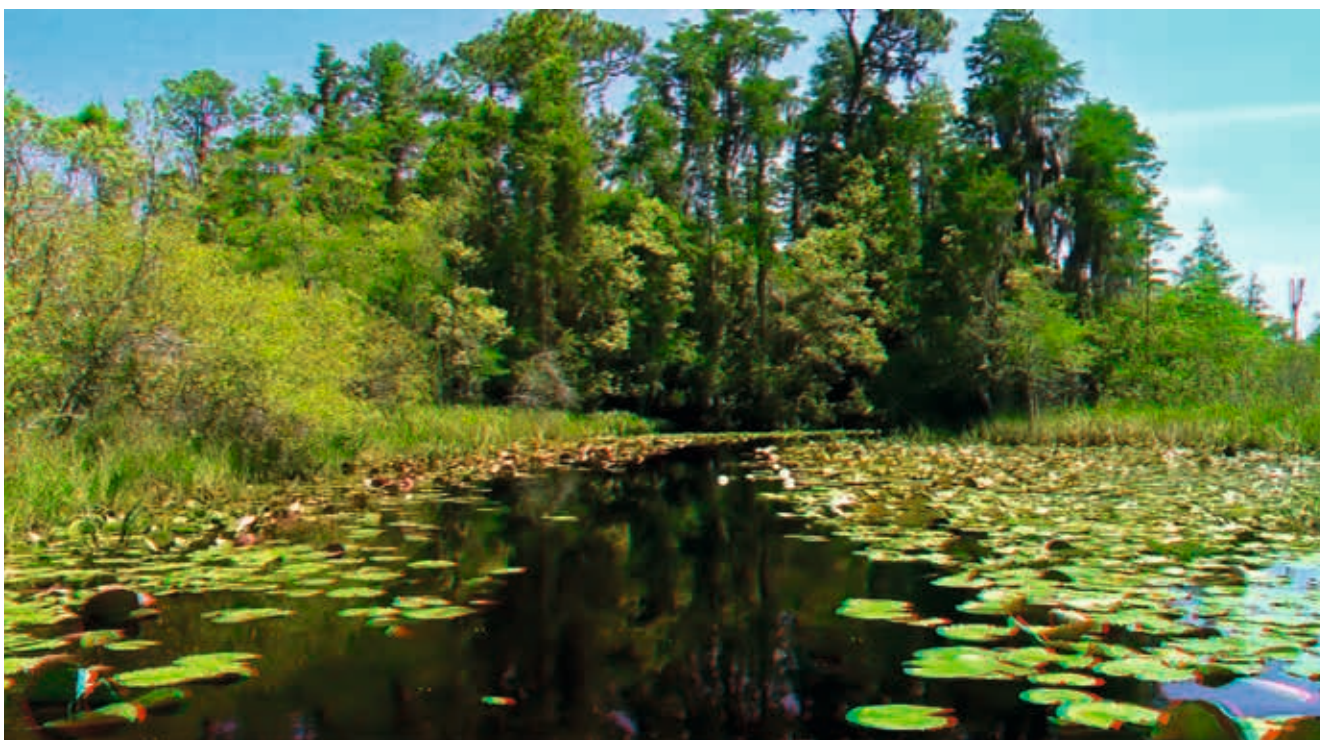


Фото. 4. Пример использования нижнего ракурса для преодоления эффекта аппликации из документального фильма «Аллигаторы»

жения композиции относительно экрана в зале. В практике это называется «отбить рампу в композиции».

Просмотр стереофильма в кинотеатре проходит при полной темноте зрительного зала, поэтому объекты, проникающие из экрана в зальное пространство, должны быть приглушены по яркости. В таком случае Вы добиваетесь максимальной интерактивности со зрителем (фото. 4).

Используя принципы линейной, воздушной и тональной перспектив, даже на плоском киноэкране образуется стереоэффект, который чаще называется пластическим эффектом. В стереокино сохраняется влияние монокулярных признаков на восприятие трёхмерности изображения, поэтому при построении кадра необходимо активно использовать все те приёмы, которые оператор использует для передачи иллюзии пространства на плоском экране. Чем больше уделяется внимание пластике изображения, тем выразительнее будет композиция стереокадра. Стереосъёмка создаёт лишь условия бинокулярного наблюдения, в результате чего наши представления о трёхмерности переходят в область физического ощущения.

## 2. Композиционно-монтажные решения в стереокино

Подобно тому, как стилистика немого кино не соответствовала структуре звукового киноизображения, так и сегодня стереоскопия требует переосмысления существующей стилистики современного кинематографа, не соответствующей природе стереоскопического наблюдения.

*Такие характерные черты сложившейся монтажно-изобразительной культуры современного кинематографа, как короткие планы, резкая сменяемость ракурсов и оптического рисунка, дробность сцены на разномаштабные планы, композиционная «изолированность» портретов от окружающей среды, пришли в противоречие с природой стереоскопического восприятия киноизображения.*

Главной задачей композиционного построения как фильма в целом, так и кадра в частности, является сохранение в пределах одной сцены ощущения единства пространства. Лучшим решением стал бы возврат к временам активного использования внутрикадровых глубинных мизансцен. Во-первых, это позволило бы сбавить ритм монтажа и уйти от частой сменяемости как планов, так и ракурсов, во-вторых, позволило бы «вернуть» портреты в окружающую их среду, заменив монтажные врезки крупных планов и деталей на переднеплановые композиции, в третьих, максимально использовать траекторию движения персонажей соосно оптической оси камеры. Опасения, что в результате такого подхода архитектура фильма станет более архаичной и не будет соответствовать ожиданиям современного зрителя, опровергает фильм «Гравитация» (режиссёр Альфонсо Куарон/Alfonso Cuarón, оператор Эммануэль Любецки/Emmanuel Lubezki, 2013 год), где начальный эпизод дан единым планом и длится 17 минут.

*Продолжение следует*



# САМЫЕ ПЕРВЫЕ В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО КИНЕМАТОГРАФА



Н.А. Майоров, режиссёр-оператор, киновед,  
член Союза кинематографистов России,  
[henrymay@mail.ru](mailto:henrymay@mail.ru)

(Продолжение. Начало в МТК № 27, 28, 29, 31)



Кинотеатр «Москва» (1941)

## ■ 1941

4 февраля в московском кинотеатре «Москва» впервые в мире началась коммерческая демонстрация стереоскопического фильма по безочковому методу. Уникальный стереоэкран со светопоглощающим растром, предложенный С.П. Ивановым, был разработан и изготовлен под руководством Б.Т. Иванова. Демонстрировался фильм «Концерт» («Земля молодости»), снятый однообъективной камерой с двухзеркальной насадкой по системе «Сtereo 35/19» С.П. Иванова (МТК №19, 2011).

– 31 октября в Германии выпущен на экран первый в мире цветной полнометражный игровой фильм «Frauen sind doch bessere Diplomaten» (Женщины являются всё же лучшими дипломатами), снятый на многослойной негативной плёнке по негативно-позитивному процессу «Agfacolor» (МТК № 18, 2010).

## 1942

– Американская фирма «Eastman Kodak Company» (Истмен Кодак Компани) выпустила первую цветную многослойную негативную плёнку «Kodacolor».

– Александр Корда (Alexander Korda) стал первым режиссёром, возведённым в рыцарское звание.

– 29 июля Указом Президиума Верховного Совета СССР учреждён «Орден Александра Невского» – первая в мировой истории государственная награда с портретом актёра (Николай Черкасов) в образе исторического лица.





Кадр из фильма «Frauen sind doch bessere Diplomaten» (Женщины являются всё же лучшими дипломатами) (1941)



Плакат к фильму «Александр Невский» (1938) и орден Александра Невского (1942)

### 1946

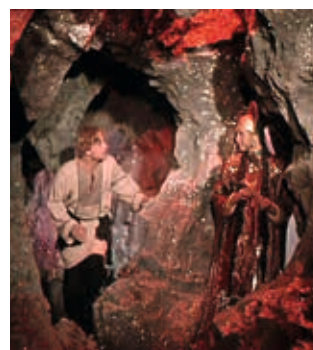
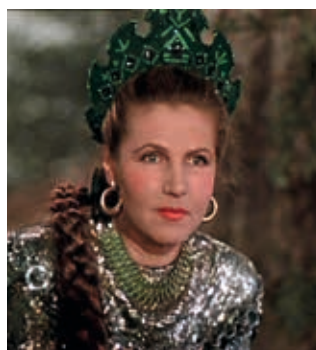
– 20 сентября открылся **первый международный кинофестиваль в Каннах (Cannes Film Festival)**.

Первый Каннский кинофестиваль прошёл в сентябре 1946 года. Хотя открытие его должно было состояться 1 сентября 1939 года, но в этот день началась Вторая мировая война. Проводился в 1947 и 1949 годах в сентябре. С 1951 года проводится ежегодно в апреле-мае. «Золотая пальмовая ветвь» – главный приз кинофестиваля. На фестивале присуждаются премии за лучшую режиссёрскую работу, за лучшее исполнение роли, премия Высшей технической комиссии, приз ФИПРЕССИ, приз ОСИК, приз стране за лучший подбор фильмов и другие награды.

На I Каннском кинофестивале в 1946 году советскому фильму «Каменный цветок» режиссёра Александра Птушко был присуждён большой международный приз жюри фестиваля за лучший цвет (Журнал «Искусство кино», № 9, 2003. «Первый триумф советского кино в Канне»; МТК, № 18, 2010).

Александр Лукич Птушко на страницах журнала «Огонёк» № 44 за 1946 год так рассказывал об этом кинофестивале:

*«Канны – фешенебельный французский курорт, расположенный на берегу Средиземного моря. Самым удивительным показалась нам здесь толпа – полунагие люди, основной частью туалетов которых были тёмные очки, туфли на пробках и маленькие кусочки материи. Нам объ-*



Кадры из фильма «Каменный цветок» (1946)

*яснили, что в предчувствии золотого сезона, кроме кинематографистов Европы и Америки, в Канны съехались разнообразнейшие дельцы, фаты и модницы буржуазного Запада. Маленький городок протяжённостью не больше одного километра, сплошь состоящий из отелей, ресторанов, кафе и магазинов, был забит людьми...»*

*«Не скрою, что, являясь одним из авторов цветной киносажки «Каменный цветок», я очень волновался за судьбу этой работы. Тем более, что с ней конкурировал цветной английский фильм «Цезарь и Клеопатра» (по одноименной пьесе Бернарда Шоу). Несмотря на то, что эту картину горячо выдвигали англичане и американцы, «Каменный цветок» был признан лучшим цветным фильмом.»*

### 1947

– В Москве в здании бывшего кинотеатра «Восток-кино» открылся **первый в мире постоянно действующий кинотеатр «Стереokino»** для демонстрации стереоскопических фильмов по системе «Сtereo 35/19» С.П. Иванова. Закрыт в 1963 году (МТК № 19, 2011).



Делегация советских киноработников на первом международном кинофестивале в Каннах 1946 года (слева направо): С. Герасимов, А. Птушко, М. Ладынина, С. Юткевич, М. Калатозов, Г. Водяницкая, Ф. Эрмлер и Б. Чирков

– 20 февраля в СССР выпущен на экран **первый полнометражный игровой звуковой стереоскопический фильм «Робинзон Крузо»**, снятый однообъективной камерой с двухзеркальной насадкой по системе «Сtereo 35/19» С.П. Иванова (МТК №19, 2011).

пись фонограммы на тондиск долгоиграющей пластинки стандарта 33 об/мин была проведена 2 ноября 1951 года звукорежиссёром К.И. Барсковой и звукоинженером А.И. Аршиновым. Была записана Сюита № 1 для оркестра П.И. Чайковского в исполнении Большого симфони-



Кадры из фильма «Робинзон Крузо» (1947)

Первая серийная долгоиграющая пластинка со скоростью 33,1/3 об/мин

**1948**

– Старейшая американская фирма грамзаписи «Columbia Records» в 1948 году серийно выпускает первую долгоиграющую пластинку со скоростью вращения 33,1/3 оборота в минуту, положив начало массовому переходу на выпуск пластинок в новом формате. Ещё в сентябре 1931 года американская фирма «RCA» впервые продемонстрировала запись в этом формате. А первая пластинка со скоростью записи 33,1/3 об/мин была выпущена в США 17 сентября 1934 года. На ней была записана Пятая симфония Бетховена. В СССР первая за-

ческого оркестра Всесоюзного радио (оркестр Радиокomiteта). А первые советские долгоиграющие пластинки со скоростью вращения 33,1/3 оборота в минуту начали выпускаться серийно только с 1953 года.

– 25 декабря 1948 года в московском кинотеатре «Стереокино» началась демонстрация первого в мире советского стереоскопического научно-популярного фильма «Кристаллы», снятого по новой системе 1948 года. Первая и четвёртая части фильма были сняты на чёрно-белой негативной плёнке «Kodak», вторая и третья части снимались в цвете на трофейной «Agfacolor B». В стереофильме



Стереопары из кинофильма «Кристаллы» (1948)

«Кристаллы» впервые в мире использовались стереоскопическая кукольная и графическая анимация, созданная Дмитрием Бабиченко и Ольгой Хлудовой (МТК № 19, 2011).

**1949**

– Американская компания RCA (Radio Corporation of America) разрабатывает и выпускает первую долгоиграющую пластинку диаметром 175 мм и скоростью вращения 45 оборотов в минуту.

**1950**

– Фирма «Кодак» начала выпуск цветных многослойных киноплёнок: негативной (**Eastman Color Negative Film 5247**) и позитивной (**Eastman Color Print film 5381**).

**1951**

– 21 декабря выпущен в прокат **первый цветной фильм**, снятый на многослойной цветной плёнке **Eastman Color Negative Film 5247**, отпечатан на многослойной позитивной плёнке Eastman **Color Print 5381** – «**Princess Elisabeth visits Canada**» (Визит принцессы Елизаветы в Канаду).

**1952**

– 30 сентября в «Broadway Theatre» в Нью-Йорке состоялась премьера «**This Is Cinerama**» (Это – Синерама) – **первого в мире цветного панорамного фильма** в трёхплёночной системе «Cinerama» (МТК № 22, 2012).

– 31 октября выпущен на экран **первый цветной стереоскопический фильм по советской системе**



Рекламный плакат к фильму «Визит принцессы Елизаветы в Канаду» (1951)



Кадр из фильма «This Is Cinerama» (Это - Синерама) (1952)



Стереопары из кинофильма «Майская ночь, или утопленница» (1952)



Первая в мире долгоиграющая пластинка со скоростью 45 об/мин с записью популярной песни «Texarkana Baby» в исполнении Эдди Арнолда (Eddy Arnold)

«Сtereo-35/Кадр над кадром» «Майская ночь, или утопленница» (МТК № 19, 2011).

– 30 ноября в «Paramount Theater» в Голливуде состоялась премьера стереоскопического фильма «**Bwana Devil**» (Дьявол Бвана), положившая начало «стереобуму 50-х» в США и мире.

### 1953

– 10 апреля выпущен на экран **первый в мире цветной стереоскопический фильм со стереофоническим звуком** «**House of Wax**» (Музей восковых фигур). Фильм был снят по двухплёночной системе «Natural Vision 3D» и выпускался в прокат на 35-мм плёнке с анаморфированными кадрами стереопары, расположенными рядом (side-by-side) на площади стандартного кадра. Стереофонический звук был записан по трёхканальной системе «WarnerPhonic/RCA».

Премьера прошла в «Paramount Theater» в Нью-Йорке.

– 24 апреля выпущен на экран **первый в мире цветной широкоэкранный (кашетируемый способ с соотношением сторон 1.66:1) фильм** «**Shane**» (МТК № 24, 2012).



Реклама стереоскопического фильма «Bwana Devil» (Дьявол Бвана) (1952)



Реклама стереоскопического фильма «Wana Devil» (Дьявол Бвана) (1952)



Кадр из фильма «House of Wax» (Музей восковых фигур) (1953)

– 28 мая Уолтом Диснеем выпущен на экран **первый цветной стереоскопический мультипликационный фильм «Melody»** (Мелодия) (МТК № 13, 2009). Принято считать, что это первый в мире анимационный фильм, снятый в стереоскопическом формате. Хотя это не так. Как было

сказано выше, впервые кукольная и рисованная мультипликация была применена в советском стереофильме «Кристаллы» в 1948 году. Анимационный графический фильм Диснея «Мелодия» – полностью сделан в стереоскопическом формате и по дате выпуска на экран опередил фильмы других американских киностудий. Так, например, кинокомпания «Halas and Batchelor Cartoon Films» ещё в 1952 году закончила производство стереоскопического анимационного фильма «The Owl and the Pussycat» (Сова и Кошечка), но выпустила его в прокат только в июне 1953 года.



Кадры из стереофильма «The Owl and the Pussycat» (Сова и Кошечка) (1952)

Пальма первенства по дате выпуска в прокат по праву принадлежит совместному Британско-Канадскому анимационному стереофильму «Now Is the Time» (Сейчас самое время) всемирно известного кинорежиссёра Нормана МакЛарена (Norman McLaren). Эта трёхминутная стереоскопическая анимация, сделанная по заказу Эдинбургского международного кинофестиваля (Edinburgh International Film Festival), была представлена зрителям в мае 1951 года. Фильм – совместный проект British Film Institute (BFI) и National Film Board of Canada (NFB) был снят по системе «Stereo Techniques», так же, как и выпущенный в прокат 3 февраля 1953 года их второй совместный анимационный стереофильм «Around Is Around» (Вокруг кругом).



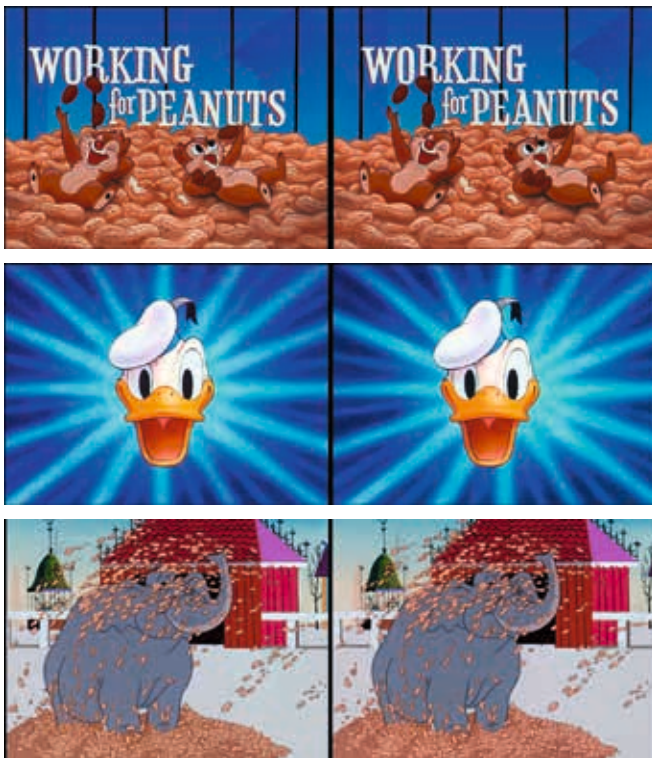
Кадр из анимационного стереофильма «Now Is the Time» (Сейчас самое время) (1951)

Кинокомпания «Universal Pictures» 26 августа начинает прокат стереоскопической анимации «The Hypnotic Hick» (Гипнотический Хикс), снятой компанией Walter Lantz Productions по двухплёночной системе «Lantz 3-D Widevision».

А свой второй стереоскопический рисованный фильм «Working for Peanuts» (Работа за орехи) о приключениях популярных анимационных персонажей Дональда Дака, Чипа и Дэйла студия Диснея выпустила 11 ноября 1953 года.



Плакаты к стереоскопическим анимационным фильмам (1953)



Стереопары из анимационного фильма «Working for Peanuts» (Работа за орехи) (1953)

Вслед за Диснеем и «Universal Pictures» кинокомпания Paramount выпускает в стереоскопическом варианте два анимационных фильма с популярными мультгероями: 2 октября 1953 года – «Popeye, the Ace of Space» (Папай, туз космоса) о приключениях морячка Попая, и 1 января 1954 года – «Boo Moon» (Далёкая Луна) с персонажем Каспером. Оба фильма были сняты по двухплёночной стереосистеме «Стереотун» (Stereotoon) с соотношением сторон кадра 1.85:1. Стереоскопический анимационный фильм о приключениях дружелюбного привидения по имени Каспер сопровождался трёхканальной стереофонической фонограммой компании «RCA Sound System». 26 сентября 1953 года кинокомпания «Warner Bros.» выпускает свой стереоскопический фильм с популярным анимационным персонажем кроликом Багс Банни (Bugs Bunny) – «Lumber Jack-Rabbit» (Пиломатериалы кролика Джека).

В период с 1952 по 1954 год, получивший в США название «Золотой эры стереокино», ведущие американские кинокомпании выпустили 7 стереоскопических анимационных фильмов. Автору довелось увидеть большинство из них в стереоскопическом варианте. И надо сказать, на мой взгляд, только Диснеем в его первом стереофильме «Melody» (Мелодия) удалось плоское рисованное изображение преобразовать в пространственное и заставить работать на драматургию фильма. Вернее, перевод плоского изображения в объёмное был оправдан сюжетом и интересно использован в художественном построении сюжета и композиции кадра. Хотя фильм превосходно смотрится и в плоском варианте. Совершенно не интересен, с точки зрения стереоскопии, диснеевский «Working for Peanuts» (Работа за орехи). Можно сказать, что в нём стереоскопические приёмы «притянуты за уши». Не найден интересный режиссёрский ход для применения объёма. Скорее, это обычный мультиплановый фильм, снятый в стереоскопическом формате. Но если в обычной плоской анимации мультиплан создаёт иллюзию объёмности, то снятый в стереоформате эту иллюзию разрушает и демонстрирует изображение, состоящее из серии кулис. По-видимому, объективная оценка сложности применения стереоскопии в рисованной анимации привела к скоротечности



Плакаты к стереоскопическим анимационным фильмам (1953)

«Золотой эры» и положила конец производству анимационных фильмов в этом формате.

– 3 августа в СССР выпущен на экран **первый в мире цветной стереоскопический фильм-опера «Алеко»** (МТК № 19, 2011).

– 16 сентября в кинотеатре «Рокси» (Roxu) в Нью-Йорке началась демонстрация кинофильма «The Robe» (Тога) – **первого цветного широкоэкранного фильма со стереофоническим звуком**, записанным на четырёх магнитных дорожках, нанесённых на фильмокопию. Фильм снят по системе «CinemaScope» (Синемаскоп), разработанной фирмой «20th Century Fox» (XX век Фокс), с соотношением сторон изображения на экране 2.55:1 (МТК №№ 24–26, 2012).

– 10 ноября выпущен на экран **первый в мире цветной широкоэкранный мультипликационный фильм**, снятый по системе «CinemaScope», «**Toot Whistle Plunk and Boom**» (Свистеть, гудеть, бренчать и грохотать) (МТК № 13, 2009, №№ 24–26, 2012).



Стереопары из кинофильма «Алеко» (1953)

– 26 ноября выпущен на экран **первый в мире цветной стереоскопический мюзикл со стереофоническим звуком «Kiss Me Kate»** (Целуй меня Кэт).

**1954**

27 апреля выпущен на экран **«White Christmas»** (Белое рождество) – **первый цветной широкоэкранный фильм по системе «VistaVision»**, разработанной фирмой «Paramount» для 35-мм плёнки с горизонтальным расположением кадра (МТК №№ 24–26, 2012).

– 12 мая в Нью-Йорке в кинотеатре «Capitol» (Капитоль) был **показан первый цветной широкоэкранный фильм «Vera Cruz»** (Вера Круц), снятый по системе **«SuperScope»** (Суперскоп), разработанной фирмой «Radio Pictures» (МТК №№ 24–26, 2012).

– В июне на экраны Великобритании выпущен **первый в мире широкоэкранный документальный фильм «FLIGHT OF THE WHITE HERON»** (Полёт белой цапли) (МТК №№ 24–26, 2012).

– 23 декабря выпущен на экран **первый широкоэкранный игровой фильм в жанре кинофантастики** и первый цветной широкоэкранный игровой фильм компании У. Диснея, снятый по системе «CinemaScope» – **«20,000 leagues under the sea»** (20000 лье под водой) (МТК № 13, 2009, №№ 24–26, 2012).

**1955**

– 16 апреля в Великобритании выпущен на экран английский цветной широкоэкранный фильм по системе «VistaVision®» **«Richard III»** (Ричард III). Этот фильм вошёл в историю кино не только как прекрасная режиссёрская и актёрская работа Лоренса Оливье (Laurence Olivier), но и как первый фильм, нью-йоркская премьера которого проводилась 11 марта 1956 года одновременно в кинотеатре и телекомпанией NBC по телевидению. Фильм является первой в истории кино широкоэкранный экранизацией пьесы Шекспира (МТК №№ 24–26, 2012).

– 16 июня выпущен на экран **первый в мире цветной широкоэкранный полнометражный анимационный**



Кадры из фильма «20,000 leagues under the sea» (20000 лье под водой) (1954)



Кадр из фильма «Richard III» (Ричард III) (1955)



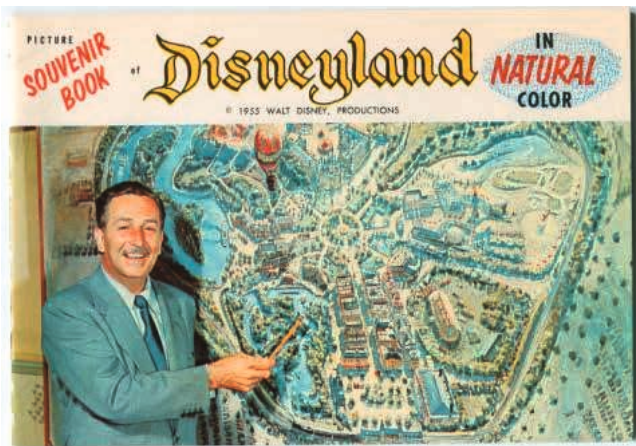
Кадр из фильма «Lady And The Tramp» (Леди и Бродяга) (1955)



Схема Циркарамы Диснея

**фильм «Lady And The Tramp»** (Леди и Бродяга), снятый по системе «CinemaScope» (МТК № 13, 2009, №№ 24–26, 2012).

– 17 июля показом кругорамного фильма **«A Tour of the West»** (Путешествие по Западу) был открыт **первый**



Обложка путеводителя по Диснейлэнду (1955)



Дворец Спящей красавицы в Диснейлэнде

кинотеатр круговой кинопанорамы Диснея «Circarama» (Циркарама) (МТК № 11–12, 2009).

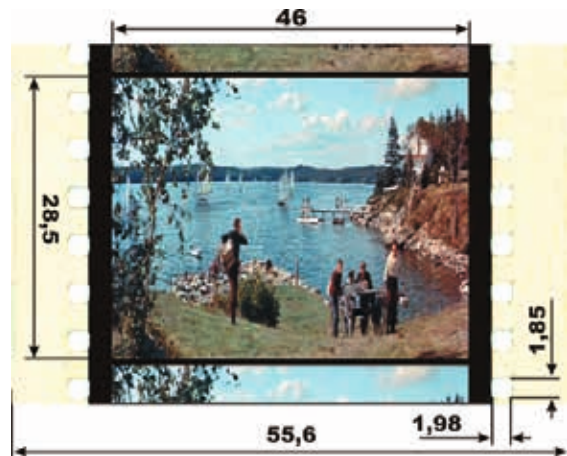
– 17 июля Дисней открыл **первый в мире парк киноаттракционов** в Калифорнии – «Disneyland» (Диснейлэнд).

– 10 октября в кинотеатре «Rivoli» в Нью-Йорке состоялась премьера **первого в мире цветного широкоформатного фильма с шестиканальным стереофоническим звуком «Oklahoma!»** (Оклахома!), снятого по системе «Todd AO» (Тодд А. О.) Американской оптической компанией совместно с предпринимателем Майклом Тоддом (Michael Todd) (МТК № 20–21, 2011).

### 1956

– 16 февраля в нью-йоркском кинотеатре «Rox» прошла премьера **первого широкоформатного фильма по системе «CinemaScope 55» «Carousel»** (Карусель). И на премьере, и в прокате фильм с четырёхканальной стереофонической фонограммой демонстрировался с 35-мм фильмокопии, отпечатанной с широкоформатного 55-мм негатива.

В 1955 году для улучшения качества широкоэкранного изображения кинокомпания «20th Century Fox» на основе принципов собственной системы «Cinemascope» разработала новую систему с анаморфированным кадром на широкой плёнке. Для съёмки использовалась киноплёнка шириной 55,625 мм, поэтому новая система получила название «CinemaScope 55®». Пло-



Позитивный кадр по системе «CinemaScope 55» из фильма «Carousel» (Карусель)

щадь негативного кадра в новой системе была в четыре раза больше, чем в 35-мм системе «CinemaScope» и равнялась 1680 мм<sup>2</sup>. На ней умещался кадр размером 46,32x36,32 мм. Шаг кадра был равен восьми перфорациям, или 38 мм. Съёмка велась со скоростью 24 кадра в секунду. Коэффициент анаморфирования, как и в системе «CinemaScope», равнялся 0,5. Для съёмки на 55-мм киноплёнке операторский отдел компании переделал на новый формат 70 мм кинокамеры фирмы «Mitchell» образца 1929 года. Ввиду того, что при контактной печати на позитивной копии не оставалось места для размещения фонограммы, разработчики предложили печатать копии оптическим путём с уменьшением размеров изображения до 34,54x27,05 мм. При этом шаг кадра уменьшался до шести перфораций. Система предусматривала печать 35-мм фильмокопий с магнитной фонограммой по 35-мм системе «CinemaScope». Независимо от формата позитивной копии соотношение сторон изображения на экране равнялось 2.55:1.



55-мм негатив «CinemaScope 55®» 55-мм позитив «CinemaScope 55®» 35-мм позитив «CinemaScope 55®»

По заказу кинокомпания «20th Century Fox» для съёмки фильмов и печати копий в новом формате фирма «Eastman Kodak Company» освоила производство негативной и позитивной киноплёнки шириной 55,625 мм.

Вторым фильмом, который был снят по системе «CinemaScope 55», стал мюзикл «KING AND I» (Король и Я). Известно, что фильм тиражировался на 35-мм киноплёнке с четырёхканальной магнитной фонограммой по системе «CinemaScope». В 1961 году «King and I» был





Кадр из фильма «Carousel» (Карусель) (1956)



Кадр на 55-мм киноплёнке без фонограммы из фильма «King and I» (Король и Я) (1956)

выпущен в прокат повторно в широкоформатном варианте на 70-мм киноплёнке с шестиканальной магнитной фонограммой по системе «Grandeur 70», разработанной кинокомпанией «20th Century Fox».

По системе «CinemaScope 55» были сняты только два игровых фильма, да и те дошли до зрителя не в своём формате. Массовому распространению системы препятствовала необходимость применения специальных 55-мм кинопроекторов. Разработчикам не удалось создать универсальный кинопроектор для демонстрации 35-, 55- и 70-мм фильмокопий. Бессмысленно было снимать фильм на широкой 55-мм плёнке для печати с неё только 35-мм копии. Поэтому студия отказалась от съёмки фильмов по этой системе. В дальнейшем формат 55 мм использовался для комбинированных съёмок и съёмки фонов для рирпроекции.

– с 25 апреля по 3 мая 1956 года в Канне проходил **первый в истории кинематографии Международный конгресс работников мультипликационного фильма.**

– 1 ноября кинокомпания «20th Century Fox» выпускает **первый широкоэкранный чёрно-белый фильм «Teenage Rebel»** (Юный мятежник), снятый по системе «CinemaScope» с четырёхканальным стереофоническим звуком по системе Westrex Recording System (МТК №№ 24–26, 2012).

– В декабре в Милане в кинотеатре «Reposi Cinema» начал демонстрироваться **первый цветной широкоэкранный фильм**, снятый по системе «Technirama», разрабо-

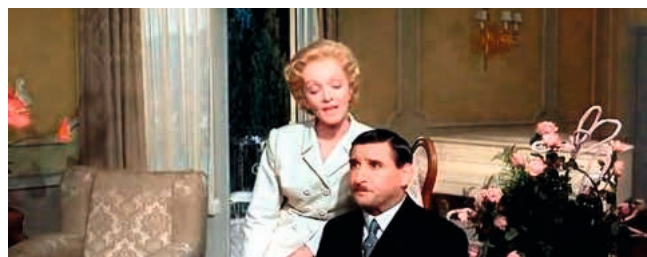


Кадр из фильма «Teenage Rebel» (Юный мятежник) (1956)



Плакат к фильму «Teenage Rebel» (Юный мятежник) (1956)

танной итальянским отделением американской фирмы «Technicolor» – **«The Monte Carlo Story»** (Случай в Монте Карло) (МТК №№ 24–26, 2012).



Кадр из фильма «The Monte Carlo Story» (Случай в Монте Карло) (1956)

**1957**

– 2 октября в «Brown Theatre» в Louisville, штат Kentucky состоялась премьера **первого цветного широкоформатного фильма со стереофоническим звуком «Raintree County»** (Округ Рейнтри), снятого по системе «MGM Camera 65». Фильм демонстрировался с 35-мм фильмокопии по системе «CinemaScope» (МТК № 20–21, 2011).



Плакат к фильму «Raintree County» (Округ Рейнтри) (1957)