

2016-2 (10) СОДЕРЖАНИЕ



стр. 15

**Технологии**

А. Шрайбман, *schreibman@nikfi.ru*, Д. Сухов, *soukhovdn@nikfi.ru*  
**Новый специализированный студийный конденсаторный микрофон КМН 15** 3

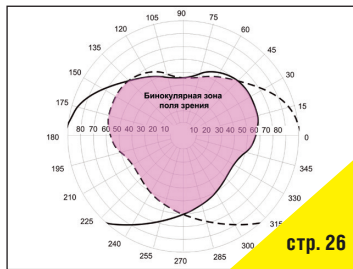


стр. 21

А. Подлесная, С. Подлесный, *s.podlesnyy@nikfi.ru*  
**Семантическая индексация киноматериалов и поиск по киноархивам на основе глубинного обучения (окончание)** 7

А. Горбунов, *a.gorbunov@mstuca.aero*  
**Дополненная реальность: тренд визуализации, новые формы** 11

С. Кувшинов, К. Харин, *kharin.k@rggu.ru*  
**Образование XXI века: от трёхмерного восприятия к трёхмерному мышлению** 15



стр. 26

**Доклады**

М. Селивёрстов, *maxim@seliverstoff.ru*  
**Создание 3D-стереодекораций к первому российскому детскому мюзиклу «Алиса в стране чудес»** 21

**Мастер-класс**

С. Рожков, *snrozchkov@yandex.ru*, Г. Рожкова, *gir@iitp.ru*, М. Грачёва, *mg.iitp@gmail.com*  
**Стереоскопическое зрение: основные термины** 26



стр. 33

**Страницы истории кино**

Н. Майоров, *henrymay@mail.ru*  
**120 лет кинематографа в России: 1896–2016** 33

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

1. Статья представляется на электронном носителе, либо по почте [Kevin@paradiz.ru](mailto: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: Филиал «НИКФИ» АО «ТПО «Кино студия им. М. Горького», ООО «ИПП «КУНА»  
 При финансовой поддержке 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  
 Верстка и дизайн: Аверина Наталия Владимировна  
 Корректор: Сайкина Наталья Владимировна

Редакционный совет:  
 Овечкис Ю.Н., д.т.н., «НИКФИ», г. Москва, РФ  
 Вишняков Г.Н., проф., д.т.н., ФГУП «ВНИИОФИ», г. Москва, РФ  
 Тихомирова Г.В., проф., д.т.н., СПбГУКИТ, г. Санкт-Петербург, РФ  
 Сакварелидзе М.А., д.х.н., ВГИК, г. Москва, РФ  
 Винокур А.И., д.т.н., МГУП им. И. Фёдорова, г. Москва, РФ  
 Перегудов А.Ф., к.т.н., СПбГУКИТ, г. Санкт-Петербург, РФ  
 Березин О.С., «Невафильм», г. Санкт-Петербург, РФ  
 Барский И.Д., к.т.н., ВГИК, г. Москва, РФ  
 Одинокос С.Б., д.т.н., МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, РФ  
 Раев О.Н., к.т.н., ВГИК, г. Москва, РФ  
 Волков А.С., к.т.н., Министерство культуры РФ

Отпечатано в ООО «ИПП «КУНА»  
 Объем 5 п.л. Заказ № 137392.  
 Тираж 1000 экземпляров.

Свидетельство о регистрации  
 СМИ-ПИ № ФС77-65712 от 13 мая 2016 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](mailto:kevin@paradiz.ru)  
 телефон (факс): +7 (495) 795-02-99, 795-02-97

2016-2 (10) CONTENT



**Technology**

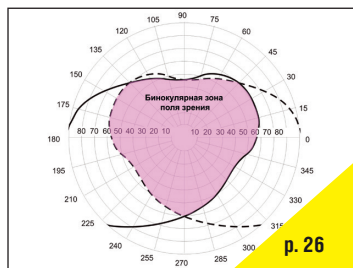
A. Schreibman, *schreibman@nikfi.ru*, D. Sukhov, *soukhovdn@nikfi.ru*  
**New condenser microphone for use in difficult acoustic environments KMN 15** 3



A. Podlesnaya, S. Podlesnyy, *s.podlesnyy@nikfi.ru*  
**Deep Learning Based Semantic Video Indexing and Retrieval (the end)** 7

A. Gorbunov, *a.gorbunov@mstuca.aero*  
**Augmented reality: visualization trend, new forms** 11

S. Kuvshinov, K. Kharin, *kharin.k@rggu.ru*  
**Education of the 21st century: from three-dimensional perception to three-dimensional thinking** 15



**Reports**

M. Seliverstov, *maxim@seliverstoff.ru*  
**Create 3D-stereo Scenery to the first Russian children's musical "Alice in Wonderland"** 21

**Master-class**

S. Rozhkov, *snrozhkov@yandex.ru*, G. Rozhkova, *gir@iitp.ru*, M. Gracheva, *mg.iitp@gmail.com*  
**Stereoscopic vision: basic terms** 26



**Movie history**

N. Maiorov, *henrymay@mail.ru*  
**120 years of cinema in Russia: 1896-2016** 33

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

1. Articles (papers) are submitted in electronic format, by mail [Kevin@paradiz.ru](mailto: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 of Cinema» is published 4 times per year

Publisher by «IPP «CUNA» Ltd.  
Founded by «IPP «CUNA» Ltd. and branch «Cinema and photo research institute» JSC «Gorky film studio».

Certificate of Registration Media-PI № FS77-65712  
May 13, 2016.

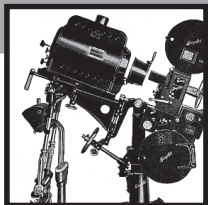
[www.mtk-magazine.ru](http://www.mtk-magazine.ru),  
e-mail: [kevin@paradiz.ru](mailto:kevin@paradiz.ru),  
tel.(fax): +7 (495)795-0297,795-0299

Chairman Ph.D. Yu.Indlin

Board of Editors Editorial Review Board:  
Ph.D. Yu. Ovechkis, «NIKFI», Moscow, RF  
Ph.D. G. Tihomirova, SPbGUCT, Sankt-Petersburg, RF  
Ph.D. G. Vishnyakov, FSUE «VNIIOFI», Moscow, RF  
Ph.D. M. Sakvarelidze, VGIK, Moscow, RF  
Ph.D. A. Vinokur, Fedorov MSUP, Moscow, RF  
O. Berezin, Nevafilm, Sankt-Petersburg, RF  
Ph.D. C. Odinkov, Bauman MSTU, Moscow, RF  
Ph.D. A. Peregodov, SPbGUCT, Sankt-Petersburg, RF  
Ph.D. I. Barsky, VGIK, Moscow, RF  
Ph.D. O. Raev, VGIK, Moscow, RF  
Ph.D. A. Volkov, Ministry of Culture RF.

No part of this issue may be reproduced without written permission of the publisher, reference to the journal is obligatory. World of Technique of 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.



# Новый специализированный СТУДИЙНЫЙ КОНДЕНСАТОРНЫЙ МИКРОФОН КМН 15



■ А.Э. Шрайбман, [schreibman@nikfi.ru](mailto:schreibman@nikfi.ru), к.т.н., член российской секции Международного общества звукоинженеров (AUDIO ENGINEERING SOCIETY (AES)), член Российского Акустического Общества (РАО), эксперт Международной Электротехнической комиссии (МЭК) (IEC), Д.Н. Сухов, [soukhovdn@nikfi.ru](mailto:soukhovdn@nikfi.ru), начальник отдела организационного обеспечения, филиал «НИКФИ» АО «ТПО «Киностудия им. М. Горького», РФ ■

## Аннотация

В статье рассматриваются вопросы разработки и производства профессиональных конденсаторных микрофонов. Проведён анализ основных этапов разработки, оказывающих существенное влияние на качество.

Описывается новый отечественный конденсаторный микрофон КМН 15 для работы в сложных акустических условиях, обладающий низким уровнем собственного шума и способный передавать сигналы с очень высоким уровнем звукового давления. Область применения микрофона: использование в профессиональной звукозаписи, радиовещании, а также в качестве общего главного микрофона на киностудиях и при записи программ и шоу.

**Ключевые слова:** конденсаторный микрофон, капсуль-преобразователь, звукотехнический тракт, звукозапись, профессиональный микрофон, запись фонограмм, студийная запись.

Данная работа профинансирована Министерством культуры Российской Федерации в рамках государственного контракта № 4376-01-41/06-15 от 28.08.2015 г.

## ■ Введение

Микрофон является одним из важнейших элементов любого тракта записи-воспроизведения звука. Харак-

NEW CONDENSER MICROPHONE FOR USE IN DIFFICULT ACOUSTIC ENVIRONMENTS KMN 15

*A. Schreibman, Ph.D, The Audio Engineering Society (AES) Russian section member, The Russian Acoustical Society member; International Electrotechnical Commission (IEC) expert, schreibman@nikfi.ru; D. Sukhov, Deputy director for organizational work, soukhovdn@nikfi.ru; bsranch "Cinema and Photo Research Institute" JSC "Gorky Film Studio", Russia*

## Abstract

*We share some aspects of the development and manufacture of professional condenser microphones. The analyses of the main stages of development have a significant impact on the quality. Overview of the new Russian condenser microphone KMN 15 for use in difficult acoustic environments, which has low self-noise and is able to transmit signals with very high sound pressure levels. Areas of use: professional sound recording, broadcasting, general studio and program shows recording microphone.*

**Keywords:** condenser microphone capsule converter, sound recording, professional condenser microphone, sound recording, studio recording.

*This work was funded by Ministry of culture of Russian Federation contract No. 4376-01-41/06-15 data 28.08.2015.*

теристики и параметры, которыми он обладает, будут определять требования и ко всем последующим элементам этого тракта.



На разработку и производство микрофонов оказывают влияние четыре основных фактора: существующие тенденции развития современной техники звукозаписи, профессиональные возможности разработчиков, производственно-технологические возможности производителя и наличие доступной ниши на рынке продаж.

Грамотное использование всех имеющихся ресурсов как раз и позволило довести до успешной реализации проект по разработке нового микрофона КМН 15.

В студиях звукозаписи, на радио и телевидении наиболее широко используются конденсаторные микрофоны. Они обладают равномерной амплитудно-частотной характеристикой и обеспечивают высококачественную передачу звука.

В настоящее время требования к профессиональным микрофонам резко возросли, одновременно вырос и спрос на качественное, особенно отечественное, оборудование.

### Основа качественной передачи звука

Акустическим преобразователем в конденсаторном микрофоне является капсюль-преобразователь. В непосредственной близости от него размещают предварительный усилитель, получающий питание по сигнальному кабелю. Капсюль и усилитель, как правило, объединены общим корпусом.

Несмотря на то, что на рынке регулярно появляются новые модели конденсаторных микрофонов, новые профессиональные капсюли с высокими качественными показателями - большая редкость. При внимательном анализе видно, что главные отличия новинок от уже известных моделей - новые предварительные усилители и новый дизайн.

Что препятствует разработке новых профессиональных капсюлей микрофонов с высокими качественными показателями? Причин несколько, но в качестве основной можно назвать потерю преимущества в отрасли.

### История разработки отечественных микрофонов

Первый советский звуковой художественный фильм «Путёвка в жизнь», снятый в 1931 г. киностудией «Мосфильм» (режиссёр Н. Экк), был записан по системе, разработанной в НИКФИ Павлом Тагером.

С начала 60-х годов прошлого века в секторе микрофонов лаборатории электроакустики было разработано и организовано на смежных предприятиях производство большого числа профессиональных конденсаторных микрофонов для кино-, теле-, радио-, видеостудий и студий звукозаписи. Это стало возможным благодаря уникальной лаборатории электроакустики НИКФИ.

Специалисты НИКФИ вели совместные работы с фирмами Sennheiser и Microtech Gefell. Созданные микрофоны не раз использовались при записи звука на киностудиях Мосфильм, Ленфильм, киностудии им. Горького, ЦСДФ, Фильмэкспорт и др., а также на радио и телевидении.

Сейчас в России серийное производство микрофонов осуществляется только тремя компаниями: это компания «Микрофон», г. Санкт-Петербург, которая выпускает в основном электретные микрофоны, компания «Октава», г. Тула и компания «Неватон», г. Санкт-Петербург. Однако работы по созданию новых микрофонов эти фирмы практически не ведут.

Специалисты НИКФИ не только осуществляют разработку, изготовление и ремонт студийных микрофонов, микрофонов для настройки залов и измерительных микрофонов, но также проводят сертификацию оборудования с использованием звукомерных камер, консультируют по вопросам использования микрофонов и оказывают содействие в проведении периодического контроля характеристик микрофонов.

### Новый специализированный студийный конденсаторный микрофон

Целью научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы была разработка специализированного профессионального конденсаторного микрофона, предназначенного для работы как в кинотеатрах и на киностудиях, так и на предприятиях культуры (театрах, музеях, библиотеках и т.п.), а также различного рода теле-, радио-, видеостудиях и студиях звукозаписи. Конденсаторный микрофон должен обеспечивать организацию трансляции спектакля в технические помещения театра, гримёрные и т.п., создание фондовых записей, запись фонограмм спектакля и запись фонограмм при производстве кинофильмов на кино-, теле- и видеостудиях.



Рис. 1. Микрофон КМН 15, общий вид

Fig. 1. KMN 15 microphone





Рис. 2. Измерительная аппаратура фирмы «Brüel & Kjær»  
Fig. 2. Precision instrumentation «Brüel & Kjær» (Denmark)

Разрабатываемый микрофон должен обладать характеристиками, соответствующими лучшим зарубежным аналогам ведущих фирм-производителей микрофонов аналогового класса. В процессе разработки микрофона основные характеристики его (диапазон воспроизводимых частот, чувствительность, уровень собственного шума, уровень звукового давления) корректировались в соответствии с предварительными прослушиваниями опытных образцов. В результате разработан, испытан и изготовлен специализированный профессиональный конденсаторный микрофон KMN 15 (рис. 1). Работы проводились в НИКФИ в секторе микрофонов лаборатории электроакустики при использовании уникальной звукомерной камеры и прецизионной измерительной аппаратуры фирмы «Brüel & Kjær» (Дания) (рис. 2). Разработан новый капсюль специализированного профессионального конденсаторного микрофона с проработкой отдельных конструктивных элементов капсюля (рис. 3). А также разработана принципиально новая схемотехника предварительного усилителя с проработкой различных вариантов схем предварительного усилителя и выбором необходимой элементной базы. Проведены эскизно-аналитические разработки, созданы дизайн-концепция и дизайн-проект (рис. 4). В результате был изготовлен и испытан опытный образец микрофона (рис. 1).

### Особенности микрофона KMN 15

Микрофон KMN 15 появился в результате усилий команды профессионалов: звукотехников, радиоинженеров и дизайнеров. Это уникальный сплав многолетнего опыта инженеров НИКФИ и современных технологий. В конструкции и оформлении микрофона KMN 15 присутствует влияние актуальных тенденций современного арт- и промышленного дизайна.

В результате был создан универсальный микрофон, предназначенный для использования в профессиональной звукозаписи, радиовещании, а также в каче-

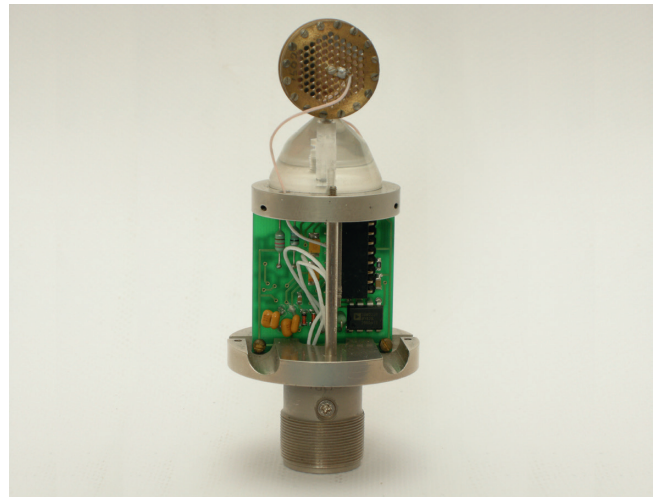


Рис. 3. Капсюль микрофона и предварительный усилитель  
Fig. 3. Capsule and preamplifier

стве общего главного микрофона на киностудиях и при записи различных программ и шоу. Он обладает низким уровнем собственного шума и способен передавать сигналы с очень высоким уровнем звукового давления. Капсюль имеет направленность в форме кардиоиды, хорошо сбалансирован акустически и эффективно подавляет уровень сигналов вне оси направленности.

Благодаря своей диаграмме направленности и простоте в эксплуатации микрофон может применяться в широком спектре областей — от использования в составе оборудования тон-студий до профессионального веща-



Рис. 4. 3D-модель варианта корпуса микрофона  
Fig. 4. 3D-model of the microphone housing

ния и реализации проектов на теле- и киносъёмочных площадках.

Микрофон имеет капсулю, обеспечивающую кардиоидную направленность. Звучание источников вне оси направленности, к которым микрофон мало чувствителен, остаётся при этом естественным. Это позволяет избежать возникновения акустической обратной связи при записи концертов или при использовании громкоговорителей в студии. Применение этой диаграммы, достаточной для большинства рабочих ситуаций, оптимально с точки зрения снижения уровня нежелательных, внеосевых звуковых сигналов.

Акустически прозрачное оформление и тщательный выбор сеток защищает капсулю от взрывных звуков и предотвращает возникновение шумов от задувания.

Высокие рабочие показатели достигнуты без применения коррекции резонансов. Благодаря этому микрофон великолепно сохраняет импульсные характеристики, воспроизводит музыкальные и речевые детали без окрашивания звучания.

Диапазон воспроизводимых частот достигает 20 кГц, низкочастотные сигналы воспроизводятся без какого-либо изменения тембра.

Уровень собственного шума незначителен, благодаря чему звуки самой малой громкости воспроизводятся практически бесшумно. Благодаря способности работать без искажений, микрофон обеспечивает широкий динамический диапазон.

Всего этого удалось достичь применением ряда технических решений (в настоящий момент осуществляется их патентная защита):

- Использование специальной формы корпуса микрофона, не имеющей аналогов в мире. Позволяет уменьшить влияние окружающих звуковых полей на характеристики микрофона.
- Разработка нового капсуля, позволяющего получить сбалансированную, легко поддающуюся обработке и монтажу фонограмму.
- Использование специальной схмотехники предварительного усилителя.

При разработке микрофона использовалось уникальное программное обеспечение, позволяющее ещё на этапе проектирования смоделировать основные процессы, происходящие в капсуле микрофона, и с высокой точностью рассчитать все основные характеристики капсуля. Для ускорения процесса разработки использовались возможности 3D-моделирования и печати вариантов корпуса.

#### **Основные технические характеристики микрофона КМН 15:**

Акустический принцип – преобразователь градиента давления

Диаграмма направленности – кардиоида

Диапазон воспроизводимых частот – 20 Гц–20 кГц

Чувствительность на 1 кГц на холостом ходу – не менее 25 мВ/Па

Уровень собственного шума – не более 14 дБА

Максимальный уровень звукового давления – не менее 140 дБ при КНИ <0,5%

Питание – фантомное, 48 В +/- 2 В

Разъём микрофона типа XLR

Диаметр – 79 мм

Высота – 117 мм.

Область применения микрофона: использование в профессиональной звукозаписи, радиовещании, а также в качестве общего главного микрофона на киностудиях и при записи различных программ и шоу.

В отличие от большинства существующих микрофонов новый микрофон обладает сбалансированным звучанием, специально рассчитанной частотной характеристикой чувствительности, низким уровнем собственного шума и способностью передавать сигналы с очень высоким уровнем звукового давления.

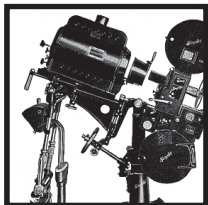
Всё это позволяет получить характерное узнаваемое звучание и легко поддающуюся обработке и монтажу фонограмму.

#### **Заключение**

Опытный образец микрофона успешно прошёл лабораторные испытания. По отзывам звукорежиссёров радиостанции «Радио России», в производственном комплексе которой проходили предварительные эксплуатационные испытания: *«Потенциал возможностей микрофона очень высок. Микрофоны имеют достаточно низкий уровень собственных шумов, точно передают интонационные нюансы голоса, хорошо отрабатывают эффект «взрывных» согласных звуков».*

Сейчас силами опытного производства НИКФИ (ФГУП ОП НИКФИ) налаживается мелкосерийное производство микрофона.

Объявленный руководством России курс на импортозамещение вновь поместил в центр общественного внимания разработки отечественных инженеров, которые по своим параметрам не уступают, а подчас и существенно превосходят продукцию зарубежных компаний. В области техники и технологий кино таких немало. Специалисты НИКФИ и ФГУП ОП НИКФИ доказали возможность разработки и производства отечественных микрофонов, не уступающих по своим характеристикам высококачественным микрофонам зарубежных производителей. ■



# СЕМАНТИЧЕСКАЯ ИНДЕКСАЦИЯ КИНОМАТЕРИАЛОВ И ПОИСК ПО КИНОАРХИВАМ на основе глубинного обучения



А.С. Подлесная, студентка физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия; С.Ю. Подлесный, [s.podlesnyy@nikfi.ru](mailto:s.podlesnyy@nikfi.ru), филиал «Научно-исследовательский кинофотоинститут» АО «ТПО «Киностудия им. М. Горького», РФ

## Аннотация

В статье рассматриваются подробности реализации и результаты тестирования системы поиска по киноархиву, основанной исключительно на признаках, извлекаемых свёрточными нейронными сетями. Признаки, полученные на основе технологии глубинного обучения, могут служить в качестве универсальных сигнатур семантического содержимого видеоряда, полезными во многих задачах информационного поиска. Кроме того, граф-ориентированная структура хранилища для видеоиндекса позволяет эффективно организовывать видеописк на основе сложных пространственных и темпоральных поисковых запросов. Разработан обучаемый алгоритм системы поиска фильмов в киноархивах по изображению и отдельным признакам.

**Ключевые слова:** индексация видео, поиск по видео, обнаружение границ сцены, граф-ориентированные базы данных, семантические признаки, MPEG-7.

Данная работа профинансирована Министерством культуры Российской Федерации в рамках государственного контракта №2214-01-41/06-15 от 20.05.2015.

Начало статьи в предыдущем номере журнала

**Поиск кинофрагментов по структурированным запросам**

DEEP LEARNING BASED SEMANTIC VIDEO INDEXING AND RETRIEVAL

A. Podlesnaya, S. Podlesnyy, branch «Cinema and Photo Research Institute» JSC «Gorky Film Studio», Russia

## Abstract

We share the implementation details and testing results for video retrieval system based exclusively on features extracted by convolutional neural networks. We show that deep learned features might serve as universal signature for semantic content of video useful in searching by structured queries and examples-based searching. We further show that graph-based storage structure for video index allows to efficiently retrieving the content with complicated spatial and temporal search queries.

**Keywords:** video indexing; video retrieval; shot boundary detection; graph database; semantic features; MPEG-7.

This work was funded by Ministry of culture of Russian Federation contract No. 2214-01-41/06-15 dated 20.05.2015.

Простой поисковый запрос по ключевым словам к предложенному в данной работе семантическому индексу может быть реализован в виде выражения (3) на языке Cypher. В этом запросе учитывается минималь-



но допустимое значение весового коэффициента, присвоенного метке класса съёмочного плана, а результаты поиска сортируются в обратном порядке по длительности найденного фрагмента.

```
MATCH (s: Shot) – [c: Category] -> (3)
w: Wordnet {synset: “zebra”})
WHERE c.weight > 0.1
RETURN s ORDER BY s.duration DESC
```

По правилам синтаксиса Cypher, узлы графа обозначаются в круглых скобках, а рёбра – в квадратных. Таким образом, запрос (3) выполняет поиск узлов типа *Shot* ( $N_{\text{SHOTS}}$ ), связанных с узлами типа *Wordnet* ( $N_{\text{NOUNS}}$ ), имеющими значение «Зебра», причём ребро типа *Category* ( $E_{\text{CATEGORIES}}$ ) должно иметь весовой коэффициент более 0.1. СУБД Neo4j производит индексацию по атрибутам узлов и рёбер, поэтому производительность представленного запроса высока. В тестовом архиве, состоящем из 99505 планов, подобные запросы, снабжённые дополнительными терминами LIMIT/SKIP, выполняются приблизительно за 40 мс. Средняя точность результатов поиска по 40 ключевым словам, случайно выбранным из номенклатуры классов ImageNet, составила  $0.84 \pm 0.25$ .

Расширение запроса (3) для возможности поиска по логической комбинации ключевых слов И, ИЛИ, НЕ тривиально.

Одним из способов повысить чувствительность поиска является включение синонимов (доминант) в поисковый запрос. Графовое представление лексической базы WordNet позволяет легко реализовать это с помощью запроса (4). Здесь мы сначала находим узел-доминанту понятия *гепард*, а затем находим все планы, связанные с узлом-доминантой. Данный вид запросов, ограниченный десятью результатами, выполняется за 40 мс в нашей тестовой базе.

```
MATCH (w: Wordnet {synset: “cheetah”}) – (4)
[|r: Lexical_rel] -> (big_cats: Wordnet)
MATCH (s: Shot) – [c: Category] -> () -> (big_cats)
WHERE c.weight > 0.1 and |r.symbol = “@”
RETURN s ORDER BY s.duration DESC
```

Мы также можем построить запрос на поиск планов, изображение в которых имеет заданную пространственную структуру. Для примера запрос (5) предназначен для поиска планов, где лев находится слева от *зебры*.

```
MATCH (s: Shot) -> (zebra_obj: Salient_obj) -> (5)
(w: Wordnet {synset: “zebra”})
MATCH (s) -> (lion_obj: Salient_obj) ->
(w: Wordnet {synset: “lion”})
MATCH (zebra_obj) – [: Left] -> (lion_obj)
RETURN s ORDER BY s.duration DESC
```

### Поиск по образцовому кинофрагменту

Поиск в киноархиве по образцовому фрагменту необходим для производства новых документальных фильмов и телевизионных передач, а также для поиска дубликатов. Ограничим задачу поиском кинофрагментов, семантически близких единственному заданному съёмочному плану.

Мы обнаружили, что вектор признаков размерностью 1024, извлечённый в результате работы Алгоритма 1, содержит достаточное количество семантической информации для информационного поиска по образцовому кинофрагменту. Наивный поиск на основе полного перебора состоит в вычислении расстояния между вектором признаков образцового кинофрагмента и сохранёнными в СУБД векторами признаков съёмочных планов и сравнение векторного расстояния с пороговым значением. Планы, имеющие наименьшее расстояние с образцом, включаются в результаты поиска. Мы протестировали метрики Евклидова расстояния и косинусного расстояния и выбрали в качестве предпочтительного варианта косинусное расстояние (6):

$$d = \text{dot}(x, y) \quad (6)$$

где:  $x$  – вектор признаков образцового кинофрагмента,  $y$  – вектор признаков проверяемого съёмочного плана,  $\text{dot}$  – символ операции скалярного произведения.

Для ускорения процедуры перебора мы воспользовались синтаксическим рядом WordNet для ограничения кандидатов поиска. Конкретно, мы выбираем доминанту первого или второго уровня по отношению к категориям, присвоенным образцовому кинофрагменту – см. поисковый запрос (4). Только сохранённые планы, имеющие отношение к выбранным доминантам, попадают в цикл перебора. Таким образом, мы рассматриваем кадры, содержимое которых семантически подобно заданному образцу, и выбираем в качестве результатов поиска те из них, которые имеют векторы признаков, минимально отличающиеся от заданного (рис. 4).

Рассмотрим сценарий использования описываемой функции поиска. На рис. 4 (а) показаны результаты поиска по ключевому слову «слон». Пользователь выбрал в качестве образца сцену, в которой изображено стадо слонов, лес, водоём – см. нижний ряд кадров на рис. 4 (а).

Задавать такие условия поиска в структурированном запросе часто неудобно и сложно для потребителей. На рис. 4 (б) показаны результаты поиска по выбранному образцу.

Видно, что найденные сцены отвечают заданным трудноформализуемым условиям, подтверждая китайскую поговорку, что одна картина заменяет сотню слов.

### Поиск по образцовым фотографиям

Для того, чтобы расширить возможности информационного поиска по киноархиву за пределы заранее заданной номенклатуры классов, мы исследовали онлайн-обучение линейных классификаторов векторов признаков, полученных из свёрточной нейронной сети.

Для того, чтобы обучить классификатор, мы получили приблизительно 100 эталонных образцов из сервиса поиска фотографий Яндекс. Например, мы выбрали 100 первых результатов поиска Яндекс по ключевому слову «пароход» (рис. 5 а).

Мы преобразовали каждую эталонную фотографию в формат 256x256 BGR и применили функцию расчёта

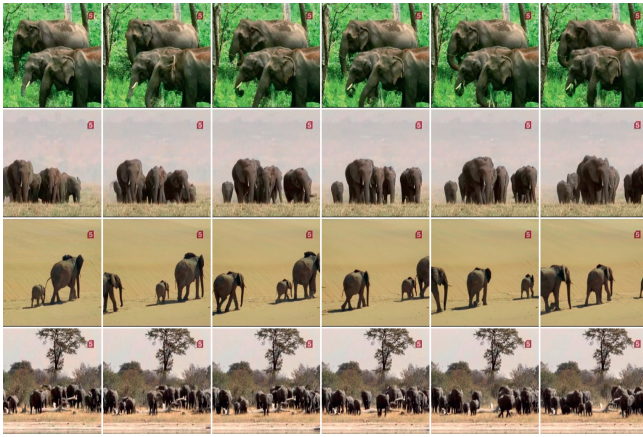


Рис. 4 (а). Сценарий использования функции поиска по образцовому кинофрагменту. Результаты поиска по ключевому слову «слон»

Fig. 4 (a). Use case for search by example video clip function. Search results for keyword-based search on «elephant»



Рис. 4 (б). Результаты поиска по образцу  
Fig. 4 (b). Search results for video-clip based search

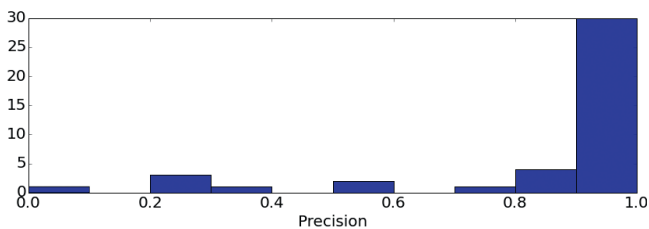


Рис. 4 (в). Гистограмма оценок точности при тестировании на различных ключевых словах

Fig. 4 (c). Precision histogram

свёрточной нейронной сети [Szegedy, Liu, Jia et al, 2014] к этому формату и его зеркальному отражению (в горизонтальной плоскости). Выборку фоновых примеров для обучения мы получили из нашего тестового архива, извлекли около 25000 съёмочных планов и получили усреднённые векторы признаков по первым 10 кадрам каждого плана.

Для онлайн-обучения мы перемешали эталонные и фоновые образцы векторов признаков в случайном порядке и применили программу Vowpal Wabbit [Langford, Li, Strehl, www] для обучения классификатора. Использовались следующие параметры: функция потерь логистическая регрессия, весовой коэффициент эталонного примера 200, количество эпох 3, скорость обучения 0.5. Обучение занимает менее одной секунды на обычном персональном компьютере.

Наивный поиск на основе полного перебора состоит в применении обученного классификатора к усреднённому вектору признаков каждого плана, сохранённого в СУБД. Планы, дающие положительный отклик классификатора, включаются в результаты поиска.

Средняя точность поиска по образцовым фотографиям составила 0.64. Мы оценивали точность следующим образом. Получали эталонные фотографии от сервиса

Яндекс по произвольному ключевому слову и выполняли поиск вышеописанным способом по первым 100 эталонным фотографиям. Эксперт подсчитывал количество верных и ошибочных результатов поиска. Для оценки использовались 13 произвольно выбранных ключевых слов (жираф, носорог, крокодил, человек, человек в очках, человек в кепке, внедорожник, пароход, дельфин, закат, побережье, вертолёт, баскетбол). На рис. 5 (а) показаны примеры эталонных фотографий, полученных от Яндекса, на рис. 5 (б) – примеры результатов поиска в нашей тестовой базе данных, на рис. 5 (в) – распределение показателей точности при выполнении поиска по различным ключевым словам.

### Заключение

В данной работе мы показали, что вектор признаков размерностью 1024, извлекаемый свёрточной нейронной сетью, содержит достаточное количество семантической информации для сегментации кинофильмов с точностью 0.92; поиска по ключевым словам с точностью 0.84; поиска по образцовому кинофрагменту с точностью 0.86 и поиска по образцовым фотографиям с точностью 0.64. Всё, что требуется для семантической индексации кинофильма – это однократное вычисление вектора признаков для выборки кадров с периодом 320 мс. После этого применение дорогостоящего аппаратного обеспечения с графическими параллельными ускорителями не требуется, и все операции по информационному поиску могут выполняться на рядовых серверах со стандартными процессорами. Разработан алгоритм поиска по образцам; подана заявка на патент и получен приоритет за № 2016102514 от 27.01.2016.

Однако, для увеличения скорости поиска по образцовым кинофрагментам или фотографиям требуются дополнительные усилия. Для ограничения количества



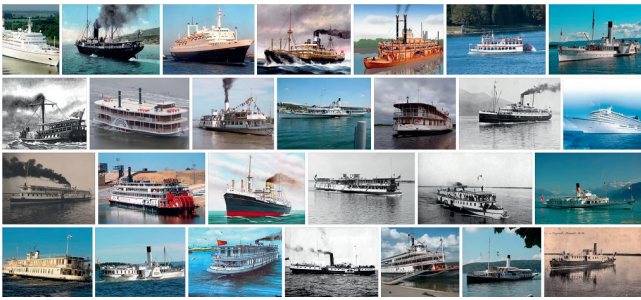


Рис. 5 (а). Сценарий использования функции поиска по образцовым фотографиям. Примеры эталонных фотографий, полученных от Яндекса по запросу «пароход»

Fig. 5 (a). Use case for search by sample photos. Sample photos obtained from Yandex pictures search on «steamboat»

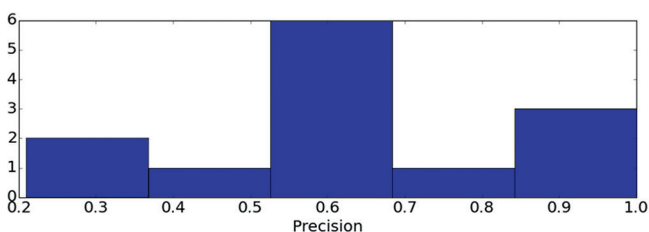


Рис. 5(в). Распределение показателей точности при выполнении поиска по различным ключевым словам  
Fig. 5(c). Precision histogram



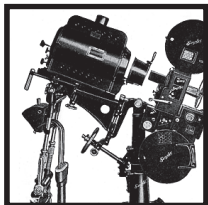
Рис. 5(б). Примеры результатов поиска в тестовой базе данных  
Fig. 5(b). Search results obtained from our test archive

кандидатов может использоваться синтаксический ряд, но такое решение всё равно линейно по отношению к росту объёма киноархива. В дальнейшем мы планируем исследовать различные подходы для сокращения размерности вектора признаков, что позволит масштабировать поиск по образцу логарифмически за счёт использования индексных ключей СУБД. ■

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Smith J. R., Basu S., Lin C.-Y., Naphade M., Tseng B. Interactive Content-based Retrieval of Video. IEEE International Conference on Image Processing (ICIP-2002), September, 2002.
2. Bangalore S. System and method for digital video retrieval involving speech recognition. US Patent 8487984, 2013.
3. ISO/IEC 15938–5:2003 Information technology – Multimedia content description interface – Part 5: Multimedia description schemes. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
4. Krizhevsky A., Sutskever I., and Hinton G. E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. In NIPS, pp. 1106–1114, 2012.
5. Karen Simonyan, Andrew Zisserman. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. arXiv:1409.1556, 2014.
6. C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, and A. Rabinovich. Going deeper with convolutions. CoRR, arXiv:1409.4842, 2014.
7. Russakovsky O., Deng J., Su H., Krause J., Satheesh S., Ma S., Huang Z., Karpathy A., Khosla A., Bernstein M., Berg A. C., and Fei-Fei L. ImageNet large scale visual recognition challenge. CoRR, arXiv:1409.0575, 2014.
8. Joe Yue-Hei Ng, Matthew Hausknecht, Sudheendra Vijayanarasimhan, Oriol Vinyals, Rajat Monga, George Toderici. Beyond Short Snippets: Deep Networks for Video Classification. <http://arxiv.org/abs/1503.08909>, 2015.
9. Andrej Karpathy, Li Fei-Fei. Deep visual-semantic alignments for generating image descriptions. arXiv preprint arXiv:1412.2306, 2014.
10. Li Yao, Atousa Torabi, Kyunghyun Cho, Nicolas Ballas, Christopher Pal, Hugo Larochelle, Aaron Courville. Describing Videos by Exploiting Temporal Structure. arXiv preprint arXiv:1502.08029, 2015.
11. Alex Krizhevsky, and Geoffrey E. Hinton. Using very deep autoencoders for content-based image retrieval. ESANN, 2011.
12. Tomasz Malisiewicz, Abhinav Gupta, Alexei A. Efros. Ensemble of Exemplar-SVMs for Object Detection and Beyond. ICCV, 2011.
13. Yangqing Jia, Evan Shelhamer, Jeff Donahue, Sergey Karayev, Jonathan Long, Ross Girshick, Sergio Guadarrama, Trevor Darrell. Caffe: Convolutional Architecture for Fast Feature Embedding. arXiv preprint arXiv:1408.5093, 2014.
14. Princeton University «About WordNet.» WordNet. Princeton University. 2010. <http://wordnet.princeton.edu>.
15. Neo4j, <http://neo4j.com/blog/open-cypher-sql-for-graphs/>.
16. J. Langford, L. Li, and A. Strehl. Vowpal wabbit online learning project, 2007. <http://hunch.net/?p=309>.





# ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ:

## тренд визуализации, новые формы



А.Л. Горбунов, [a.gorbunov@mstuca.aero](mailto:a.gorbunov@mstuca.aero), к.т.н., профессор МГТУ ГА, РФ

### Аннотация

**Дополненная реальность – технология, позволяющая совмещать в одном пространстве реальный мир с виртуальными объектами и уже ставшая одним из главных трендов развития ИТ, в ближайшем будущем обещает превратиться в основной инструмент визуализации в широком смысле, что не может не затронуть такие объёмные технологические сферы, как техника кино и индустрия компьютерных тренажёров. Современное понимание дополненной реальности, как правило, подразумевает дополнение реального мира виртуальными объектами. Возможен и обратный случай, когда виртуальный мир дополняется реальными объектами. Назовём такую технологию инверсной дополненной реальностью. В статье рассматривается общая ситуация в сфере дополненной реальности и описывается тренажёрное решение с инверсной дополненной реальностью для операторов спецтехники, где важным элементом является стереоскопическое представление виртуальных сцен. Аналогов этого решения на момент подготовки статьи не существовало, решение защищено патентом РФ и международной патентной заявкой РСТ.**

**Ключевые слова:** стерео, виртуальная и дополненная реальность, тренажёрная техника.

AUGMENTED REALITY: VISUALIZATION TREND, NEW FORMS

**A. Gorbunov, [a.gorbunov@mstuca.aero](mailto:a.gorbunov@mstuca.aero), Ph.D, prof., Moscow State Technical University of Civil Aviation, Russia**

### Abstract

*In the augmented reality (AR) it is usually implied that the real world is augmented by virtual objects. But what about the augmentation of the virtual world by real objects? – such an “inverse” AR is required in airside driver training systems. Drivers of some airside vehicles have to move while working, that’s why traditional driving simulators (where the user has to sit in the driver’s chair) are not usable to train them. For example the drivers of airport cargo loaders have to move between two consoles – the driving console and the cargo console. The training of these drivers can be well implemented in the virtual reality (VR), but VR has a substantial drawback of a poor tactile feedback. Today’s haptic gloves provide very modest tactile effects which are absolutely insufficient for effective training. The paper describes the system for the cargo loader drivers which solves this problem using the inverse AR: the physical models of the loader consoles are spatially aligned with the 3D models of these consoles by means of the precise tracking sensors located on the user’s hands, feet and head. Thus when the user touches the virtual control elements in VR he/she simultaneously touches the real control elements and this provides the full tactile feedback. The physical models of the consoles provide a signal input to control the virtual loader.*

**Keywords:** stereo, reality, augmented reality, training system.

### Введение

Дополненная реальность (ДР) – технология, позволяющая совмещать в одном пространстве реальный мир и виртуальные, созданные компьютером объекты – быстро, быстро даже по меркам ИТ, становится доминиру-

ющим трендом развития цифровой техники, связанной с отображением информации: в 2015–2016 годах все (sic!) ведущие игроки рынка ИТ запустили собственные проекты очков ДР, причём большинство, включая Microsoft – стереоочки. Проект очков ДР Magic Leap на момент под-



Рис. 1. Доступные в настоящее время на рынке модели очков ДР  
 Fig. 1. Currently available on the market models of glasses DR

готовки настоящей статьи собрал \$2 млрд. инвестиций (из которых 0,5 млрд. – от Google). Разработки выходят на стадию массового производства, на рис. 1 показаны уже доступные пользователям или разработчикам модели очков ДР.

Демонстрируемые лидерами рынка технологическая и инвестиционная политика не оставляет сомнений в том, что смартфоны и планшетные компьютеры в течение нескольких лет превратятся в стереочки ДР. Примерами такого устройства могут служить очки Microsoft Hololens и ODG R-7. В отличие от Hololens, продаваемых пока только разработчиками (и имеющихся у космонавтов на МКС), R-7 уже предлагаются на рынке без ограничений, данные прозрачные для реального мира очки имеют встроенный в дужку и работающий под Android высокопроизводительный процессор Qualcomm 8052.7 ГГц, стереоотображение виртуального мира с разрешением 720p в формате 16:9, видеочкаму (1080 p при 60 fps или 720 p при 120 fps), полный набор MEMS-датчиков (акселерометр, гироскоп, магнетометр), датчики давления, влажности и освещённости, приёмник GPS, интерфейсы Wi-Fi и Bluetooth, два микрофона, наушники и т.д. Очевидно, что по сравнению с сегодняшними мобильными устройствами, очки ДР имеют ряд преимуществ, не оставляющих первым шансов в рыночной конкуренции при условии сравнимых цен: экран огромный и стереоскопический, управление движением зрачков и голосом плюс при необходимости жесты (т.е. руки пользователя не заняты), возможность двунаправленного взаимодействия одновременно наблюдаемых виртуальных и реальных объектов. Высокая пока цена очков ДР неизбежно упадёт, когда Microsoft, Google, Samsung,

Sony и прочие лидеры рынка массовых IT-продуктов выведут свои активно ведущиеся сейчас разработки ДР на розничный уровень.

Как следствие, очки ДР, заняв место смартфонов и планшетников, станут основным средством доставки визуального контента массовому потребителю (при этом естественным образом – контента стереоскопического). Данное обстоятельство стоит учитывать в рамках общего дискурса кинотехники, в частности, техники стереокино: к примеру, заниматься традиционными стереоустройствами отображения (в частности, ещё недавно перспективными многокурсными «безочковыми» решениями) в складывающейся ситуации малопродуктивно, поскольку доставка половин стереопар непосредственно в каждый глаз в очках ДР при их массовости сделает эти устройства невостребованными.

В сложном положении могут оказаться и кинотеатры, поскольку их основное потребительское качество в контексте кинотехники – большой экран – оказывается под вопросом. Размеры экрана в очках ДР ограничены только сектором обзора виртуальной компоненты ДР-сцены (сейчас в недорогих шлемах виртуальной реальности обзор достигает 110 градусов, в дорогих – 170 градусов при разрешении 4 K), а в упомянутом проекте Magic Leap сектор обзора виртуального мира вообще может совпасть с естественным обзором реального мира (проецирование непосредственно на сетчатку глаза). То же самое можно сказать про патент Samsung на контактные линзы ДР и похожий патент на технологию контактных линз ДР, имеющийся у Google.

Ошибкой будет полагать, что все новинки в сфере про- рывных технологий, каковой несомненно является ДР,

возникают за рубежом. Современное понимание ДР подразумевает дополнение реального мира виртуальными объектами. Возможен и обратный случай, когда виртуальный мир дополняется реальными объектами. Назовём такую технологию инверсной дополненной реальностью (ИДР). На практике ИДР востребована в обучающих системах и игровых приложениях. В статье описывается тренажёрное решение с ИДР для операторов аэродромной спецтехники, где важным элементом является стереоскопическое представление виртуальных сцен. Аналогов этого решения на момент подготовки статьи не существовало, решение защищено патентом РФ [8] и международной патентной заявкой.

В настоящее время обучение и тестирование водителей автотранспорта проводится с помощью компьютерных симуляторов, включающих водительское кресло с органами управления и один или несколько дисплеев, на которых воспроизводится картинка трёхмерной компьютерной графики, имитирующая вид через лобовое стекло кабины автомобиля (см. тренажёр для водителей аэродромного транспорта ADT компании Micronav [1]).

Тренажёры такого типа нельзя применять в случаях, когда специфика работы водителя предполагает не только пребывание в кресле, но и перемещение в пространстве, что характерно для водителей спецтехники, например, водителей аэродромных погрузчиков контейнеров (к примеру, распространённый погрузчик SHAMP350 компании Terrel [2]). Водитель погрузчика контейнеров в процессе работы должен переходить от панели управления погрузчиком к панели управления грузом, перемещаясь по рабочей площадке длиной 2 метра и, разворачиваясь на 180 градусов, входить и выходить из самолёта, поэтому показ пользователю вышеупомянутых компьютерных симуляторов видимой водителем при выполнении рабочих функций картинки окружающего мира на стационарно размещённых дисплеях невозможен. Решения с замкнутым помещением, на стенки которого проецируются изображения трёхмерной компьютерной графики, также непригодны, поскольку водитель оперирует объектами, находящимися в непосредственной близости от него.

Данный недостаток устраняется при использовании технологии полнопогружной виртуальной реальности (VR): пользователь тренажёра надевает шлем VR, обеспечивающий его визуальную изоляцию от реального мира. При этом задействуется система позиционирования (например, беспроводная система G4 компании Polhemus [3]), датчик которой располагается в шлеме виртуальной реальности и позволяет определять пространственные и угловые координаты головы пользователя. Информация реального времени о пространственном положении головы пользователя используется для генерации стереопары виртуального мира, показываемой пользователю через микродисплеи шлема, при этом виртуальный мир воспроизво-

дит рабочую среду, например, аэродром с самолётом и погрузчиком контейнеров. Таким образом, пользователь оказывается полностью погружённым в виртуальную рабочую среду и, перемещаясь в реальном мире, аналогично перемещается в виртуальной рабочей среде, которую может видеть так же, как в реальном мире.

Пользователь наблюдает виртуальные органы управления, однако при этом возникает проблема тактильного взаимодействия с этими виртуальными органами. При размещении датчиков системы позиционирования на руках пользователь видит виртуальные образы своих рук в виртуальном мире, которые перемещаются аналогично реальным рукам (как это реализовано в системе VizMove Walking VR компании WorldViz [4]), однако не может почувствовать касание руля, рычагов и т.п. Существуют тактильные перчатки (к примеру, CyberTouch компании CyberGlove Technologies [5]), обеспечивающие некоторый эффект осязательной обратной связи на кончиках пальцев, но этот эффект ограничен только ощущениями лёгкого толчка или вибрации, что абсолютно недостаточно для полноценного воспроизведения ощущения хватки руля и других органов управления, приобретение навыков работы с которыми является неотъемлемой частью тренинга водителей.

### Тренажёр с инверсной дополненной реальностью

Указанная проблема решается при помощи тренажёрного комплекса ИДР для обучения водителей спецтехники с обеспечением полноценной тактильной обратной связи за счёт дополнения виртуальной реальности реальными объектами, в рассматриваемом случае – моделью пульта управления.

Комплекс ИДР (рис. 2) содержит:

- шлем виртуальной реальности с беспроводным интерфейсом, снабжённый двумя микродисплеями и аудиосистемой;
- систему позиционирования, датчики которой обеспечивают определение трёх линейных координат и трёх угловых координат положения в пространстве головы, рук и ног пользователя (6DOF – 6 degrees of freedom – 6 степеней свободы);
- систему слежения за руками и пальцами пользователя с помощью размещённой на шлеме VR видеокамеры, отображающей видеоизображение рук пользователя в виртуальном мире (например, система Hand and Finger Sensor компании Sensics [6]);
- компьютер – генератор VR, в реальном времени генерирующий и передающий стереовидеоизображение виртуальной рабочей среды на микродисплеи шлема виртуальной реальности в соответствии с данными расположенного на голове датчика системы позиционирования;
- модель пульта управления спецтехники, точно воспроизводящую физические размеры оригиналов и содержащую те же элементы управления, что и оригиналы.



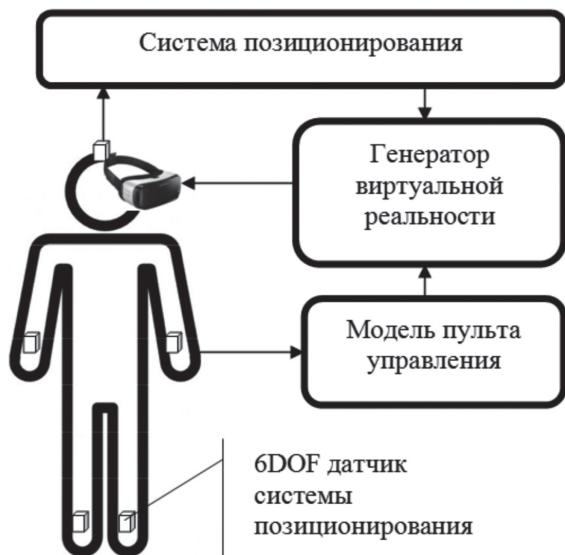


Рис. 2. Обобщённая схема тренажёрного комплекса ИДР с обеспечением полноценной тактильной обратной связи за счёт дополнения виртуальной реальности реальными объектами

Fig. 2. Generalized scheme is an exercise complex, etc.

Путём точного воспроизведения спецтехники в виртуальном мире и точной настройки системы позиционирования и системы слежения за руками и пальцами пользователя, виртуальный объект – виртуальный пульт управления, воспроизводящий визуальные образы реальных панелей управления, совмещается в реальном пространстве с реальным объектом – реальной моделью пульта управления. Характеристики современных доступных на рынке систем позиционирования позволяют осуществлять такое совмещение с достаточной точностью: например, упомянутая беспроводная система позиционирования G4 на расстоянии 1 м обеспечивает точность определения линейных координат 2 мм и угловых координат 0,5°. Таким образом, обучаемый водитель спецтехники, видя в виртуальном мире свои реальные руки, может касаться ими виртуальных органов управления, одновременно касаясь реальных органов управления, чем обеспечивается полная тактильная обратная связь. Размещение датчиков системы позиционирования на голове, руках и ногах обучаемого обеспечивает возможность наблюдения им в виртуальном мире рук и ног своего виртуального двойника – аватара, движения которого синхронизируются с движениями обучаемого (см., например, видео применения системы позиционирования STEM компании Sixense [7] на 2:34 мин.). Генератор ВР связан беспроводными интерфейсами со шлемом виртуальной реальности, датчиками системы позиционирования, размещёнными на голове, руках и ногах пользователя, и с датчиком системы слежения за руками и пальцами, расположенном на шлеме виртуальной реальности, чем обеспечивается свобода перемещения.

Крайне важным для решений с ИДР является стереоскопическое представление сцен виртуального мира пользователю, поскольку стереоскопичность позволяет точнее определять положение в пространстве близких расположенных (на расстоянии вытянутой руки) небольших элементов управления – таких как тумблеры и, соответственно, не ошибаться при операциях с ними.

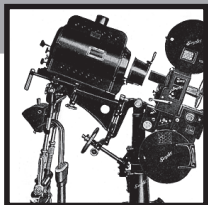
### Заключение

Технология ДР, уже ставшая одним из главных трендов развития ИТ, в весьма обозримом будущем обещает превратиться в основной инструмент визуализации в широком смысле, что не может не затронуть такие объёмные технологические сферы, как техника кино и индустрия компьютерных тренажёров. В этом контексте важными представляются наработки, расширяющие спектр применений ДР – каковой является ИДР.

Применение ИДР с развитой сигнальной обратной связью открывает возможности построения компьютерных симуляторов для водителей спецтехники, которая до настоящего времени не освоена современной тренажёрной индустрией. К таковой относятся описанные в статье аэродромные погрузчики контейнеров, для которых проблема подготовки водителей является очень актуальной: нередко случающиеся столкновения таких погрузчиков с самолётами обходятся авиакомпаниям крайне дорого, поскольку, как минимум, означают нарушение графика полётов. Другой пример – аэродромные тягачи, перемещающие самолёты. Спецтехника, оператор которой должен перемещаться в пространстве, встречается во многих отраслях, что определяет широкую перспективу использования ИДР в целях обучения и тестирования персонала. ■

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Micronav Airside Driver Trainer, <http://www.micronav.co.uk/media/314358/mn-airside-driver-trainer-final-v02.pdf>, последний визит 11.11.2015.
2. Trepel CHAMP350 Cargo Loader, <http://www.trepel.com/products/loader/champ-350.html>, последний визит 11.11.2015.
3. Polhemus G4 Tracking System, <http://polhemus.com/motion-tracking/all-trackers/g4>, последний визит 11.11.2015.
4. WorldViz VizMove Walking VR, <http://www.worldviz.com/products/vizmove-walking-vr>, последний визит 11.11.2015.
5. CuberGlove Technologies CyberTouch Sensor Gloves, <http://www.cyberglovesystems.com/products/cybertouch/overview>, последний визит 11.11.2015.
6. Sensics Hand and Finger Sensor System, <http://sensics.com/sensics-demonstrates-hand-and-finger-tracking-add-on-to-its-virtual-reality-goggles/>, последний визит 11.11.2015.
7. Sixense STEM Tracking System, <http://www.youtube.com/watch?t=77&v=jkOLswJITBs>, последний визит 11.11.2015.
8. Горбунов А.Л., Зелинский А.Ю., Кауров А.И. Водительский тренажёр виртуальной реальности с дополнением реальными объектами. Patent RU160084, 2016.



# Образование XXI века: ОТ ТРЁХМЕРНОГО ВОСПРИЯТИЯ К ТРЁХМЕРНОМУ МЫШЛЕНИЮ



С.В. Кувшинов, к.т.н., МГТУ «СТАНКИН», РФ;  
К.В. Харин, [kharin.k@rggu.ru](mailto:kharin.k@rggu.ru), ЦТПО МИНОТ РГГУ, РФ

## Аннотация

В работе обсуждаются вопросы дигитализации современного образования и необходимости увеличения наглядности при изучении сложных процессов и явлений. Для трёхмерной визуализации изучаемых объектов предлагается использовать стереодисплей с технологией MotionParallax3D. Практический опыт применения данной технологии в образовательных процессах позволяет сделать заключение о том, что у учащихся достаточно быстро формируется «объёмное» мышление, в результате которого повышается креативность всего образовательного процесса.

**Ключевые слова:** инженерное образование, 3D-моделирование, трёхмерная визуализация, технология MotionParallax3D.

■ Информационные, коммуникационные, аудиовизуальные технологии – инструмент принципиального переоформления и переосмысления окружающего мира, причём инструмент безальтернативный. Можно сказать, что в XXI веке закончился «меловой период» в истории культуры и образования, на смену ему при-

EDUCATION OF THE 21ST CENTURY: FROM THREE-DIMENSIONAL PERCEPTION TO THREE-DIMENSIONAL THINKING

S. Kuvshinov, Ph.D, MSTU "STANKIN";  
K. Kharin, [kharin.k@rggu.ru](mailto:kharin.k@rggu.ru), IINETR SUH, Russia

## Abstract

Questions of a digitalization in modern education and need of increase in presentation clarity when studying difficult processes and the phenomena are discussed. For three-dimensional visualization of the studied objects it is offered to use stereodisplays with the MotionParallax3D technology. Practical experience of application of this technology in educational processes allows to make the conclusion that the "dimensional" thinking is quickly enough formed as a result of which creativity of all educational process raises.

**Keywords:** engineering education, 3D modeling, three-dimensional visualization, MotionParallax3D technology.

шла эпоха концептуально новых цифровых устройств и технологий. Среди них, в первую очередь, следует отметить мобильные и интерактивные технологии, технологии беспроводного доступа, технологии трёхмерной визуализации и ряд других. Они решительно настраивают людей на продуктивную работу с гипермедиа, интел-

лектуальными программами, обеспечивают контроль и мониторинг различных сторон жизни и в особенности – всех участников высокотехнологичного учебного процесса. Под воздействием всего спектра оборудования, сетевых коммуникаций радикально меняется и сама парадигма образования XXI века. На наших глазах происходит трансформация обучения во времени и пространстве. За счёт тотального насыщения пространства учебных заведений, городов, средств транспорта и т. д. сетевыми устройствами приёма и передачи данных, возможности выхода в сеть Интернет у учащихся появляется уникальная возможность оперативного доступа к образовательным ресурсам. Впервые в истории образования учащиеся перестают быть жёстко привязаны к стенам учебного заведения. В настоящее время разработчики образовательных порталов всё чаще используют дизайн обучающих систем и модулей, рассчитанный на доступ с мобильных, не стационарных компьютеров типа: смартфон, планшетный компьютер и других, тем самым создавая комфортные условия для обучения, выполнения творческих заданий вне классных комнат образовательного учреждения. Особенно это становится полезным при длительных стажировках, экспедициях студентов, необходимости пребывания в других часовых поясах. Учащиеся могут учиться, где хотят, когда хотят и сколько хотят!

Постепенно образовательные ресурсы «перекочёвывают» в Интернет вместе с программным инструментом обработки информации. Обучение становится «облачным». Сегодня целевая аудитория технологий «облачных» вычислений – это уже не только высококвалифицированные в области информационных технологий пользователи, разработчики собственного программного обеспечения, но и студенты, школьники, молодые исследователи с начальным уровнем владения информационными технологиями. Данная технология имеет ряд заметных преимуществ. Первое – гибкость. Второе – эффективность. Повышается продуктивность за счёт сокращения затрат на технологическое обеспечение работ. Третье – простота. Пользователи могут применять существующие навыки разработки на знакомых языках для создания веб-приложений и служб, а также управления ими как в облачных центрах обработки данных, так и в локальных. Четвёртое – надёжность. Ещё одной из особенностей современного образования является то, что появляется возможность более тесной медийной коллаборации участников образовательного процесса. Мультимедиа – это не просто компьютерные технологии, а вполне специфический язык общения, и не только пользователей с компьютерными устройствами. Ведение диалога с использованием компьютерных сетей, аудиовизуальных образов, включение их в образовательные процессы приводит к формированию определённого типа мышления, осуществления медийных коллабораций. Необходимо ликвидировать тот разрыв, который неизбежно происходит в общении преподавателей, но-

сителей традиционной культуры и учащихся, «говорящих» на «новом» языке. Большую роль начинают играть новые виды учебных материалов. В мировом образовательном сообществе в связи с этим стал использоваться новый термин, подчёркивающий большое значение этой новой функции преподавателей, – *facilitator* – тот, кто способствует, облегчает, помогает учиться. Происходит фундаментальная трансформация: «учитель» становится коллективным. В самом общем виде можно выделить специализации «коллективного учителя» – специалист предметник; специалист по разработке курсов (дизайнер); специалист по интерактивному предоставлению учебных курсов (тьютор); специалист по методам контроля за результатами обучения (инвигилатор); программист-технолог, создатель образовательных мультимедиа продуктов и сред; администраторы и координаторы учебных центров и площадок. На эту «коллективность» накладывается ещё и «виртуальность» – «учитель» сублимируется в обучающей мультимедийной программе. С развитием организации такого вида получение образовательных услуг становится гибридным, т. е. появляется возможность более комфортного планирования всего времени обучения. Сегодня уже редкое явление, когда у высших учебных заведений нет дистанционной сетевой, Интернет формы обучения, а в ближайшем будущем это будет и в школах.

Невероятно стремительное развитие новых информационных, компьютерных и аудиовизуальных технологий в образовании резко, до минимальных пределов, сужает возможности «классической модели» учебного процесса. Всё больше информационные, коммуникационные и аудиовизуальные технологии сферы развлечений становятся фундаментом, основой для построения структуры новой среды, организации учебно-игрового пространства нового типа, не исключено, что на новых принципах, лежащих в основе Edutainment (от двух английских слов «education» и «entertainment»).

В последние пять лет наблюдается устойчивая тенденция к широкому внедрению в образование технологий трёхмерной визуализации. Процесс перехода на трёхмерное восприятие информации и, соответственно, на «трёхмерное» мышление происходит не так быстро.

Трёхмерные визуальные технологии становятся фундаментом, основой для построения структуры новой цифровой образовательной среды, организации проектного, учебно-исследовательского и, что особенно важно, производственного пространства нового типа [1]. Внедрение технологий 3D цифровых персональных производственных процессов в образовательные учреждения даёт уникальную возможность педагогам находить новые способы работы с учебными и научными материалами по технологии *case-studies*, в особенности, в специальном инсталлированном помещении – цифровой лаборатории.

Благодаря инновациям в области трёхмерного прототипирования, совершенствования цифровых производ-



ственных машин, станков стало возможным существенно снизить их стоимость и упростить работу по наладке и самой работе. Сегодня цифровая производственная лаборатория оборудуется набором универсальных инструментов, управляемых с компьютера, где возможно оперативно воспроизвести задуманное, спроектированное изделие. Такое оснащение позволяет лаборатории конкурировать с серийным производством. В Европе и США они уже показали свою возможность облегчить создание единичных высокотехнологичных устройств для специфических нужд. В состав цифровой лаборатории, где размещается комплекс аудиовизуального оборудования: 3D-видеопроекторы; интерактивные средства управления визуализацией (интерактивные панели, столы, доски и др.); акустические системы объёмного звука; коммуникационное оборудование для осуществления дистанционной связи и проведения многоточечных видеоконференций высокого качества; цифровое производственное оборудование – лазерные гравировальные станки, плазменные резак, ножевые резак для резки листовых материалов, трёхосевые станки с ЧПУ, управляемые с компьютера субтрактивные фрезерные и токарные станки [2]; средства быстрого прототипирования – 3D-сканер, для быстрого создания точнейших трёхмерных моделей деталей, объектов, артефактов, их реинжиниринга и декомпозиции и 3D-принтер для быстрого создания функциональных прототипов по разрабатываемым моделям с применением разнообразных технологий из различных материалов: пластика, фотополимеров, металлов, бумаги и др. Дополнительно может использоваться оборудование для фрезеровки печатных плат: двумерные, высокоточные фрезерные станки, а также рабочие места для разработки, сборки и тестирования микропроцессорной и цифровой электроники.

В российской системе образования отработка на практике цифровых производственных технологий стала возможной в конце 2012 года, когда Департамент образования г. Москвы создал на базе крупнейших 19-ти московских вузов Центры технологической поддержки образования – своеобразные цифровые лаборатории. В Международном институте новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета была создана подобная экспериментальная площадка российского образования для исследования и внедрения инновационных цифровых технологий в учебный процесс школ и вузов [3].

Этим центрам близки «по духу» и поддерживаемые компанией Intel STEM-центры (Science, Technology, Engineering, Mathematics) – сеть исследовательских лабораторий, поддерживающая научную, техническую и инженерную составляющую в дополнительном образовании школьников [4]. Проект призван повысить интерес учащихся к инженерным и техническим специальностям и мотивировать старшеклассников к продолжению образования в научно-технической сфере. STEM-лаборатории

делают современное оборудование и инновационные программы более доступными для детей, заинтересованных в исследовательской деятельности.

Школьники и студенты на базе таких цифровых лабораторий могут в течение очень короткого времени пройти путь от замысла до воплощения идеи и, что оказывается важным, получить результат в короткое время, а не останавливаться на презентациях и компьютерных моделях изделий.

В большинстве отраслей уже применяются многие элементы трёхмерного мышления: в технике, в образовании, в науке, в медицине и культуре. Процесс трёхмерного мышления: трёхмерное восприятие; трёхмерное моделирование; обучение в 3D-стерео; интерактивные 3D-стерео приложения; разработка собственных трёхмерных виртуальных объектов; «материализация» виртуальной реальности, 3D-печать моделей – и, как следствие, развитие творческих способностей.

Разнообразие оборудования, рассчитанное на работу, в первую очередь, не с плоскими классическими чертежами, а часто изначально с трёхмерными объектами, выдвигает и новые требования к системе визуализации, которая должна обеспечивать эффективное отображение этих объектов в различных ракурсах и максимально реалистичном виде.

В качестве расширения возможностей, уже получивших своё распространение стереомониторы для отображения объёмных моделей с эффектом глубины, предлагается использовать на различных этапах деятельности устройства визуализации, которые можно назвать «голографическим монитором» или «голографическим столом», в частности, разрабатываемые российской компанией Nettle [5]. В качестве альтернативы можно называть такие устройства отображения MotionParallax3D дисплеями по наименованию используемой технологии [6].

Термин «голографический» используется нами для обозначения того, что предлагаемые технологии визуализации позволяют точно и реалистично для человека передавать изображения трёхмерных объектов с разных ракурсов по аналогии со ставшей уже традиционной для специалистов голографией, где для записи и воспроизведения изображения используется высокостабильное лазерное излучение. В некотором смысле виртуальные отображения на MotionParallax3D дисплеях близки к мультиплексным голограммам, предложенным Ллойдом Кроссом [7], но намного полнее представляют демонстрируемый объект, что позволяет рассматривать их как полноценные голограммы в прямом смысле значения этого слова – как полную оптическую информацию об объекте.

В итоге процесс проектирования и прототипирования может характеризоваться следующими основными свойствами и преимуществами:

- высокая степень детализации моделей;
- демонстрация деталей любого размера, масштабирование;



Рис. 1. Технологическая цепочка процесса моделирования и прототипирования: 1 – создание исходной 3D-модели с использованием известных пакетов САПР и моделирования; 2 – виртуальное прототипирование, при котором технология MotionParallax3D позволяет рассмотреть объект со всех ракурсов для всесторонней оценки прототипа, выявления коллизий, ошибок проектирования, возможностей доработки и пр.; 3 – изготовление физического прототипа методами 3D-печати

- декомпозиция объекта, сборка/разборка на элементы;
- анимация работы узлов, возможность посмотреть на механизм в процессе его работы;
- расширенные возможности для отображения: передача цветов и визуальных свойств материалов (металл, пластик и т. д.);
- презентационные возможности: на выходе получается модель, которую можно использовать в рамках выставочных мероприятий;
- распределённое взаимодействие между участниками процесса: возможность отправить 3D-модели в электронном виде на другой конец света для оценки;
- экономия времени, материалов и ресурса оборудования, необходимых для 3D-печати [8].

Технологическая цепочка процесса разработки проекта от создания модели до получения прототипа будет состоять из трёх взаимосвязанных этапов (рис. 1). При этом включение второго этапа (виртуального прототипирования) позволяет сэкономить время, материалы и ресурс оборудования на ранних этапах проектирования.

Многоракурсное трёхмерное изображение создаёт иллюзию объёмного объекта, обозреваемого со всех

сторон, но формируемого на плоском экране. Пользователь в данном случае не отделён от реального мира – видя перед собой как реальные, так и виртуальные объекты, и, не замечая разницы в их поведении, мозг человека полностью верит в формируемую иллюзию. В этом смысле предлагаемые MotionParallax3D дисплеи имеют преимущество перед шлемами виртуальной реальности, которые, как правило, полностью изолируют пользователя от реального мира, в то время как MotionParallax3D дисплеи в той или иной степени позволяют ориентироваться в окружающем пространстве. Но это также накладывает на них определённые ограничения: поскольку пользователь видит одновременно и реальные и виртуальные объекты, необходимо, чтобы их поведение было идентичным. Проекция виртуальных объектов рассчитывается таким образом, что изображение, которое видит пользователь, полностью совпадает с изображением, которое он увидел бы, если бы виртуальный объект был реальным и находился в соответствующей точке реального пространства. Для построения и отображения корректных проекций виртуальных объектов системе виртуальной реальности требуются актуальные координаты, из которых осуществляется наблюдение виртуального мира (положение глаз пользователя). Для просмотра используются специализированные затворные 3D-очки с активными трекерами, по которым система с высокой точностью отслеживает положение пользователя в пространстве. На основе данных о положении глаз зрителя система рассчитывает проекцию виртуального мира на плоскость экрана. В отличие от стереодисплеев, использующих только бинокулярное зрение, MotionParallax3D дисплеи задействуют такой механизм восприятия объёма, как параллакс движения, т. е. смещение частей изображения друг относительно друга с угловой скоростью, пропорциональной разнице расстояния между ними и наблюдателем, при изменении их взаимного расположения. Этот механизм восприятия объёма задействуется путём постоянного перестроения изображения, исходя из актуальных координат глаз пользователя. Благодаря этому, виртуальные объекты смещаются друг относительно друга и относительно видимых реальных объектов по тем же законам и принципам, что и объекты реального мира. Это позволяет мозгу выстраивать целостную картину мира, содержащую одновременно реальные и виртуальные объекты с визуально неотличимым поведением. Но за счёт перестроения проекции в режиме реального времени в данном случае объекты воспринимаются как имеющие определённую форму, объём и расстояние от глаз пользователя и, тем самым, реалистичными со всех ракурсов.

При этом управление положением и масштабом изображения на экране может осуществляться как с помощью традиционной компьютерной «мыши», так и более интуитивными способами – с беспроводной сен-

сорной панели (тачпада), планшетов и смартфонов под управлением различных мобильных ОС, игровых джойстиков различных производителей или многоосевых 3D-манипуляторов.

В описываемых устройствах особое внимание уделяется геометрической корректности проекции как наиболее значимому показателю качества отображения информации. На геометрическую корректность проекции влияют точность отслеживания положения пользователя и промежуток времени между моментом начала определения положения пользователя и моментом вывода изображения на экран (задержка). Точность отслеживания непосредственно влияет на корректность проекции виртуального объекта и определяется общей геометрической ошибкой, зависящей от архитектуры и геометрии средств отслеживания и качества калибровки, а также интегрального показателя ошибки, вносимой шумом.

В системе трекинга используются уникальные камеры российской разработки с частотой считывания в штатном режиме до 900 кадров в секунду. Система из четырёх камер гарантирует миллиметровую точность и устойчивость работы даже в агрессивных условиях по освещённости. Рабочая зона по вертикальному и горизонтальному (в плоскости экрана) углу обзора системы трекинга – более 170°. При этом оптическая система трекинга не требует калибровки в процессе эксплуатации, даже после транспортировки оборудования.

Промежуток времени между моментом начала определения положения наблюдателя и моментом вывода изображения на экран является основной причиной геометрической некорректности проекции 3D-сцены в системах MotionParallax3D. Причиной возникновения задержки является то, что на все операции по определению положения пользователя, построению и выводу проекции, требуется время.

Особенностью зрительного восприятия человека является то, что мозг воспринимает такую задержку отображения виртуальных объектов не как временное отставание, а как искажение геометрии виртуальных объектов. В этом случае диссонанс между информацией, поступающей к пользователю по зрительному каналу восприятия и от вестибулярного аппарата может привести к проявлению у человека симптомов так называемой киберболезни, симптомами которой является тошнота, головная боль или боль в глазах [9].

Особенностью технологии MotionParallax3D дисплеев является распределённая обработка

данных трекинга: в каждую из высокоскоростных камер встроен микроконтроллер с собственным ПО на базе Embedded Linux, которое обрабатывает полученные данные и передаёт уже готовые для централизованной обработки сведения о положении маркеров. Также для повышения качества восприятия виртуальных трёхмерных объектов и значительного уменьшения шансов проявления у пользователя вышеописанных симптомов применяется технология предсказания положения пользователя, что позволяет частично скомпенсировать задержку, однако точность и горизонт предсказания во многом зависят от разнообразных внешних факторов.

Для эффективного применения описываемых систем визуализации в образовании предлагается готовый контент, в первую очередь – по дисциплинам естественнонаучного цикла, полностью адаптированный для MotionParallax3D дисплеев. Для создания собственного контента предоставляется пакет средств разработки. Внедрение данной технологии отображения в образовательные процессы требует и специального подхода к инсталляции учебных классов. Такой полнофункциональный компьютерный класс может включать в себя несколько рабочих мест с полным набором оборудования и стандартного ПО и MotionParallax3D мониторами для интерактивного изучения со всех ракурсов и конструирования моделей, выполнения практических, творческих работ. Центральное рабочее место преподавателя позволяет управлять моделями на рабочих системах учащихся. 3D-проектор и проекционный экран или интерактивная доска дают возможность транслировать в режиме 2D или стерео (для просмотра в очках) отдельных ракурсов выбранной модели на всю аудиторию (рис. 2).



Рис. 2. Комплексное решение для оборудования «голографического» класса





Рис. 3. Интерактивный манипулятор для редактирования виртуальных объектов на MotionParallax3D дисплее

Готовый образовательный контент включает в себя анимированные модели объектов и явлений из различных учебных дисциплин, большая часть из которых вызывает проблемы при традиционном обучении в силу сложности визуализации на обычных плоских иллюстрациях, например, по курсу физики – двигатель внутреннего сгорания, магнитное поле катушки с током, различные виды излучения, гелиоцентрическая модель мира, строение газов, жидкостей и твёрдых тел, принцип действия электродвигателя; химии – различные виды химических связей, строение и вид электронных облаков для электронов с различными наборами квантовых чисел; биологии – строение животной и растительной клеток, процесс фотосинтеза, строение вируса и бактерий, строение глаза человека.

Из перспектив предложенных технологий можно отметить технологические возможности увеличения количества пользователей путём увеличения частоты кадров

стереомонитора при корректном разделении предназначенных каждому глазу видеопотоков или проецированием изображения индивидуально в каждый глаз с помощью специальных очков. Важным является также упрощение интеграции систем визуализации с ПО для 3D-моделирования или создания трёхмерного контента в различных областях, напрямую не связанных с цифровыми технологиями, включая культуру и искусство. Особый интерес представляет разработка устройств для навигации и манипуляции виртуальными объектами вплоть до полного «погружения» пользователя в построенный виртуальный мир в образовательных и даже развлекательных целях (рис. 3).

### Заключение

С целью интенсификации процесса подготовки будущих специалистов, в первую очередь, инженерных специальностей, достаточно широко стали использоваться технологии персонального производства, построенные на базе машин лазерной резки, 3D-принтеров, плоттеров, станков с ЧПУ и др. Для визуализации разрабатываемых объектов традиционно используются 3D-видеопроекторы, стереоскопические мониторы, однако для более качественного отображения реалистичной трёхмерной картины объекта, создания эффекта «присутствия» может быть весьма успешно применена технология MotionParallax3D. Практический опыт применения данной технологии в образовательных процессах позволяет сделать заключение о том, что у учащихся достаточно быстро формируется «объёмное» мышление, в результате которого количество конструкторских ошибок и неточностей резко сокращается. Новые технологии трёхмерного отображения катализируют переход образования с репродуктивного на креативный уровень. ■

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Кувшинов С.В. Технологии трёхмерной визуализации для преподавания гуманитарных дисциплин//Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях: VI Международная конференция, Москва, 17–18 апреля 2014 г.: Материалы и доклады. – М.: ВГИК, 2014, с. 239–245.
2. Кувшинов С.В. EduBrication – инновационный тренд европейского образования//Инновационные технологии в кинематографе и образовании: Научно-практическая конференция. Москва, 29–31 октября 2014 г.: Материалы и доклады. – М.: ВГИК, 2014, с. 178–184.
3. Концепция центра технологической поддержки образования/РГГУ. Институт новых образовательных технологий и информатизации. М.: РГГУ, 2013. 48 с.
4. О STEM-центрах [эл. ресурс]. [http://stemcentre.ru/about\\_stem](http://stemcentre.ru/about_stem)
5. Голографические миллионы [эл. ресурс]. <http://www.rbc.ru/newspaper/2014/05/14/56beb80f9a7947299f72d0cc>
6. MotionParallax3D [эл. ресурс]. <https://ru.wikipedia.org/wiki/MotionParallax3D>
7. Голография [эл. ресурс]. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%8F>
8. Кувшинов С.В., Усков Г.Н. Применение технологий виртуальной реальности и комплексных стереоскопических 3D-систем в образовательных процессах//Международный научный журнал, № 4, 2013, с. 57–64.
9. Кувшинов С.В. Эйфория и риски тотальной трёхмерной дигитализации культурно-образовательного пространства//Современное состояние культуры и общества: особенности и перспективы развития России: сб. науч. статей/отв. ред. Костина А. В. – М.: Изд-во Моск. гуманит. университета, 2013, с. 129–134.



# Создание 3D-стереодекораций К ПЕРВОМУ РОССИЙСКОМУ ДЕТСКОМУ МЮЗИКЛУ «АЛИСА В СТРАНЕ ЧУДЕС»

(доклад на VIII Международной научно-практической конференции  
«Запись и воспроизведение объёмных изображений  
в кинематографе и других областях»,  
ВГИК, 25–26 апреля 2016 г.)



М.А. Селивёрстов, стереограф, «Студия дизайна и рекламы», [maxim@seliverstov.ru](mailto:maxim@seliverstov.ru), Москва, РФ

■ Новый театральный проект «Алиса в стране чудес» – детский мюзикл. Это мультимедийный проект, в котором, кроме игры актёров, замечательной музыки и танцев, используется 3D графика и анимация. В зале установлено проекционное оборудование, всем зрителям выдаются 3D очки, и на большом экране создаются разнообразные сцены из жизни героев мюзикла, их окружение, их мир. Все видеодекорации (мультимедийные декорации) к мюзиклу выполнены в студии. Наша работа включала в себя: рисование кон-

цепт-арт, 3D моделирование, анимацию, визуализацию и стереографию.

## Общие сведения о проекте

- Хронометраж 2 часа
- Технология 3D-стерео
- 3d моделирование – выполнено в BLENDER
- Композ After Effects
- Рендер V-ray
- Проекционная система и очки – INFITEC



Сцены из спектакля «Алиса в стране чудес»

Несмотря на то, что в целом проект получился приемлемым, соответствует срокам и бюджету, есть ряд достоинств и недостатков. В процессе работы накоплен бесценный опыт, которым следует поделиться со всеми желающими.

К несомненным плюсам можно отнести то, что проект коммерчески успешный. По нашим сведениям, окупаемость проекта идёт в соответствии с графиком. К плюсам можно отнести также красивый концепт и именно работу художников.

Подробнее следует остановиться на недостатках, чтобы избежать их в дальнейшем. К сожалению, не всеми процессами в подготовке мюзикла мы могли управлять. Например, заказчик долго не мог выбрать, какую систему он будет использовать. Остановились на Infitec, для нас это было приятной неожиданностью, мы не думали, что заказчик рискнет использовать эту дорогую систему. Другая неожиданность, менее приятная – расположение проекторов и подбор оптики для них. Об этом далее.

### Способы улучшить данный проект

#### *Работа с тенью*

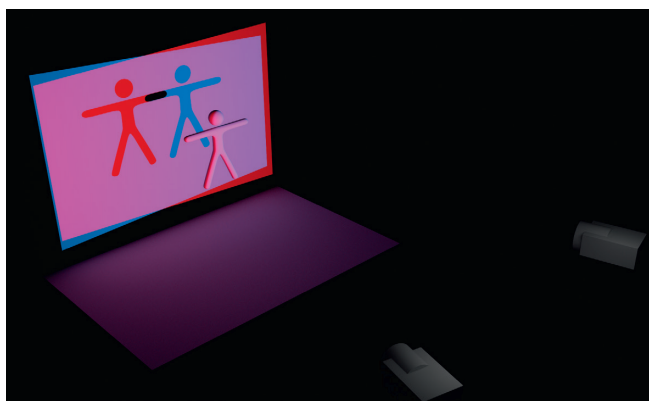


Рис. 1. Проекторы установлены на расстоянии друг от друга

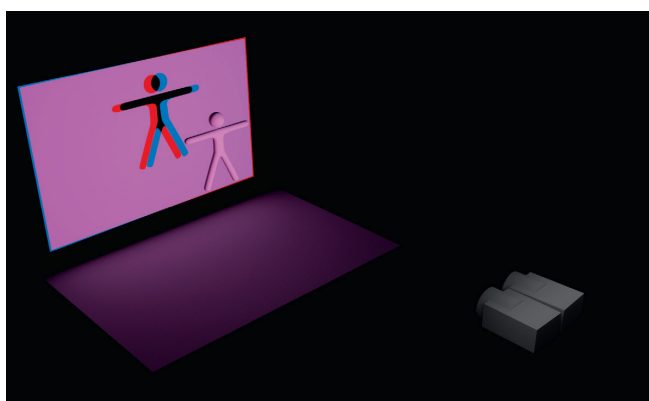


Рис. 2. Проекторы установлены максимально близко друг к другу

Сейчас проекторы установлены на большом расстоянии друг от друга. С точки зрения осветителя, это хорошо, так тень от одного проектора смягчается светом второго проектора. Однако с точки зрения стереоскопии

возникает параллакс, созданный двумя тенями, и этот параллакс лежит за пределами допустимых возможностей человеческого зрения. В результате возникает сильный дискомфорт при просмотре.

#### *Сближение проекторов*

Если проекторы максимально близко поставить друг к другу, параллакс останется, так как физические размеры проекторов не позволят свести оптические оси в «ноль», однако с таким параллаксом можно работать, он создаст свой стереоскопический эффект (положительный или отрицательный параллакс), но будет лежать в пределах допустимых норм. Конфликт будет возникать только относительно параллакса, созданного самим стереоизображением. К этому можно относиться как к неизбежному злу, доведя отрицательный эффект до минимума. Однако надо учитывать, что артефакты неизбежны.

#### *Вертикальное расположение проекторов*

Можно попытаться поставить проекторы друг над другом (рис. 3). Именно такая схема используется в

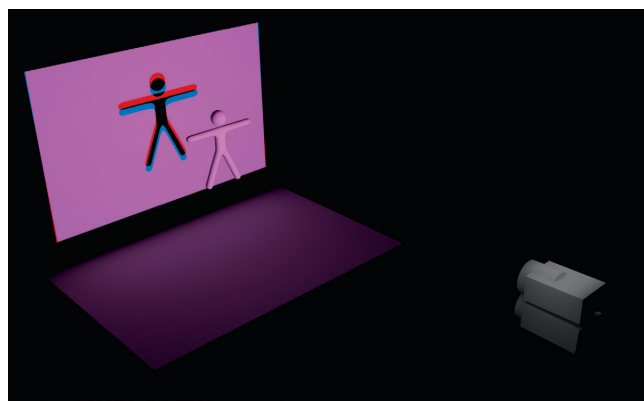


Рис. 3. Проекторы установлены друг над другом

большинстве 5D залов. Горизонтальный параллакс в этом случае можно свести к нулю, что соответствует по стереоглубине экранной плоскости, но при этом неизбежно возникнет вертикальный параллакс, а он недопустим. Такой способ не может быть использован.

#### *Совмещение оптических осей*

Можно заимствовать способ совмещения оптических осей, использованный в конструкциях 3D рига. Схема разрабатывалась для камер, но может работать и с проекторами.

Здесь используется полупрозрачное зеркало.

Оптические оси можно совместить практически идеально, но есть свои минусы:

- потеря светового потока почти в 2 раза,
- цветовые искажения, вызванные поляризацией,
- сложность конструкции, а точнее, её отсутствие.

Необходима разработка и производство.





Рис. 4. Использование способа совмещения оптических осей

### Борьба с артефактами

Наилучшая борьба с артефактами заключается в установке проекторов таким образом, чтобы тень от актёров не создавалась, или создавалась в исключительно редких случаях.

На схемах №№ 1,2,3 показана различная установка проекторов для борьбы с артефактами (рис. 5).

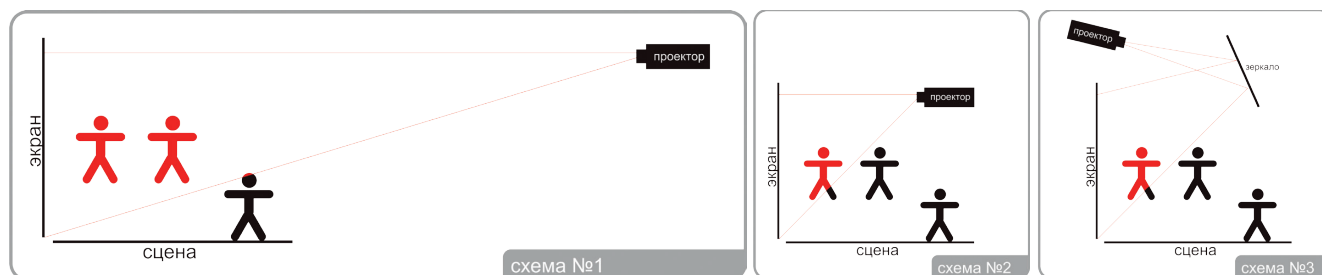


Рис. 5. Схемы №№ 1,2, 3. Различная установка проекторов для борьбы с артефактами

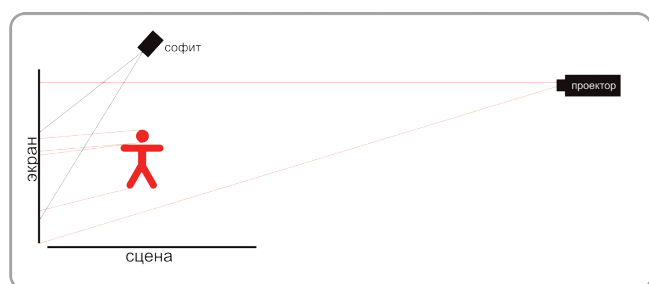


Рис. 6. Способ расположения софита или дополнительного проектора для борьбы с тенью

На схеме № 1 проектор установлен на почтительном расстоянии от сцены, геометрия проекции такова, что актёры почти всегда пересекают луч проектора.

Если использовать проектор с короткофокусным объективом, появляется возможность приблизить проектор к сцене. На схеме № 2 видно, как изменится ситуация, актёры будут намного реже попадать в луч проектора.

Другой альтернативой может быть использование зеркала, как показано на схеме № 3, но это технически довольно сложно реализовывать.

### Экспериментальные способы борьбы с тенью

Экспериментальной альтернативой может быть использование мультипроекционной системы, например, возможно «сшить» в одно изображение проекции нескольких проекторов. Сейчас эта технология активно развивается:

[http://www.nvidia.com/content/siggraph/Nash\\_Seamless\\_Display.pdf](http://www.nvidia.com/content/siggraph/Nash_Seamless_Display.pdf)

Рассмотрим ещё один способ работы с тенью. В некоторых случаях может быть использован и такой подход. Можно попытаться «забить» тень софитом. В этом случае необходимо, чтобы в самом кадре яркое световое пятно уже было создано по сценарию, что-то вроде «света в конце тоннеля», тогда свет от софита будет выглядеть естественно, как часть изображения. Минусом такого способа является только то, что не так много сцен, где такое пятно может быть оправдано сценарием.

Экспериментальным шагом может быть замена софита на дополнительный проектор (небольшой, офисного класса). Если это проектор, то можно «забивать»

тень не сплошным светом, а частью изображения, которое точно подогнано под изображение основных проекторов. Кромки кадра подсвечивающего проектора можно размыть, чтобы границы совмещения выглядели мягче.

Также, в качестве альтернативного способа борьбы с тенью, можно рассмотреть создание чёрного пятна в самом изображении проектора. Если какая-то часть изображения содержит тёмное пятно, то соответственно и тень от актёра, пересекающего эту область, не может быть создана. Но так же, как и в предыдущем способе, не так много сцен, где такое изображение может быть оправдано сценарием.

### Усиление стереозффекта

#### Увеличение стереобазы

Учитывая то, что в конечном итоге была выбрана система Infitec, почти во всех кадрах можно смело увеличить параллакс в 1,5–2 раза. Это довольно кардинально, но Infitec должен справиться с такой нагрузкой.



Рис. 7. Пример удачной композиции в рисовании декораций к мюзиклу



Рис. 8. Сцена спектакля, когда камера в движении, а актёры на месте. Создаётся впечатление падения вниз

#### **Уход от оптики 50 мм**

Большинство сцен создавались с эмуляцией объектива фокусным расстоянием 50 мм, он наиболее близок к естественному восприятию человеком окружающего мира.

Если использовать более короткофокусную «оптику», например, 24 мм, пространство заметно расширится по глубине. Это повлечёт за собой коррекцию композиции в кадре. Тем не менее, из всех способов улучшения глубины эти первые два – самые простые, не требующие большого количества изменений в проекте.

#### **Эффект «кукольности»**

Надо также учитывать, что увлечение глубиной в кадре может повлечь за собой появление новых артефактов,

таких как эффект «кукольности» и искажение формы.

Например, шар при чрезмерном увеличении глубины будет восприниматься как вытянутое яйцо, вытянуто оно по направлению к зрителю.

Эффект «кукольности» чаще заметен при съёмке живых людей или природы, увеличенная стереобаза при съёмке создаёт эффект, благодаря которому люди в кадре выглядят как куклы в домике Барби. Предметы вокруг выглядят так, как будто это макросъёмка. Тем не менее, и в компьютерной графике этот закон сохраняется. Это также необходимо учитывать и понимать.

#### **Изменение подхода к созданию композиции**

Наиболее выигранным кадром в текущем проекте, по моему мнению, является «завод». Он обладает всем необходимым для стереокадра – обилие планов, диагональная композиция, большой разброс по крупности объектов и пр.

Большинство сцен в проекте имеют центробежную композицию. То есть, что-то главное у нас по центру, второстепенное расходится по периферии. Это неплохо для классических декораций, но в этом проекте имеет смысл многое переосмыслить.

Драматургия в композиции не только работает на сюжет, но и, как правило, усиливает глубину кадра. Есть связь между диагональной композицией (в ней часто есть большое количество разных планов) и объёмом в кадре.

#### **Увеличение динамики в кадре**

Действительно, когда Алиса начинает падать, в зале слышно отчётливо: «Вау!» С подобными эффектами довольно много приходилось работать, но в ином жанре, в создании 5D аттракционов, многое можно заимствовать оттуда.

Сейчас все сцены статичны, камера стоит на месте, и только в сцене падения есть движение камеры. В других сценах мюзикла можно добавить движения и попытаться сценарно оправдать его.

#### **Взаимодействие реальности с изображением**

Необходимо уделить внимание мизансцене в кадре, попытаться согласовать её с происходящим на



сцене. Сейчас это просто фон, а может быть часть действия. До этого подобное было довольно сложно спланировать.

Сейчас есть снятое видео всего выступления. Можно опираться на него как на референс и подстраиваться под действия актёров. В нескольких сценах было очень удачное сочетание цвета в кадре со светом от осветительных приборов на сцене. Сцена выглядит как продолжение кадра, даже без всякого 3D. Это можно попытаться развить. Например, подсолнух выдвигается вперёд, зависает над актёром и начинает излучать свет, словно фонарь. Этот свет имитируется осветительным прибором. Возникает иллюзия, что мнимое изображение взаимодействует с реальностью.

### Рамка кадра

Сейчас во всех сценах стандартная прямоугольная рамка кадра. Это подход в кинематографе. В театральных сценах можно иногда не рисовать весь кадр полностью, оставлять чёрные кромки кадра. Здесь возникает несколько интересных моментов:

1. Для тёмной сцены есть возможность выделить актёра светом и отдельный предмет на дальнем плане.
2. Подчеркнуть взаимодействие светом.
3. Усилить восприятие стереоэффекта, уходя от «режущей» кромки кадра.
4. Воспользоваться тем, что чёрное поле кадра не отбрасывает тень от актёра. Чёрное поле в затемнённой сцене должно восприниматься как бездна, бесконечная глубина.

### Панорамный или купольный экран

Другим способом ухода от кромки кадра может быть движение в сторону панорамного или купольного экрана. Несколько лет назад отработывалось это на макете. Эффект довольно интересный: <https://www.youtube.com/watch?v=ONhMBBnWF38>

### Мэппинг

Иногда можно не бороться с рамкой, а наоборот, делать их ещё больше. Другими словами, можно использовать опыт мэппинга, т.е. технологию лазерного 3D-проецирования – прекрасного инструмента для изменения облика объектов, создания фантазийного интерьера, расширения границ помещения. Такой эффект



Рис. 9. Пример использования радиального экрана

достигается путём создания и наложения трёхмерного изображения на объект, который выполняет функцию экрана. На сцене могут присутствовать декорации в виде геометрических объектов, на которые проецируется изображение. Это изображение дополняет геометрию объектов формой и цветом. Один и тот же «куб» за всё время может трансформироваться то в один объект, то в другой. С главным экраном тоже можно проделывать такие «фокусы», создавая иллюзию разрушения или возникновения самого экрана.

### Заключение

Детский мюзикл «Алиса в стране чудес» – мультимедийный проект, в котором, кроме игры актёров, музыки и танцев, используется 3D графика и анимация. Аналогичных проектов детских мюзиклов в России пока нет, ранее был один (POLA NEGRI) в театре Российской Армии.

Обобщая опыт работы над данным проектом, можно сделать следующие выводы:

1. Главное в проекте – это работа художника. Его работа должна идти с учётом принципов стереографии.
2. Начинать рисование сцены нужно с учётом того, где будут стоять актёры во время сцены, при этом необходимо учитывать взаимодействия актёра с декорациями.
3. Желательно все сцены делать с движением камеры.
4. Так как технологии развиваются с огромной скоростью, то и наши стереографы и художники продолжают совершенствоваться мюзикл и применять их в спектаклях. ■



Рис. 10. Примеры использования мэппинга на сцене. Фото из интернета





# СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ: основные термины



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

## Аннотация

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

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

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

## STEREOSCOPOIC VISION: BASIC TERMS

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

## Abstract

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

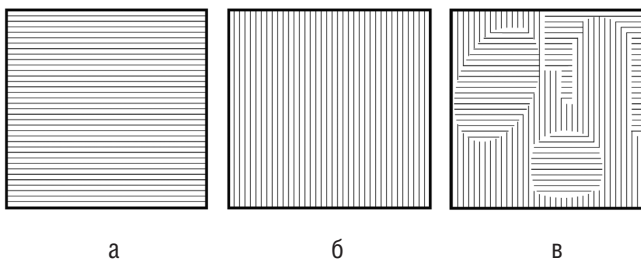


Рис. 1. Бинокулярная конкуренция. а, б – картинки стереопары, в – пример воспринимаемой картины: в одних участках поля зрения полосы соответствуют левому глазу, в других – правому

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

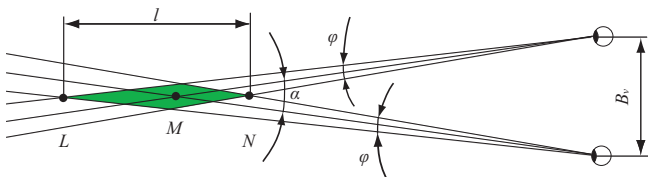


Рис. 2. Зона стереоскопического восприятия.  $B_v$  – базис зрения,  $M$  – точка фиксации взора,  $N$  и  $L$  – ближняя и дальняя точки з.с.в.,  $l$  – глубина з.с.в.,  $\alpha$  – угол конвергенции,  $\varphi$  – угловой размер фовеа.

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

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

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

**ЗРИТЕЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ** – совокупность физиологических, психофизиологических и когнитивных<sup>1</sup> процессов формирования видимого образа.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

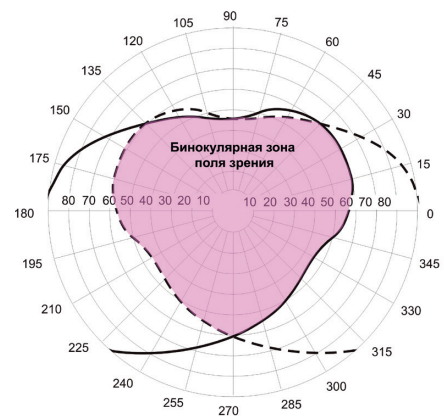


Рис. 3. Поле зрения. Сплошная линия – граница поля зрения левого глаза; штриховая линия – граница поля зрения правого глаза

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

## ЛИТЕРАТУРА

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

## REFERENCES

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



# 120 ЛЕТ КИНЕМАТОГРАФА В РОССИИ: 1896–2016



## УКАЗ

ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

### О проведении в Российской Федерации Года российского кино

В целях привлечения внимания общества к российскому кинематографу постановляю:

1. Провести в 2016 году в Российской Федерации Год российского кино.
2. Правительству Российской Федерации:
  - а) образовать организационный комитет по проведению в Российской Федерации Года российского кино и утвердить его состав;
  - б) обеспечить разработку и утверждение плана основных мероприятий по проведению в Российской Федерации Года российского кино.
3. Рекомендовать органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации осуществлять необходимые мероприятия в рамках проводимого в Российской Федерации Года российского кино.
4. Настоящий Указ вступает в силу со дня его подписания.



Президент  
Российской Федерации В.Путин

Москва, Кремль  
7 октября 2015 года  
№ 503



Н. Майоров, режиссёр-оператор, киновед,  
[henrymay@mail.ru](mailto:henrymay@mail.ru)

### Аннотация

Статья посвящена Году кино в России, первым шагам и развитию отечественного кинематографа в России, совершенствованию техники съёмки и внедрению новейших разработок в кинопроизводство на протяжении 120 лет. Обо всём этом наш журнал постарается рассказать в течение 2016 года - Года российского кино.

**Ключевые слова:** кинопроизводство, техника съёмки, кинопоказ.

120 YEARS OF CINEMA IN RUSSIA: 1896–2016

N. Mayorov, [henrymay@mail.ru](mailto:henrymay@mail.ru)

### Abstract

The article is devoted to the Year of Russia in the movie, and the first steps of the development of domestic cinema Russia, improving shooting technique and introduce the latest developments in the film industry for 120 years. About all this we will try to tell the journal during 2016 - the Year of Russian cinema.

**Keywords:** film industry, shooting technique, movie screening.

Продолжение. Начало в МТК № 2016-1 (10)

■ Революционные события 1917 года почти никак не отразились на российском кинематографе. Просматривая сегодня профессиональные российские печатные издания о кино 1917 и 1918 года, возникает ощущение, что кинематографисты жили своей особенной жизнью вне пространства и времени. Наглядным примером тому является сохранившийся в Российской Государственной библиотеке комплект «Кино-газета». Первый номер этого «еженедельного иллюстрированного издания, посвящённого жизни и интересам Кинематографа», увидел свет 1 января 1918 года. Информация о съёмках текущих и будущих, выпуске новых фильмов, светские сплетни и почти ни слова о событиях в стране.

Творческие работники как бы не заметили или не замечали глобальных перемен в отечестве, продолжали жить своей привычной жизнью в своей «стране киногрёз». В течение 1918 года было выпущено 36 номеров этого журнала, в них изредка упоминалось о трудных временах и призрачных перспективах, захватах «кинематографов» революционной властью на местах, повышении цен на билеты и призывах новой власти к «признанию кинематографа национальным достоянием». Но вся эта информация печаталась в «подвале», в самом конце журнала в рубрике «Провинциальные заметки».

Хозяева дореволюционных киностудий и кинопрокатных фирм продолжали своё дело. А между тем революционное правительство начало закладывать фундамент будущего пролетарского кинематографа. И первым

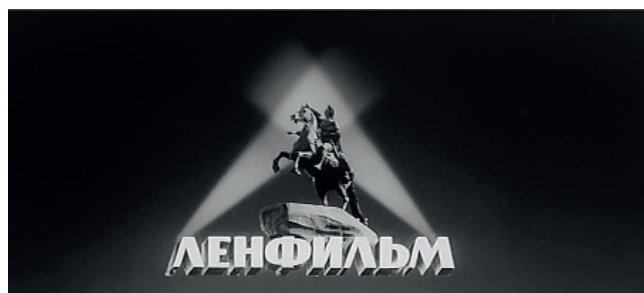


### Первый номер «Кино-газеты»

камнем этого фундамента стало основание Ленинградской студии документальных фильмов (ЛСДФ). Правда, это название студия получила только в 1968 году в год своего 50-летия, а в далёком 1918 году она была всего лишь сектором социальной кинохроники при кинофабрике «Союзкино», созданной на производственной базе военно-кинематографического отдела Скобелевского комитета. По-настоящему статус киностудии и официальной датой основания принято считать 1932 год, когда у студии впервые появилось название «Ленинградское отделение треста «Союзкинохроника». В том же году на целых 36 лет за студией было закреплено название «Ленинградская студия кинохроники» («Ленкинохроника»). С 1968 по 1991 год студия называлась «Ленинградская студия документальных фильмов» (ЛСДФ) и, наконец, в 1991 году обрела современное имя «Санкт-Петербургская студия документальных фильмов». Сотни номеров киножурналов, тысячи документальных фильмов, сотни тысяч метров хроникальных съёмок – таков творческий багаж и творческое кинонаследие, созданное и создаваемое по сей день за почти столетнюю историю студии. В годы Великой Отечественной войны, в блокадном Ленинграде кинохроникёры студии продолжали работу, снимая на плёнку боевые и трудовые будни осаждённого города, дни и ночи героической борьбы ленинградцев за выживание.

Уже в начале 30-х годов ЛСДФ превратилась в мощную киностудию замкнутого производственного цикла, имея всё необходимое для оперативной работы по созданию кинопериодики как регионального масштаба, так и для обеспечения документальными киноматериалами выпусков всесоюзных киножурналов. На студии были созданы собственные производственные цеха по обработке киноплёнки и записи звука в собственном тонателе. Естественно, что был свой цех операторской техники со всем необходимым съёмочным оборудованием, кинокамерами и осветительными приборами. Со временем появился и свой цех мультипликации. В монтажных студии было установлено оборудование для монтажа позитива и негатива, работы с различными видами фонограмм.

30 апреля 1918 года – дата рождения «Ленфильма», крупнейшей и старейшей киностудии Советского Союза. Правда, в день своего основания она получила название «Кинофабрика Петроградского кинокомитета Союза



### Кадр из фильма «В городе С.» с первым логотипом киностудии «Ленфильм» (1966)

Северных Комунн». «Ленфильм» – лидер среди отечественных киностудий по количеству переименований в течение своей почти вековой истории.

Но, начиная с 1934 года, в любом официальном названии киностудии неизменно присутствует всемирно известное слово «Ленфильм». Впервые это словосочетание появилось 5 ноября 1934 года на экране ленинградского кинотеатра «Титан» в титрах фильма «Чапаев». Таким образом один день стал началом триумфального шествия по экранам страны и мира шедевра советского кинофильма режиссёров братьев Васильевых и торговой марки киностудии. А современная эмблема киностудии «Ленфильм» – «Медный всадник» была создана художником Мариной Бологовской и оператором Эдгаром Штырцкобером в 1965 году. Впервые она появилась в фильме «В городе С.» режиссёра Иосифа Хейфица в 1966 году.

Вернёмся в 1918 год, считающийся годом основания студии. А если быть точными – именно с этого года начался процесс создания из разрозненных национализированных кинопредприятий Петербурга мощной киностудии, завершённый только в 1924 году. Но год основания студии ознаменовался выпуском 7 ноября 1918 года на экран первого советского игрового полнометражного фильма «Уплотнение». Сценарий фильма написал нарком просвещения А. В. Луначарский, который в роли на-



### Афиша к кинофильму «Уплотнение» (1918)

роком появлялся в первых кадрах фильма, а в главной роли профессора химии Хрустина снялся председатель Петроградского кинокомитета Д. М. Лещенко. Фильм был снят ударными темпами всего за несколько дней, съёмки происходили не на студии и не в декорациях, а в служебных помещениях кинокомитета Петрограда.

Год от года укреплялась техническая база





Кадры из анимационного фильма «Первая охота» (1938)



Кадры из анимационного фильма «Теремок» (1938)

киностудии. В конце 20-х годов здесь началось освоение и внедрение звукового кинопроизводства, и уже 10 октября 1931 года на экраны страны был выпущен первый звуковой полнометражный игровой фильм «Одна» режиссёров Григория Козинцева и Леонида Трауберга и кинооператора А. Москвина.

В начале 30-х годов в Советском Союзе началась разработка и освоение трёхцветного субтрактивного метода цветного кинематографа, основанного на трёхплёночном способе съёмки. «Ленфильм», наряду с киностудией «Мосфильм» и НИКФИ, активно включился в работу. Для этого в феврале 1932 года при «Ленфильме» была организована Лаборатория цветного кино под руководством Н. Шпилева.

Съёмочная техника и на «Ленфильме», и на «Мосфильме» для получения трёх цветоделённых негативов применялась одинаковая, но технологии печати и обработки цветной копии фильма были различны. Лаборатория цветного кино Ленфильма, так же как и компания «Техниколор», в основе получения цветной копии

фильма, снятых по трёхцветному методу и отпечатанных гидротипным способом – «Первая охота» и «Теремок».

В 1940 году на суд зрителей был представлен первый ленфильмовский экспериментальный цветной киноэтюд «Осень», снятый по трёхцветному методу. Его режиссёры-постановщики Исаак Менакер и Фридрих Эрмлер в содружестве с кинооператорами Вячеславом Гордановым и Моисеем Магидом попытались в этом фильме найти художественное единство цветного изображения и музыки.

Великая Отечественная война на время прервала освоение новой кинотехники. Но творческий коллектив продолжил съёмки новых фильмов и в период эвакуации киностудии в состав центральной объединённой киностудии (ЦОКС) в Алма-Ата. Многие фильмы, снятые в годы военного лихолетья вдали от родных стен, до сих пор любимы нашими зрителями. Среди них: «Актриса» Леонида Трауберга, «Малахов Курган» Александра Зархи и Иосифа Хейфица, «На пути в Берлин» Михаила Ершова.



Рабочий момент съёмки и кадры из цветного фильма «Осень» (1940)



Зарубежная афиша к стереофильму «Алеко» (1954)

Через пять лет после окончания войны творческие и технические работники «Ленфильма» начали осваивать цветной негативно-позитивный процесс с использованием трофейной цветной многослойной киноплёнки Agfacolor B [МТК 2010–4 (5)]. 27 ноября 1950 года на экраны страны был выпущен полнометражный цветной игровой фильм «Мусоргский» о жизни и творчестве великого русского композитора. Работа ленфильмовцев имела не только зрительский успех, но и высоко была оценена на правительственном уровне. Лауреатами Сталинской премии первой степени за 1950 год стали режиссёр-постановщик картины Г. Рошаль, соавтор сценария А. Абрамова. Лауреатами стала и большая группа актёров: А. Борисов, Н. Черкасов, В. Балашов, Ф. Никитин, Л. Сухаревская, М. Магид, Л. Сокольский, Н. Суворов, А. Шаргородский.

Высокие художественные достоинства в освоении цвета в этом фильме были отмечены и на международном уровне. Художникам-постановщикам Н. Суворову и А. Векслеру на IV Международном кинофестивале во французских Каннах в 1951 году была присуждена премия за лучшие декорации.

В 1953 году съёмочная группа киностудии под художественным руководством Г.Л. Рошалья поставила и решила ещё более сложную и до сих пор не повторенную никем задачу – экранизацию оперы. И не просто экранизацию, а создание кино-оперы в стереоскопическом варианте. Худсоветом студии было принято решение экранизировать оперу С.В. Рахманинова по поэме А.С. Пушкина «Цыгане». Для реализации этого, как теперь принято говорить, проекта А.Г. Болтянский (НИКФИ) сменил амплу учёного-изобретателя на профессию кинооператора-постановщика, решив на практике проверить творческие и технические возможности разработанной им совместно с Н.Д. Бернштейном новой системы стереоскопического кинематографа «Сtereo-35 кадр над кадром» [МТК 2011–1 (6)]. 3 августа 1954 года в московском кинотеатре «Сtereoкино» начались регулярные киносеансы первого в мире цветного стереоско-



Стереопары из фильма «Алеко» (1954)

пического фильма-оперы «Алеко». Фильм демонстрировался на растровом экране по безочковому методу.

В декабре с новым уникальным стереофильмом начали знакомиться и американские любители кино и музыки. 23 декабря 1954 компания «Artkino Pictures» начала прокат картины в США. А с 18 февраля 1955 года началась демонстрация фильма и в соседней с нами Финляндии. 1 февраля 2012 г. на кинофестивале архивного кино «Белые столбы» состоялась премьера восстановленного автором этих строк в содружестве с В.Н. Котовским оригинального стереоскопического варианта фильма в современном цифровом формате.

В середине 50-х годов студия приступила к освоению производства широкоэкранных фильмов [МТК 2012–4 (7)].

Бессмертная книга Мигеля де Сервантеса Сааведра о романтике, чуде и мечтателе, храбром рыцаре Дон Кихоте Ламанчском и о его спутнике, верном оруженосце Санчо Пансо стала литературной основой сценария Евгения Шварца для первого цветного широкоэкранный игрового фильм «Дон Кихот». Режиссёру-постановщику Г. Козинцеву, операторам-постановщикам А. Москвину и А. Дудко (натурные съёмки) пришлось решать многие сложные постановочные задачи, диктуемые новым форматом кадра. Ведь по сути снималось одновременно два фильма – широкоэкранный и обычный (операторы Й. Грицюс и Э. Розовский). Это было необходимо для того, чтобы фильм можно было демонстрировать в обычных кинотеатрах, не оборудованных широкоэкранный проекцией. Для этого постановщикам необходимо было менять композицию кадра для каждого из форматов, в то же время не изменяя общего пластического решения фильма. Не легче было и актёрам. Ведь им приходилось каждую сцену играть по несколько раз в новой мизансцене. «Дон Кихот» был не только первым широкоэкранный фильмом студии, но и первым фильмом с четырёхканальным стереофоническим звуком (звукооператор И. Волк), что также создавало определённые трудности при синхронной съёмке сцен.





Кадр из фильма «Дон Кихот» (1957)

23 мая 1957 года готовый фильм увидели советские зрители. В октябре этого же года он уже шёл на экранах Финляндии, а в декабре – в Португалии. В течение 1958 года история «рыцаря печального образа» была показана в ГДР и ФРГ, Аргентине, Швеции. Годом позже – в Дании. И 20 января 1961 года началась демонстрация советского «Дон Кихота» в кинотеатрах США.

На Каннском кинофестивале 1957 года «Дон Кихот» стал участником основного конкурса, но не стал победителем. Зато на Всесоюзном кинофестивале 1958 года Андрею Москвину присудили первую премию за операторскую работу, Григорию Козинцеву – вторую премию за режиссуру и третью премию по разделу художественных фильмов. Аполлинарий Дудко получил вторую премию за операторскую работу. Не став победителем в Каннах, фильм был отмечен на международных кинофестивалях 1958 года в Ванкувере (Почётная грамота Григорию Козинцеву) и в Стратфорде (премия Николаю Черкасову как лучшему актёру). Через 6 лет после выхода фильма в мировой прокат, на Международном кинофестивале в Сан-Себастьяне 1964 года Григорий Козинцев получил за фильм Приз фестиваля.

Лидером отечественного кинопроката 1964 года, занявшим шестое место и собравшим у экранов 31,8 миллиона кинозрителей, стала первая цветная широкоформатная [МТК 2011–3 (6)] игровая картина студии «Крепостная актриса». Картина покорила сердца не только советских зрителей, для которых красота зимней природы, заснеженные дороги, русские тройки, медведи, заводная музыка давно не диковинка. Япония, Финляндия, Испания, Греция, Германия собрали немалую кассу, выпустив на свои экраны этот музыкальный фильм по оперетте Н. Стрельникова «Холопка» с сюжетом, напоминающим кальмановского мистера Икс, но разворачивающимся в России на фоне русской природы начала 19 века.

Интересны технические детали проката «Крепостной актрисы» в нашей стране. Фильм был выпущен на экран в широкоформатном варианте 2 ноября 1963 года в то время, когда кинотеатров для демонстрации фильмов с 70-мм позитивом можно было пересчитать по пальцам. В то же время, в крупных городах работали кинотеатры по системе трёхплёночной кинопанорамы, но ещё не переоборудованные для демонстрации широкоформатных фильмов, а новых панорамных фильмов не было. По-



Кадры из широкоформатной, широкоэкранной и обычной копии фильма «Крепостная актриса» (1964)

этому для обеспечения проекции на панорамные экраны этих кинотеатров с негативов первых широкоформатных фильмов оптическим путём изготавливали трёхплёночные варианты по системе «Кинопанорама». «Крепостная актриса» и попала в их число. Следовательно, нет ничего удивительного, когда зрители старшего поколения уверяют нас в том, что смотрели фильм именно в панорамном кинотеатре на дугообразном экране. Но на переводе в систему кинопанорамы история трансформаций форматов этого фильма не заканчивается. Как раз в конце 1963 – начале 1964 годов наша плёночная промышленность начала выпускать приемлемые по качеству комплекты цветных плёнок для изготовления цветных дубль-негативов, что позволило делать пансканирование цветных широкоэкранных и широкоформатных негативов для получения цветных копий нужного формата. Поэтому уже в середине 1964 года «Крепостная актриса» была выпущена в прокат и в широкоэкранном, и в обычном форматах, расширив тем самым прокатные возможности фильма.

Основание киностудии «Ленфильм» в 1918 году стало первым шагом к созданию государственной киноиндустрии и предвестником национализации кинофотодела в России. Декрет о национализации кинематографа был подписан В. И. Лениным 27 августа 1919 года и установил государственную монополию на кино и фотопроизводство в Советской России, а позднее и в Советском Союзе. Декрет дал юридические основания перевода частных киноателье и кинопрокатных контор под государственное управление. И узаконил уже начавшийся процесс национализации.

Так, на базе отдельных частных кинопредприятий города Одессы 23 мая 1919 года была организована «Киносекция политотдела 41-й дивизии Красной Армии», положившая начало создания Одесской киностудии художественных фильмов. Своё название, после многочисленных переименований, киностудия получила в 1955 году.





Кинопавильон № 1 Одесской киностудии в начале 20-х годов прошлого века

Чтобы быть точными, надо сказать, что первые камни в создание современной киностудии заложил знаменитый одесский фотограф Мирон Осипович Гроссман. В 1907 году, увлекшись новым искусством, он основал киноателье «Мирограф», переросшее с годами в настоящую кинофабрику. Для киносъёмок на Французском бульваре (а тогда – на Малофонтанской дороге), на 16-м дачном участке Гроссман построил стеклянный павильон. Здесь были сняты десятки игровых кинокартин с участием знаменитых звёзд немого российского кино и звезды первой величины Веры Холодной.

После национализации на студии снимались документальные фильмы и кинохроника. Первый игровой фильм «Шведская спичка» студия выпустила в прокат 31 марта 1922 года. Одесская киностудия первая на Украине занялась производством мультипликационных фильмов и в 1927 году представила зрителям свой первый мультфильм «Сказка о соломенном бычке». В 1955 году творческие и технические работники начали осваивать производство цветных фильмов. Первым стал цветной игровой фильм «Шарф любимой», выпущенный на экран 21 июля 1956 года.

4 октября 1956 года на экранах стереокинотеатров страны началась демонстрация экранизации рассказа



Современное здание Одесской киностудии



Кадр из стереофильма «Белый пудель» (1956)

А. И. Куприна «Белый пудель». Фильм был поставлен режиссёрами Марианной Рошаль и Владимиром Шределем. Фильм был снят по системе «Сtereo-35 кадр над кадром», а Андрей Болтянский (НИКФИ) опять выступил в качестве оператора-постановщика.

В ноябре 1965 года на экраны вышел двухсерийный игровой фильм «Одиночество», с которого на Одесской киностудии началось освоение производства широкоэкранных фильмов.

Так же как и Одесская, Ялтинская киностудия была основана на несколько месяцев раньше издания ленинского Декрета. Ялтинский военно-революционный комитет 22 мая 1919 года подписал Декрет о национализации киноателье А. А. Ханжонкова и И. Н. Ермолева. Но фактически работа под управлением первоначальных владельцев продолжалась вплоть до 1920 года, когда Советская власть в Крыму установилась окончательно.

Русский Голливуд! Тепло, светло, сухо, море, горы, великолепные дворцы и парки. Ялта – лидер по продолжительности солнечного сияния среди курортов Средиземноморского побережья Западной Европы и черноморских берегов Кавказа. 2233 часов в год здесь бесплатно светит солнце. Количество солнечных дней в



Старый производственно-административный корпус Ялтинской киностудии на Севастопольской улице в Ялте



Кадр из фильма «Морозко» (1964). Сцена снималась на плато Ай-Петри

Ялте всего на 25 отстаёт от рекордных трёхсот Голливудских. Не удивительно, что комфортные природные условия и возможность снимать практически круглый год солнечное лето на побережье и зимние снежные январско-февральские пейзажи в горах, привлекли сюда первых кинопредпринимателей. Киноосвоение Южного берега Крыма началось в начале XX века французской кинофирмой «Pathe» (Патэ), приславшей своих операторов в 1908 году для съёмки видовых фильмов.

В Российском государственном архиве кинофотодокументов хранится не одна сотня метров кинохроники, снятой не только зарубежными, но и российскими кинооператорами в Крыму в начале прошлого века: Пребывание царской семьи в Ливадии (1908), Прибытие Николая II в Ялту (1909), Пребывание эмира Бухарского в Ливадии у Николая II (1910), Турецкие и персидские послы на приёме у Николая II в Ливадии (1910), Праздник личного конвоя Николая II в Ливадии (1908–1910), Пребывание Чрезвычайного Посла Монголии и военный парад (1911), Пате-журнал, Парад Ливадийского гарнизона (1910–1913), Перевозка тела Великого Князя Михаила Николаевича в Севастополь (1909), Пребывание Николая II с семьёй в Севастополе (1910), Приют-корабль имени наследника цесаревича Алексея Николаевича в Севастополе (1911).

К юбилею первой обороны Севастополя 1854–1855 гг А. А. Ханжонков снимает первый российский полнометражный исторический игровой фильм «Оборона Севастопо-



Кадр из фильма «Кавказская пленница» (1966). Сцена снималась на фоне зубцов Ай-Петри 9 августа 1966 года

ля» в 1911 году, который уже осенью того же года был показан царю Николаю II в Ливадии. В начале второго десятилетия прошлого века в Крыму начинают постоянно снимать игровые фильмы. В 1917 году Акционерное общество «Ханжонков и Ко» открыло свою летнюю киносъёмочную базу в Ялте. В том же году И. Н. Ермольев открывает своё ялтинское киноателье. Кинопредприятия ведущих российских кинопредпринимателей в Крыму довольно быстро становятся мощными и современными, по тем временам технически оснащёнными киностудиями в райском уголке России. С 1922 года всё это богатство окончательно перешло под государственное управление.

Не буду оригинальным, если скажу, что практически все крупнейшие и известнейшие режиссёры многонационального советского кинематографа хоть один из своих фильмов снимали на базе Ялтинской киностудии или пользовались услугами её технической базы для съёмки эпизода для своей картины. В фильмографии А. А. Роу – великого советского киносказочника практически нет ни одного фильма-сказки с кадрами, не снятыми в Крыму.

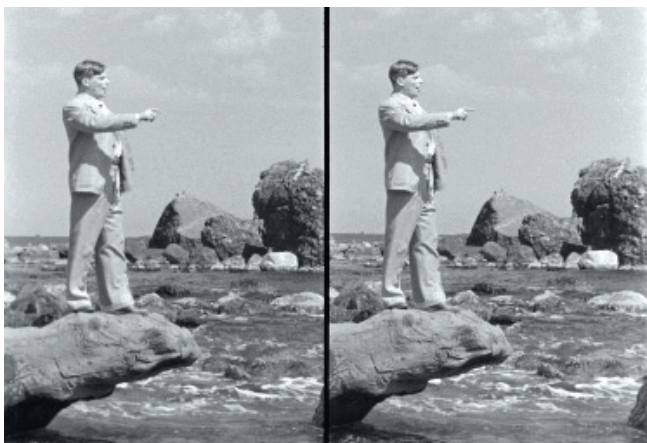
Великий комедиограф Л. Гайдай просто не мыслил свой фильм без крымских эпизодов. Даже «Кавказскую пленницу» он снимал не на Кавказе, а в горах Крыма [МТК 2014–3 (9)].

Идеальные погодные и световые условия сделали Крым и его кинематографическое сердце Ялтинскую киностудию полигоном для испытания новых технических разработок в области киносъёмки.



Кадры из фильма «Иван Васильевич меняет профессию» (1973). Сцена снималась на набережной Ялты 23 марта 1973 года





Стереопара из фильма «Концерт» (1941). Кадр с участием В. Яхонтова снят осенью 1940 г. недалеко от посёлка Мисхор



Стереопары из фильма «Концерт» (1941). Кадры сняты в сентябре 1940 г. в Никитском ботаническом саду



Стереопары из экспериментального широкоэкранного стереофильма, снятые в Крыму



Н.А. Овсянникова (научный сотрудник НИКФИ, автор совместно с А.Г. Болтянским системы «Сtereo-70», 1963 г.) проводит съёмку экспериментального широкоэкранного стереофильма на старой Бахчисарайской дороге в окрестности Ялты (1959)

Именно здесь, на базе Ялтинской киностудии, началась история становления советского цветного, широкоэкранного и стереоскопического кинематографа. В горах Крыма А. Л. Птушко снимал эпизоды первого советского цветного широкоэкранного игрового фильма «Илья Муромец» в 1955 году.

В парках побережья и на набережной Ялты в конце лета 1940 года режиссёр А. Н. Андриевский и оператор



Бассейн на натурной площадке Ялтинской киностудии на Поликуровском холме с установками для создания волн и шторма

Д. В. Суренский снимали основные номера для первого советского экспериментального стереоскопического фильма «Концерт».

Не будет ошибкой сказать, что практически все стереофильмы киностудии им. М. Горького снимались на базе Ялтинской киностудии.

*Продолжение следует*