

2016-1 (10) СОДЕРЖАНИЕ



**Новости, Обзоры**

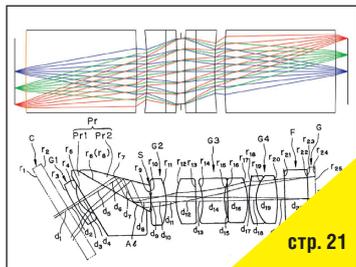
А. Кучеренко, [alxkucherenko@gmail.com](mailto:alxkucherenko@gmail.com), А. Мелкумов, [info@stereokino.ru](mailto:info@stereokino.ru)  
 «IS3D – я вижу трёхмерность» **3**



Д. Ватолин, [dmitriy@graphics.cs.msu.ru](mailto:dmitriy@graphics.cs.msu.ru)  
 Краткий обзор современных практических подходов к работе с четырёхмерным видео **5**

**Технологии**

А. Подлесная, С. Подлесный, [s.podlesnyy@nikfi.ru](mailto:s.podlesnyy@nikfi.ru)  
 Семантическая индексация киноматериалов и поиск по киноархивам на основе глубинного обучения **8**



О. Березин, [oleg.berezin@nevafilm.ru](mailto:oleg.berezin@nevafilm.ru)  
 Технологическая сингулярность систем аудиовизуальной коммуникации **13**

С. Бирючинский, [sbiruchinsky@optica4d.com](mailto:sbiruchinsky@optica4d.com)  
 Оптические системы современного эндоскопического оборудования **21**

**Мастер-класс**



Ю. Индлин, [7654081@mail.ru](mailto:7654081@mail.ru)  
 Кино — в театре **28**  
 Показатель затухания звука в воздухе залов **30**

**Страницы истории кино**

Н. Майоров, [henrymay@mail.ru](mailto:henrymay@mail.ru)  
 120 лет кинематографа в России: 1896–2016 **32**

**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 «КиноСтудия 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  
 Одинокоев 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

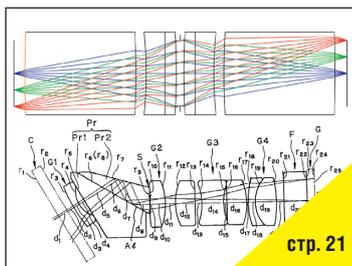
Отпечатано в ООО «ИПП «КУНА»  
 Объем 5 п.л. Заказ № 136368.  
 Тираж 1000 экземпляров.

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

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

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

2016-1 (10) CONTENT



**News, Reviews**

A. Kucherenko, *alkucherenko@gmail.com*, A. Melkumov, *info@stereokino.ru*  
«IS3D – i see the three-dimensional» **3**

D. Vatolin, *dmitriy@graphics.cs.msu.ru*  
A brief overview of current practical approaches to work a four-dimensional video **5**

**Technology**

A. Podlesnaya, S. Podlesnyy, *s.podlesnyy@nikfi.ru*  
Deep learning based semantic video indexing and retrieval **8**

O. Berezin, *oleg.berezin@nevaifilm.ru*  
Technological echnological singularity of audiovisual communication systems **13**

S. Biryuchinskiy, *sbiruchinsky@optica4d.com*  
Optical Systems of modern endoscopic devices **21**

**Master-class**

Y. Indlin, *7654081@mail.ru*  
Cinema – in theatre **28**  
Attenuation index of sound during propagation in halls **30**

**Movie history**

N. Maiorov, *henrymay@mail.ru*  
120 years of cinema in Russia: 1896–2016 **32**

**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 № FS77-28384  
May 23, 2007.

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

Chairman Ph.D. Yu.Indlin

Board of Editors Editorial Review Board:  
Ph.D. Yu. Ovechkis, «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, Nevaifilm, 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.



# «IS3D – Я ВИЖУ ТРЁХМЕРНОСТЬ»

Международный 3D саммит по науке, технологии, искусству и бизнесу, г. Льеж, Бельгия



А.В. Кучеренко, [alxkucherenko@gmail.com](mailto:alxkucherenko@gmail.com), А.С. Мелкумов, [info@stereokino.ru](mailto:info@stereokino.ru), филиал «Научно-исследовательский кинофотоинститут» АО «ТПО «Киностудия им. М. Горького», РФ

■ Ежегодно, с декабря 2009 года в бельгийском городе Льеж проходит международный саммит под названием «3D Stereo Media- 3DSM». В 2015 году он проходил с 14 по 17 декабря. Сегодня это одна из немногих площадок, где собираются специалисты для обмена идеями, знаниями и опытом в области трёхмерной визуализации в кинематографе и телевидении.

По конструкции, 3DSM стратегически расположен на стыке искусства, науки, техники и бизнеса. Как указано на сайте организаторов, золотыми принципами 3DSM являются:

- охват всех аспектов и всех форм приложений 3D;
- объединение усилий учёных, инженеров, техников, художников и деловых людей, объединённых общей страстью к 3D;
- донесение информации самого высокого возможного качества, соответствующего потребностям участников процесса;
- налаживание связей и взаимодействия между всеми участниками процесса, будь то единомышленники в художественной или научно-технической среде.

Организатором данного мероприятия выступает Технический Университет города Льеж [[http://www.ulg.ac.be/cms/c\\_5000/accueil](http://www.ulg.ac.be/cms/c_5000/accueil)], а спонсорами выступают крупные профильные организации: «Advanced Imaging Society based in Hollywood» [<http://www.advancedimagingociety.com>], «United Professional of Stereoscopic 3D» [<http://www.up-3d.org>] и компании-производители кинотехнического оборудования, такие, например, как «Varco».

3DStereoMedia – это комплексное мероприятие, в которое входят:

- IC3D – International Conference Three Dimension, международная научная конференция с лаконичной аббревиатурой «IS3D», произносится буквально как «I see 3D» (Я вижу трёхмерность).

- 3DCFM – 3D Content Film Market – рынок проектов.
- PCON – Professional Conference – Masterclasses – профессиональная конференция плюс мастер-классы.
- I3DF – International 3D Film festival – фестиваль стереофильмов.
- 3D Academy – площадка для тренинга новейшим технологиям.

Научную конференцию IC3D открывал с приветственным словом профессор Jacques G. Verly – заведующий лабораторией эксплуатации сигналов и изображений (INTELSIG) кафедры электротехники и компьютерных наук Технического университета г. Льеж.

Первым был доклад А.С. Мелкумова «Алгоритм подбора параметров стереосъёмки вне зависимости от методов регистрации стереопар», филиал «Научно-исследовательский кинофотоинститут» АО «ТПО «Киностудия им. М. Горького» (НИКФИ), Россия. Доклад хранится в электронной библиотеке Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE), являющимся техническим спонсором IC3D.

Во второй день конференции от России выступал Станислав Долганов с докладом авторского коллектива МГУ им. М.В. Ломоносова (Михаил Ерофеев, Дмитрий Ватолин, Юрий Гитман), тема доклада «Метод обнаружения «забытых/прилипших» объектов в сконвертированном стерео».

Анализ программы конференции показывает, что основными темами были вопросы конвертации плоских изображений в трёхмерные, качественного составления карт глубины серого и ныне модной темы виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR).

По итогам научной конференции лучшей научной публикацией была признана статья «A distortion evaluation framework in 3D video view syntheses» (Оценка дисторсии в синтезированном 3D видео), авторский коллектив:



**А.В. Кучеренко и А.С. Мелкумов на конференции**

Andrei Purica, Marco Cagnazzo, Beatrice Pesquet-Popescu, Frederic Dufaix (Франция) and Bogdan Ionescu (Румыния).

В третий день саммита проходила своеобразная ярмарка проектов 3DCFM (3D Content Film Market), по итогам защиты которых утверждался кандидат на получение гранта на производство будущего фильма в стереоформате. Суммы заявок на грант были от одного до четырёх миллионов Евро, причём независимо от жанра фильма. Так, например, заявка одночасового документального фильма о Мексике оценивалась в полтора миллиона Евро. Было выставлено девять проектов. Победителями и претендентами на финансирование стали представители Канады (студия с символическим названием Avatar Media Inc) с проектом «Iron Dogs» (Стальные псы), продюсер Dylan Pearce и режиссёр Jaro Malanowski.

Непосредственно во время ярмарки авторам проекта была предложена для производства технологическая система «Стерео-70» в цифровом формате. Были переданы иллюстративные материалы и в дальнейшем была выслана вся необходимая документация.

Деловое общение продолжилось в электронной переписке со стереографом и оператором-постановщиком будущего проекта Dylan Reade, который, как оказалось, тестировал наше оборудование в Голливуде в 2011 году и сейчас уделяет ему внимание в своей преподавательской деятельности в киношколе. Однако, коллеги обратили наше внимание, что «Phantom65», как регистратор изображения, выбранный нами для оптики «Стерео-70», уже не отвечает современным требованиям к качеству фотографического изображения, которое возросло с 2K до 4K для каждого кадра стереопары, так как, практически, все проекты будущих стереофильмов ориентируются на показ в залах IMAX. Этот конкретный пример общения с канадскими коллегами ещё раз подтверждает целесообразность нашего нового проекта по созданию двухматричной системы регистрации при съёмке оптикой «Стерео-70» на основе двух регистраторов Red-Dragon.

Параллельно конференции в рамках кинофестиваля (I3DF) шли публичные показы стереофильмов.

Ещё в 2012 году международное 3D сообщество «International 3D Society (I3DS)», именуемое теперь как «Advanced Imaging Society (AIS), выбрало 3DSM, базирующееся в г. Льеж, как площадку для присуждения региональных

премий им. Братьев Люмьер для стран-участников Европы, Ближнего Востока и Северной Африки (EMENA). Целью награждения является стимулирование развития исследований, технологий и повышения качества стереоскопического 3D контента на вышеуказанной территории. В 2014 году приз за лучший анимационный фильм получил полнометражный кукольный фильм «Музыкальная история Лизы Лимонной и Марокко Оранж», снятый на эстонской студии «NUKUFILM» по технологии и на оборудовании, разработанных в НИКФИ в 2006 году. Подробно об этой технологии можно прочитать на сайте [http://stereokino.ru/3D\\_Anim.htm](http://stereokino.ru/3D_Anim.htm).

Призы вручались по ряду номинаций:

Лучшая научная статья, 3D Documentary, 3D Short, 3D Short documentary, 3DTV, 3D Entertainment, 3D Advertisement

Надо отметить, что из шести номинаций в трёх премиях были удостоены фильмы от России, а именно:

**3DTV: «Шишкин лес. Всё возвращается»**

Режиссёр: Надежда Сергуенко; Стереограф-оператор: Александр Мелкумов; Производство: Телерадиокомпания «Мироздание».

**3D Entertainment: «Восток 3D»**

Режиссёр: Игорь Дауров; Стереограф-оператор Игорь Дауров; Производство: DAUROV – STEREO.

**3D Advertisement: «Швабе-Дом Света»**

Режиссёр: Андро Окромчедишвили; Стереограф: Florian Maier; Оператор: Максим Осадчий; Продюсер: Вадим Островский.

Фильм «Шишкин Лес. Всё возвращается» вызвал интерес у владельцев вновь открывшегося французского телеканала LA 3D, которому были переданы права показа. Практика показала, что эта бюджетная технология позволяет производить сериальный контент для детей в формате 3D TV.

Вопреки современному тренду угасания интереса к стереокино у кинематографического сообщества, международный саммит «3D Stereo Media» остаётся актуальным событием года, когда собираются учёные, инженеры и художники, объединённые общей страстью к стерео, для донесения информации самого высокого качества, налаживания связей и взаимодействия между всеми участниками процесса, единомышленников в художественной и научно-технической среде. ■



**Вручение А.С. Мелкумову награды им. Братьев Люмьер**



# Краткий обзор современных практических подходов К РАБОТЕ С ЧЕТЫРЁХМЕРНЫМ ВИДЕО

## 27 конференция «Stereoscopic Displays and Applications»



Д. Ватолин, [dmitriy@graphics.cs.msu.ru](mailto:dmitriy@graphics.cs.msu.ru), к.ф.-м.н., МГУ им. М.В. Ломоносова, РФ

■ В середине февраля 2016 года в Сан-Франциско (США) прошла 27 конференция «Stereoscopic Displays and Applications», являющаяся старейшей и крупнейшей в мире конференцией в области стерео, также называемая «The World's Premier Conference for 3D Innovation», т.е. «Первая конференция в мире для 3D инноваций», где всячески поощряются доклады и показ интересных работ в области 3D.

В частности, в этом году на конференции было два весьма интересных доклада по четырёхмерному видео, судя по которым реальная ситуация с четырёхмерным видео в мире начинает меняться. Оно скоро может стать и практически доступным и, наконец-то, выйти из лабораторий в мир реального использования.

Во-первых, это, конечно, доклад в пленарной секции конференции «Pushing Computational Photography Deeper Into Imaging System Design» профессора университета Беркли Рен Энджи (Ren Ng), посвящённый современному состоянию пленоптических камер. В принципе, сама идея известна с 1992 года – статья: [Adelson, E. H.; Wang, J. Y. A. «Single Lens Stereo with Plenoptic Camera». IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 14 (2): 99–106, 1992, doi:10.1109/34.121783]. Но в целом стереосъёмка одной линзой интересна как факт, но не очень практична. Впрочем, через 20 лет после изобретения принципа компанией Lytro, была выпущена первая в мире коммерческая серийная пленоптическая камера, внутри которой, помимо обычных линз, перед сенсором стоит матрица линз. В итоге камера может сделать одновременный снимок с несколькими фокусными расстояниями

и из нескольких точек [R. Ng, M. Levoy, M. Bredif, G. Duval, M. Horowitz, and P. Hanrahan. Light Field Photography with a Hand-Held Plenoptic Camera. Stanford University Computer Science Tech Report CSTR 2005–02, April 2005]. Сам принцип относительно прост – чистая оптика, но чтобы снимок был качественным, разрешение сенсора должно быть огромным. А у первой камеры сенсор был всего 10 мегапикселей. Хороший обзор первой камеры на русском языке приведён, например, на сайте <https://habrahabr.ru/post/148497/>.

А теперь – чем, собственно, оказался весьма интересен доклад:

- в 2012 выпущена первая камера с сенсором 10 мегапикселей,
- в 2014 – камера с 40 мегапикселями,
- в 2016 – планируется к выпуску камера с 164 мегапикселями (!).

И последнее – это уже реальная небольшая революция, когда количество объективно начинает переходить в качество. И фотографии с таких камер уже начинают приближаться к современным стандартам качества, принятым для фотографий.

В своём докладе профессор Энджи рассказал об экспериментах с новым сенсором на 164 мегапикселя и показал первые снимки. В том числе, было показано и первое пленоптическое видео с нового экспериментального сенсора.

Как уже упоминалось, помимо того, что из пленоптической фотографии можно в дальнейшем получать снимки с разным фокусным расстоянием, из них также можно



Фото 1. Пленоптическая фотография, вычисленная после съёмки, с фокусом на заднем плане



Фото 2. Пленоптическая фотография, вычисленная после съёмки, с фокусом на переднем плане



Фото 3. Google Jump камера для съёмки video 360



получать и стереоснимки. Правда, стереобаза очень невелика, зато можно брать, например, четыре снимка с каждого угла, между ними получается шесть вариантов стереобаз (причём с самым большим расстоянием – для диагональных пар), по которым можно поднимать точность получающейся карты диспаратета, т.е. получать лучшую оценку глубины объектов. Кроме того, отдельно, независимо от карт диспаратета, можно получать глубину из резкости. То есть, у пленоптических снимков два источника получения глубины объектов, в то время как у обычных снимков – фактически ни одного. При этом очевидно, что их глубина будет практически эксплуатироваться только с ростом разрешения, что до недавнего времени было тонким местом данной технологии. И, возможно, потребуется ещё пара поколений, чтобы довести всё до высокого качества. Даже сейчас снимки, полученные с камеры прошлого поколения (40 мегапикселей), выглядят достаточно интересно (посмотреть можно, например, на сайте: <https://pictures.lytro.com/lytro/collections/41/pictures/1101023>).

Если при просмотре выбрать «Advanced Player», то можно наблюдать вращение, т.е. собственно многокурсную (в двух измерениях матрицы) базу картинки, откуда и возникло название 4D – поскольку изображение реально имеет четыре измерения. При этом можно, выбрав любую точку фотографии, построить новое изображение так, что выбранная точка будет в фокусе. На показанных на докладе примерах с матрицей на 164 мегапикселя можно наблюдать всё то же самое, только разрешение в два раза

выше по каждому измерению, т.е. снимки ближе по качеству к привычной фотографии.

И, как я уже говорил, профессор Энджи с коллегами близки к тому, чтобы снимать пленоптическое видео. Там масса проблем с объёмом потоков данных, но в докладе на конференции было показано первое видео на 10 кадров в секунду, причём для этого видео уже в первом приближении строится карта глубины.

Фактически можно констатировать, что в мире растёт количество камер глубины, выпускаемых на разных типах сенсоров (особенно, если учесть последние разработки Google Tango, работы в Apple, сенсоры Intel Real Sense и т.д.).

Другая интересная работа в области 4D была представлена Тимом Максимилянном (Tim Macmillan) из компании Go Pro Inc в секции «Автостереоскопических дисплеев» в докладе «3D вернётся, но не так, как мы думаем» («3D will be back but not as we know it»).

Вообще, камеры GoPro – это, безусловно, маленькая революция. Данные камеры с небольшими объективами дают качество, которое ещё недавно было доступно только с весьма дорогими профессиональными камерами. При этом они устойчивы к падениям, ударам и т.п., что позволяет уже сегодня массово использовать их при съёмках фильмов, получая удивительные ракурсы, совсем недавно невозможные или крайне дорогие. Радует, что компания решила не останавливаться на достигнутом и сейчас работает в новых перспективных направлениях, в том числе,



Фото 4. Камера GoPro Array

в 3D над поддержкой массивов камер. Рассмотрим кратко, что это даёт.

Во-первых, вам приходится сразу покупать не одну камеру, а минимум 16, что положительно сказывается на продажах. Во-вторых, вы ставите камеры в распечатанный на 3D-принтере каркас, берёте Google Jump Assembler и собираете из 16 камер 360 стереовидео. Выкладываете его на YouTube (который недавно реализовал его поддержку), берёте шлем или, как минимум, Google Cardboard, и можете смотреть 3D. Примеры подобного видео можно посмотреть:

[https://www.youtube.com/playlist?list=PLU8wpH\\_LfhmubQ4jYhoeQpPL\\_a4OgsQUX](https://www.youtube.com/playlist?list=PLU8wpH_LfhmubQ4jYhoeQpPL_a4OgsQUX).

Подробнее про Google Jump Camera: <https://www.google.com/get/cardboard/jump/>.

Систему для съёмки от GoPro можно посмотреть на: <http://gopro.com/odyssey>. Но это не 4D, заметит внимательный читатель. Безусловно, это не 4D.

Именно поэтому GoPro сейчас работает над развитием проекта, когда вы ставите 16 (или больше) камер не по кругу, а в линейку, при этом разрешение камер таково, что позволяет (правда, с некоторой потерей разрешения) не только плавно двигаться в направлении линейки камер, но и выдвигать виртуальную камеру на некоторое расстояние вперёд, пересчитывая картинку нового положения по тому же принципу, что и для пленоптической системы. Более того, специалисты компании работают над матрицами из 64 и 128 камер GoPro, которые фактически дадут ещё три измерения перемещения виртуальной камеры. Т.е. получится 5D видео, или 4.5D, поскольку по глубине перемещение будет всё же достаточно ограничено.

Это уже полноценный computational imaging, который, собственно, и заявлялся на конференции. Заметим, что стерео в подобной системе точно так же получается, как «побочный продукт» многомерной съёмки,

более того, расстояние между оптическими осями стереокамер при данном подходе можно будет пересчитывать динамически уже после того, как будет сделана съёмка. Т.е. уже сняв, можно «подвинуть» камеры дальше друг от друга или ближе, или поменять угол между оптическими осями камер без съёмки новых дублей. Авторы очень верят в будущее данного подхода, ровно поэтому и назвали доклад «3D вернётся, но не так, как мы думаем».

Как и в предыдущем случае, сама технология не является новой. Эксперименты со съёмками с помощью массивов камер ведутся уже порядка 15 лет. Но если 15 лет назад использовались веб-камеры с небольшим разрешением, то сегодня эксперименты ведутся с системами, которые в состоянии давать видео в качестве, достаточном для использования в кинофильмах. И это стало возможным буквально в последние пару лет. Также большим плюсом является то, что данные работы выполняет сам производитель камер, поскольку чисто технически при подобных съёмках возникает довольно много проблем с синхронизацией, выставлением одинаковых параметров камер, сбоями камер. Участием в их решении производителя можно кардинально приблизить появление подобных реально работающих систем.

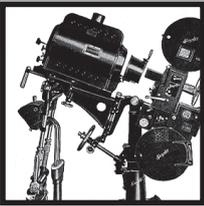
Также были доклады про продвижения и в старом добром 3D. Например, Ачин Бховмик (Achin Bhowmik) из компании Intel Corporation в докладе «Добавление близкого человеку восприятия и взаимодействия компьютерным устройствам» («Adding Human-Like Sensing and Interactions to Computing Devices») рассказал про последние успехи в развитии технологии «Intel Real Sense». Суть очень простая – компания уже поставляет камеры глубины для ноутбуков, планшетов и телефонов:

<http://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/realsense-overview.html>.

Пока это, в принципе, весьма ранняя стадия развития технологии, но в ней уже возможно реальное управление жестами, лёгкое построение 3D моделей людей (производители 3D принтеров уже заждались таких решений), разные забавные приложения типа трёхмерной лепки и т.д. Отдельные примеры можно посмотреть: <https://appshowcase.intel.com/en-us/realsense>.

Наиболее интересным примером было показанное видео с домашним роботом-пылесосом, который понимал голово-жестовые команды типа «Убери тут» – и рука показывает, где. На таком уровне интерфейс вполне совместим с каждой домохозяйкой, т.е. благодаря новым поколениям камер глубины становится реальным то, что ещё недавно было возможно только в фантастических фильмах.

Основной вывод, который можно сделать, вдохновляет. Постепенный рост характеристик устройств делает возможным, как минимум, появление двух новых типов практических устройств, обеспечивающих съёмку четырёхмерного видео, что породит как новые проблемы, возникающие с этим видео, так и новые возможности, возникающие при использовании таких систем. ■



# 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.

## Введение

Данная работа посвящена поиску необходимых материалов по киноархиву для нужд кинематографии и телевизионного производства. Ежедневные потребности

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.

в готовом видеоматериале при производстве телевизионных передач требуют от редакторов многочасовых усилий по поиску нужных фрагментов в архивах кинофильмов и телепередач. Производство документальных

фильмов также во многом основывается на киноматериалах, сохраняемых как объекты культурно-исторического наследия в государственных архивах и частных коллекциях.

Объёмы информации в киноархивах огромны. Так, в Государственном фонде кинофильмов Российской Федерации (Госфильмофонде) содержится свыше 70 тысяч наименований кинолент, а в Фонде телевизионных и радиопрограмм ВГТРК – свыше 100 тысяч. Значительный процент содержимого этих фондов составляют документальные фильмы, снятые с начала XX века до наших дней. Обеспечить доступность этих материалов возможно лишь за счёт информационного поиска.

Наиболее широко применяемой технологией информационного поиска по киноархивам вещательного качества является поиск по ключевым словам и текстовым документам: ручным описаниям, субтитрам и результатам распознавания речи в кадре [Smith, Basu, Lin et al, 2002]. В последнее время значительное количество фильмов снабжают звуковой дорожкой для лиц с ограниченными возможностями по зрению (тифлокомментирование), что также может служить основой для текстовой индексации киноматериалов [Bangalore, 2013].

Поиск по видео и обмен видеоматериалами регламентируются международными стандартами, из которых одним из наиболее важных является MPEG-7 [ISO/IEC 15938–5, 2003]. Этот стандарт определяет формат запроса MQRF для обеспечения стандартизации языка мультимедийных поисковых запросов с целью унификации доступа к распределённым информационно-поисковым системам. В формате MQRF можно выделить следующие типы запросов:

- *QueryByMedia* – запрос на точный или нечёткий поиск по образцу, в котором образцом может служить изображение, видео, аудио или текст.
- *QueryByFreeText* – запрос на поиск по неформатированному тексту.
- *SpatialQuery* – задаёт поиск пространственных элементов в медиа-объектах (например, поиск дерева на изображении), которые могут быть связаны определёнными пространственными отношениями.
- *TemporalQuery* – задаёт поиск временных элементов в медиа-объектах (например, поиск сцены в видео), которые могут быть связаны определёнными временными отношениями.

Очевидно, что основываясь на технологиях распознавания речи, невозможно в полной мере реализовать требования указанного стандарта. Выполнение запроса по образцу (как по образцу изображения, так и по образцу видео) невозможно при текстовой индексации киноархива. Пространственный поиск по текстовому индексу также был бы крайне ограничен. В дополнение к речевому контенту необходимо индексировать визуальный ряд киноматериалов.

В данной работе покажем, что все перечисленные выше типы поисковых запросов MQRF могут быть реа-

лизованы на основе семантических признаков, извлекаемых из визуального ряда кинофильма с помощью алгоритмов глубинного обучения, а именно, свёрточных нейронных сетей; а также продемонстрируем результаты тестирования на реальных данных.

## Обзор литературы

Существуют два подхода к индексации киноматериалов по визуальному ряду: классификация изображения и описание изображения. Подход на основе классификации состоит в присвоении каждому кадру или каждой сцене фильма заранее заданных меток. Очевидные усовершенствования данного метода включают обнаружение наиболее значимых объектов в кадре и сегментацию изображения. Для наиболее значимых объектов задача сводится к присвоению меток прямоугольным областям кадра. Для сегментации метки присваивают областям сложной формы. В любом случае полученный индекс кинофильма включает множество тайм-кодов фрагментов фильма и присвоенных этим фрагментам категорий.

В задачах классификации и сегментации изображений, а также детектирования значимых объектов в изображениях стандартом де-факто стало применение многослойных свёрточных нейронных сетей (СНС) [Krizhevsky, Sutskever, Hinton, 2012], [Simonyan, Zisserman, 2014], [Szegedy, Liu, Jia et al, 2014]. Например, архитектура [Simonyan, Zisserman, 2014] включает 19 обучаемых слоёв с общим количеством параметров 144 млн. Описанная архитектура использовалась для создания классификатора в конкурсе ILSVRC2014 [Russakovsky, Deng, Su et al, 2014] и показала уровень ошибки 6.8% по пяти наиболее вероятным классам. Авторы [Ng, Hausknecht, Vijayanarasimhan et al, 2015] расширяют архитектуру СНС для классификации видео за счёт темпорального усреднения и добавления канала оптического потока к обычным каналам цветности RGB.

Однако, в стандартных системах классификации СНС обычно обучают на примере фотоизображений. Фотографии обычно характеризуются тщательным кадрированием и фокусировкой на объекте съёмки. Киноматериалы же состоят из отдельных планов, т.е. единиц действия, снятых одной камерой без монтажа. В пределах плана объекты в отдельных кадрах могут быть частично перекрыты, смазаны, расположены не в центре композиции, потому что сцена предназначена для целостного восприятия зрителем. Поэтому классификация отдельного кадра с помощью СНС или другого классификатора сильно затруднена.

Подход к индексации фильмов на основе текстовых описаний состоит в автоматической генерации текстовых аннотаций (порождение текста на основе видеосигнала). В работе [Karpathy, Fei-Fei, 2014] предложена архитектура многослойной нейронной сети, сопоставляющая области изображений с предложениями на естественном языке, и мультимодальная рекуррентная нейронная сеть, порождающая текстовые описания предъявленных изо-

бражений. С помощью данной архитектуры возможно, например, генерировать текстовые описания для ключевых кадров, извлечённых из видеопотока, и на их основе получить индекс для информационного поиска по видео. Поскольку предложенная архитектура порождает текстовые описания для прямоугольных регионов изображения, имеется возможность выполнять сложные поисковые запросы с пространственными отношениями между искомыми объектами в пределах ключевого кадра.

В работе [Yao, Torabi, Cho et al, 2015] генерируют текстовые описания для видеосцены с помощью признаков, извлекаемых СНС, с приложением алгоритма мягкого фокуса внимания.

Подход к индексации фильмов на основе порождения текстовых описаний имеет преимущество, состоящее в совместимости с поисковыми системами общего назначения, такими как Яндекс или Google. Однако, этот подход неэффективен для поиска по образцу, требуемого стандартом MPEG-7.

Для поиска по образцу известны подходы на основе дескрипторов. Например, в [Krizhevsky, Hinton, 2011] получили компактные дескрипторы (28 бит) путём послойного обучения автоэнкодера, каждый слой которого представляет собой ограниченную машину Больцмана. Компактные дескрипторы на основе гистограмм ориентированных градиентов предложены и в стандарте MPEG-7 [ISO/IEC 15938-5, 2003].

Поиск по образцу позволяет решить такую проблему, как ограниченная ёмкость классификаторов. Обычные классификаторы в настоящее время способны распознавать порядка 1000 категорий, в то время как в практической работе по информационному поиску требуется порядка 10000 категорий. Кроме того, типовые поисковые запросы могут включать именованные сущности, такие как персоналии, архитектурные и природные достопримечательности, марки автомобилей и т.п. Заранее заданная номенклатура категорий классификатора изображений не в состоянии охватить все возможные поисковые запросы. В работе [Malisiewicz, Gupta, Efors, 2011] предложен элегантный метод информационного поиска. В индексной базе архива изображений сохраняют признаки (гистограммы ориентированных градиентов), а информационный запрос выполняют на основе образцовых изображений искомого класса. Для выполнения поиска обучают единичные классификаторы для каждого образцового изображения (на основе машины опорных векторов), и объединяют результаты за счёт взвешенного усреднения единичных классификаторов. Этот метод нетрудно распространить и на киноархивы.

### Извлечение признаков и сегментация фильма

Для извлечения признаков мы использовали предобученную модель GoogLeNet и протокол предобработки изображений [Szegedy, Liu, Jia et al, 2014]. Важным результатом данной работы является тот факт, что однократное применение свёрточной сети к кадру фильма

достаточно для построения развитой системы семантической индексации и поиска по киноархиву.

Процедура извлечения признаков и сегментации фильма на отдельные планы описана Алгоритмом 1. На шаге 2 алгоритма мы получаем подмножество кадров фильма с периодом выборки  $S=320$  мс, который получен в результате компромисса между скоростью обработки фильма и точностью сегментации.

**Алгоритм 1:** Сегментация фильма

Входные данные:

$F = \{f_1, f_2, \dots, f_N\}$ : Последовательность кадров фильма

$S$ : Период выборки (параметр)

$T$ : Пороговое значение (параметр)

Выходные данные:

$K = \{k_1, k_2, \dots, k_M\}$ : Последовательность номеров кадров начала каждого плана

1:  $prev\_fv \leftarrow \text{Null}$ ;  $K \leftarrow \{1\}$ ;  $\text{InitFilter}()$ ;

2: **for**  $i=1$  **to**  $N$  **with step**  $S$

3:  $fv \leftarrow \text{GetFeatureVector}(f_i)$

4: **if**  $prev\_fv$  **is not**  $\text{Null}$

5:  $d \leftarrow \text{Distance}(fv, prev\_fv)$

6:  $df \leftarrow \text{Filter}(d)$

7: **if**  $df > T$

8:  $K \ll i$

9: **end if**

10: **end if**

11:  $prev\_fv \leftarrow fv$

12: **end for**

На шаге 3 мы применяем функцию получения вектора признаков к очередному кадру. Функция возвращает значение выходного вектора последнего слоя голосования сети [Szegedy, Liu, Jia et al, 2014], имеющего размерность 1024. На практике для ускорения расчётов мы упаковываем несколько кадров в мини-серию и производим вычисления в графическом параллельном ускорителе с помощью библиотеки *caffe* [Jia, Shelamer, Donahue et al, 2014].

На шаге 5 рассчитывается расстояние  $d$  между векторами признаков предыдущего и очередного кадров. В качестве меры расстояния используется квадрат Евклидова расстояния.

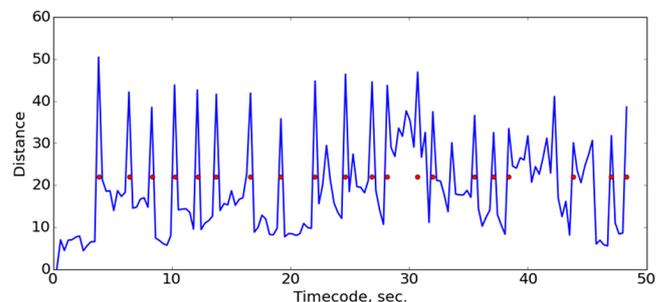


Рис. 1. Расстояние между векторами признаков соседних кадров; красные точки изображают границы планов, обнаруженные Алгоритмом 1

Fig. 1. Distance between feature vectors of adjacent frames; red dots represent scene borders detected by Algorithm 1

На рис. 1 показан типичный график расстояния  $d$  (по оси абсцисс отложен номер кадра). Интуитивно понятно, что поскольку вектор признаков является входным по отношению к SOFTMAX-слою итоговой классификации, он содержит семантическую информацию о содержимом кадра. Поэтому расстояние между векторами признаков кадров с похожим изображением должно быть близким. Мы определяем съёмочный план как последовательность кадров, снятую при непрерывно включённой камере. Таким образом, кадры одного плана обычно содержат одинаковые объекты и фон. Следовательно, граница между планами обнаруживается в момент резкой смены содержимого соседних кадров. В этот момент происходит скачок величины расстояния  $d$  между соседними кадрами.

В кинематографе границы между планами часто бывают размытыми, например, при затемнении. Однако, мы наблюдали, что выходной сигнал свёрточной нейронной сети устойчив к изменениям яркости кадра.

На шаге 6 алгоритма производится фильтрация последовательности значений  $d$ . Мы использовали простой усредняющий фильтр, а именно, свёртку последовательности значений  $d$  с вектором  $[0.1, 0.1, 0.1, 0.99]$ . Затем на шаге 7 производится сравнение фильтрованного значения векторного расстояния с пороговым значением  $T$ , и если порог превышен, номер текущего кадра добавляется в список границ планов. Примеры сегментации описанным алгоритмом представлены на рис. 2.



Рис. 2. Примеры раскадровки планов, обнаруженных в фильме «Великая Серенгети», National Geographic, 2011

Fig. 2. Detected scenes, from The Great Serengeti, National Geographic, 2011

Чтобы количественно оценить предложенный алгоритм, мы сравнили полученные нами границы планов с позициями кадров типа I-FRAME фильмов, сжатых кодом семейства MPEG-4. Кадры типа I-FRAME используются в качестве ключевых кадров для инкрементального восстановления последующих кадров. Поэтому кадры типа I-FRAME являются хорошими кандидатами на границы планов, т. к. они вставляются в видеопоток именно

в тех местах, где сцена резко меняется и инкрементальное кодирование становится невыгодным.

Точность совпадения границ планов, определённых алгоритмом 1 с кадрами типа I-FRAME, составила 0.935 при чувствительности 0.860. Относительно низкое значение чувствительности объясняется тем фактом, что кадры типа I-FRAME вставляются в поток MPEG-4 с целью минимизации ошибки восстановления видеосигнала. Поэтому КОДЕК имеет тенденцию вставлять ключевые кадры, семантически не отличающиеся между собой, но значительно отличающиеся при попиксельном сравнении, например, при быстром перемещении объектов в кадре. Алгоритм 1 принимает во внимание семантическое содержимое кадров и поэтому выдаёт меньшее количество границ планов, чем КОДЕК MPEG-4.

В процессе выполнения функции GetFeatureVector () мы также получаем вектор классификации для очередного кадра (выходной сигнал слоя SOFTMAX свёрточной нейронной сети). Мы сохраняем вектор классификации и вектор признаков для каждого выборочного кадра в распределённом хранилище данных Apache Cassandra. Технически это позволяет в дальнейших операциях отказаться от применения графических процессорных ускорителей и перевести обработку на кластер из недорогих вычислительных узлов общего назначения.

### Граф-ориентированная индексация

В качестве одного из результатов данной работы мы представляем графовую структуру для построения индекса оцифрованных кино материалов. Модель [Szegedy, Liu, Jia et al, 2014] классифицирует изображения в соответствии с номенклатурой классов международного конкурса ILSVRC2014, опирающейся на лексическую базу WordNet [Princeton, www]. Лексическая база – это граф, представляющий отношения слов английского языка между собой связями синонимического ряда, такими как «омоним», «доминанта» и т. п. Это открывает широкие возможности для информационного поиска по киноархивам на основе описательных запросов.

Определим лексическую базу WordNet графом (1):

$$G_{\text{WORDNET}} = (N_{\text{NOUNS}}, E_{\text{LEXICAL\_RELATIONS}}) \quad (1)$$

где:  $N_{\text{NOUNS}}$  – узлы графа, соответствующие именам существительным;

$E_{\text{LEXICAL\_RELATIONS}}$  – рёбра графа, соответствующие связям синонимического ряда.

Базовым элементом графового представления фильма будем считать съёмочный план. Как будет показано ниже, классификатор на основе свёрточной нейронной сети более точно работает для планов, чем для отдельных кадров. С точки зрения пользователя, получение съёмочных планов при видеопроиске вполне естественно.

В наших экспериментах мы использовали свёрточную сеть, обученную для конкурса ILSVRC2014. Она обучена на 1000 категорий, большая часть которых относится к породам собак, видам цветов и животных. Таким образом, номенклатура категорий смещена по отношению

к обыденному видеоконтенту. Поэтому для экспериментов мы использовали коллекцию из 102 фильмов о природе производства телекомпании BBC из серии Natural World (2006), каждый фильм длительностью около 45 минут.

Оценка точности покадровой классификации по пяти наиболее вероятным классам выполнялась для 1056 случайно выбранных кадров, размеченных вручную. Точность составила  $0.36 \pm 0.11$ , что значительно ниже, чем величина 0.93, заявленная в [Szegedy, Liu, Jia et al, 2014]. Причина, конечно, состоит в том, что тестовый набор данных ImageNet является закрытым в том смысле, что каждое изображение из ImageNet в действительности принадлежит, по крайней мере, одной из 1000 категорий, в то время как кадры из коллекции фильмов принадлежат к неограниченной номенклатуре.

Затем мы провели усреднение векторов классификации в пределах каждого съёмочного плана. Для каждого плана мы использовали *min* (10, <число кадров в плане>) векторов классификации. Точность возросла до  $0.46 \pm 0.23$ . Если же учесть синонимический ряд WordNet и принимать в качестве правильного класса доминанту полученной категории (например, если классификатор отнёс изображение к классу «леопард», а эталонным классом является «гепард», доминантой для обоих классов является «крупные кошки»), точность возрастает до  $0.53 \pm 0.23$ . Таким образом, мы реализуем систему семантической индексации так, чтобы векторы классификации плана усреднялись до присвоения плану метки класса, и дополнительно вводим в систему поиска возможность поиска по доминанте.

На практике к каждому съёмочному плану фильма можно применить несколько классификаторов, например, классификатор места съёмки, детектор лиц и классификатор персоналий, детектор и классификатор объектов, привлекающих внимание. Применив множество классификаторов, мы получим для плана множество меток принадлежности к классам. Более того, метки также могут иметь структурные соотношения. Например, если мы обнаружим два объекта, привлекающих внимание в кадре, мы можем рассмотреть пространственные соотношения между ними: какой объект находится выше в плане кадра, какой правее и т. п. Следовательно, фильм можно представить в виде графа (2):

$$G_{\text{FILM}} = (N, E), \quad (2)$$

$N = \{N_{\text{SHOTS}}, N_{\text{TAGS}}\}$ ,  $E = \{E_{\text{CATEGORIES}}, E_{\text{PLACES}}, E_{\text{FACES}}, E_{\text{SALIENT\_OBJ}}, E_{\text{SPATIAL}}\}$ ,  
 где:  $N_{\text{SHOTS}}$  – узлы графа, представляющие съёмочные планы,

$N_{\text{TAGS}}$  – узлы графа, представляющие метки,

$E_{\text{CATEGORIES}}$  – рёбра графа, представляющие отношение «категория»,

$E_{\text{PLACES}}$  – рёбра графа, представляющие отношение «локация»,

$E_{\text{FACES}}$  – рёбра графа, представляющие отношение «персоналии»,

$E_{\text{SALIENT\_OBJ}}$  – рёбра графа, представляющие отношение «объект, привлекающий внимание»,

$E_{\text{SPATIAL}}$  – рёбра графа, представляющие пространственные отношения.

Очевидно, мы можем объединить графы  $G_{\text{FILM}}$  и  $G_{\text{WORDNET}}$  путём соотношения  $N_{\text{TAGS}}$  и  $N_{\text{NOUNS}}$ . На рис. 3 показан пример графового представления фильма, состоящего из двух планов.

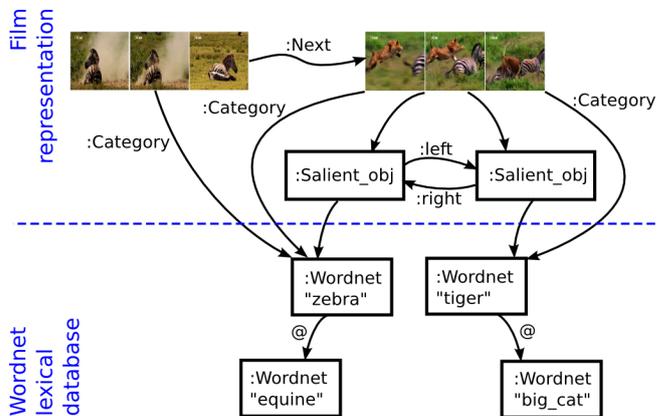


Рис. 3. Пример представления фильма в виде графа

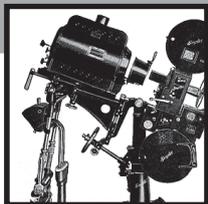
Fig. 3. Graph representation of a film, example

Для практической реализации семантического индекса мы использовали СУБД Neo4j, во многом из-за великолепной реализации языка граф-ориентированных запросов Cypher [Neo4j, www]. Выразительный синтаксис Cypher позаимствовал ряд решений и подходов из SQL, SPARQL, Haskell, Python. В результате запрос на поиск подграфа в СУБД выглядит как псевдографическое изображение шаблона, что будет продемонстрировано в следующем разделе.

Окончание статьи в следующем номере журнала

#### 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. Neo4j, <http://neo4j.com/blog/open-cypher-sql-for-graphs/>.



# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИНГУЛЯРНОСТЬ СИСТЕМ аудиовизуальной коммуникации



О.С. Березин, [oleg.berezin@nevafilm.ru](mailto:oleg.berezin@nevafilm.ru), «Невафильм», РФ

## Аннотация

Рассмотрены перспективы развития аудиовизуальных коммуникационных систем – системы кинотеатрального показа для коллективного просмотра, системы домашнего экрана для группового/семейного просмотра и системы персонального экрана для индивидуального просмотра. Автором предложен вероятный сценарий конвергенции на рубеже 2030–2040 гг. всех трёх существующих систем аудиовизуальной коммуникации в универсальную систему, базирующуюся на модели экрана как виртуальной «эластичной сферы».

**Ключевые слова:** большие циклы Кондратьева, конъюнктура рынка, аудиовизуальные коммуникационные системы, технологическая сингулярность, экран-сфера.

TECHNOLOGICAL ECHNOLOGICAL SINGULARITY  
OF AUDIOVISUAL COMMUNICATION SYSTEMS

O. Berezin, [oleg.berezin@nevafilm.ru](mailto:oleg.berezin@nevafilm.ru), «NEVAFILM», Russia

## Abstract

*The perspectives of the development of the audiovisual systems were debated: systems of theatrical motion picture exhibition for collective viewing, home screen systems for group or family viewing, and personal screen systems for individual viewing. The author suggested a probable scenario of convergence of all three existing systems into an all-embracing one based on the model of a screen as a virtual "flexible sphere" by 2030s – 2040s.*

**Keywords:** Kondratyev major cycles, market conjuncture, audiovisual communication systems, technological singularity, spherical screen.

## Введение

В монографии «Большие циклы и конъюнктура рынка кинотеатрального показа» [Березин О., 2014] автором предложена циклическая модель развития трёх аудиовизуальных коммуникационных систем – системы кинотеатрального показа, домашнего и персонального экранов. Используя показатель посещаемости кинотеатров как наиболее точный показатель, отражающий потребление аудиовизуального контента, автором были

исследованы данные по посещаемости кинотеатров на душу населения на рынках кинотеатрального показа США и России-СССР, выявлена определённая цикличность этих показателей с начала XX века до настоящего времени и определены три основных больших цикла конъюнктуры – показателя, характеризующего состояние рынка в определённый момент. Во-первых, *подготовительный*, «доиндустриальный цикл», который пришёлся на период с середины XIX века до 1910 г., «индустриаль-

ный цикл» (в США: с 1910 по 1970 гг., в СССР-России с 1910/1921 по 1995 гг.) и текущий цикл, «цикл дифференциации», начавшийся в США с начала 70-х годов XX века, а в России – с середины 90-х годов XX века, который предположительно закончится практически синхронно в обеих странах в 2020–2025 гг. Также был спрогнозирован новый, четвёртый цикл развития аудиовизуальной коммуникационной системы кинотеатрального показа – «цикл конвергенции», который предположительно начнётся в 2020–2025 гг. и продлится, как минимум, до середины XXI века.

Общим свойством больших циклов конъюнктуры экономических систем с периодом 40–60 лет, открытых в начале XX века выдающимся российским экономистом Н.Д. Кондратьевым [Кондратьев Н.Д., 2002], является наличие двух основных фаз – фазы подъёма, в течение которой экономической системе присуща, как правило, положительная динамика развития, и фазы спада, которая характеризуется снижением динамики развития системы. Несмотря на то, что до сих пор в среде экономистов нет единого мнения не только о природе и причинах возникновения колебаний экономических показателей конъюнктуры в рамках таких больших циклов, но и даже единого мнения о самом существовании таких циклов, в течение столетия с момента публикации первых работ Н. Кондратьева многие экономисты [Дементьев В.Е., 2009] развили эту теорию, определив связь больших циклов, получивших название циклов Кондратьева или К-циклов, с различными экономическими, социальными, институциональными показателями развития экономических обществ и отдельных отраслей экономики. Особый интерес представляет собой изучение взаимосвязи больших циклов и динамики научно-технического прогресса развития общества и технологических инноваций [Глазьев С.Ю., 1993; Шумпетер Й.А., 1982; Mensch Gerald O., 1979]. Теория длинных циклов экономической конъюнктуры позволяет не только описать и объяснить историю экономического развития той или иной экономической системы, но и использовать выявленные закономерности для прогнозирования будущего развития экономической системы общества или отрасли [Клинов В.Г., 2005].

Целью настоящей работы стало прогнозирование дальнейшего развития систем аудиовизуальной коммуникации в четвёртом цикле — *цикле конвергенции*.

#### Четвёртый цикл – цикл конвергенции

Определение цикла конвергенции связано с развитием двух других систем аудиовизуальной коммуникации – систем домашнего и персонального экранов. Система аудиовизуальной коммуникации домашнего экрана – это система семейного и/или группового просмотра, к которым можно отнести телевизионные технологии, технологии домашнего видео на физических носителях – видеокассеты и видеодиски, и современные технологии домашнего видео, основанные на доставке контента

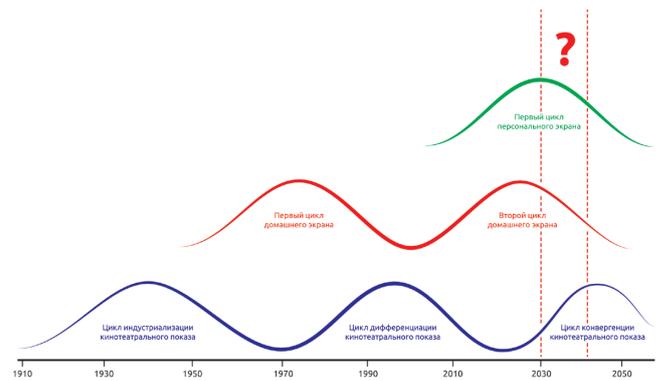


Рис. 1. Циклы аудиовизуальных систем коммуникации  
Fig. 1. Major cycles of audiovisual communication systems

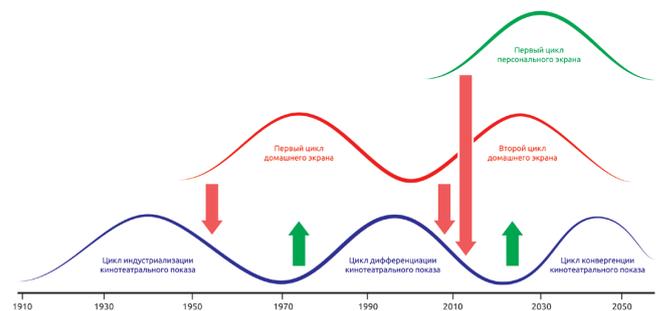


Рис. 2. Суперпозиция – наложение и взаимное влияние циклов аудиовизуальной коммуникации  
**красные стрелки** – деструктивное влияние на развитие системы кинотеатрального показа, **зелёные стрелки** – «сопротивление» системы кинотеатрального показа конкурирующим системам

Fig. 2. Superposition of cycles of audiovisual communication systems

**Red** – destructive effect of the cycles of competing communication systems during the downswing phase of theatrical film exhibition  
**Green** – resistance of the upswing phase of theatrical film exhibition to competing communication systems

зрителю через сеть Интернет. В настоящее время мы наблюдаем уже второй цикл развития систем домашнего экрана. Период первого цикла может быть определён с начала 50-х годов до конца XX века, а текущий цикл – с начала 2000-х годов.

Третья система, система персонального экрана обусловлена, в первую очередь, развитием новых коммуникационных устройств – смартфонов и планшетов – устройств индивидуального потребления аудиовизуального контента, а также развитием технологий передачи аудиовизуального контента посредством мобильной и беспроводной связи. Начало большого цикла систем персонального экрана пришлось на середину первого десятилетия XXI века.

Особый интерес автора вызвала так называемая суперпозиция циклов развития всех трёх аудиовизуальных коммуникационных систем – взаимное влияние систем

кинотеатрального показа, домашнего и персональных экранов. Такое влияние было подробно рассмотрено в указанной выше монографии и уже неоднократно становилось предметом исследований, в первую очередь, с искусствоведческой и киноведческой точки зрения [Кокарев И. Е., 2009; Разлогов К. Э., 2005; Balio T., 1976, 1985; Vogel Harold L., 2011], а также с точки зрения развития экономики производителей аудиовизуального контента – киностудий и вертикально-интегрированных медиахолдингов.

При этом, был особо отмечен период, начинающийся с 2020–2025-х гг., когда все три системы аудиовизуальной коммуникации будут находиться в повышательной фазе, взаимно дополняя, развивая и обогащая друг друга – именно поэтому этот цикл и был назван циклом конвергенции. Своего «пика» все три системы достигнут в 2030–2040 гг., и возникает вопрос: а как эти системы будут развиваться в дальнейшем? Пожалуй, сложно представить, что, достигнув максимума в развитии положительной динамики, все три системы перейдут в понижательную фазу, и очевидно, что должно произойти существенное событие, которое окажет определяющее влияние на дальнейшее развитие систем аудиовизуальной коммуникации.

В то же время, прогнозирование развития всех трёх аудиовизуальных систем коммуникации в ближайшем будущем (отметим, что речь идёт о горизонте прогнозирования не более 20–25-ти лет) – вопрос не праздный. Исследователями больших циклов конъюнктуры отмечается, что в период понижательной фазы предыдущего большого цикла активизируется инновационная деятельность изобретателей и исследователей, направленная на поиск технологий, которые станут основой для развития нового большого цикла в повышательной фазе. Результаты именно этой инновационной деятельности и становятся причиной разворота динамики и начала повышательной фазы в развитии системы. Практически речь идёт о выборе направления поиска, который начинается уже сегодня и которому будут посвящены ближайшие 5–15 лет. Это не только выбор вектора исследований и разработок для частных исследовательских компаний, но и выбор вектора финансирования фундаментальных и поисковых исследований на уровне государственных институтов развития.

Анализ тенденций современного развития аудиовизуальных систем коммуникации позволяет выявить такой вектор развития систем, направленный на определённое слияние, конвергенцию всех трёх коммуникационных систем – системы кинотеатрального показа, систем домашнего и персонального экрана. Уже сегодня достаточно сложно установить чёткие границы той или иной коммуникационной системы – от технологий производства до технологий доставки и демонстрации (потребления) аудиовизуального контента. В результате естественной технической эволюции в основе современных систем аудиовизуальной коммуникации

в настоящее время лежат цифровые технологии: на рубеже XXI века была практически полностью вытеснена киноплёнка в системе кинотеатрального показа. Телевизионные системы к концу 20-х годов текущего столетия полностью перейдут на цифровые технологии распространения, а системы персонального экрана являются цифровыми изначально. Уже сегодня можно говорить о том, что в технологиях, лежащих в основе всех трёх систем коммуникации, больше общего, а различия лишь в деталях: например, разные алгоритмы сжатия изображений (JPEG2000, MPEG2, H.264 и т. д.) или различные технологии шифрования и управления правами на использование контента. Осознанно или нет, но всё чаще в среде профессионального сообщества появляются решения, призванные объединить все три системы: от общих технологий регистрации (съёмки и генерации изображения и звука для различных аудиовизуальных систем) до независимой от устройств съёмки и воспроизведения технологии кодирования цвета, общих стандартов, касающихся разрешения изображения, цветового пространства, частоты съёмки, пакетирования файлов и т. д. С другой стороны, появляются новые устройства коммуникации – устройства воспроизведения аудиовизуального контента, которые не позволяют с чёткой определённостью отнести их к той или иной коммуникационной системе, в первую очередь, это системы воспроизведения класса виртуальной и дополненной реальности, позволяющие взаимодействовать со зрителем не только как системы персонального экрана, но и как системы группового и коллективного просмотра с присутствием зрителей в одном физическом, либо в виртуальном пространстве. Отметим, что даже существующие сегодня системы видеочков виртуальной реальности позволяют обеспечить восприятие аудиовизуального контента (фильма), аналогичное по своим характеристикам восприятию в кинозале (по полю зрения FOV, по качеству воспроизведения и т. д.). В ближайшие годы можно ожидать и развития бионических систем воспроизведения аудиовизуального контента, основанных, например, на проекции изображений непосредственно на сетчатку человеческого глаза [[https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_retinal\\_display](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_retinal_display), [https://en.wikipedia.org/wiki/Bionic\\_contact\\_lens](https://en.wikipedia.org/wiki/Bionic_contact_lens)], и даже биотехнологий непосредственного воздействия на нервные окончания зрительного канала человека. В целом, эти тенденции позволяют говорить о формировании новой парадигмы развития систем аудиовизуальной коммуникации, о формировании так называемого «технологического жгута», в котором переплетаются все три основных, обособленных ранее, аудиовизуальных систем коммуникации – системы кинотеатрального показа, домашнего и персонального экранов. Важно подчеркнуть, что речь идёт не о вытеснении одной системой других систем, а именно об объединении, конвергенции всех существующих систем аудиовизуальной коммуникации.

### Свойства конвергированной аудиовизуальной системы

Новая универсальная система, скорее всего, будет обладать особыми свойствами, пока не доступными для каждой существующей коммуникационной системы в отдельности.

*Во-первых*, это адаптивное воспроизведение, адаптивные устройства коммуникации. В предыдущих циклах параметры аудиовизуального контента (формат и соотношение сторон кадра, композиция в кадре и т. д.), как правило, ещё на этапе производства определялись под конкретное устройство воспроизведения (кинопроекционная система в кинотеатре, телевизионный монитор или экран смартфона). Например, при съёмке широкоформатных 70-мм фильмов применялась дополнительная 35-мм камера для одновременной, либо последовательной съёмки сцены фильма для «обычных», не широкоформатных кинотеатров. Также можно отметить и технологии «Pan & Scan» панорамного сканирования изображения с широкоформатных киноплёнок для воспроизведения на телевизионном экране. В будущем цикле «устройствонезависимый» аудиовизуальный контент не будет зависеть от конкретного устройства воспроизведения и автоматически, по определённым алгоритмам, очевидно, с использованием данных о параметрах устройства коммуникации, будет адаптироваться под тот тип устройства коммуникации, которое используется для потребления контента в момент воспроизведения.

*Во-вторых*, новая система аудиовизуальной коммуникации будет независимой от способа фиксации (записи) аудиовизуального контента – будь то классические светозлектронные преобразователи, технологии много-ракурсной съёмки и съёмки в формате «360 градусов», пленоптические системы или фотонные технологии регистрации изображений. При этом будут выдерживаться общие стандарты цветовой палитры, пространственного и временного разрешения изображения, динамического диапазона и т. д.

*В-третьих*, важным требованием, предъявляемым к развитию систем аудиовизуальной коммуникации нового цикла, будет совместимость с существующим аудиовизуальным контентом – аутентичным воспроизведением всего аудиовизуального контента, созданного с момента зарождения кинематографа и телевидения.

### Причина возникновения новой аудиовизуальной системы

Очевидно, что для такого прогноза направления развития аудиовизуальных систем должны быть определённые основания. С одной стороны, прогноз должен увязываться с теорией циклического развития, на которую опирается автор в своих исследованиях, с другой стороны, для таких прогнозов необходимы серьёзные технологические предпосылки, учитывая, что речь идёт об относительно коротком горизонте планирования. Общим основанием, позволяющим найти ответы как на карди-

нальное изменение циклического характера развития аудиовизуальных систем, так и на возникающие технологические предпосылки, может служить теория технологической сингулярности, впервые предложенная Вернором Винджем и развитая уже в многочисленных работах таких исследователей, как Рэймонд Курцвейл, Стюарт Армстронг и др.

Сам термин «сингулярность» (от лат. *singularis*- «единственный, особенный») заимствован у математиков, использующих его для обозначения особенностей тех или иных функций, например, таких точек функции, значения в которых стремятся к бесконечности. В реальных процессах ухода в бесконечность никогда не наблюдается, но система испытывает качественную трансформацию – фазовый переход.

По определению Вернора Винджа [Vernor Vinge, 1993] технологическая сингулярность – гипотетический момент, после которого технологический прогресс станет настолько быстрым и сложным, что окажется недоступен пониманию. Этот момент связан с созданием искусственного интеллекта и самовоспроизводящихся машин, с интеграцией человека с вычислительными машинами, со значительным скачкообразным увеличением возможностей человеческого мозга за счёт биотехнологий.

Временные оценки наступления этого момента разнятся у различных исследователей. Вернор Виндж считает, что технологическая сингулярность может наступить уже в 2030 году, Рэймонд Курцвейл [Kurzweil Ray, 2006] указывает на 2045 год, а Стюарт Армстронг [Armstrong Stuart, 2012], проанализировав оценки экспертов, предполагает, что технологическая сингулярность наступит в 2040 году. Несмотря на достаточно широкий разброс мнений, очевидно, что, в целом, приверженцы теории технологической сингулярности предполагают её наступление точно в период пикового развития всех трёх существующих сегодня систем аудиовизуальной коммуникации – 2030–2040-х гг.

С точки зрения развития технологий переход на принципиально новую ступень развития систем аудиовизуальных коммуникаций связан с взрывным ростом вычислительных мощностей, с появлением принципиально новых систем хранения данных, основанных на программировании цепочек ДНК [George M. Church, Yuan Gao, Sriam Kosuri, Science, vol. 337], с развитием биотехнологий и т. д. Многие исследователи называют такие переломные моменты в развитии технологий фазовыми переходами. В рамках этой теории предыдущий фазовый переход – промышленная революция конца XVIII века привела к возникновению фотографии и затем кинематографа, как первой системы аудиовизуальной коммуникации.

С точки зрения циклического характера развития аудиовизуальных систем коммуникации теория технологической сингулярности позволяет объяснить и принципиальное изменение траектории развития коммуникационных систем. Во-первых, можно с высокой долей достоверности считать, что сами цикли-

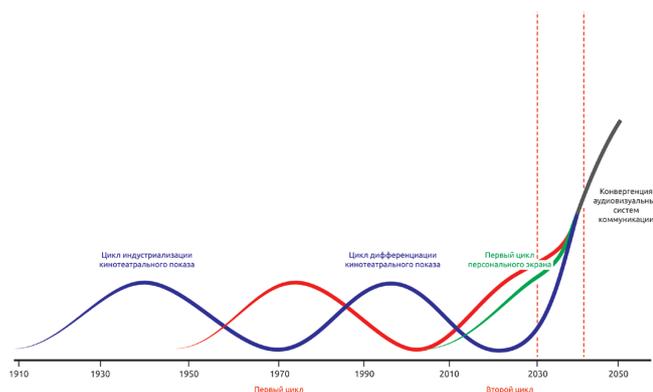


Рис. 3. Конвергенция систем аудиовизуальной коммуникации  
Fig. 3. Convergence of cycles of audiovisual communication systems

ческие изменения, по крайней мере, большие циклы Кондратьева, связанные с технологическими изменениями в обществе, характерны именно для периода промышленного, индустриального развития общества. Например, сам Н. Д. Кондратьев отмечал, что ему удалось выявить первые циклические изменения, лишь начиная с промышленной революции в Англии – с последней трети XVIII века [Гришин Л. Е., Коротаев А. В., Цирель С. В., 2011]. Второе важное соображение заключается в развитии идеи ускоряющегося научно-технического прогресса. Впервые идею об ускорении научно-технического прогресса можно встретить в работах Ф. Энгельса, в дальнейшем, на протяжении XX века и до настоящего времени эта концепция была развита многими учёными [Аганбегян А. Г., 1985; Яковец Ю. В., 1988]. Момент технологической сингулярности представляет собой переход от индустриального общества к постиндустриальному, информационному обществу. На смену обществу материального производства товаров и материальных услуг приходит общество, основанное на владении знаниями – осознанной информацией о синтезировании любого материального вещества [Иноземцев В. Л., 1997, 2000]. В этом контексте предположение о кардинальном изменении самой сути циклического характера экономического развития общества с вступлением человечества в новую постиндустриальную эру может быть достаточно убедительно обосновано.

Таким образом, есть достаточно оснований предполагать, что в период 2030–2040-х гг. существующие системы аудиовизуальной коммуникации претерпят существенные изменения и конвергируются в глобальную единую систему аудиовизуальной коммуникации, которая будет основана на принципиально новых технологиях – т. н. технологиях NBIC-конвергенции<sup>1</sup> [Гришин Л. Е., 2011].

В этой связи особый интерес представляет собой моделирование основных компонентов новой аудиовизу-

<sup>1</sup> NBIC: N – нанотехнологии, B – биотехнологии, I – информационные технологии, C – когнитивные технологии

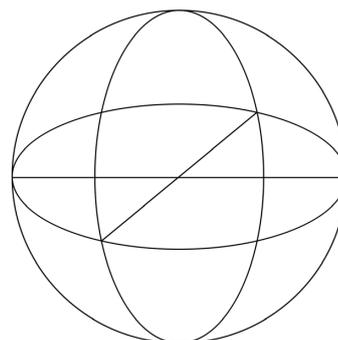


Рис. 4. Модель экрана «эластичная сфера»  
Fig. 4. The model of a screen as a virtual «flexible sphere»

альной системы и, в первую очередь, новой концепции экрана как определяющей сущности любой аудиовизуальной системы коммуникации.

### Модель экрана «эластичная сфера»

Представляя будущую аудиовизуальную систему, соединяющую существующие аудиовизуальные системы коммуникации (кинотеатральный показ, домашний и персональный экраны) и обеспечивающую совместимость с известными сегодня форматами воспроизведения аудиовизуального контента, а также имплементирующую в себя новые свойства устройств коммуникаций (прообраз которых сегодня виден в системах отображения виртуальной и дополненной реальности, в технологиях интерактивного взаимодействия зрителя и экрана), можно предположить в качестве универсального экрана новой конвергированной аудиовизуальной системы *эластичную сферу*.

Действительно, предлагаемая форма экрана, с учётом алгоритмов коррекции пространственных геометрических искажений обеспечивает совместимость со всеми существующими сегодня форматами воспроизведения аудиовизуального контента – от традиционных форматов современных кинотеатров: «обычного», «широкого», формата IMAX, купольного сферического формата IMAXDOME (OMNIMAX) и даже круговой панорамы и т. д., до форматов телевизионных мониторов, планшетов и смартфонов. Это также справедливо и в отношении форматов звуковоспроизведения – от монофонических до многоканальных и многомерных аудиосистем. Очевидно, что формат сферы совместим и с существующими принципами формирования изображения и фонограммы в системах виртуальной и дополненной реальности, а также с ещё только прогнозируемыми устройствами коммуникации на основе человеко-машинных интерфейсов.

Экран типа «сфера» позволяет реализовать разные способы потребления аудиовизуального контента. Например, так называемый трекинг – траекторию движения наблюдателя в виртуальном пространстве воспроизводимого контента. Можно рассмотреть два крайних сценария – неподвижное устройство коммуникации с перемещением изображения относительно зрителя – при-

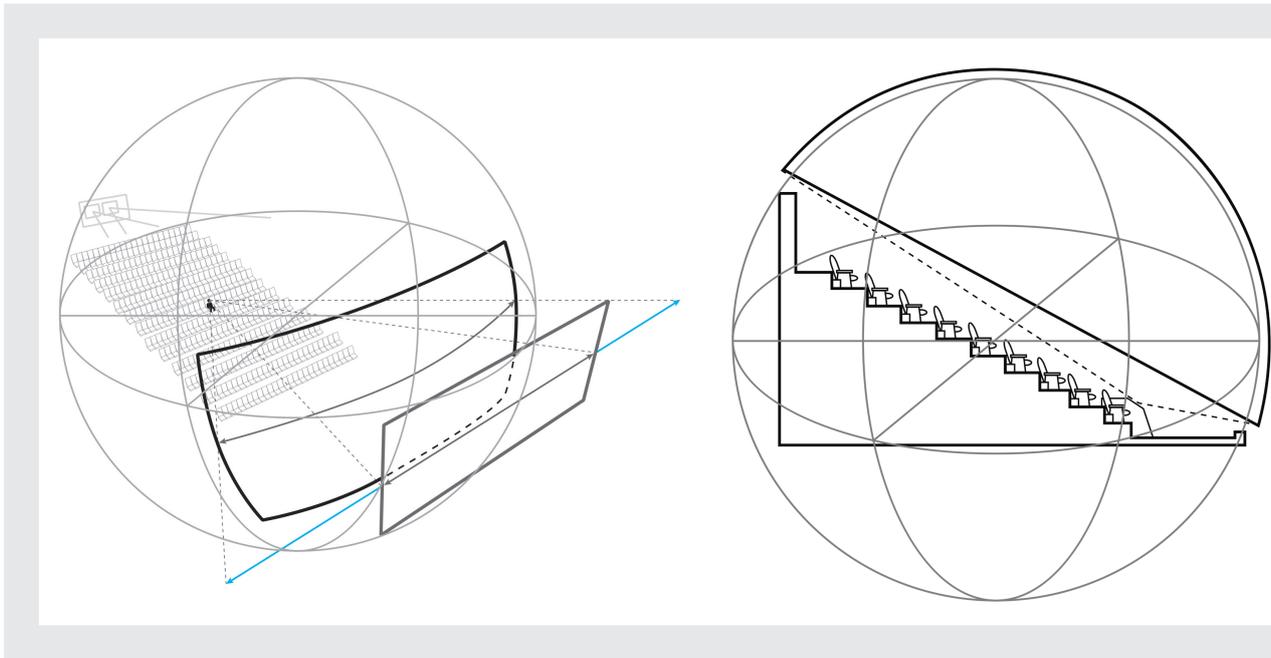


Рис. 5. Модели экрана-сферы (кинотеатр, купольный экран, планшет, очки VR)

Fig. 5. Various models of a screen as a virtual «flexible sphere» – movie theatre, theatre dome, tablet, VR glasses

менимо для коллективного просмотра контента, например, в кинотеатре или на домашнем экране; и движение устройства коммуникации относительно изображения отображаемого устройством коммуникации на экране-сфере, применимое для мобильных персональных устройств коммуникации, таких как планшеты, смартфоны, очки виртуальной реальности и т. д. Особый интерес представляет использование заранее сформированной траектории движения, определённой режиссёром, автором контента или, например, другими авторитетными зрителями-«генераторами мнений». Причём, поле наблюдения контента (FOV – field of view) может быть как неограниченным (полная сфера), так и ограниченным, как во время съёмки, генерации или регистрации контента, так и во время воспроизведения контента определённым телесным углом наблюдения. Такое ограничение кадра телесным углом может быть следствием как решений режиссёра в качестве, например, художественного приёма, так и следствием свойств традиционных форматов существующего сегодня аудиовизуального контента.

Свойство «эластичности» экрана сферы подразумевает масштабируемость изображения (изменение радиуса виртуального экрана-сферы) в зависимости от свойств устройства коммуникации – большого физического киноэкрана для коллективного просмотра в кинотеатре, проекции аудиовизуального контента на все поверхности-экраны кинозала – стены, потолок, пол, или виртуального экрана в системах отображения виртуальной реальности, до маленького экрана персонального устройства, например, смартфона. Изменение «радиуса изображения» осуществляется как автоматически, в адаптивном режиме, определяемым устройством ком-

муникации с помощью метаданных, так и выбором режиссёра контента, либо самим зрителем.

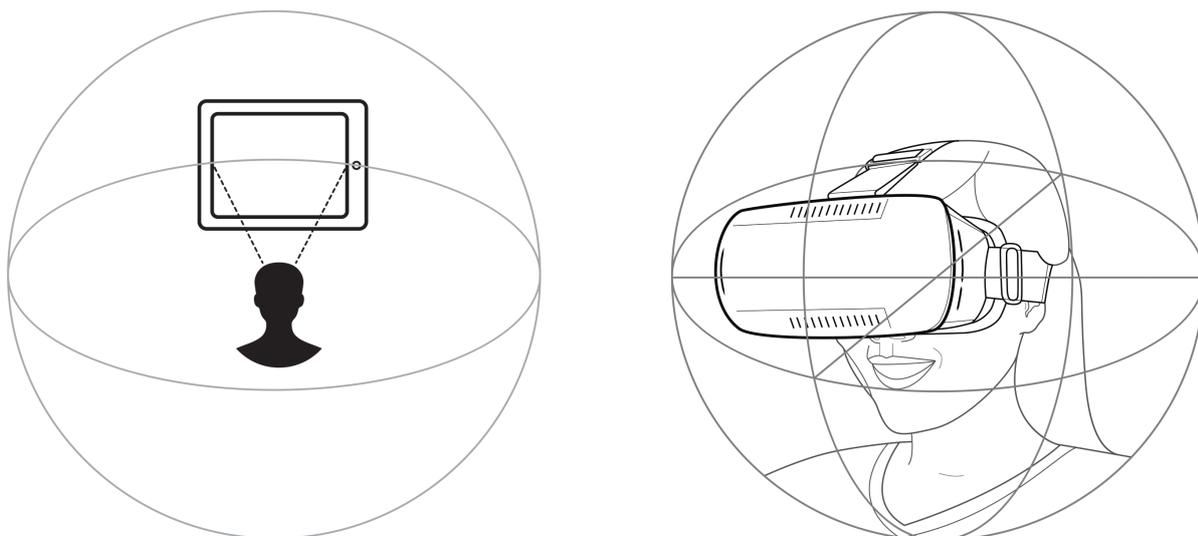
Особым аспектом рассматриваемой прогностической модели экрана эластичной сферы служат и два способа отображения аудиовизуальной информации – наблюдение «снаружи» сферы на экран-сферу<sup>2</sup>, либо изнутри сферы. Можно предположить, что данные от устройств коммуникации будут позволять осуществлять выбор точки просмотра и автоматически адаптировать контент к тому или иному способу просмотра.

Если поставить себе задачу определить некоторые технические параметры такого «экрана-сферы», то можно, например, рассмотреть модель воспроизведения классического кинотеатрального кадра с разрешением 4K, приняв в качестве оптимального горизонтального угла наблюдения угол 60 градусов.

Расчёт площади пикселей сферы, сделанный на основе известных параметров размера сферического четырёхугольника (например, 4096x2160 пикселей), даёт площадь сферы при таких условиях просмотра порядка 170 миллионов квадратных пикселей, что примерно в 24 раза больше площади стандартного 4K кадра.

Оценка информационного потока данных, исходя из глубины квантования каждого цвета 12 бит и скорости проекции 25 кадров/сек, даёт значение только для потока информации изображения около 150 Гбит/сек. Несмотря на то, что такой поток сегодня представляется

<sup>2</sup> и такие прототипы уже известны сегодня. Например, учёные Университета Сан Паулу (Бразилия) разработали экспериментальный сферический дисплей [<http://techvesti.ru/node/7586>].



невероятным для широкого применения, нужно учесть, что технологии передачи данных развиваются фактически по экспоненциальной кривой, и сегодня экспериментально уже доступны скорости передачи данных по оптоволоконным линиям порядка 255 Тбит/сек [<http://hi-news.ru/technology/novyj-rekord-skorosti-peredachi-dannyx-sostavlyaet-255-tbitsek.html>].

С другой стороны, параллельно с развитием технологий передачи данных получают своё развитие и принципиально новые технологии сжатия изображения, основанные на когнитивных информационных технологиях.

Очевидно, что возможности инфокоммуникационных технологий обеспечат доставку информации к устройствам коммуникации – вне зависимости от назначения и применения таких устройств в режиме реального времени – потокового вещания, исключая накопление и хранение информации на стороне потребителя контента. И именно взрывной рост вычислительных мощностей, который и лежит в основе теории технологической сингулярности, сделает возможным новый этап в развитии систем аудиовизуальной коммуникации.

### Заключение

Цель настоящей работы – прогнозирование дальнейшего развития систем аудиовизуальной коммуникации в четвёртом цикле — цикле конвергенции.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аганбегян А.Г. Научно-технический прогресс и ускорение социально-экономического развития. – М.: Экономика, 1985.
2. Березин О.С. Большие циклы и конъюнктура рынка кинотеатрального показа: монография – СПб.: Реноме, 2014–240 с.

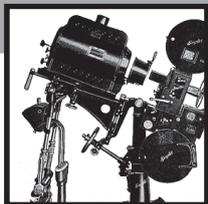
Таким образом, циклическое развитие обособленных систем аудиовизуальной коммуникации – кинотеатрального показа коллективного просмотра, домашнего экрана группового/семейного просмотра и персонального экрана индивидуального просмотра – на рубеже ближайших 20-25 лет, совпадающее с прогнозируемым наступлением новой фазы развития человечества – фазы технологической сингулярности, претерпит кардинальные качественные изменения и разовьётся в единую конвергированную универсальную систему аудиовизуальной коммуникации, скорее всего, основанную на типологии экрана как виртуальной эластичной сферы.

И именно сегодня такой прогноз развития аудиовизуальных систем коммуникации ставит новые задачи как перед отечественным научно-исследовательским сообществом, так и, в первую очередь, перед государством при определении направлений будущих фундаментальных и прикладных исследований, государственного и частного финансирования создания опытных образцов новых средств коммуникации, разработки новых стандартов и технологий съёмки, передачи и воспроизведения всех типов аудиовизуального контента в единой универсальной коммуникационной системе. ■

### REFERENCES

1. Aganbegyan A.G. Nauchno-tekhnicheskii progress I uskorenie social'no-ekonomicheskogo razvitiia. [Scientific and technical progress and acceleration of social and economic development], Moscow: Ekonomika, 1985.
2. Berezin O. Betting on Box Office: The Major Cycles and Market Conjunction in Film Exhibition, St. Petersburg: Renome, 2014.

3. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: «ВлаДар», 1993.
4. Гришин Л.Е., Коротаев А.В., Цирель С.В. Циклы развития современной мир-системы/Отв. ред. С. Ю. Малков. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011–248 с.
5. Деметьев В.Е. Длинные волны экономического развития и финансовые пузыри. М.: ЦЭМИ РАН, 2009.
6. Иноземцев В.Л. «Концепция постэкономического общества»/Социологический журнал, 1997, № 4, с. 71–78.
7. Иноземцев В.Л. Современное постиндустриальное общество: природа, противоречия, перспективы/Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Логос, 2000, 304 с.
8. Клинов В.Г. Прогнозирование долгосрочных тенденций в развитии мирового хозяйства М.: «Экономика», 2005.
9. Кокарев И.Е. Кино как бизнес и политика: Современная киноиндустрия США и России, М.: Аспект-Пресс, 2009.
10. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. М.: Экономика, 2002.
11. Разлогов К.Э. Новые аудиовизуальные технологии. М.: Едиториал УРСС, 2005.
12. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. М.: Прогресс, 1982.
13. Яковец Ю.В. «Ускорение научно-технического прогресса: теория и экономический механизм. М.: Экономика, 1988–335 с.
14. Armstrong Stuart: How We're Predicting AI, Саммит Сингулярности, 13–14.10.12, CA, USA. [http://library.fora.tv/2012/10/14/Stuart\\_Armstrong\\_How\\_Were\\_Predicting\\_AI](http://library.fora.tv/2012/10/14/Stuart_Armstrong_How_Were_Predicting_AI).
15. Balio T. The American Film Industry. Madison, Wisconsin, USA: The University of Wisconsin Press, 1976, 1985.
16. George M. Church, Yuan Gao, Sriam Kosuri. "Next-Generation Digital Information Storage in DNA, Science, vol 337.
17. Kurzweil Ray. The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology, Penguin Books, NY, USA, 2006.
18. Mensch Gerald O. Stalemate in Technology: Innovations Overcome the Depression. Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company, 1979.
19. Vogel Harold L., Entertainment Industry Economics, Edition 8, Cambridge UK, Cambridge University Press, 2011.
20. Vernor Vinge. The Coming Technological Singularity: How To Survive In The Post-Human Era, NASA Conference Publication 10129, NASA Lewis Research Center, 1993.
21. [https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_retinal\\_display](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_retinal_display)
22. [https://en.wikipedia.org/wiki/Bionic\\_contact\\_lens](https://en.wikipedia.org/wiki/Bionic_contact_lens)
23. <http://techvesti.ru/node/7586>
24. <http://hi-news.ru/technology/novyj-rekord-skorosti-peredachidannyx-sostavlyayet-255-tbitsek.html>
3. Glazyev S.Yu. Teoriya dolgosrochnogo tekhniko-ekonomicheskogo razvitiya [The Theory of Long-Term Technico-Economic Development]. Moscow: VlaDar, 1993.
4. Grishin L.E., Korotaev A.V., Tsirel S.V. Tsikly razvitiya sovremennoy mir-sistemy [Cycles of development modern world-system], Editor Malkov S. Y., Moscow: Librokom, 2011.
5. Demytyev V.E. Dlinnye volny ekonomicheskogo razvitiya i finansovyte puzyri [Long Waves of Economic Development and Financial Bubbles]. Moscow: CEMI RAS: 2009.
6. Inozemtsev V.L. Konceptsia postekonomicheskogo obschestva [Concept of post-economic society]/Sociological magazine, 1997, vol. 4, p. 71–78.
7. Inozemtsev V.L. Sovremennoe postindustrialnoe obschestvo: priroda, protivorechia, perspektivy [Modern post-industrial society: nature, contradictions, prospects], Moscow: Logos, 2000.
8. Klinov, V.G. Prognozirovanie dolgosrochnykh tendentsiy v razvitiy mirovogo khozyaystva [Forecasting Long-Term Trends in the Development of the Global Economy]. Moscow: Magistr; INFRA\*М, 2010.
9. Kokarev I.E. Kino kak biznes i politika: Sovremennaya kinoindustriya SShA i Rossii [Cinema as Business and Politics: The Modern Film Industry in the US and Russia]. Moscow: Aspekt-Press, 2009.
10. Kondratyev N.D. Bol'shie tsikly kon'yunktury i teoriya predvideniya [Major Cycles of Market Conjuncture and the Theory of Forecasting]. Moscow: Ekonomika, 2002.
11. Razlogov K.E. Novye audiovizual'nye tekhnologii [New Audiovisual Technologies]. Moscow: Editorial URSS. 2005.
12. Schumpeter, J.A. Teoriya ekonomicheskogo razvitiya [The Theory of Economic Development]. Moscow: Progress, 1982.
13. Yakovets Yu.V. Uskorenie nauchno-tekhnicheskogo progressa: teoriya i ekonomicheskiy mekhanizm [Acceleration of Scientific and Technical Progress: The Theory and Economic Mechanism]. Moscow: Ekonomika, 1988.
14. Armstrong Stuart: How We're Predicting AI, Саммит Сингулярности, 13–14.10.12, CA, USA. [http://library.fora.tv/2012/10/14/Stuart\\_Armstrong\\_How\\_Were\\_Predicting\\_AI](http://library.fora.tv/2012/10/14/Stuart_Armstrong_How_Were_Predicting_AI).
15. Balio T. The American Film Industry. Madison, Wisconsin, USA: The University of Wisconsin Press, 1976, 1985.
16. George M. Church, Yuan Gao, Sriam Kosuri. "Next-Generation Digital Information Storage in DNA, Science, vol 337.
17. Kurzweil Ray. The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology, Penguin Books, NY, USA, 2006.
18. Mensch Gerald O. Stalemate in Technology: Innovations Overcome the Depression. Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company, 1979.
19. Vogel Harold L., Entertainment Industry Economics, Edition 8, Cambridge UK, Cambridge University Press, 2011.
20. Vernor Vinge. The Coming Technological Singularity: How To Survive In The Post-Human Era, NASA Conference Publication 10129, NASA Lewis Research Center, 1993.
21. [https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_retinal\\_display](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_retinal_display)
22. [https://en.wikipedia.org/wiki/Bionic\\_contact\\_lens](https://en.wikipedia.org/wiki/Bionic_contact_lens)
23. <http://techvesti.ru/node/7586>
24. <http://hi-news.ru/technology/novyj-rekord-skorosti-peredachidannyx-sostavlyayet-255-tbitsek.html>



# ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ современного эндоскопического оборудования



С.Б. Бирючинский, к.ф.-м.н., проф.,  
[sbiruchinsky@optica4d.com](mailto:sbiruchinsky@optica4d.com);  
 ООО «Оптико-механические системы», РФ

## Аннотация

Рассмотрены некоторые оптические схемы современного эндоскопического оборудования различного назначения. Показаны особенности постановки задачи и проектирования оптических систем в условиях ограничения диаметра компонентов. Проведено сравнение и приведены примеры авторских оптических систем.

**Ключевые слова:** объектив, эндоскоп, aberrации, оптическая система, оптимизация, преобразование изображения, пропускная способность.

■ Ко второй половине XX века технологические возможности производства стеклянных волоконных световодов привели к широкому распространению эндоскопических методов исследования как в медицине, так и в различных технических отраслях. Необходимость документирования результатов исследования привела к появлению нового направления в технологии кинопроизводства – эндокинематографии. В настоящее время в данном направлении применяются многие технологические наработки из области проектирования профессионального киносъёмочного оборудования. Это относится не только к проектированию оптических систем, но и к применяемым алгоритмам обработки изображений (например, обработка и построение стереоизображения).

В процессе проектирования оптических систем эндоскопов применяются методы расчёта и оптимизации, анало-

OPTICAL SYSTEMS OF MODERN ENDOSCOPIC DEVICES

*Biryuchinskiy S., PhD, Prof., sbiruchinsky@optica4d.com  
 Opto-mechanical Systems Limited, Russia*

## Abstract

*Some optical schemes of the modern endoscopic equipment of different function are considered. Features of a problem definition and design of optical systems in the conditions of restriction of diameter of components are shown. Comparison is carried out and examples of author's optical systems are given.*

**Keywords:** lens, endoscopic, aberrations, optical system, optimization, image transform, bandwidth.

гичные таковым для кинематографической оптики [www.lighthouseoptics.com; Milton Laikin, 2006; Q. Wu, et al., 2013; Lilai Tang, et al., 2011; Бирючинский С.Б., 2014, 2015]. Существенное отличие заключается лишь в постановке задачи, кроме того, требования к оптическим системам эндоскопов существенно зависят от назначения прибора и применяемого фотоприёмника. Конструктивно эндоскопы могут быть выполнены в гибком или жёстком исполнении. По своей архитектуре оптических систем жёсткие эндоскопы аналогичны перископам (содержат несколько промежуточных плоскостей изображения). В плоскости изображения объектива гибких эндоскопов может располагаться как жгут упорядоченных оптических волокон, так и матричный фотоприёмник (в последнем случае такое устройство называют видеоэндоскопом). Приоритетным требованием для эндоскопической оптики является ограничение механического диаметра оптического тракта

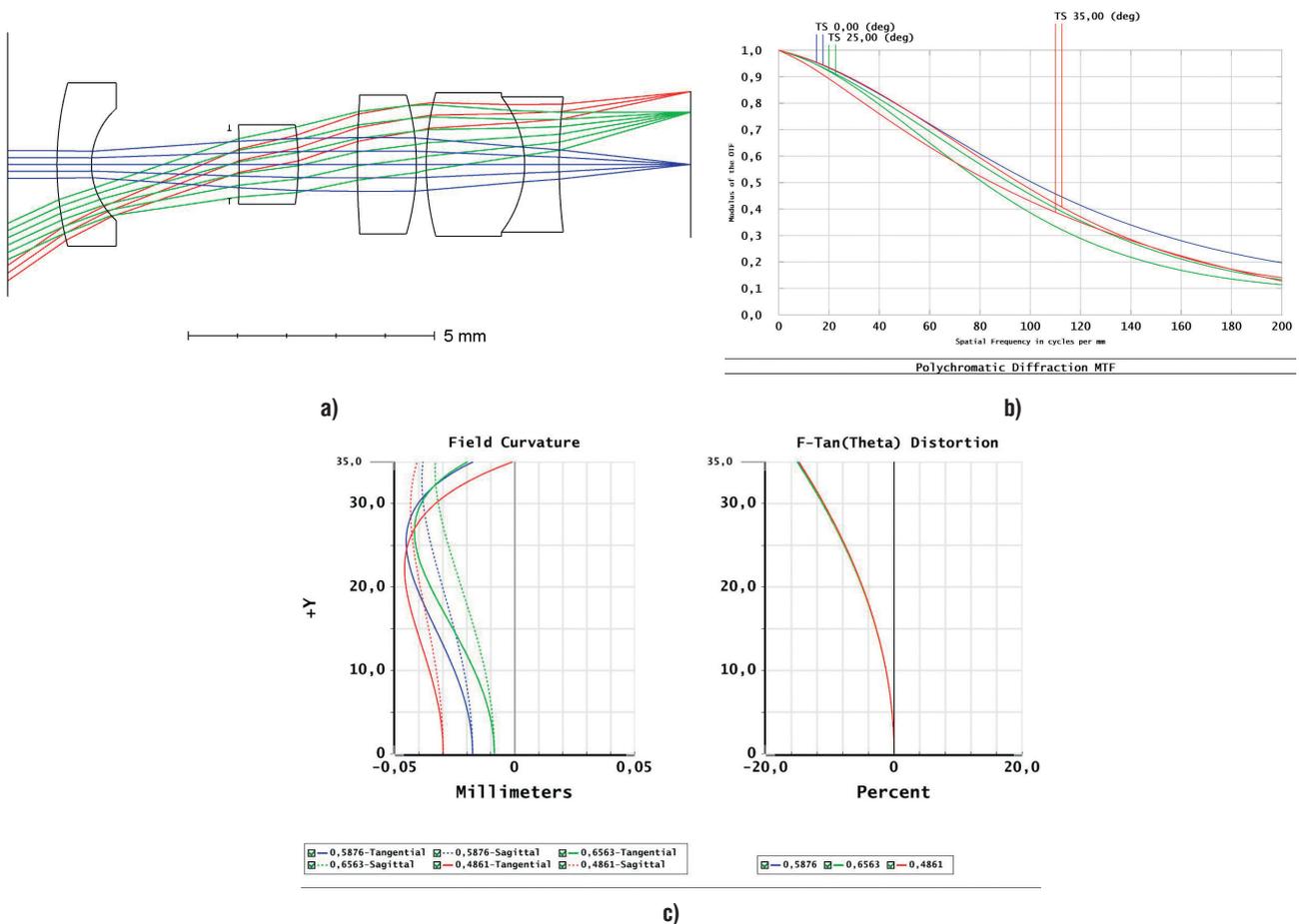


Рис. 1. а) Оптическая схема объектива эндоскопа [Патент США, 1974] компании Olympus Optical Co., Ltd. (Japan); б) график полихроматической функции передачи модуляции; в) Графики кривизны поля и дисторсии  
 Fig. 1. a) Optical scheme of a endoscope lens [United States Patent, 1974] designed by Olympus Optical Co., Ltd. (Japan); б) Plot of a polychromatic modulation transfer function; в) Plots of a field curvature and distortion

(большинство объективов имеет диаметр от 1 до 5 мм). Необходимое качество изображения определяется применяемым фотоприёмником. В случае волоконного жгута диаметр пикселя может составлять около 5–10 мкм (минимальный диаметр определяется волновой природой света), однако общее количество пикселей, как правило, не превышает нескольких десятков тысяч. В случае матричного фотоприёмника количество пикселей может составлять несколько миллионов, а их диаметр – 1–2 мкм. Технологии коррекции хроматизма аналогичны применяемым и в кинооптике. Так как диаметр оптических компонентов мал, то ассортимент применяемых материалов может быть существенно расширен. Например, иногда применяются градиентные оптические материалы [www.grintech.de], а также дифракционная оптика (изготовленная литографическим методом). Ограниченно может применяться пластиковая оптика, причём её поверхности могут представлять собой линзы Френеля.

С точки зрения коррекции aberrаций, как правило, все объективы проектируются с некоторым уровнем отрицательной дисторсии [Патент США, 1974, 1987, 2001, 2004, 2007, 2011, 2013, 2015; Патент РФ, 2012]. Данное требование вызвано приоритетностью соблюдения малого

диаметра оптической системы при соблюдении условий технологичности (себестоимости изделия) и достаточного высокого качества изображения по всему полю. В некоторых случаях (системы с малым полем зрения, как правило, не превышающем 40°) дисторсия недопустима, тогда здесь можно применять методики, аналогичные проектированию и оптимизации киностереообъективов. Требования к виньетированию и распределению освещённости по площади фотоприёмника аналогичны применяемым к киностереообъективам. Важной задачей является уменьшение влияния рассеянного света на оправках оптических систем (особенно при заметном виньетировании).

Полученное изображение может быть подвергнуто как цифровой, так и аналоговой обработке [N.T. Clancy, et al., 2006; Lilai Tang, et al., 2011; P. Vivirito, et al., 2002]. Существуют также эндоскопы, создающие стереоизображение. В простейшем случае такая конструкция представляет собой два независимых объектива с отдельными или общим фотоприёмником. Полученное изображение от двух независимых объективов может быть обработано методами, применяемыми в стереокино [Газеева И. В. и др., 2014; P. Vivirito, et al., 2002].

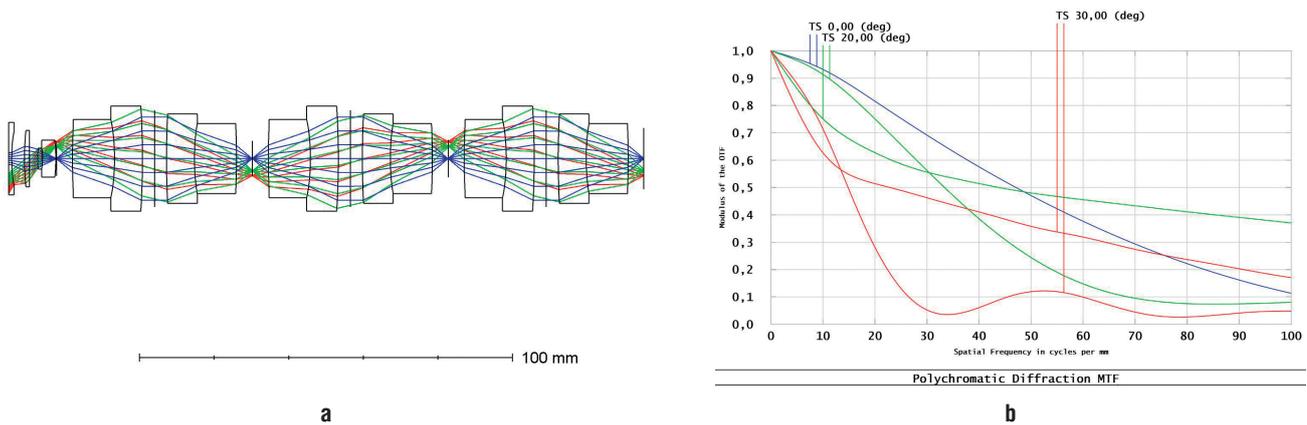


Рис. 2. а) Оптическая схема объектива эндоскопа с перископической приставкой (применено вертикальное пятикратное растяжение изображения); б) график полихроматической функции передачи модуляции

Fig. 2. a) Optical scheme of an endoscope lens with periscopic attachment (5x vertical stretch); b) Plot of a polychromatic modulation transfer function

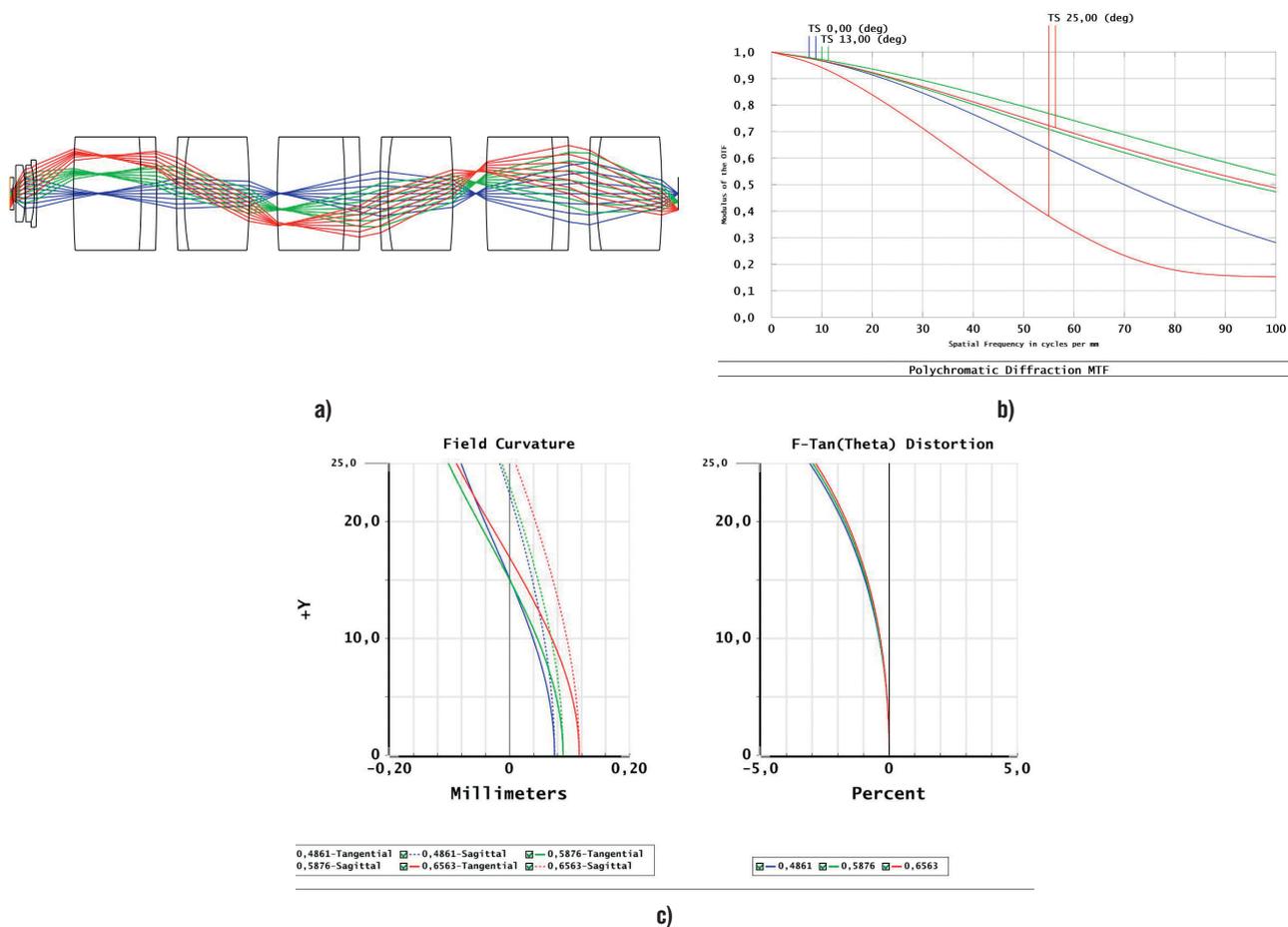


Рис. 3. а) Оптическая схема эндоскопа с промежуточными плоскостями изображения [Milton Laikin, 2006] (применено вертикальное пятикратное растяжение изображения); б) график полихроматической функции передачи модуляции; в) Графики кривизны поля и дисторсии

Fig. 3. a) Optical scheme of an endoscope lens with the intermediate image planes [Milton Laikin, 2006] (5x vertical stretch); b) Plot of a polychromatic modulation transfer function; c) Plots of a field curvature and distortion

Во многих эндоскопических приборах оптические схемы являются статичными (не содержат движущихся компонентов). Примером такого объектива является система [Патент США, 1974], показанная на рис. 1а. Диаметр такого объектива составляет 3,3 мм, а общая длина

12,9 мм. Относительное отверстие системы составляет 1:3, что является достаточно высоким значением, обеспечивая при этом хорошую освещённость изображения. Вместе с тем, высокое относительное отверстие в сочетании со статичностью конструкции и фокусным рас-

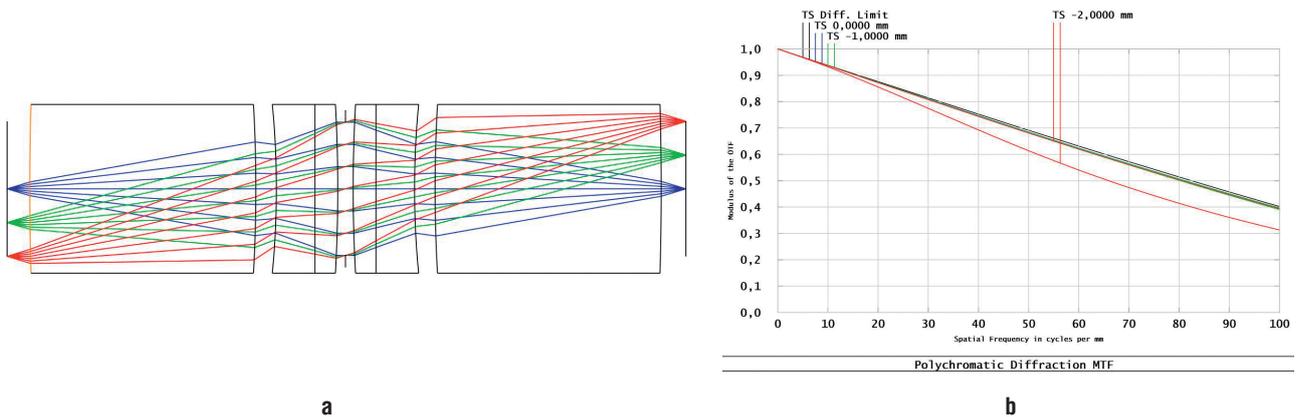


Рис. 4. а) Оптическая схема эндоскопической системы передачи изображения без масштабирования [Патент США, 1987] компании Olympus Optical Co., Ltd. (Japan), (применено вертикальное пятикратное растяжение изображения); б) График полихроматической функции передачи модуляции

Fig. 4. a) Optical scheme of an endoscope lens without image scaling [United States Patent, 1987] designed by Olympus Optical Co., Ltd. (Japan), (5x vertical stretch); b) Plot of a polychromatic modulation transfer function

стоянием 2.5 мм заметно сокращает глубину резкости изображения, ограничивая при этом рабочий диапазон дистанций до объекта. Правильно подбирая расчётную дистанцию до объекта, можно оптимизировать количество снимаемой информации в рабочем диапазоне.

Некоторые графики aberrаций показаны на рис. 1 б: на графике видно, что система находится заметно далеко до своего дифракционного предела, обусловленного относительным отверстием. Однако, так как данный объектив предназначен для совместной работы с волоконным жгутом, то такое качество изображения является достаточным. Наличие пятнадцатипроцентной отрицательной дисторсии при угле поля зрения объектива в 70° позволило создать систему с достаточно хорошим распределением освещённости изображения. Также следует обратить внимание на высокую степень равномерности качества изображения по всему полю.

Пример оптической системы, входящей в состав эндоскопа жёсткой конструкции, показан на рис. 2 а (изображение по оси Y промасштабировано в 5 раз). Данный объектив предназначен для визуальных наблюдений. График функции передачи модуляции показан на рис. 2 б. Конструктивно система представляет собой независимо рассчитанный объектив в сочетании с несколькими оборачивающими системами (одинаковыми между собой). Общая длина системы около 170 мм при диаметре 5 мм. Как правило, качество изображения подобных систем является невысоким, что обусловлено независимой оптимизацией её компонентов, однако промежуточные плоскости изображения относительно высокого качества могут представлять практический интерес.

В случае оптимизации оптической системы эндоскопа жёсткой конструкции как единого целого становится возможным существенное улучшение качества изображения. Пример данной системы показан на рис. 3 а, б, с [Milton Laikin, 2006].

В данной системе промежуточные плоскости изображения обладают ненормируемым качеством и расположены нерегулярно, однако сами оборачивающие системы одинаковы между собой.

Существуют также варианты эндоскопов с объективами, по своей архитектуре являющимися проекционными. В простейшем случае такой объектив может быть симметричным с нулевым виньетированием и дисторсией.

Пример такого объектива показан на рис. 4 а, б [Патент США, 1987]. Данная оптическая система обладает дифракционным качеством изображения и может применяться как контактный микрообъектив для точных геометрических измерений биологических объектов.

В некоторых недорогих системах могут успешно применяться градиентные оптические компоненты [www.grintech.de]. Примером такой системы является объектив [Патент США, 2001].

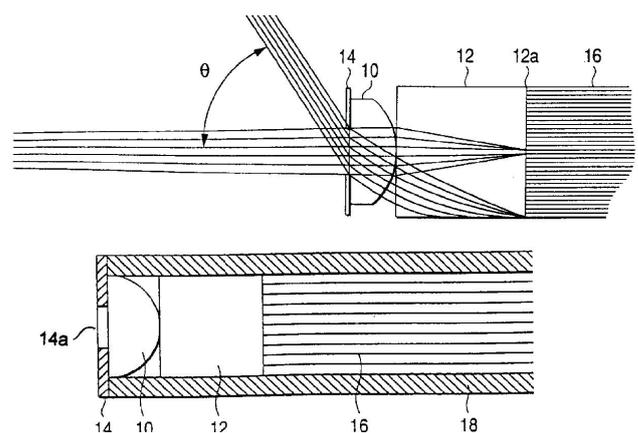


Рис. 5. Оптическая схема объектива эндоскопа с градиентной линзой [Патент США, 2001] компании Nippon Sheet Glass Co., Ltd. (Japan)

Fig. 5. Optical scheme of endoscope lens [United States Patent, 2001] designed by Nippon Sheet Glass Co., Ltd. (Japan) with gradient index lens

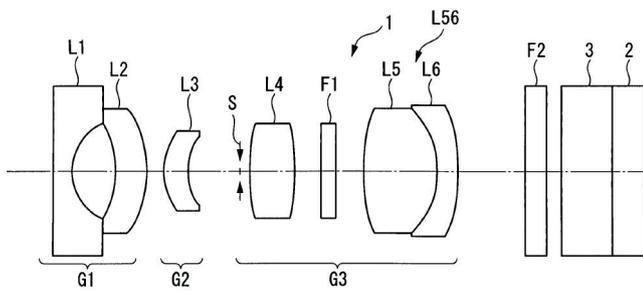


Рис. 6. Оптическая схема объектива эндоскопа с фокусирующим устройством [Патент США, 2013] компании Olympus Medical Systems Corp. (Japan)  
 Fig. 6. Optical scheme of endoscope lens with focusing device [United States Patent, 2013] designed by Olympus Medical Systems Corp. (Japan)

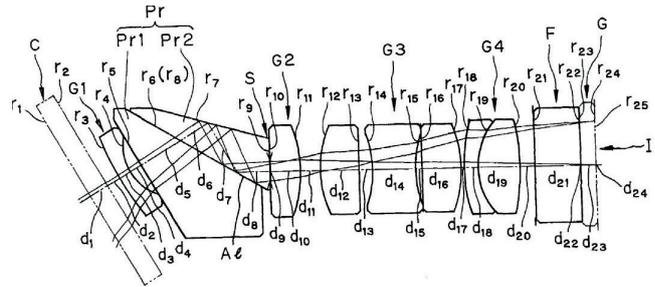
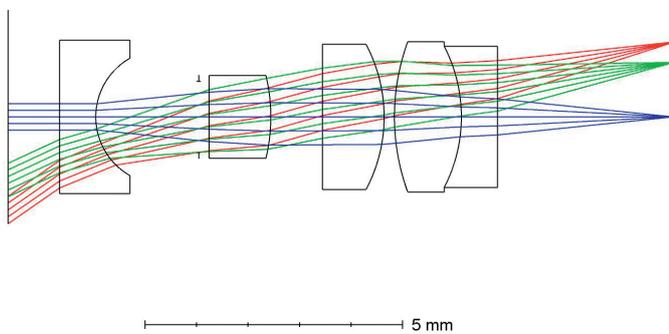
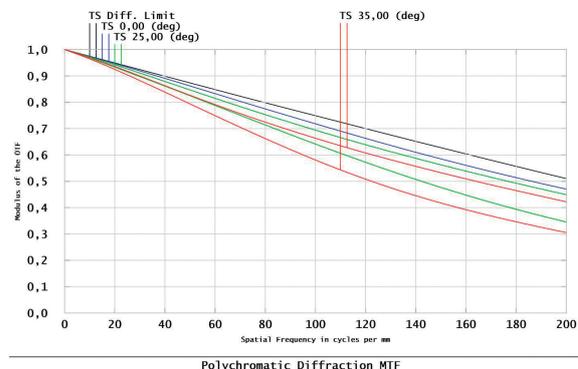


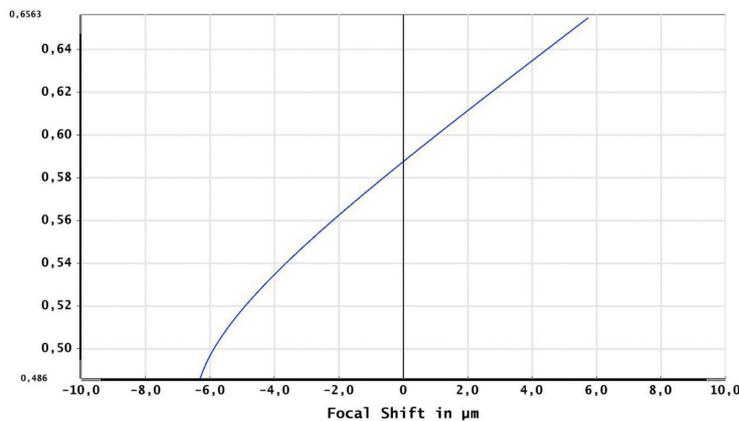
Рис. 7. Оптическая схема объектива эндоскопа с призмным элементом [Патент США, 2007] компании Olympus Corp. (Japan)  
 Fig. 7. Optical scheme of endoscope lens with prism element [United States Patent, 2007] designed by Olympus Corp. (Japan)



a)



b)



c)

Рис. 8. а) Оптическая схема объектива эндоскопа [Патент США, 1974], модифицированная автором для компании Olympus America Inc. (USA); б) график полихроматической функции передачи модуляции; с) график продольной хроматической aberrации

Fig. 8. a) Optical scheme of a endoscope lens [United States Patent, 1974] modified by the author for Olympus America Inc. (USA); б) Plot of a polychromatic modulation transfer function; с) Plot of a longitudinal chromatic aberration

Объектив (рис. 5) содержит всего два компонента одинакового диаметра, что является очень технологичным, тем не менее, его угловое поле зрения может составлять 100°, что в сочетании с плоской входной поверхностью является выдающимся результатом. Расположение апертурной диафрагмы на входной поверхности

объектива делает такую систему особенно пригодной для возможности размещения разнообразных насадок. Например, можно добавить широкоугольную насадку (диаметр системы при этом не увеличится), позволяющую развить поле зрения до 160° (с приемлемым качеством изображения). Также возможно разместить

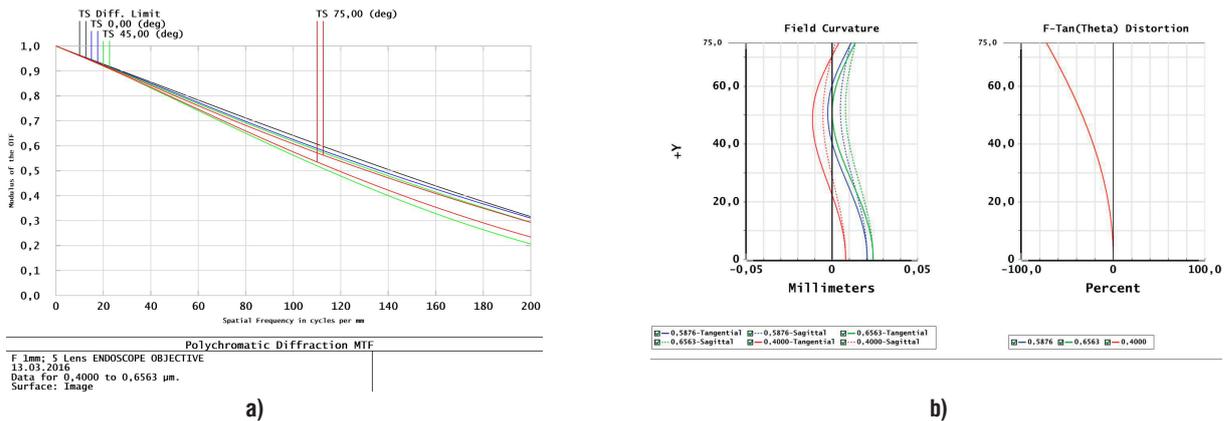


Рис. 9. а) График полихроматической функции передачи модуляции объектива эндоскопа, разработанного автором для компании Olympus America Inc. (USA), б) графики кривизны поля и дисторсии

Fig. 9. a) Plot of polychromatic modulation transfer function of a endoscope lens developed by the author for Olympus America Inc. (USA), b) Plots of a field curvature and distortion

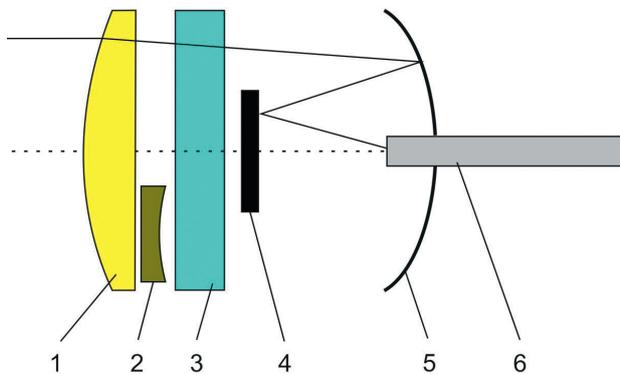


Рис. 10. Оптическая схема объектива эндоскопа сканирующего типа, разработанная автором:

- 1 – первичная оптика, 2 – оптика вспомогательного канала, 3 – модулятор, 4 – MEMS зеркало, 5 – зеркало, 6 – волоконный фотоприёмник

Fig. 10. Optical scheme of a scanning type endoscope lens developed by the author: 1 – primary optics, 2 – secondary channel optics, 3 – modulator, 4 – MEMS mirror, 5 – mirror, 6 – fiber photo detector

насадку (контактный микрообъектив), позволяющую прижизненно исследовать клеточные структуры биологического объекта.

Развитие технологий производства матричных фотоприёмников позволило создать эндоскопические системы малого диаметра с возможностью регистрации большого количества информации. С целью увеличения количества регистрируемой информации возникла необходимость в динамических оптических системах. К ним относятся все системы с подвижными компонентами, применяемыми как для фокусировки на заданную дистанцию, так и в некоторых случаях для изменения фокусного расстояния объектива (панкратическая система). Примером эндоскопической системы с внутренней фокусировкой является объектив [Патент США, 2013].

Объектив (рис. 6) имеет шестилинзовую конструкцию, третий компонент является перемещаемым.

Поскольку количество собираемой объективом информации в общем случае не зависит от его поля зрения, то в некоторых случаях является оправданным применение систем сканирующего типа. В качестве примера на рис. 7 показана система с призмным элементом, наклоняющим оптическую ось системы [Патент США, 2007]. Сканирование осуществляется поворотом призмного элемента.

Применение авторских методик оптимизации архитектуры оптических систем [Бирючинский С.Б., 2015] позволило найти решения, недоступные ранее. В качестве примера на рис. 8 а приведена оптическая схема объектива эндоскопа [Патент США, 1974], модифицированная автором для компании Olympus America Inc. (USA).

По сравнению со схемой-аналогом (рис. 1 а), представленный объектив имеет качество изображения, близкое к дифракционному (рис. 8 б, с), что позволяет его успешно применять с современными матричными фотоприёмниками. Кроме того, конструктивно система заметно проще аналога (четыре плоские поверхности). Плоская поверхность фронтальной линзы также является важным технологическим критерием.

В настоящее время востребованными также являются и сверхширокоугольные объективы для матричных фотоприёмников. Ввиду малого фокусного расстояния подобных систем и сравнительно низкого относительного отверстия, большинство таких объективов являются статичными. Одним из примеров таких систем является объектив [Патент РФ, 2012] отечественной разработки. Ввиду несовершенства и отсталости методик расчёта, применяемых в РФ [Бирючинский С.Б., 2015], полученное авторами [Патент РФ, 2012] решение не является оптимальным несмотря на низкое относительное отверстие (1:8).

Для сравнения, на рис. 9 а, б показаны результаты расчёта сверхширокоугольного (поле зрения 150°) объектива, разработанного автором. Объектив имеет пя-

тилинзовую схему с тремя плоскими поверхностями. Фронтальная поверхность первой линзы является плоской. Объектив обладает относительным отверстием 1:5 при фокусном расстоянии 1 мм. График кривизны поля зрения (рис. 9 б) показывает отличную коррекцию по всему полю.

В настоящее время ведутся исследования построения оптических систем для эндоскопии с одним волоконным приёмником малого диаметра. Здесь возможны варианты с волоконно структурированного типа (диаметр зонда с объективом в данном случае может быть меньше 500 мкм). Другое направление заключается в применении микроэлектромеханических систем (MEMS) для сканирования в сочетании с одномодовым волоконным фотоприёмником.

На рис. 10 показан пример сканирующей системы, разработанной автором. Отличительной особенностью данной системы является возможность построения карты глубины изображения, что позволяет эффективно применять данную систему во время микрохирургических операций.

Постоянное развитие и совершенствование технологий оптического производства позволяет применять на практике более сложные оптические системы, в том числе, с дифракционной и асферической оптикой. Большую актуальность также имеет разработка систем с применением 3D технологий. Основные работы направлены как на дальнейшую миниатюризацию изделий, так и на снижение себестоимости прибора. ■

## ЛИТЕРАТУРА

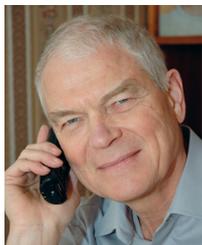
1. www.lighthouseoptics.com.
2. Clancy N.T., et al., «Spectrally encoded fiber-based structured lighting probe for intraoperative 3D imaging.» *Biomedical Optics Express*, vol. 2, no. 11, pp. 3119–3128, 2011.
3. Milton Laikin, «Lens Design», Fourth Edition, CRC Press 2006.
4. Wu Q., Xiang Y., Yang B., Song Q., Hou L.J., Wu Q.Q., «Optical Design of Endoscopic Telecentric Measuring Apparatus», *Key Engineering Materials*, Vol. 552, pp. 325–328, May. 2013.
5. Lilai Tang, Chao Hu, Kang Xie, Chang Cheng, Zhiyong Liu «Optimized Design of Capsule Endoscopy Lens Based on ZEMAX»// *Proceeding of the IEEE International Conference on Information and Automation Shenzhen, China June 2011*, pp. 57–62.
6. Бирючинский С.Б. Информационная пропускная способность кинематографических объективов//*Мир Техники Кино.* – 2014–2(8), с. 16–19.
7. Бирючинский С.Б. Моделирование и оптимизация архитектуры оптических систем для современного кинематографа//*Мир Техники Кино.* – 2015–3 (9), с. 29–33.
8. Газеева И.В., Тихомирова Г.В., Чафонова В.Г. Автоматизация контроля и коррекции разномасштабности изображений стереопары//*Мир техники кино.* – 2014–3 (8), с. 15–27.
9. www.grintech.de.
10. Vivirito P., et al., «Restoration of out-of-focus images based on circle of confusion estimate,» in *Proc. International Symposium on Optical Science and Technology*, 2002.
11. Патент США US 4059344 (1974).
12. Патент США US 4693568 (1987).
13. Патент США US 6252722 (2001).
14. Патент США US 6695775 (2004).
15. Патент США US 7280283 (2007).
16. Патент США US 9119552 (2015).
17. Патент США US 8456767 (2013).
18. Патент США US 7889434 (2011).
19. Патент РФ RU 2 464 599 (2012).

## REFERENCES

1. www.lighthouseoptics.com.
2. Clancy N.T., et al., «Spectrally encoded fiber-based structured lighting probe for intraoperative 3D imaging.» *Biomedical Optics Express*, vol. 2, no. 11, pp. 3119–3128, 2011.
3. Milton Laikin, «Lens Design», Fourth Edition, CRC Press 2006.
4. Wu Q., Xiang Y., Yang B., Song Q., Hou L.J., Wu Q.Q., «Optical Design of Endoscopic Telecentric Measuring Apparatus», *Key Engineering Materials*, Vol. 552, pp. 325–328, May. 2013.
5. Lilai Tang, Chao Hu, Kang Xie, Chang Cheng, Zhiyong Liu «Optimized Design of Capsule Endoscopy Lens Based on ZEMAX»//*Proceeding of the IEEE International Conference on Information and Automation Shenzhen, China June 2011*, pp. 57–62.
6. Biryuchinskiy S. Information capacity of cinematic lenses//*World of technique of cinema.* – 2014–2 (8), pp. 16–19.
7. Biryuchinskiy S. Modelling and optimization of optical systems for the architecture of modern cinema//*World of technique of cinema* – 2015–3 (9), pp. 29–33.
8. Gazeeva I., Tihomirova G., Chafonova V. Automation control and correction of different scales images of a stereo pair//*World of technique of cinema* – 2014–3 (8). pp. 15–27.
9. www.grintech.de.
10. P. Vivirito, et al., «Restoration of out-of-focus images based on circle of confusion estimate,» in *Proc. International Symposium on Optical Science and Technology*, 2002.
11. United States Patent US 4059344 (1974).
12. United States Patent US 4693568 (1987).
13. United States Patent US 6252722 (2001).
14. United States Patent US 6695775 (2004).
15. United States Patent US 7280283 (2007).
16. United States Patent US 9119552 (2015).
17. United States Patent US 8456767 (2013).
18. United States Patent US 7889434 (2011).
19. Patent RU 2 464 599 (2012).



# КИНО – В ТЕАТРЕ



Ю.А. Индлин, к.т.н., [7654081@mail.ru](mailto:7654081@mail.ru),  
 Филиал «Научно-исследовательский кинофотоинститут»  
 АО «ТПО «Киностудия им. М. Горького», РФ

## Аннотация

Театральные залы иногда используются для показа кино. Измерения в одном из таких залов (оперный зал Мариинка-2 в Санкт-Петербурге) показали, что его акустические характеристики не подходят для демонстрации современного многоканального кино.

**Ключевые слова:** акустика оперного зала, время реверберации, индекс разборчивости речи, акустические измерения.

## CINEMA – IN THEATRE

*Yu. Indlin, Ph. D, branch «Cinema and Photo Research Institute» JSC «Gorky Film Studio», Russia*

### Abstract

*Concert halls are sometimes used for film exhibition. Measurements in one of these halls (the Opera hall Mariinsky-2 in St. Petersburg), showed that the acoustic characteristics are not suitable for demonstration of modern multi-channel cinema.*

**Keywords:** *acoustics of the Opera hall, reverberation time, speech transmission index, acoustic measurements.*

■ К лаборатории акустики НИКФИ обратились с предложением: провести акустические измерения и оценить степень пригодности акустики оперного зала (Мариинка-2 в Санкт-Петербурге) к проведению кинопоказов, которые там регулярно проводятся (рис. 1).

Измерения проводились с использованием в качестве источника звука центрального фронтального громкоговорителя. Подаваемый на него измерительный сигнал создавался программой EASERA, установленной на компьютере. Измерительный микрофон находился в одной из равномерно распределённых по партеру точек, три из

которых были вблизи продольной оси зала, три других – на краю партера (более подробные измерения были невозможны из-за дефицита выделенного нам времени). Измерения проводились дважды в каждой точке. В процессе измерений сигнал с микрофона через беспроводную систему возвращался в компьютер, где после обработки получался весь спектр необходимых акустических параметров.

Измерения проводились в пустом зале без занавесей и декораций. Однако непосредственно за фронтальными громкоговорителями висел задник из плотной ткани.

В результате измерений получена усреднённая по партеру величина времени реверберации в функции частоты (табл. 1, рис. 2). Там же даны величины, пересчитанные для заполненного публикой зала.

Рекомендованное стандартом DNL время реверберации на средних частотах (октавная полоса со средней частотой 1000 Гц) для такого зала объёмом 18000 м<sup>2</sup> составляет примерно 1 сек. Понятно, что время реверберации в зале избыточно для кинопоказа даже при полном зале (1,75 сек.).

Избыточность времени реверберации приводит к нарушению замысла звукооператора, который записывал фонограмму в стандартных акустических условиях.



Рис. 1. Оперный зал (Мариинка-2 в Санкт-Петербурге)

Табл. 1. Частотная характеристика времени реверберации

	Октавные полосы со среднегеометрической частотой, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Т пусто, измеренное, с	2,47	2,34	2,26	2,13	2,00	1,81	1,64	1,1
Т полно, расчёт, с	2,05	1,96	1,93	1,81	1,70	1,54	1,29	–

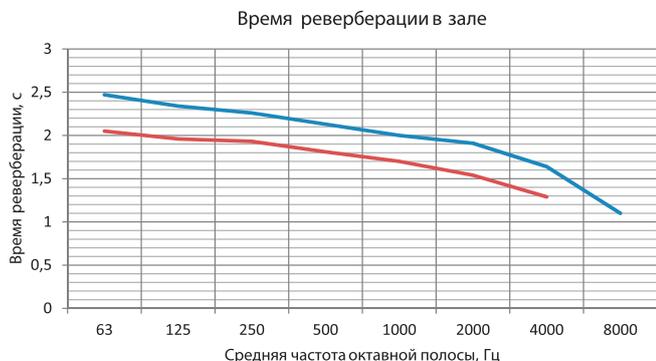


Рис. 2. Частотные характеристики времени реверберации: верхняя кривая – результаты измерений в пустом зале, нижняя кривая – результат пересчёта при заполнении зала публикой



Рис. 3. Ограждение ложи

Кроме того, это ухудшает разборчивость речи.

Впрочем, измеренный индекс разборчивости речи STI, усреднённый по залу, оказался равным 0,65, что соответствует качественной оценке «хорошо»: 0,625 в центральной области партера, 0,675 на краю (границей между оценкой «хорошо» и «удовлетворительно» служит величина индекса, равная 0,6).

Такой относительно высокий для этого времени реверберации индекс STI объясняется двумя причинами.

Во-первых, фронтальные громкоговорители имеют довольно узкую направленность по вертикали, что уменьшает их вклад в реверберационную составляющую звучания.

Во-вторых, ограждения боковых лож улучшают разборчивость речи, направляя первые отражения в партер (дело в том, что гладкие барьеры имеют наклон ортогонально вверх (рис. 3), так что первые отражения от звука фронтального громкоговорителя, установленного на высоте около четырёх метров, как раз попадают в партер).

Прослушивания фонограмм показало, что, несмотря на формально хорошую разборчивость речи, одновременное с речью звучание музыки частично маскирует речь и хорошо проявляет особенности дикции актёров: одни звучат вполне разборчиво, другие – нет.

Результаты измерений и особенности интерьера зала позволяют сделать некоторые выводы о его акустике в режиме оперного представления.

Известный акустик Л. Беранек [Beranek L.L., 1996], опросив музыкальных специалистов (дирижёров, музыкантов, критиков), составил рейтинг лучших оперных залов и сопоставил его с результатами акустических измерений в этих залах.

Оказалось, что время реверберации на средних частотах в лучших оперных залах лежит в довольно широких пределах: от 1,1 сек. (Paris, Opera Garnier) до 1,6 сек. (Dresden, Semperoper). Принято считать, что время реверберации 1,5 сек. должно служить хорошим ориентиром для проектировщика.

В Мариинке-2 время реверберации на средних частотах в заполненном зале составляет 1,7 сек., что оптимально, скорее, для симфонического зала, чем для оперного.

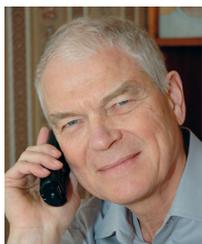
Акустическое качество оперного зала тесно связано с индексом биноурального качества (BQI), который, в свою очередь, зависит от энергии ранних боковых отражений, приходящих к слушателю. Боковые ранние отражения особенно важны для партера, который в наибольшей степени страдает от отсутствия ранних отражений (потолок слишком высок, чтобы поставлять ранние отражения в партер). Поэтому в акустически удачных оперных залах ограждения лож отражают звук в партер, а относительная площадь «окна» ложи минимизирована (в театре La Scala, например, «окно» занимает лишь 43% площади условной стенки, отделяющей зал от лож и балконов).

В Мариинке-2 увеличена высота лож и балконов (это отмечалось как достоинство), а небольшое по относительной площади ограждение (рис. 3) посылает в потолок ранние отражения звука голоса певцов на сцене. Это позволяет предположить низкую величину BQI в партере.

Впрочем, для точной оценки этого и других акустических параметров нужны акустические измерения по стандартизированной методике с ненаправленным источником звука на сцене. ■



# ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАТУХАНИЯ ЗВУКА В ВОЗДУХЕ ЗАЛОВ



Ю.А. Индлин, к.т.н., 7654081@mail.ru,  
Филиал «Научно-исследовательский кинофотоинститут»  
АО «ТПО «Киностудия им. М. Горького», РФ

## Аннотация

Зависимость времени реверберации в помещении от температуры и влажности воздуха даётся показателем затухания  $m$  (размерность 1/м), входящим в известную формулу Эйринга. Упоминаемые в нашей справочной литературе значения показателя затухания  $m$  – противоречивы. Подробные табличные данные о затухании звука в воздухе имеются в соответствующем ГОСТе на базе стандарта ИСО. Но даны они в форме коэффициента затухания  $\beta$  (размерность дБ/км). Проведённый вывод формулы Эйринга с использованием коэффициента затухания  $\beta$  установил простую связь между  $\beta$  и  $m$ , позволяющую получать  $m$  из таблиц для  $\beta$ .

**Ключевые слова:** время реверберации, формула Эйринга, затухание звука в воздухе.

ATTENUATION INDEX OF SOUND DURING PROPAGATION IN HALLS

Yu. Indlin, Ph. D, branch «Cinema and Photo Research Institute» JSC «Gorky Film Studio», Russia

## Abstract

The dependence of reverberation time in room on temperature and humidity is given by the attenuation index  $m$  (the dimension 1/meter) within the well-known Eyring formula. Reference literature values of index  $m$  – contradictory. Detailed tabular data on the attenuation of sound in air are available in the appropriate GOST based on the ISO standard. However, the data are in the form of the attenuation coefficient  $\beta$  (dimension dB/km). The derivation of the Eyring formula using the attenuation coefficient  $\beta$  has established a simple relationship between  $\beta$  and  $m$ , allowing obtaining  $m$  from the tables for  $\beta$ .

**Keywords:** reverberation time, Eyring formula, attenuation of sound in air.

■ Классическая формула Эйринга для расчёта времени реверберации имеет вид:

$$T_s = 0.161V / [-S \ln(1 - \alpha) + 4mV], \quad (1)$$

где:  $V$  – объём зала,

$S$  – площадь внутренних поверхностей зала,

$\alpha$  – средний коэффициент поглощения внутренних поверхностей зала,

$m$  – показатель затухания звука в воздухе.

Показатель затухания зависит от частоты, температуры и влажности воздуха.

Численные значения показателя затухания, приводимые в нашей справочной литературе, противоречивы и ограничены несколькими высокими частотами.

Компьютерные программы также не всегда надёжны в этом отношении [http://indlin].

Между тем, существует ГОСТ на базе стандарта ИСО [ГОСТ 31295.1–2005], в котором приводятся результаты расчёта затухания в табличной форме для следующих условий:

- частота звука: от 50 до 10000 Гц,
- температура: от минус 20°C до плюс 50°C,
- относительная влажность: от 10% до 100%,
- атмосферное давление: одна стандартная атмосфера.

Табл. 1. Значения коэффициента затухания  $\beta$  вследствие атмосферного поглощения, дБ/км

Относительная влажность, %	Частота, Гц			
	500	1000	2000	4000
50	2.73	4.66	9.86	29.4
60	2.79	4.80	9.25	25.4
70	2.80	4.98	9.02	22.9
80	2.77	5.15	8.98	21.3

Табл. 2. Значения показателя затухания  $m$  вследствие атмосферного поглощения, 1/м

Относительная влажность, %	Частота, Гц			
	500	1000	2000	4000
50	0.00063	0.00107	0.00227	0.00676
60	0.00064	0.00110	0.00213	0.00584
70	0.00064	0.00114	0.00207	0.00527
80	0.00064	0.00118	0.00206	0.00467

Правда, даны они в форме коэффициента затухания  $\beta$  в дБ/км. Чтобы их использовать, нужно выразить показатель затухания  $m$  (размерность 1/м) через коэффициент затухания  $\beta$  (размерность дБ/км).

Проведём вывод формулы Эйринга с использованием  $\beta$ . Пусть в момент времени 0 энергия излучаемого импульса равна 1, т. е.  $E(0) = 1$ .

В момент времени  $\tau = L/c$  получаем  $E(\tau) = (1 - \alpha) 10^{0.1 B}$ , где  $\tau$  – среднее время свободного пробега,  $L$  – средняя длина свободного пробега,  $c$  – скорость звука в воздухе,

$B = -\beta L 10^{-3}$  – выраженное в логарифмической форме (дБ/м) затухание за путь  $L$ .

В момент времени  $2\tau$  получаем  $E(2\tau) = [(1 - \alpha) 10^{0.1 B}]^2$ .

В момент времени  $n\tau$  получаем  $E(n\tau) = [(1 - \alpha) 10^{0.1 B}]^n$ .

Время реверберации – это момент времени  $T = n\tau$ , в который энергия затухает на 60 дБ, т. е.

$$[(1 - \alpha) 10^{0.1 B}]^n = 10^{-6}$$

Отсюда получаем:

$$[(1 - \alpha) 10^{0.1 B}]^{T/\tau} = 10^{-6}$$

$$T/\tau = -6/\log [(1 - \alpha) 10^{0.1 B}]$$

$$T = -6L/c \log [(1 - \alpha) 10^{0.1 B}] = -6L/c [\log [(1 - \alpha) + 0.1 B]]$$

Подставив  $c = 343$  м/с,  $L = 4V/S$ ,  $B = -\beta L 10^{-3}$  и перейдя к натуральному логарифму ( $2.3 \log x = \ln x$ ), получим:

$$T = 0.161V/[-\ln(1 - \alpha) - 0.23BS] = 0.161V/[-\ln(1 - \alpha) + 0.00023 \beta 4V] \quad (2)$$

Сравнив (1) и (2), получим:

$$m = 0.00023 \beta \quad (3)$$

Введение в формулу Эйринга показателя затухания звука в воздухе обычно проводится через экспоненциальную функцию с показателем затухания  $\mu$ , равным обратной величине того пути, на котором плотность энергии уменьшается в  $e$  раз. Отсюда нетрудно получить тот же результат:

$$\mu = 0.00023 \beta = m$$

В таблице 1 приведена часть данных из стандарта [ГОСТ 31295.1–2005], относящихся к температуре 20° и одной стандартной атмосфере.

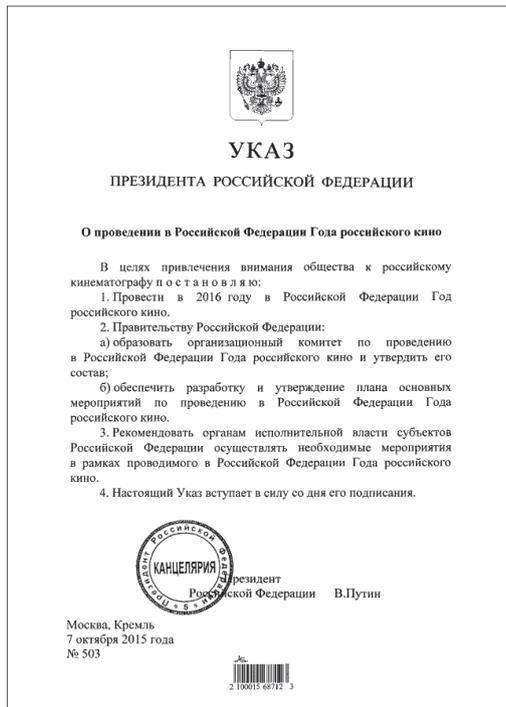
В таблице 2 даются значения показателя затухания согласно (3). ■

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. *Beranek L.L.* Concert halls and opera houses, How they sound. Acoustical Society of America, 1996.
2. *Индлин Ю.А.* Расчёт времени реверберации лучевым способом. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://indlin2014b.ucoz.ru/index/0-2>, свободный.
3. ГОСТ 31295.1-2005 (ИСО 9613-1:1993).



# 120 ЛЕТ КИНЕМАТОГРАФА В РОССИИ: 1896–2016



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.

■ Указ Президента России о проведении в 2016 году Года российского кино – знаковое, не случайное и своевременное событие. 2016 – год 120-летия кинематографа на российской земле, год знаковых юбилейных дат на творческом и техническом пути освоения нового искусства. Только беглый взгляд по датам, и за каждой – событие, веха в истории страны, истории кино. 120 лет первой киносъёмке, 110 лет первой киносъёмке государственного протокола, 105 лет первому полнометражному фильму, 85 лет первому звуковому, 80 лет первому цветному... Юбилеи, юбилеи, юбилеи...

Как делал первые шаги и развивался отечественный кинематограф, как совершенствовалась техника съёмки

и внедрялись новейшие разработки в кинопроизводство, обо всём этом наш журнал постарается рассказать в течение 2016 года – Года российского кино.

## Первые двадцать лет

«... Синематограф – это движущаяся фотография. На большой экран, помещённый в тёмной комнате, отбрасывается сноп электрического света, и вот на полотне экрана появляется большая – аршина два с половиной длины и полтора в высоту – фотография. Это улица Парижа. Вы видите экипажи, детей, пешеходов, застывших в живых позах, деревья, покрытые листвой. Всё это неподвижно: общий тон – серый тон гравюры, все фигу-

ры и предметы вам кажутся в одну десятую натуральной величины.

*И вдруг что-то где-то звучно щёлкает, картина вздрагивает, вы не верите глазам.*

*Экипажи идут с экрана прямо на вас, пешеходы идут, дети играют с собачкой, дрожат листья на деревьях, едут велосипедисты – и всё это, являясь откуда-то из перспективы картины, быстро двигается, приближается к краям картины, исчезает за ними, появляется из-за них, идёт вглубь, уменьшается, исчезает за углами зданий, за линией экипажей, друг за другом... Пред вами кипит странная жизнь – настоящая, живая, лихорадочная жизнь главного нервного узла Франции...»*

Эти строки, опубликованные 6 июля 1896 года в газете «Одесские новости», принадлежат перу Алексея Максимовича Горького, который был одним из тех россиян, кто познакомился с «Синематографом» в первые дни его демонстрации в городах России. И таких зрителей были сотни. Изобретение Люмьеров не только победным маршем шло по городам Европы, но и прокатилось по всей России от Петербурга до Владивостока всего за один год.

#### ПЕРВЫЕ ДЕМОНСТРАЦИИ «СИНЕМАТОГРАФА» В ГОРОДАХ РОССИИ

(Все даты указаны по новому стилю)

**БАРНАУЛ – 2 июня 1897 года.** Привёз «живые картины» единственный в Сибири владелец аппарата «Синематограф» Ф. Махотин.

**БЛАГОВЕЩЕНСК – 22 июня 1897 года.** Первый киносеанс организован С. О. Маржецким.

**ВЕРХ-ИСЕТСК – 8 декабря 1896 года.**

**ВИТЕБСК – 13 февраля 1898 года.**

**ВЛАДИВОСТОК – 14 июня 1897 года.** Иллюзион № 1 находился на перекрёстке улиц Светланской и Суйфунской, а открыл его американец Хагберг. Стоимость билета составляла 1 рубль для взрослого и 50 копеек для ребёнка (большие деньги по тем временам! Для сравнения: пуд красной рыбы стоил 1 руб. 20 коп.). Работал «иллюзион» с 14 до 18 часов.

**ГАТЧИНА – 3 июля 1905 года.** А. О. Дранков провёл киносеанс перед царской семьёй во главе с вдовствующей императрицей Марией Фёдоровной.

**ЕКАТЕРИНБУРГ – 19 ноября 1896 года.** Демонстрация синематографа Люьера проходила в городском театре.

**ЕКАТЕРИНОСЛАВ – 7 ноября 1896 года.** «Синематограф», в первый раз появившийся в нашем городе и демонстрируемый его владельцем господином Маржецким в городском театре, представляет собой интересное поучительное зрелище...».

**ИРКУТСК – 24 марта 1897 года.** В зале общественного собрания состоялся первый киносеанс благодаря семейству Сбаргулап, которое и привозило первое время «волшебные картинки». Господин Дерсен привозил в Иркутск картины Парижской выставки 1900 года.

**КЕРЧЬ – 1897 год.**

**КИЕВ – 13 декабря 1896 года.** В театре Бергонье (ныне театр им. Леси Украинки) демонстрировались: «Прибытие поезда», «Политый поливальщик», «Танцующая балерина» и др.

**КИШИНЁВ – 1897 год.** Первые кинопоказы представителем фирмы Люмьеров Феликсом Масгисшем в Кишинёве прошли в Дворянском клубе, располагавшемся на месте нынешнего кинотеатра «Патрия-Центру».

**КРАСНОЯРСК – 21 марта 1897 года.** Кинопоказ организован С. О. Маржецким.

**КУРСК – 14 мая 1897 года.** Первый киносеанс прошёл в здании городского театра – сейчас это кинотеатр имени Щепкина.

**ЛИВАДИЯ – 17 ноября 1902 года.** В Ливадийском дворце для членов царской семьи был устроен кинопросмотр.

**МОСКВА – 18 мая 1896 года.** Состоялся первый информационный просмотр «Синематографа Люьера» в Москве в театре Солодовникова (ныне здание Театра оперетты на Б. Дмитровке), а первая публичная демонстрация прошла на открытии летнего сезона в театре московского сада «Аквариум».

7 января 1898 года в здании Верхних торговых рядов (ГУМ) на Красной площади открылся первый в России стационарный кинотеатр. Сеансы с 14 до 23 часов ежедневно.

**НИЖНИЙ НОВГОРОД – май 1896 года.** На XVI Всероссийской промышленной и художественной выставке в кафе-шантане Шарля Омона нижегородцы увидели все люмьеровские фильмы, ставшие ныне классикой начального периода истории мирового кинематографа: «Выход с завода», «Кормление младенца», «Прибытие поезда», «Политый поливальщик».

**НОВГОРОД – 1896 год.** Первая демонстрация синематографа состоялась на рыночной площади.

**НОВНИКОЛАЕВСК (Новосибирск) – 1896 год.** Из двух киноаппаратов Люьера, выставленных для демонстрации и продажи на Всероссийской Нижегородской выставке, один аппарат и несколько фильмов купил купец Ф. Ф. Махотин. Он приспособил под первый «синематограф» деревянный барак на Ярмарочной площади. Кинотеатр обслуживали московские фирмы Пате, Либкенс и Ханжонкова.

**НОВОРОССИЙСК – 1897 год.** А. И. Гуцман открыл в городе первый синематограф.

**ОДЕССА – 1897 год.**

**ОМСК – 24 января 1897 года.** Первый киносеанс организован С. О. Маржецким. Показаны: «Человек-змея», «Купальня», «Улица Парижа», «Приход поезда», «Гимнастические упражнения на трапеции», «Столярная мастерская».

**ОРЁЛ – 7 декабря 1896 года.**

**ПЕНЗА – 16 декабря 1896 года.** Первый киносеанс прошёл в театре Вышеславцева.

**ПЕРМЬ – 5 октября 1896 года.** «Пермские новости» публикуют следующее объявление: «Новость!

«Кинематограф» – живая движущаяся фотография и микрофон. Ежедневно демонстрируются от 4 до 11 вечера. Сеанс каждый час. За вход 50 коп., дети 30 коп., нижние чины 20 коп.».

**ПУШКИНО – 25 июля 1897 года.** В летнем саду города.

**РЕВЕЛЬ (Таллинн) – 4 октября 1896 года.** В здании городской Биржи.

**САМАРА – 20 мая 1904 года.** В городском театре демонстрировался фильм «Пожар в Лондоне».

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ – 16 мая 1896 года.** Демонстрация «живой фотографии» – кинематографа Люмьеров в петербургском саду «Аквариум». В этом же году в доме № 46 по Невскому проспекту открывается первый в городе стационарный кинотеатр.

**САРАТОВ – июль 1897 года.**

**СЕВАСТОПОЛЬ – 16 января 1901 года.** В помещении Севастопольского Городского собрания (ныне площадь Лазарева) был дан сеанс «лучшего в мире кинематографа Люмера (все картины в красках)».

**СЕМИПАЛАТИНСК – 6 июля 1897 года.**

**СИМФЕРОПОЛЬ – середина мая 1899 года.** В Дворянском театре была продемонстрирована кинолента, которая, как сообщала газета «Крым», показывала «изображения Высочайших особ».

**ТАГАНРОГ – 1901 год.** В здании городского театра состоялся первый киносеанс.

**ТОМСК – 11 февраля 1897 года.** Первый киносеанс организован С. О. Маржецким.

**ТОТЬМА – 26 апреля 1913 года.** В актовом зале учительской семинарии состоялась первая в Тотме демонстрация художественного фильма. На премьере, как свидетельствуют архивные источники, присутствовали 27 зрителей.

**УСТЬ-СЫСОЛЬСК – 16 августа 1905 года.** На первом в городе киносеансе показывали французский фильм «Погоня за женихом». «Кто-то из местных жителей переносил французские надписи. Зал был полон».

**УФА – 29 сентября 1901 года.** Показ первых фильмов производился на Верхнеторговой площади и в зале Дворянского Собрания (ныне Академия искусств).

**ФЕОДОСИЯ – 1897 год.**

**ХАБАРОВСК – 11 июля 1897 года.** Первый киносеанс организован С. О. Маржецким.

**ХАРЬКОВ – 13 декабря 1896 года.** Первая демонстрация кинематографа прошла в оперном театре.

**ЧЕРНИГОВ – 1897 год.** С помощью «волшебного фонаря» в Чернигове впервые были продемонстрированы «живые картины». 10 лет спустя открылся стационарный кинематограф «Иллюзион», а затем «Экспресс», «Люкс», «Мираж» и другие.

**ЧИТА – 3 июня 1897 года.** Первый киносеанс организован С. О. Маржецким в городском Общественном собрании.

**ЯЛТА – 1897 год.**

Кинематограф прижился в России сначала в виде аттракциона в балаганах на ярмарках. Чуть позже появились первые стационарные кинотеатры. Через 9 лет после первых просмотров в России появилось собственное кинопроизводство.



Обложка справочника «Вся кинематография» (1916)

### РУССКАЯ ДОРЕВОЛЮЦИОННАЯ КИНЕМАТОГРАФИЯ В ЦИФРАХ

За первые двадцать лет развития российский кинобизнес достиг значительных успехов. По данным справочника «Вся кинематография» (настольная адресная справочная книга 1916 года), выпущенного в 1916 году, состояние дел в российском кинематографе характеризуется следующими показателями:

#### «Производство.

*В 1912 году в России было пять фирм, производящих картины. Общий негативный метраж выражался в цифре – 81.000 метров.*

*Ввоз картин заграничного производства в этом же году составил 6.500.000 метров (позитива).*

*В 1915 году выпуском картин в России были заняты 22 фирмы. Общий негативный метраж составил за этот год 482.000 метров. Что, считая в среднем по 15 позитивов каждой картины, – даст приблизительно 7.200.000 метров лент русского производства.*

*Детали, иллюстрирующие эту картину, следующие: вместо 4 павильонов – 19; вместо нескольких десятков*

лиц, занятых в кинематографическом производстве, операторов, режиссёров, артистов, лаборантов – целая армия опытных профессиональных работников, созданная в два года, почти «экспромтом».

Ряд хорошо оборудованных лабораторий, собственные «юпитеры», принадлежности для аппаратов и... девять журналов, посвящённых экрану. Столько же акционерных обществ.

#### Прокатное дело.

Прокатных контор в России насчитывается в настоящее время (не считая мелких, работающих неофициально) 42. Общий оборот прокатного дела, судя по данным нашей анкеты (1,134 ответа), должен превышать 18.000.000 руб. Цифру эту можно считать минимальной, вследствие недостаточной полноты данных.

#### Театральное дело.

Исходя из данных о благотворительном сборе с билетов (до введения военного налога), за сезон 1914–1915 года общая сумма оборота театрального дела составила 142.000.000 руб. (Среднюю стоимость билета мы принимали для этого расчёта в 35 коп.)»

В 1915 году в России насчитывалось 1393 кинотеатров, в том числе, в Петрограде – 140, Москве – 67, Архангельске – 5, Астрахани – 8, Арзамасе – 3, Андижане – 4, Ачинске – 5, Ашхабаде – 4, Армавире – 6, Алуште – 1, Баку – 8, Батуми – 5, Барнауле – 2, Бендерах – 1, Бердичеве – 3, Бердянске – 4, Белгороде – 4, Благовещенске – 2, Бобруйске – 3, Брянске – 3, Виннице – 2, Витебске – 6, Владикавказе – 4, Владивостоке – 7, Владимире – 2, Вологде – 8, Воронеже – 8, Верном (Алма-Ата) – 2, Вятке – 4, Гельсингфорсе – 6, Гори – 1, Гомеле – 5, Евпатории – 2, Екатеринбурге – 5, Екатеринодаре – 4, Екатеринославе – 6, Елизаветграде – 4, Житомире – 5, Жмеринке – 1, Златоусте – 2, Иваново-Вознесенске – 9, Иркутске – 10, Казани – 10, Канске – 2, Калуге – 4, Камышине – 4, Керчи – 6, Кишиневе – 4, Киеве – 12, Клине – 1, Коломне – 3, Костроме – 5, Красноярске – 4, Кременчуге – 2, Кривом Роге – 3, Кургане – 1, Курске – 5, Кутаиси – 4, Липецке – 2, Луганске – 5, Майкопе – 5, Мариуполе – 6, Минске – 6, Могилеве – 10, Нижнем Новгороде – 5, Николаеве – 9, Ново-Николаевске – 4, Новороссийске – 9, Новгороде – 2, Одессе – 26, Омске – 7, Орехово-Зуеве – 6, Оренбурге – 7, Орле – 5, Перми – 7, Пензе – 8, Петрозаводске – 3, Подольске – 5, Полоцке – 6, Полтаве – 6, Пскове – 5, Пятигорске – 5, Ревеле – 4, Риге – 22, Ростове-на-Дону – 5, Рязани – 6, Самарканде – 4, Самаре – 12, Саратове – 21, Севастополе – 5, Симферополе – 5, Симбирске – 6, Смоленске – 5, Сочи – 2, Ставрополе – 3, Сухуми – 3, Ташкенте – 3, Тамбове – 5, Таганроге – 5, Твери – 5, Тифлисе – 8, Тобольске – 2, Томске – 6, Туле – 10, Тюмени – 3, станице Урюпинской – 3, Уральске – 5, Уфе – 7, Феодосии – 5, Харькове – 16, Харбине – 4, Хабаровске – 3, Херсоне – 10, Царицыне – 13, Чебоксарах – 1, Челябинске – 4, Чите – 4, Эривани – 2, Якутске – 2, Ялте – 5, Ярославле – 8.

А началось всё в мае 1896 года...

Первая демонстрация «живой фотографии» – синемаатографа Люмьеров в петербургском саду «Аквариум» прошла 16 мая 1896 года во время опереточного спектакля «Альфред-паша в Париже», в антракте между вторым и третьим действиями были показаны фильмы: «Выход рабочих с фабрики», «Поезд», «Полк», «Игра в карты», «Стена», «Море» и др. Первый в России киносеанс организовал и провёл кинооператор и кинемеханик братьев Люмьер **Франсис Дублие (Francis DOUBLIER)**. «Петербургский листок» отмечал, что «восторг зрителей был громадный, так что по требованию публики пришлось ещё раз показать картину, изображающую прибытие поезда».

В этом же году в доме № 46 по Невскому проспекту открывается первый в городе стационарный кинотеатр (ныне здесь находится ресторан «Нева»).



Невский проспект, дом № 46 в начале XX века

Объявление в московской газете «Новости дня» от 26 мая 1896 года о первых сеансах синемаатографа Люмьеров в Москве

Через два дня после петербургской премьеры, 18 мая 1896 года, состоялся и первый информационный про-

смотр «Синематографа Люмьера» в Москве в театре Солодовникова (ныне здание Театра оперетты на Б. Дмитровке), а первая публичная демонстрация прошла на открытии летнего сезона в театре московского сада «Аквариум»: «Г-н Гюнсбург, проездом с парижской труппой оперетты на Нижегородскую ярмарку, показал несколько сюжетов: «Прибытие поезда», «Прохождение по улицам города воинской части», «Борьба клоунов», «Игра в карты», «Купание в море». 5 июня 1896 года состоялась первый сеанс «синематографа Люмьера» в театре сада «Эрмитаж» по окончании спектакля оперетты Рота «Славный тестюшка». Были показаны сюжеты: «Прибытие поезда», «Улица в Руанде», «Купание в море», «В кузнице», «Игра в карты», «Кормление детей».

26 мая 1896 года стало эпохальным событием не только в государственной истории Российской империи, но и в истории российского кинематографа. Коронация на Императорский престол Николая II стала поводом для проведения первых документальных киносъёмок в России. Почти сто лет почему-то авторство проведения первой киносъёмки в России приписывалось менеджеру Люмьеров Камиллу Серфу (Camille CERF), хотя это не соответствовало действительности. Сегодня, отмечая 120-летие этого знаменательного события, хочется напомнить имена подлинных кинооператоров, снимавших под руководством Камилл Серф (Camille CERF) коронационные торжества в России по заданию братьев Люмьер – это кинооператоры Франсис Дублие (Francis Doublie) и Шарль Муассон (Charles Moisson). Интересный факт: первый из них был ассистентом киномеханика, а второй – киномехаником на первом платном киносеансе братьев Люмьер 28 декабря 1896 года.

#### \*Монтажный лист:

1.	НДП	1,4	«Коронация Государя Императора Николая II Александровича» 14 мая (по старому стилю) 1896 г.
2.	Общ.	10,1	По улице Москвы проезжают парадные золочёные кареты в сопровождении свиты. В первой карете сидит императрица Александра Фёдоровна, (снято от здания Исторического музея). Оператор Франсис Доублиер (Francis DOUBLIER). КЛ № 1329.
3.	Общ.	4,8	Император Николай II и Императрица Александра Фёдоровна в сопровождении придворных шествуют по лестнице Красного крыльца, вниз на Ивановскую площадь в Успенский собор, (снято со стороны Благовещенского собора с высоты кровли временных трибун). Оператор Шарль Муассон (Charles MOISSON). КЛ № 1330.
4.	Общ.	7,8	Из Архангельского собора выходит Император Николай II и Императрица Александра Фёдоровна, присоединяются к торжественной процессии и под балдахином, в сопровождении придворных, проходит в сторону крыльца Благовещенского собора. Оператор Франсис Доублиер (Francis DOUBLIER). КЛ № 1331.
5.	Ср.	9,2	Торжественная процессия проходит в сторону Благовещенского собора. Оператор Франсис Доублиер (Francis DOUBLIER). КЛ № 1331.
6.	Общ.	6,6	Проходят представители различных национальностей. Оператор Шарль Муассон (Charles MOISSON). КЛ № 1328.
7.	Общ.	5,1	К крыльцу дома подъезжает карета, в неё садятся сановники. Оператор Шарль Муассон (Charles MOISSON). КЛ № 1325.
8.	Общ.	2,9	В карету садятся сановники. Оператор Шарль Муассон (Charles MOISSON). КЛ № 1326.

Расхожее мнение о том, что именно Камилл Серф снимал эти кадры, опровергает каталог фирмы братьев Люмьер. Специально для этой публикации, на основании Каталога Люмьеров, автор составил монтажный лист на сохранившийся в Российском государственном архиве кинофотодокументов (РГАКФД) этот документальный фильм с указанием кинооператора каждого плана этой съёмки (**см. монтажный лист**)\*.

Летом этого же года Люмьеры выпускают сохранившийся и в Российском государственном архиве кинофотодокументов документальный фильм:

#### «КОРОНАЦИЯ ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II В МОСКВЕ 26 мая 1896 года».

Россия. 1896, ч/б, 47,9 м., 35-мм, 1.33:1, немой. Съёмка 26 мая 1896 года в Москве. РГАКФД Уч. № 4875.

Операторы: Франсис Дублие (Francis DOUBLIER), Шарль Муассон (Charles MOISSON). Руководитель от компании Люмьеров Камилл Серф (Camille CERF).

Последний российский император из правящего дома Романовых, коронованный на царство 26 (14) мая 1896 года, вошёл в историю под именем Николая II.

**Аннотация:** Коронация Императора Николая II. Город Москва, 26 мая 1896 г.: движение парадных карет по улицам. Императрица Александра Фёдоровна в одной из карет. Император Николай II и императрица Александра Фёдоровна в сопровождении свиты проходят по территории Кремля.

Уже 29 сентября 1896 года на киноэкранах в России начали демонстрироваться первые российские документальные фильмы, снятые Альфредом Константиновичем Федецим: «Джигитовка казаков Первого оренбургского

казачьего полка» и «Народное гуляние на Конной площади в Харькове».

На Рождество 7 января 1898 года в здании Верхних торговых рядов (ГУМа) на Красной площади от-

Через одиннадцать лет после первого платного киносеанса Люмьеров в Париже, 28 декабря 1906 года Александр Алексеевич Ханжонков открыл в Москве первое русское кинопредприятие – Торговый дом «А. Ханжонков и К<sup>о</sup>».

Начав свою деятельность как контролера по закупке зарубежных картин (а других-то и не было), а затем освоив и их прокат в России, компания Ханжонкова уже через год переходит к производству собственных фильмов. А через пять лет становится лидером по числу выпущенных собственных картин и одним из самых технически оснащённых кинопредприятий мира.

В начале 1911 года в российской прессе появилось сообщение: «С высочайшего соизволения Его Императорского Величества государя императора, фабрикант русских кинематографических картин, состоящий в запасе по войску Донскому

есаул Ханжонков, приступает к съёмке грандиозной батальной картины «Осада Севастополя». Одновременно сообщалось, что съёмки будут производиться на подлинных местах боёв. Для съёмок картины Ханжонков закупает современную съёмочную киноаппаратуру. По некоторым данным, часть батальных эпизодов впервые в кино снималась сразу двумя камерами. Премьера первого русского полнометражного художественного



Коронационный кортеж в день торжественного въезда их императорских величеств в Москву. Красная площадь у Верхних Торговых рядов (ГУМа)

крылся первый в России стационарный кинотеатр, где ежедневно с 14 до 23 часов проводились платные киносеансы.

Ещё одной знаменательной датой в истории отечественного кино – днём рождения Военного кинематографа в России стал январь 1904 года в связи с выпуском на экраны первого военно-учебного кинофильма «Военная подготовка русской кавалерии».

<p>АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО <b>„А. ХАНЖОНКОВЪ и К<sup>о</sup>“</b> МОСКВА, Тверская, 24. ФИРМА СУЩЕСТВУЕТЪ СЪ 1906 ГОДА. Основной капитал 1.250.000 руб.</p>  <p>Производство русскихъ картинъ и Представительство заграничныхъ фабрикъ.</p>	<p>АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО <b>„А. ХАНЖОНКОВЪ и К<sup>о</sup>“</b> МОСКВА, Тверская, 24.</p> <p>КИНЕМА-ТЕАТЪРЪ МОСКВА, Триумфальная площадь, соб. зданіе.</p>  <p>Большой, трехъ-русный зрительный залъ въ стилѣ „РЕНЕССАНСЪ“ на 700 человекъ.</p> <p>Постоянный большой симфоническій оркестръ.</p>
---	---

Реклама фирмы Ханжонкова в справочнике «Вся кинематография» (1916)

1854 1855



**ОБОРОНА СЕВАСТОПОЛЯ**

БОЛЬШОЙ ЗАЛЪ КОНСЕРВАТОРІИ  
Общество Озномоленія съ Угортетическими Событіями Россіи.

22, 23 и 24 ноября 1911 года  
демонстрируется грандиозная историческая картина  
**ОБОРОНА СЕВАСТОПОЛЯ**

СЪ ВЫСОЧАЙШАГО СОИЗВОЛЕНІЯ воспроизведенная фабрикантомъ кинематографическаго искусства И. Ханжонковымъ на историческомъ мѣстѣ Севастопольскаго полуострова съ участіемъ военныхъ и флота.

Картина эта 18-го ноября с.г. демонстрировалась въ Ливадіи въ присутствіи ЕГО ИМПЕРАТОРСКОГО ВЕЛИЧЕСТВА ГОСУДАРЯ ИМПЕРАТОРА, Особи ИМПЕРАТОРСКОГО РЯТОВСКОГО ФЛИЦІИ и преемственно чинами.

Музыка къ этой картинѣ сочинила великая композиторъ Г. А. КВАЧЕНКО.

Въ демонстраціи картины участвуютъ симфоническій оркестръ, въ составѣ 60 человекъ, дирижеръ оркестра капитанъ артиллеріи и музыкальный преподаватель к. Крайневъ, хора въ составѣ 40 человекъ въ составѣ 180 человекъ подъ управленіемъ регента и. Давыдова.

Кинематографическое производство и монтажъ картинъ въ Москвѣ. Путь въ театръ по билетамъ въ 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 копеекъ.

Издательский распорядитель главный редакторъ фабрики А. Ханжонковъ и К<sup>о</sup>.  
членъ Общества дегретаторовъ и уполномоченный въ Россіи В. М. Голубовъ.

Афиша премьерных показов фильма «Оборона Севастополя» (1911)

фильма «ОБОРОНА СЕВАСТОПОЛЯ» прошла 28 октября 1911 года в большом зале Московской консерватории. Эта грандиозная (2000 м) картина стала первым русским полнометражным игровым фильмом. В наши дни фильм демонстрируется в кинопавильоне Музея героической обороны и освобождения Севастополя.

С 1911 года А. А. Ханжонков начинает регулярный выпуск киножурнала «Пегась», создаёт специальный Научный отдел и организует постоянный выпуск научно-просветительских фильмов. Начинает финансировать производство анимационных фильмов. На студии Ханжонкова начал свою творческую деятельность режиссёр Владислав Александрович Старевич, создатель целой серии уникальных анимационных фильмов, постановщик **первого в мире кукольного анимационного фильма «ПРЕКРАСНАЯ ЛЮКАНИДА»**, премьера которого состоялась 9 мая 1912 года в московском кинотеатре «Художественный».

Первоклассное для своего времени техническое обеспечение, высокопрофессиональный штат сотрудников и творческих работников компании Ханжонкова позволяли не только создавать значительные кинопроизведения для массового зрителя, но и проводить экспериментальные работы. К ним относится и первый фильм, выпущенный на экран через два часа после начала съёмки, который был снят и продемонстрирован на церемонии открытия кинотеатра «Пегась» Акционерного общества «А. А. Ханжонков и К°» в Москве 21 ноября 1913 года.

Свой кинотеатр «Пегась» Александр Алексеевич Ханжонков построил за 4 месяца по проекту архитектора А. А. Фольбаума. В начале августа 1913 года состоялась закладка фундамента нового кинотеатра, в этом же году 21 ноября «... вся Москва собралась на Триумфальной площади на торжество в АО «А. А. Ханжонков и К°», по случаю открытия с ананасами и шампанским «Электротeatра». Во время церемонии открытия кинотеатра «Пегась» кинооператоры А. А. Ханжонкова проводили киносъёмку этих торжеств. Через два часа участники мероприятия увидели себя на экране. Эта кинолента вошла в историю отечественного кино как «самая быстрая». А 26 декабря студия Ханжонкова поразила зрителей новым техническим достижением, **выпустив на экран первый в мире кукольный мультипликационный фильм с участием живых актёров «НОЧЬ ПЕРЕД РОЖДЕСТВОМ»**.

Отмечая в 2016 году 110-летие создания первого русского кинопредприятия, надо вспомнить и ещё об одном событии в российской политической истории, с которым непосредственно связано и 110-летие в развитии отечественной кинематографии.

Речь идёт о торжественных мероприятиях по случаю открытия первой Государственной Думы 27 апреля

**Восстановленные кадры из документальной киносъёмки торжественных мероприятий по случаю Государственного церемониала в Российской Империи и открытия первой Государственной Думы 27 апреля 1906 года**





### Журналы «Сине-Фоно», «Кино», реклама киноателье А. О. Дранкова

1906 года. Наш журнал в № 10 за 2008 год подробно рассказал о начавшихся работах по восстановлению этой киносъёмки, которые успешно завершились в 2013 году. Сегодня эти восстановленные кадры являются уникальным сохранившимся кинодокументом не только истории российского государства, но и истории отечественного кинематографа, потому что это:

- документальная киносъёмка первого заседания первой Государственной Думы;
- первая и единственная документальная киносъёмка Государственного церемониала в Российской Империи;
- первая в истории отечественной кинематографии съёмка в помещении и при искусственном освещении.

Вслед за Ханжонковым Александр Осипович Дранков на базе своего фотоателье в Санкт-Петербурге в 1907 году открывает «Первое синематографическое ателье А. О. Дранкова», где снимает первый сюжетный фильм в России, ставший и первой экранизацией произведения А. С. Пушкина «БОРИС ГОДУНОВ».

В этом же году 23 августа вышел первый номер журнала «Кино» – приложение к фото-журналу «Светопись», и с 14 октября начал издаваться первый в России специализированный журнал «Сине-Фоно» (первый главный редактор С. В. Лурье), который выходил в Москве до мая 1918 года.

15 октября 1908 года фирма А. О. Дранкова выпустила на экран **первый русский игровой фильм «ПОНИЗОВАЯ ВОЛЬНИЦА»** (Стенька Разин и княжна) и 14 декабря – **первую русскую кинокомедию «УСЕРДНЫЙ ДЕНЩИК»**.

Внедрение передовых технологий в отечественном кинопроизводстве позволило уже в 1909 году снять и выпустить на экран первую русскую цветную игровую картину «УХАРЬ-КУПЕЦ». Этот фильм снимался в чёрно-

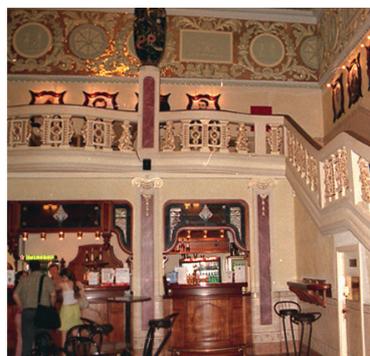
белом варианте, но в процессе подготовки копий был использован метод колоризации, успешно применявшийся французской фирмой Пате, основанный на трафаретной покадровой раскраске позитива.

Демонстрация цветных фильмов, снятых в цвете, а не колоризированных, началась в большом зале Санкт-Петербургской консерватории 13 ноября 1910 года, где прошёл первый киносеанс цветных фильмов по системе «Кинемаколор». В начале вечера зрители увидели специальную кинопрограмму, демонстрирующую эволюцию цветного кинематографа от чёрно-белого и раскрашенного вручную до системы цветного «Кинемаколора» (см. МТК № 15). Система «Кинемаколор» успешно эксплуатировалась в нескольких городах России. А в Санкт-Петербурге выходил еженедельный журнал синематографии и общественной жизни «Кинемаколор», посвящённый эксплуатации одноимённой системы цветного кинематографа в России.

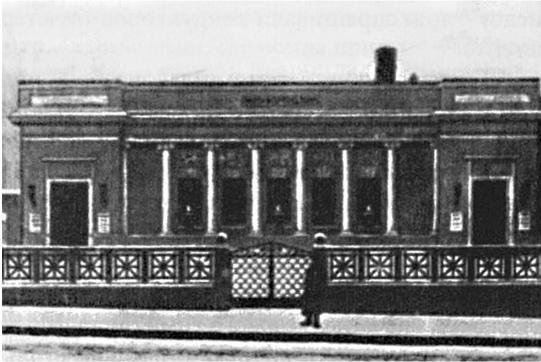
Фирма А. О. Дранкова, помимо игровых картин, в 1911 году приступила к выпуску первого русского еженедельного хроникального киножурнала «Обзорные события».

В канун Великой войны 1914 года Акционерное общество «А. Ханжонков и К<sup>о</sup>» выпускает на экран **первый российский полнометражный документальный фильм «БАЛТИЙСКИЙ ФЛОТ»**, детально показывающий жизнь и ратные будни российских моряков.

С каждым годом росло число кинотеатров, многие из них соперничали между собой по роскоши убранства и технического оснащению. Одним из таких стал петербургский «Пикадилли». «27 декабря состоится открытие «Пикадилли» – против Аничкова дворца, пер-



Кинотеатр «Аврора»



Кинотеатр «Форум»

вого в России по удобству, роскоши отделки синема-театра. Сеансы с 1 часа дня до 11 с половиной часов вечера. 800 мест, цены от 35 копеек до 1 рубля, ложи 3 и 5 рублей». Такое сообщение было напечатано в декабре 1913 года в петербургских газетех. А первая афиша синема-театра сообщала, что «Большой театр световых картин «Пикадилли» показывает непрерывно, монополюно, единственный экземпляр фильма «Бездна женской души».

Сегодня «Пикадилли», переименованный в 1932 году в кинотеатр «Аврора», один из современнейших кинотеатров Петербурга. Большой зал, где перед маленьким экраном в молодые годы работал тапёром Дмитрий Дмитриевич Шостакович, оснащён звуковой аппаратурой «Dolby Digital Surround EX» и новым экраном площадью 100 кв. м.

17 ноября 1909 года газета «Русские ведомости» публикует сообщение: «на днях последует открытие «Художественного электротейатра» в специально выстроенном здании на Арбатской площади. Зрительный зал на 400 мест и фойе со светящимся фонтаном». 23 ноября 1909 года состоялась первый сеанс. На первых сеансах в новом кинотеатре показывали «Ангел примирения», французскую драму «Жоржетта», видовые и коммерческие картины».

В 1911 году русский архитектор Фёдор Шехтель реконструировал кинотеатр в стиле «Ампир».

В первые годы советской власти кинотеатр был главным кинозалом Москвы и страны. Многие советские фильмы начинали свою жизнь на экране кинотеатра «Художественный».

18 января 1926 года здесь проходит вторая премьера фильма С. Эйзенштейна «Броненосец «Потёмкин» (первая прошла 24 декабря 1925 года в Большом театре). В начале 1930 года кинотеатр был переоборудован для демонстрации звуковых фильмов по системе А. Шорина, и с 6 марта здесь начала демонстрироваться «Звуковая сборная программа № 1».

1 июня 1931 года прошла премьера **первого в СССР звукового полнометражного игрового фильма «ПУТЁВКА В ЖИЗНЬ»**, 11 июня 1936 года – премьера **первого советского цветного художественного фильма «ГРУНЯ КОРНАКОВА»**.



Кинотеатр «Художественный» в середине 1911 года

В 1940 году в малом зале кинотеатра демонстрировались стереоскопические фильмы по поляроидному методу.

В 1955 году кинотеатр опять был переоборудован и стал первым в СССР широкоэкраным кинотеатром. 29 июня 1955 года на его экране начали демонстрироваться первые советские цветные широкоэкранные документальные фильмы с четырёхканальным стереофоническим звуком: «Москва праздничная», «Под солнцем юга» и «В чудесном городе». А 16 ноября 1956 года состоялась премьера первого советского цветного широкоэкранный игрового полнометражного фильма «Илья Муромец».

В начале XXI века после очередной реконструкции большой зал стал вмещать 609 зрителей, а малый – 50. Залы оборудованы семиканальной звуковой системой «Dolby Digital Surround EX» и немецким экраном «Perlux» с системой кашетирования для демонстрации обычных, кашированных и широкоэкранных фильмов. В киноаппаратных установлена проекционная аппаратура «Kinoton». В наши дни идёт очередная реконструкция кинотеатра и оснащение его новейшей аппаратурой.

А в январе 1915 года газеты извещали: «Открыт величайший в Москве (2000 мест) электротейатр «Форум». Большое роскошное здание на Садовой-Сухаревской улице специально выстроено для целей электротейатра».

Через сорок лет после открытия, «Форум» был переоборудован и стал вторым широкоэкраным кинотеатром в СССР после кинотеатра «Художественный». Но если последний, пережив несколько реконструкций и оснащённый сегодня по последней кинотехнической моде, продолжает «крутить кино», то «Форум» закрылся в 1994 году для реконструкции под театр А. Пугачёвой, а позже просто сгорел.

Распространение синема-тографа в России и его популярность среди населения требовала увеличения производства фильмов и кинопроизводящих фирм.

К концу своего первого двадцатилетия кинопроизводство выросло от двух фильмов в 1896 году до пятисот в 1916, созданием и прокатом которых занимались более полусотни российских кинокомпаний.

*Продолжение следует*