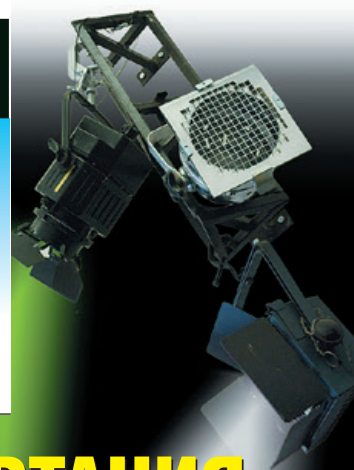


ISSN: 1991-3400

Мир Кино

ТЕХНИКИ

ОКТАБРЬ–ДЕКАБРЬ | 14-2009 |



80
лет
НИКФИ

**КОНВЕРТАЦИЯ
ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
СТЕРЕОФИЛЬМОВ**

в цифровой
формат

**ЛИНЕЙНЫЙ
МАССИВ**

ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ
В КИНО

**СТАНДАРТИЗАЦИЯ
В КИНЕМАТОГРАФИИ**

СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ

**УСТРОЙСТВО
ОТБРАЖЕНИЯ**
авиационного
тренажёра



№ 14 СОДЕРЖАНИЕ



стр. 2



стр. 7



стр. 21



стр. 43

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

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

Новости, обзоры

А.Е. Тимофеев
НИКФИ 80 лет 2

Вопросы теории

Ю.А. Индлин
Линейный массив громкоговорителей в кино 4

Технологии

В.А. Елхов, Н.В. Кондратьев, Ю.Н. Овечкис, Л.В. Паутова
Стереоскопическое устройство отображения авиационного тренажёра для нескольких наблюдателей 7

В.Г. Комар
Возможности создания кинотеатральной системы голографического кинематографа и создания многокурсной системы стереокино 13

Л.В. Шитов
Контрольный громкоговоритель стандарта воспроизведения фонограмм кинофильмов 15

А.С. Мелкумов
Конвертация отечественных стереофильмов в цифровой формат 21

А.С. Блохин
Измерение характеристик реальных изображений на 35-мм цветных киноплёнках 25

С.А. Тупалова
Исследование физико-механических свойств архивных широкоформатных фильмо-материалов на триацетатной основе 31

А.Е. Белостоцкий, Н.С. Ковалевская, В.Г. Комар, С.А. Лобастов, А.В. Рязанов, В.А. Студеникин, В.А. Сычёв, О.И. Великжанин, А.М. Санцевич
Разработка технологии восстановления широкоформатных фильмов на базе цифровых методов обработки 35

В.И. Гладышев
Киноосветительные приборы С-500, С-1000 и С-2000 43

Стандарты

Н.С. Ковалевская, В.Г. Комар, А.А. Володько, Д.Г. Чекалин
Стандартизация в кинематографии 46

Мастер-класс, семинары, новости SMPTE, отзывы

В.А. Сычёв
Особенности контроля разрешающей способности при цифровой проекции 50

Страницы истории кино

В.А. Гинзбург, К.В. Неверовский, М.В. Цыганков
К истории создания и освоения системы «Суперфон» 53

Подписной индекс Роспечать: № 81923

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

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

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

Отпечатано в ООО «Типография ПАРАДИЗ»
Объём 7 п.л. Заказ № 1366.
Тираж 1500 экземпляров.

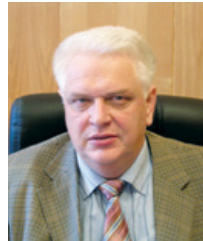
Свидетельство о регистрации
СМИ-ПИ № ФС77-28384 от 23 мая 2007 года.

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

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



НИКФИ 80 ЛЕТ



А.Е. Тимофеев, к.т.н., Генеральный директор ОАО «НИКФИ»

■ За прошедшие 80 лет специалисты НИКФИ внесли огромный вклад в развитие кинематографии в нашей стране, обеспечивая научно-техническую основу этой важнейшей отрасли культуры.

С первых дней своего существования деятельность НИКФИ была сосредоточена на создании научной, технической и технологической баз кино студий, киномеханической, киноплёночной, кинокопировальной промышленности, а также киносети.

Благодаря успешной работе специалистов НИКФИ и промышленности огромная киносеть страны была практически полностью оснащена отечественной аппаратурой. Ведущая роль в разработках принадлежала институту. Эта аппаратура находилась на современном для того времени уровне и импортировалась во многие страны.

В послевоенный период до распада СССР специалистами НИКФИ были решены крупные научно-технические задачи, к числу которых следует отнести следующие:

- Создание высокоэффективных комплексов технических средств для кино съёмок, совершенствования процессов съёмки фильмов, улучшения кино съёмочных аппаратов.
- Создание автоматизированных комплексов аппаратуры для записи и воспроизведения звука.
- Создание оборудования для обработки и печати цветных кинофильмов.
- Ведущее место в мире НИКФИ занимал в развитии технических средств стереоскопического кинематографа.
- Впервые в мире в НИКФИ были разработаны и экспериментально подтверждены принципы голографического кинематографа.
- Получили практическое применение системы широкоэкранный и широкоформатный кинематограф, созданные специалистами НИКФИ совместно с киностудиями и промышленностью.
- Институтом было разработано большое число стандартов, различных нормативных документов, закрепляющих высокий технический уровень кинематографии.

Большое значение для развития национальной кинематографии имели широкие международные связи НИКФИ с активным участием в научно-технических конференциях многих организаций разных стран.

За успешные работы НИКФИ был награждён орденом Трудового Красного Знамени. Многие сотрудники института были отмечены правительственными наградами.

В течение последних 25-ти лет наш институт работал в трудных условиях ограниченного финансирования научных и технологических работ, значительного сокращения промышленного производства, а также масштабов киносети.

Однако сотрудники НИКФИ продолжают выполнять важные для страны работы, среди которых следует назвать следующие:

- Совершенствование технологий перевода в цифровую форму записи изображения и звука кинофильмов и разработка эффективных цифровых систем хранения изобразительной и звуковой информации.



Перевод фонограмм кинофильмов в цифровую форму

- Работы по стандартизации в области технических средств производства, показа и хранения кинокартин. Укрепление связи института с кинотехническими организациями многих стран мира.
- Создание тест-фильмов для проверки аппаратуры кинопоказа на соответствие стандартам и нормам.
- Создание систем стереоскопического кинематографа и совершенствование съёмки и проекции стереофильмов.
- Создание безочковой системы показа объёмных многокадровых движущихся изображений.
- Составление программы практического осуществления кинотеатральной системы голографического кинематографа.

матографа на основе ранее разработанных в институте принципов этого вида кино.

- Разработка стереоскопического устройства отображения авиационного тренажёра для нескольких наблюдателей.

- Разработка микрофонов для записи фонограмм при производстве кинокартин.

- Разработка цифровых процессоров для коррекции звуковых характеристик громкоговорителей.

- Разработка акустических и электроакустических рекомендаций при строительстве и реконструкции киносъёмочных павильонов, киноконцертных и театральных залов, кинотеатров.

- Создание кинотеатральных громкоговорителей.

- Создание осветительных приборов для киносъёмок.

- Создание и изготовление экранов для проекции в кинотеатрах и других целях.

- Разработка технологии по переработке изношенных фильмокопий на триацетатной основе, подлежащих утилизации.

В 2006 году ОАО «НИКФИ» совместно с ООО «ИПП «Куна» стали учредителями научно-технического журнала «Мир Техники Кино».

Сегодня перед институтом стоят очень важные и сложные задачи по развитию технической базы кинематогра-



- историческую ценность; системы, основанной на смене цифровых носителей, позволяющих получить практически неограниченные сроки хранения.
- Научно-исследовательские, конструкторские и технологические работы по созданию более совершенных цифровых технических средств кинематографа.
- Разработка национальных стандартов, норм и рекомендаций по технике и технологии кинематографии. Участие в работе организаций по международной стандартизации.
- Разработка линзовых кинопроекторов двух типоразмеров для технологического освещения на киностудиях.



Конденсаторные микрофоны



Цифровой процессор



Киноосветительные приборы направленно-рассеяного света С-500, С-1000, С-2000

фии, выполнение которых будет создавать благоприятные условия для расширения творческих возможностей создателей кинопроизведений для удовлетворения культурных потребностей людей нашей страны, для подъёма культурного уровня молодёжи.

Основными направлениями деятельности НИКФИ на 2010 и последующие ближайшие годы мы считаем следующие:

- Совершенствование технологических процессов, технических средств долговременного хранения кинокартин. Работы по созданию системы особо долговременного хранения в цифровой форме контента кинокартин, представляющих огромную культурную и

- Исследование параметров звукопередачи громкоговорителя линейного массива как заэкранной системы кинотеатра.
- Исследование технологии звуковоспроизведения с помощью специализированного конденсаторного преобразователя для настройки и контроля качества звука кинофильмов.
- Организация и проведение 21-го Пленарного заседания Международной организации по стандартизации ИСО Технического Комитета ТК 36 «Кинематография» в Москве в июне 2010 года.

Статьи по выполненным работам читайте на страницах этого журнала. ■



ЛИНЕЙНЫЙ МАССИВ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ В КИНО



Ю.А. Индлин, к.т.н., ОАО «НИКФИ»

Аннотация

В киноконцертном зале предлагается выбирать время реверберации оптимальным для концертных программ, а негативное влияние избыточного для кинопоказа времени реверберации ослаблять использованием линейных массивов, имеющих узкую вертикальную направленность.

С помощью компьютерного моделирования продемонстрировано обострение направленности излучения линейного массива и повышение уровня в дальнем поле за счёт конструктивной интерференции.

Ключевые слова: киноконцертный зал, время реверберации, линейный массив громкоговорителей.

■ Качество звучания фонограммы кинофильма во многом зависит от акустических параметров зала, в котором она воспроизводится. Основным акустическим параметром служит время реверберации.

В современных кинотеатральных залах, предназначенных для воспроизведения многоканальной фонограммы, стандартами [1, 2] требуется низкое время реверберации.

Залы большого объёма обычно предназначаются не только для кинопоказа, но и для концертов. Оптимальное время реверберации концертного зала [3] существенно выше, чем кинотеатрального. Возникает проблема выбора оптимального времени реверберации для киноконцертного зала.

Разумное решение – выбирать время реверберации оптимальным для концертных программ, а негативное влияние избыточного для кинопоказа времени реверберации ослаблять использованием излучателей звука, имеющих узкую вертикальную направленность. Если такой излучатель направлять на аудиторию (эффективно поглощающую звук), то влияние реверберирующего объёма зала будет существенно ослаблено.

Этот приём часто используют для улучшения разборчивости речи в сильно реверберирующих помещениях, выбирая в качестве излучателей звуковые колонки (не-

LINE ARRAY IN CINEMA

Abstract

In a cinema concert hall it is offered to choose reverberation time optimum for concert programs, and negative influence of excess reverberation time to weaken by use of the line array, having a narrow vertical dispersion.

By means of computer modeling the constriction of a line array vertical dispersion and level increase in a distant field at the expense of a constructive interference is shown.

Keywords: cinema concert hall, reverberation time, line array.

сколько однотипных головок, установленных в одну линию в вытянутом корпусе и работающих в одном частотном диапазоне). При вертикальной ориентации колонки она имеет суженную направленность по вертикали, сохраняя направленность по горизонтали, свойственную отдельной головке. Недостатком звуковой колонки является ограниченный частотный диапазон обострения направленности, впрочем, обычно достаточный для речи.

Усовершенствованным вариантом звуковой колонки является так называемый линейный массив, в котором роль головки звуковой колонки играет отдельный многополосный громкоговоритель с вертикальной направленностью излучения, сужающейся до нескольких градусов на верхних частотах. Линейный массив включает несколько, а иногда и большое количество таких многополосных громкоговорителей, вытянутых в линейную или криволинейную структуру.

При этом возникают проблемы.

Если расстояния от слушателя до одновременно работающих громкоговорителей одинаковы, то излучаемые ими сигналы складываются и происходит увеличение давления за счёт так называемой конструктивной интерференции.

Если же эти расстояния различаются, то сигналы складываются на разных частотах в разных фазах. В результате на одних частотах происходит усиление сигнала, на

других – его ослабление, что приводит к большой неравномерности частотной характеристики по прямому звуку. Это явление называют деструктивной интерференцией.

Наилучшие условия для конструктивной интерференции создаются на оси линейного массива (условной линии, проходящей через его геометрический центр ортогонально к его плоскости); при достаточном удалении (дальнее поле) на всех частотах достигается конструктивная интерференция.

При приближении к линейному массиву (ближнее поле) конструктивная интерференция уступает место деструктивной интерференции. Сначала – для высоких частот, затем для средних, а на низких частотах деструктивной интерференции может вообще не быть (если размеры массива меньше четверти длины волны излучаемого звука).

Для иллюстрации этой проблемы построим компьютерную модель (программа EASE) типичного киноконцертного зала (без стен и потолка, но со слушательскими зонами) и разместим в этой модели (рис. 1) линейный массив из трёх громкоговорителей (в настоящее время известны несколько десятков линейных массивов, принципиально не отличающихся один от другого). Если ось линейного массива из трёх громкоговорителей направить в заднюю часть зала, то уровни прямого звука изобразятся программой EASE на плане слушательских мест в виде трёхмерной картины (рис. 2), где высота каждой ступеньки равна 1 дБ (левая часть картины соответствует первым рядам, правая часть – последним рядам).

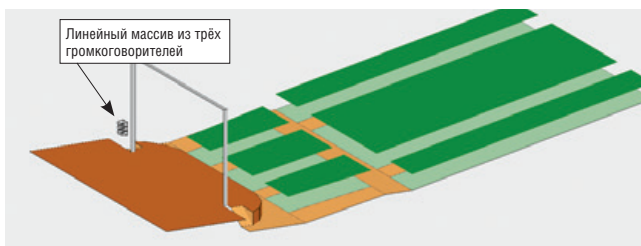


Рис. 1. Модель типичного киноконцертного зала (без стен и потолка) с линейным массивом из трёх громкоговорителей; зелёным цветом показаны слушательские зоны

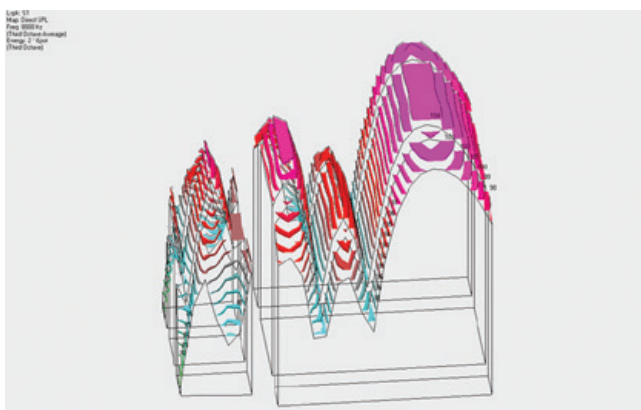


Рис. 2. Трёхмерная картина уровней прямого звука частоты 8000 Гц; линейный массив из трёх громкоговорителей

Из рисунка видно, что уровень высокочастотного звука достигает максимальных значений в задней части зала в районе проекции акустической оси линейного массива на слушательские зоны. В передней части зала, лежащей под акустической осью массива, хорошо заметна неравномерность уровня, характерная для проявления деструктивной интерференции.

Телесный угол вокруг акустической оси, в котором сказывается влияние конструктивной интерференции, уменьшается с увеличением размера линейного массива. При массиве из шести громкоговорителей (рис. 3) максимальные значения возрастают, но область слушательских мест, в которой конструктивная интерференция проявляется – сужается.

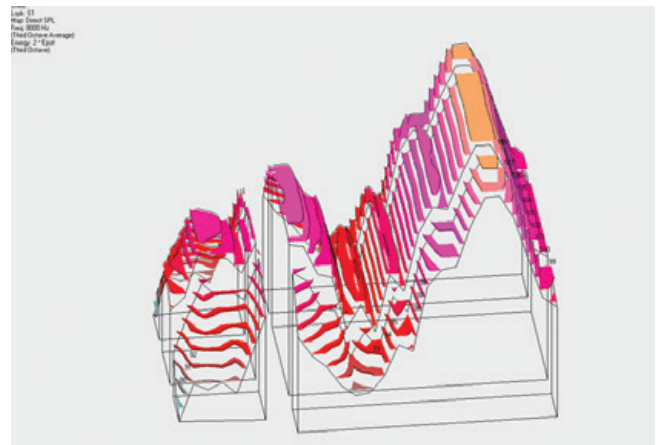


Рис. 3. Трёхмерная картина уровней прямого звука частоты 8000 Гц; линейный массив из шести громкоговорителей

Из сравнения рис. 2 и рис. 3 ясно, что в помещении увеличение числа громкоговорителей в линейном кластере более трёх вряд ли целесообразно из-за нарастающей неравномерности уровня в высокочастотной области.

При этом с уменьшением частоты телесный угол конструктивной интерференции увеличивается, что приводит к уменьшению неравномерности уровня в тех же слушательских зонах (рис. 4).

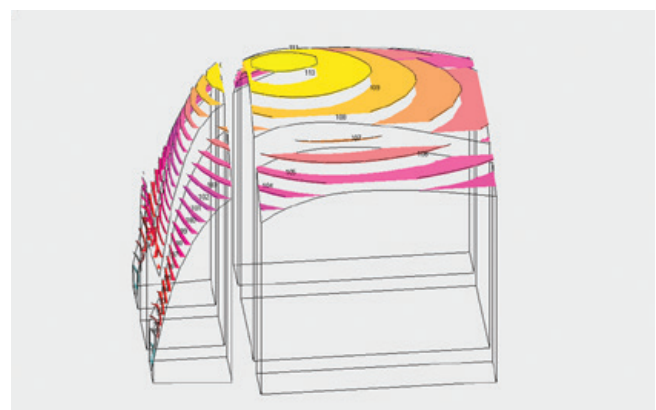


Рис. 4. Трёхмерная картина уровней прямого звука частоты 1000 Гц; линейный массив из трёх громкоговорителей

Таким образом, значительная часть мест получает звук обеднённого спектрального состава: с высоким средне-частотным уровнем и дефицитом высоких частот.

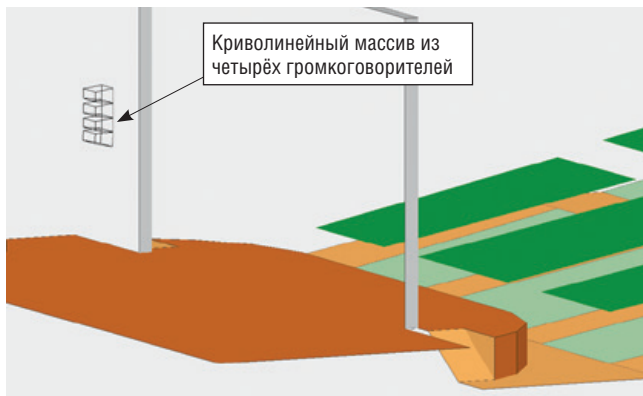


Рис. 5. Модель киноконцертного зала с криволинейным массивом из четырёх громкоговорителей

Чтобы сгладить этот недостаток, используют криволинейный массив, подвешивая часть громкоговорителей под углом к акустической оси линейной части массива; простейший пример такого массива приведён на рис. 5: нижний громкоговоритель направляется своей акустической осью на ближнюю зону.

Неравномерность уровня на высоких частотах уменьшается (рис. 6), но всё же остаётся достаточно высокой (до 20 дБ).

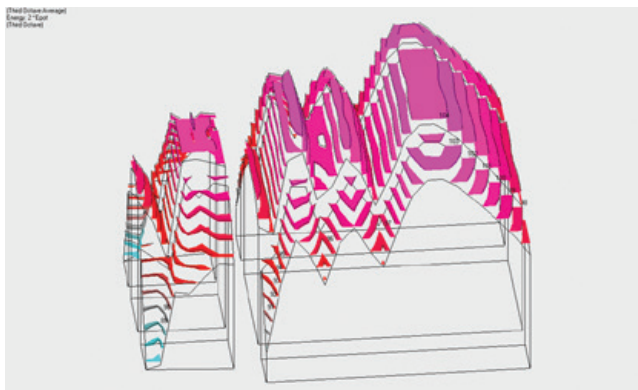


Рис. 6. Трёхмерная картина уровней прямого звука частоты 8000 Гц; криволинейный массив из четырёх громкоговорителей

Есть ли возможность кардинально улучшить ситуацию в ближнем поле?

Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к свойствам реального звукового сигнала.

В рассуждениях о конструктивной и деструктивной интерференции подразумевается зависимость уровня синусоидального сигнала от частоты. Но реальные звуковые сигналы (речь, музыка) далеки от синусоиды. Они описываются случайным процессом с коэффициентом автокорреляции, быстро уменьшающимся в области малых

временных сдвигов (до 2 мс); при сдвиге 10 мс эти сигналы становятся некоррелированными [4, 5]. Поэтому, если сигнал, подаваемый на линейную часть массива, задержать на 10 мс, то сигналы, излучаемые линейной частью массива и громкоговорителем ближнего поля, окажутся некоррелированными. Они будут складываться энергетически. Результат такого сложения показан на рис. 7.

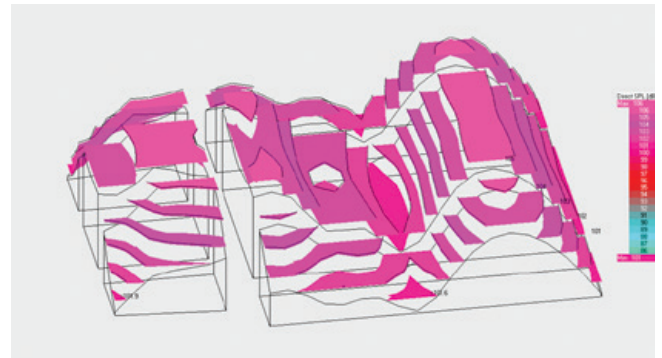


Рис. 7. Трёхмерная картина уровней прямого звука частоты 8000 Гц; криволинейный массив из четырёх громкоговорителей с использованием временной задержки

Как видно из рисунка, неравномерность уровня не превышает 6 дБ.

Заключение

В киноконцертном зале предлагается выбирать время реверберации оптимальным для концертных программ, а негативное влияние избыточного для кинопоказа времени реверберации ослаблять использованием линейных массивов, имеющих узкую вертикальную направленность.

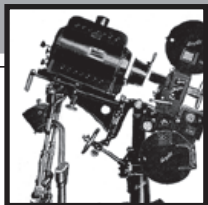
Расчёты в компьютерной модели показали, что три громкоговорителя в линейном массиве достаточно обостряют направленность излучения массива и озвучивают с повышенным уровнем дальнюю зону. При этом в ближней зоне наблюдается большая неравномерность высокочастотного уровня звука, связанная с деструктивной интерференцией.

Добавление к линейному массиву громкоговорителя ближнего поля улучшает ситуацию, однако неравномерность остаётся достаточно большой.

Статистические свойства реальных сигналов позволяют существенно уменьшить неравномерность уровня путём введения задержки в сигнал, подаваемый на линейную часть массива. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. ОСТ 19-238-01. Кинотеатры и видеозалы.
2. EG 18-1994. SMPTI, Design of Effective Cine Theaters.
3. Правительство Москвы. Москомархитектура. Рекомендации по проектированию концертных залов. 2004.
4. Справочник по радиовещанию. Под ред. А.В.Выходца. Киев. 1981.
5. Индлин Ю.А. Статистические свойства музыкального и речевого сигнала. Акустический журнал. Вып. 5. 1978.



Стереоскопическое УСТРОЙСТВО ОТОБРАЖЕНИЯ АВИАЦИОННОГО ТРЕНАЖЁРА для нескольких наблюдателей



В.А. Елхов, д.ф-м.н., Н.В. Кондратьев, Ю.Н. Овечкис, д.т.н., Л.В. Паутова, к.т.н., ОАО «НИКФИ»

Аннотация

Предложен способ одновременного показа неискажённого стереоизображения нескольким наблюдателям на едином экране. Способ основан на использовании как поляризационного, так и временного разделения ракурсов. Описано стереоскопическое устройство отображения, созданное на основе предложенного способа. Устройство входит в состав двухпилотного авиационного тренажёра дозаправки топливом в воздухе и применяется для одновременного обучения пилота и бортинженера.

Ключевые слова: Неискажённое стереоизображение, поляризационное и временное разделение ракурсов, двухпилотный авиационный тренажёр, дозаправка топливом в воздухе, имитаторы визуальной обстановки, проекционная система, металлизированный экран, жидкокристаллические (ЖК) видеопроекторы, ЖК ячейки.

■ 1. О работах НИКФИ в области авиационного тренажёр-роостроения

В течение многих лет в лаборатории визуализации изображений НИКФИ (последние 20 лет под руководством д.т.н. Овечкиса Ю.Н.) проводятся исследования и разработки в области создания систем отображения визуальной обстановки для авиационных тренажёров.

Только за последние годы авторами данной статьи разработаны стереоскопические системы отображения с объёмным изображением визуальной обстановки для авиационных тренажёров самолётов СУ-24 и СУ-27, предназначенных для обучения лётчиков процессу дозаправки топливом в полёте. Первый тренажёр более пяти лет успешно эксплуатируется в одной из воинских частей, второй – проходит Государственные испытания в лётном центре.

STEREOSCOPIC DISPLAY OF AVIATION SIMULATOR FOR SEVERAL OBSERVERS

Abstract

Method to show undistorted stereoimage for several observers simultaneously via the same screen is offered. Method is based on usage both polarized and temporal separation of views. Stereoscopic display founded on the method suggested is described. This device is part of two-pilot aviation simulator of aerial refuelling which used for simultaneous training of pilot and flight engineer.

Undistorted stereoimage, polarized and temporal separation of views, two-pilot aviation simulator, aerial refuelling, imitators of visual situation, projection system, metallized screen, liquid-crystal videoprojectors, liquid-crystal cells.

Важно отметить, что разработка НИКФИ позволила впервые в отечественной практике создать тренажёр для обучения процессу дозаправки топливом в полёте, обеспечивающий возможность правильного определения пространственного расположения элементов заправки и привитие адекватных навыков обучающимся пилотам. Это зафиксировано в полученном Акте внедрения результатов данной работы от заказчика – изготовителя тренажёров (ОАО «Пензенское конструкторское бюро моделирования»).

В 2007 году в НИКФИ этой же группой сотрудников была разработана стереоскопическая система отображения двухпилотного тренажёра дозаправки топливом в полёте самолёта ТУ-160, который недавно успешно прошёл Государственные испытания. Данная статья и посвящена используемому способу формирования неиска-

жённых стереоскопических изображений одновременно для двух и более пилотов. Этот способ позволил решить одну из наиболее актуальных задач авиационного тренажёростроения, что отмечено заказчиком в Акте внедрения по этой работе.



Рис. 1. Однопилотный тренажёр дозаправки топливом в воздухе

Специалисты лаборатории визуализации изображений НИКФИ принимают также активное участие в проводимой профильным предприятием (ОАО «ПКБМ») модернизации имеющегося парка авиационных тренажёров. В рамках данного направления в НИКФИ разработаны и изготавливаются специализированные видеопроекционные устройства, обеспечивающие повышенное качество коллимированного изображения визуальной обстановки. С 2003-го года институтом поставлено уже более 50 таких устройств, причём ни одного отказа за это время не зафиксировано.

Работы по созданию перспективных систем отображения видеопроекционных устройств для авиационных тренажёров продолжают в тесном сотрудничестве с ОАО «ПКБМ».

2. Постановка задачи

На протяжении всей истории развития авиационного тренажёростроения одной из самых сложных частей тренажёра, с точки зрения технической и технологической реализации, является система отображения внешней визуальной обстановки. Через органы зрения лётчик получает большую часть информации при выполнении полёта, поэтому имитаторы визуальной обстановки тренажёров должны обеспечивать привитие правильных навыков управления при обучении всем задачам, связанным с использованием лётчиком внешней визуальной информации и информации оптических приборов. Несоответствия в формировании и выдаче этой информации обучаемому в авиационном тренажёре могут привить ложные навыки в управлении летательным аппаратом и, как следствие, привести к возникновению аварийных ситуаций, последствия которых могут быть трагическими.

Стереоконьютерные методы формирования объёмного изображения становятся неотъемлемой частью авиационного тренажёростроения. К необходимости внедрения 3D в процесс обучения лётного состава привело то обстоятельство, что известные на сегодняшний день альтернативные методы не всегда дают необходимый эффект. В частности, в ряде задач, решаемых на авиационных тренажёрах, необходимо отрабатывать процессы, связанные с маневрированием летательного аппарата относительно близко расположенных объектов. В таких случаях для правильной оценки расстояния и взаимного расположения объектов необходимо предъявлять обучаемому пилоту именно трёхмерное изображение. Дело в том, что на близких расстояниях в восприятии объёмного пространства основную роль играет аппарат конвергенции, который не работает в существующих системах с коллимированным и плоским изображением. Возможность использования стереопроекционных систем в современных авиационных тренажёрах обусловлена прогрессом в разработках видеопроекторов на жидкокристаллических (ЖК) или микрозеркальных ячейках, с высокими резкостными и яркостными параметрами.

Ранее авторами было разработано видеопроекционное стереоскопическое устройство отображения УО-стерео-2 для авиационного тренажёра [1, 2, 3], включающее два видеопроектора с устройством сепарации, состоящим из поляризаторов и металлизированного сферического экрана. Тренажёр со стереоскопическим устройством отображения, как было отмечено выше, прошёл всесторонние испытания и в настоящее время успешно эксплуатируется.

Однако разработанная проекционная стереоскопическая система формирует объёмное изображение с пропорциями, соответствующими пропорциям исходных объектов съёмки только для одного зрительского места. Для этого места соблюдается совокупность параметров сквозного процесса: создание стереоскопического изображения на экране – съёмка – формирование компьютерного или плёночного изображения. Эта совокупность параметров обеспечивает при проекции формирование неискажённого стереоскопического изображения при наблюдении лишь из заданной точки в пространстве, при удалении от которой в видимое изображение вносятся определённые пространственные искажения. Наличие таких искажений при иллюстрации общих пространственных свойств изучаемых объектов вполне допустимо. Однако в ряде тренажёрных задач каждый обучаемый должен видеть правильное изображение, соответствующее его месту положения. Такая ситуация, в частности, имеет место при создании устройства отображения визуальной информации для авиационных тренажёров, рассчитанных на одновременное обучение двух – трёх лётчиков, расположенных в разных местах кабины.

В настоящее время на тренажёрах экипажей самолётов либо устанавливают несколько каналов совмещён-

ных в горизонтальном направлении оптических коллимационных устройств соосного типа, каждое из которых имеет углы обзора $40^\circ \times 30^\circ$, либо применяют широкоугольные несоосные коллимационные устройства типа «Панорама», обеспечивающие углы обзора для всего экипажа до 200° по горизонтали и 40° – по вертикали [4]. Последние у нас в стране не производятся, причём их высокая стоимость является основным сдерживающим фактором создания и применения таких устройств в отечественных разработках [4].

При использовании установленных в ряд соосных коллимационных устройств в силу ограниченности зоны видения каждого из них лётчик имеет возможность наблюдать изображение только в двух коллиматорах, расположенных непосредственно перед ним и сбоку, т.е. в углах $80^\circ \times 30^\circ$, и не видит изображение визуальной обстановки, формируемое с другой от него стороны. В широкоугольных проекционных устройствах отображения с экраном, находящимся на конечном расстоянии от наблюдателей, как уже отмечалось, не учитываются бинокулярные и временные параметры зрения, в связи с чем на тренажёрах такого типа могут быть развиты неадекватные навыки действий в сложных ситуациях полёта.

Кроме того, все перечисленные виды устройств отображения не обеспечивают возможности формирования объёмного изображения для отработки элементов маневрирования относительно близко расположенных объектов.

В связи с изложенным была поставлена задача: создать стереоскопическое видеопроекционное устройство отображения визуальной информации, формирующей неискажённое объёмное изображение для нескольких наблюдателей, находящихся в разных местах кабины. При её решении появляется возможность создания тренажёров с практически неограниченными углами поля зрения путём создания полиэкранной проекционной системы.

Для большинства применений, когда объекты наблюдения расположены на далеких расстояниях, изображение может быть стереоколлимированным, т.е. отнесённым в бесконечность путём разведения двух одинаковых картинок на глазную базу. В этом случае достаточно использование одного генератора для создания изображения, предназначенного данному наблюдателю. При решении задач взаимодействия с близко расположенными объектами, как это имеет место в двухпилотном варианте тренажёра дозаправки топливом в воздухе, изображение должно быть объёмным, причём соответствующим месту положения каждого пилота.

2. Способ формирования стереоскопических изображений одновременно для двух и более пилотов

Для создания независимых стереоскопических изображений для N наблюдателей на экране необходимо сформировать $2N$ изображений с их полной сепарацией друг от друга. Для этого предложено, помимо поляриза-

ционного метода разделения изображений, добавить их разделение по времени [5].

Пусть проекция на металлизированный экран осуществляется ЖК видеопроекторами, количество которых равно $2N$ (рис. 1). Каждая пара проекторов подключена к компьютерным генераторам, которые синтезируют стереоскопическое изображение, рассчитанное для данного расположения наблюдателя. Установим после объектива каждого из них ЖК ячейки, которые должны попарно и поочередно открывать и закрывать световые потоки, формирующие стереоскопические изображения. При этом ЖК ячейки сконструированы таким образом, что в открытом состоянии их плоскости поляризации попарно ортогональны, либо в случае круговой поляризации – их направления противоположны.

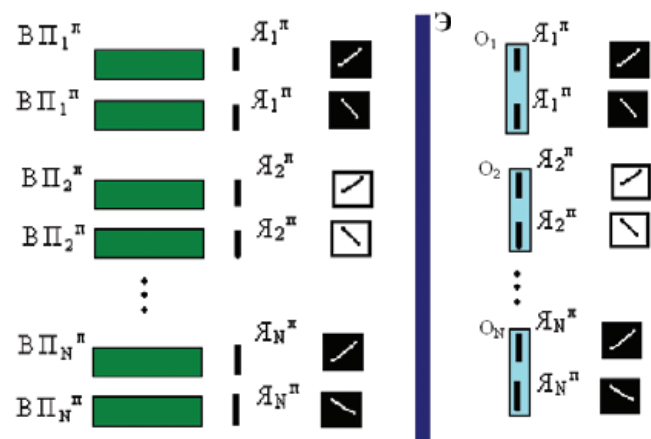


Рис. 2. Принципиальная схема видеопроекционного устройства, формирующего N различных стереоскопических изображений для N наблюдателей (ВП^л, ВП^п – левый и правый видеопроекторы для i -того наблюдателя; Я^л, Я^п – ЖК-ячейки на проекторах и в очках (О); Э – металлизированный экран).

На рис. 2 представлены функции пропускания ячеек $k_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, N$. За время полного периода T каждая i -тая пара ячеек открывается в момент времени

$$t_i = t_0 + \frac{T}{N}(i - 1), \text{ где } t_0 - \text{ время начала процесса, и полно-}$$

стью закрывается в момент открытия следующей $i+1$ -ой ячейки.

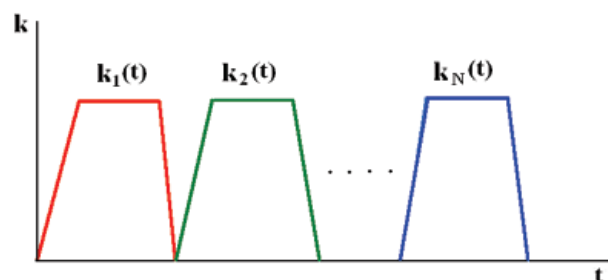


Рис. 3. Временная диаграмма открывания ячеек

При этом следует учитывать время переходного процесса закрытия ячеек, т.е. сигнал на выключение должен подаваться несколько раньше, чем открытие следующей ячейки. Как правило, это время составляет 0,5–1 мсек. Период T определяется критической частотой слияния изображений и составляет величину 17–18 мсек при яркости изображения 100–50 кд/м².

Наблюдение стереоскопического изображения осуществляется в очках с ЖК ячейками (с линейными или круговыми поляризаторами), аналогичными ячейкам, установленным на проекторах, и синхронизированных с ними. При этом каждый наблюдатель будет видеть «своё» стереоскопическое изображение, отличное от всех остальных и правильно отображающее окружающую его визуальную обстановку.

Отметим, что в такой схеме построения проекционной системы использование ЖК проектора совместно с ЖК ячейками, периодически перекрывающими световой поток, не приводит к нежелательным эффектам, связанным с построчным замещением изображения. Выполнимость такого сочетания обусловлена тем, что каждый проектор формирует постоянно один ракурс изображения, в отличие от однопроекторной стереоскопической системы, когда с кадровой частотой происходит смена ракурсов стереоскопического изображения.

Можно показать, что отношение сигнал/шум в такой системе, т.е. отношение интенсивностей изображений «правильного» ракурса и всех остальных будет равно

$$\frac{I_c}{I_w} \cong \frac{\frac{k_2}{Nk_1} \rho}{\frac{k_2}{Nk_1} + \rho}, \quad (1)$$

где k_1 и k_2 – коэффициенты пропускания ЖК ячеек соответственно в полностью закрытом и полностью открытом состояниях, а ρ – коэффициент, характеризующий частичную деполаризацию света на проекционном экране. При этом коэффициент ρ равен отношению интенсивностей отражённого от экрана света с поляризацией, совпадающей с поляризацией падающего к интенсивности отражённого света с противоположной поляризацией.

При выводе данного выражения учитывалось то, что шумовое изображение складывается из света, попавшего в данный глаз, от парного открытого проектора и световых пучков с совпадающей поляризацией прошедших через закрытые ЖК ячейки от $N-1$ проекторов остальных пар. При этом полагалось, что отношение коэффициентов пропускания k_1 и k_2 равно отношению коэффициентов пропускания поляризационных фильтров в очках в скрещенном и параллельном состояниях, что примерно выполняется, если в ячейках и очках использовать идентичные поляризационные фильтры. Кроме того, полагалось, что свет, прошедший от остальных $N-1$ проекторов, имеющий поляризацию ортогональную (или

противоположную для круговой) к рассматриваемой, пренебрежимо мал.

Таким образом, из выражения (1) следует, что требования к контрасту ЖК ячеек, используемых в стереоскопической системе с несколькими наблюдателями, возрастают пропорционально количеству наблюдателей. Так, для обеспечения критерия незаметности шумов (отношение сигнал шум не менее $2^5 = 32$ [6]) на тренажёре экипажа самолёта, состоящего из трёх человек, при $\rho = 70$ потребуются ячейки и поляризаторы с отношением коэффициентов пропускания в закрытом и открытом состояниях $\approx 1:200$. Это довольно жёсткие, но реализуемые параметры для выпускаемых ЖК ячеек.

Вторым фактором, ограничивающим возможное количество наблюдателей в такой системе, является падение яркости изображения с ростом N вследствие поочерёдного закрытия светового потока для каждого наблюдателя ЖК-ячейками. В системе с одним наблюдателем световой поток I пары проекторов связан с требуемой яркостью V изображения на экране соотношением [3]:

$$I = V \frac{\pi ab}{k\beta}, \quad (2)$$

где a и b – горизонтальный и вертикальный размеры экрана, k – коэффициент яркости экрана и β – коэффициент пропускания устройства сепарации – фильтры на проекторах и в очках. В системе с N наблюдателями нужно учесть временное разделение изображений для каждого наблюдателя, вследствие которого яркость видимого изображения падает в N раз. Таким образом, величина светового потока каждой пары проекторов, необходимого для достижения требуемой яркости видимого изображения, вычисляется по формуле:

$$I_i = NB \frac{\pi ab}{k\beta}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

Оценки, проведённые согласно выражению (3), показывают, что при использовании светосильных экранов с диагональю 2,5 м и коэффициентом яркости 5–6 (с учётом индикатрисы рассеяния и бокового расположения наблюдателей) для обеспечения яркости изображения 100 кд/м² в тренажёре, рассчитанном на обучение экипажа из 2–3-х человек, можно использовать портативные видеопроекторы со световым потоком до 2000 ANSI лм. Однако при увеличении размеров экрана и, соответственно, использовании экранного полотна с меньшим значением коэффициента яркости (около единицы) необходимо принимать компромиссное решение между приемлемой яркостью изображения и реализуемой величиной светового потока.

Важно отметить, что выражение (3) справедливо при равенстве времён открытия ЖК ячеек. Однако в ряде приложений эти времена можно устанавливать различными для разных наблюдателей. В таком случае яркость каждого изображения будет пропорциональна этому време-

ни и также различна для разных наблюдателей. Так, если основные действия при отработке данного вида пилотирования производит первый пилот, то времена открытия ячеек для остальных участников тренировочного полета на тренажёре (например, штурмана или второго пилота) могут быть уменьшены, благодаря чему может быть достигнута необходимая яркость изображения в основном зрительском месте.

3. Тренажёр дозаправки топливом в воздухе

Рассмотренный способ создания стереоскопического устройства отображения с неискажённым изображением для нескольких наблюдателей использован при разработке в ОАО «ПКБМ» тренажёра дозаправки топливом в воздухе самолёта ТУ-160, в котором помимо основного пилота в отработываемом процессе участвует также бортинженер. При этом бортинженер находится рядом с пилотом на расстоянии более метра от него и также руководствуется в своих действиях наблюдаемой визуальной обстановкой. Учитывая то, что проекционный экран расположен на относительно небольшом расстоянии от наблюдателей (2,2–2,5 м), для выработки навыков, соответствующих реальному полёту, объёмные изображения, наблюдаемые двумя обучаемыми, принципиально должны быть различными. Это и обеспечивает рассмотренный выше способ.

Для увеличения угловых размеров изображения по горизонтали целесообразно использовать видеопроекторы с соотношением сторон 16:9, что позволяет получить углы поля зрения 60° и 40° по вертикали. При размерах экрана 2,5x1,5 м и его коэффициенте яркости с учётом не осевого расположения наблюдателей около

единицы из (3) имеем, что формирование изображения для обоих обучаемых с одинаковой яркостью в 40 кд/м² потребует применения видеопроекторов со световым потоком примерно 3000 ANSI лм. Учитывая относительно небольшую яркость наблюдаемого изображения, частоту 1/Т открытия – закрытия ячеек достаточно задать равной 50 Гц.

Предварительные технические испытания опытного образца стереоскопического устройства отображения показали соответствие требованиям к качеству предъявляемого изображения (яркости, контрастности, глубине, полноцветности, однородности, сепарации, отсутствию мельканий, искажений и помех), а также к техническим характеристикам устройства, таким, как время подготовки изделия к работе, возможность отдельного управления видеопроекторами с пульта и контроля основных параметров. Результаты предварительных технических испытаний приведены в таблице 1.

Заключение

Разработан способ создания стереоскопического видеопроекционного устройства отображения визуальной информации, формирующего неискажённое объёмное изображение для нескольких наблюдателей, находящихся в различных местах. На основе разработанного способа было создано стереоскопическое устройство отображения двухпилотного авиационного тренажёра дозаправки топливом в воздухе, формирующее изображение без искажений на едином проекционном экране для каждого обучаемого.

Устройство является составной частью тренажёра дозаправки топливом в воздухе, разработанного в ОАО «ПКБМ»

Табл. 1. Результаты предварительных технических испытаний опытного образца стереоскопического устройства отображения

Наименование испытаний	Данные испытаний
1. Поле зрения	по горизонтали – 60°, по вертикали – 45°
2. Разрешающая способность	1024x768 пикселей/кадр
3. Яркость наблюдаемого изображения по белому полю в центре экрана (с учётом поглощения устройством сепарации)	25 кд/м ²
4. Глубина имитируемого пространства в стереорежиме	от 1 м (от пилота) до бесконечности
5. Диапазон линейных перемещений головы наблюдателя	по горизонтали – +/- 150 по вертикали – +/- 100
6. Суммарные геометрические и нелинейные искажения	4,5
7. Число воспроизводимых градаций яркости в изображении	10
8. Коэффициент сепарации по полю:	для правого и левого глаза по оптическому каналу каждого пилота не менее 30:1
9. Тянущиеся изображения, повторы, систематические помехи на фоне переменной составляющей, превышающие одну градацию яркости	отсутствуют
10. Изображение	полноцветное с однородностью чистоты цвета по полю
11. Мелькания изображения	отсутствуют
12. Уменьшение яркости на краях	не более 2 раз

для обучения пилотов самолёта ТУ-160, в котором помимо основного пилота в отрабатываемом процессе дозаправки участвует также бортинженер. Результаты предварительных испытаний подтвердили правильность выбранного

решения. К настоящему времени Государственные испытания тренажёра завершены с положительным результатом и при полном отсутствии замечаний по разработанному в НИКФИ устройству отображения. ■

ЛИТЕРАТУРА:

1. Елхов В.А., Овечкис Ю.Н., Пустыльников В.С., Родионов Н.Г. Устройство отображения визуальной информации авиационного тренажёра. Патент РФ на полезную модель № 44403. Приоритет от 09.11.2004.
2. Елхов В.А., Овечкис Ю.Н. Видеопроекционное стереоскопическое устройство отображения для авиационного тренажёра. Юбилейная Международная научно-практическая конференция. Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажёров. Сборник статей. Пенза, 2004. С. 88-90.
3. Елхов В.А., Овечкис Ю.Н. Видеопроекционное стереоскопическое устройство отображения. Сборник научных трудов в области техники и технологии кинематографии. Вып. 2 (2005). Трёхмерное изображение в кинематографии и других отраслях. Москва, 2005. С. 55-67.
4. Пустыльников В.С. Состояние и проблемы имитации внешней визуальной обстановки в тренажёрах. Международная научно-практическая конференция «Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажёров». Сборник статей. Пенза, 2004. С. 142-146.
5. Елхов В.А., Овечкис Ю.Н. и др. Устройство отображения визуальной информации авиационного тренажёра. Патент РФ на изобретение № 2277725. Приоритет от 25.10.04.
6. Елхов В.А., Овечкис Ю.Н., Паутова Л.В., Паутов А.А. Исследование и оптимизация параметров, влияющих на качество стереокompьютерного изображения. Техника кино и телевидения, 2003. № 5. С. 37-41.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КУРС

«КИНО- И ФОТОСЪЁМКА СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ (ФОРМАТ 3D)»

ОАО «Научно-исследовательский ордена Трудового Красного Знамени кинофотоинститут» объявляет набор слушателей на образовательный курс «Кино- и фотосъёмка стереоскопического изображения (формат 3D)».
(www.nikfi.ru)

Курс читают ведущие специалисты института, завоевавшие мировую известность в этой области:
А.С. Мелкумов и С.Н. Рожков.

ПРОГРАММА образовательного курса предназначена для слушателей, имеющих начальный опыт фотосъёмки цифровыми и плёночными камерами, и ставит перед собой задачу дать представление о работе над композицией стереоскопического изображения и овладением практическими навыками стереофотосъёмки как плёночными, так и цифровыми фотоаппаратами и видеокамерами.

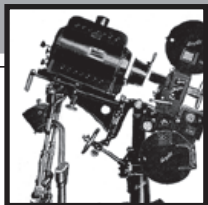
Оплата обучения

Стоимость обучения 10 000 рублей за курс. Оплата курсов производится 100% авансовым платежом. Для занятий студентам необходимо самостоятельно обеспечить себя расходными материалами (фотоплёнка, проявка, печать, видеокассеты).

Аттестация

По окончании базового образовательного курса слушатели готовят итоговые фото- и видеоработы, проходят теоретический тест, по результатам которого получают сертификат о прослушивании соответствующего курса и методические материалы.

Записаться можно по телефонам 771-74-61, 8 903-1797984, Вера Николаевна Носкова.
Занятия начинаются с 1 сентября 2009 года в помещении ОАО «НИКФИ».
Курс рассчитан на 64 часа. Возможен курс воскресного дня.



ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ КИНОТЕАТРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ голографического кинематографа и создания многоакурсной системы стереокино



В.Г. Комар, д.т.н., профессор, ОАО «НИКФИ»

■ Разработанные и экспериментально проверенные в НИКФИ в 1976–1986 годы принципы голографического театрального кинематографа с трёхмерным изображением показали возможность практического осуществления этого вида кинозрелища [1, 2].

Такая возможность создания первых голографических кинофильмов и кинотеатров на основе ранее разработанных в НИКФИ принципов сохранилась и в настоящее время. Огромные успехи в области оптики и электроники за истекшие 20 лет позволяют реализовать разработанные принципы с использованием новейших технологических достижений.

Цифровые методы записи и воспроизведения движущихся изображений позволяют в настоящее время создать, кроме того, систему многоакурсного стереоскопического кинематографа, свободную от недостатков применяемых сейчас систем стереоскопического кино: исключить специальные очки, которые не нравятся многим зрителям; устранить геометрические искажения, возникающие даже при небольших смещениях головы зрителя и нарушающие реалистичность объёмного изображения. Такая система многоакурсного стереоскопического кинематографа может в ближайшие годы получить достаточно широкое практическое применение, хотя она и будет уступать по ряду существенных показателей системе голографического кинематографа прежде всего по изобразительным возможностям.

В течение 2008–2009 годов в НИКФИ была выполнена работа по выяснению возможности создания системы кинотеатрального голографического кинематографа на основе ранее разработанных принципов с учётом новейших достижений в области электроники и инженерной оптики.

Переход от ранее изготовленного в НИКФИ лабораторного образца голографического экрана размером один метр к кинотеатральному экрану, который должен быть не менее трёх метров, требует существенного изменения технологии изготовления.

Во-первых, изготовление экрана на твёрдой основе, состоящего из нескольких частей. Получение приемлемых результатов облегчается тем, что отражающий слой является очень тонким, порядка сотых долей миллиметра, что позволяет сделать незаметными стыки между частями экрана для зрителей, смотрящих на стык в разных направлениях.

Во-вторых, возможно изготовление экрана на гибкой основе, упрощающей его транспортировку и монтаж в кинотеатре. Способы прижима плёнки к идеально плоской жёсткой поверхности с помощью прозрачной жёсткой пластины или путём воздушного присоса известны и применяются достаточно широко на практике и могут быть применены и в данном случае.

Чтобы достигнуть приемлемой сложности и стоимости устройства экспонирования светочувствительных слоёв при изготовлении больших экранов, можно применить способ поэлементного экспонирования светочувствительного слоя, что позволяет во много раз уменьшить мощность лазеров. При этом размеры поля экспонируемого элемента должны быть достаточных размеров и соответствовать не одному, а группе пикселей изображения, чтобы процесс печати не был чрезмерно длительным.

Процесс экспонирования голографических фотослоёв имеет важную особенность. С увеличением числа последовательных экспозиций при неизменной толщине фотослоя дифракционная эффективность голограммы снижается.

В НИКФИ было показано, что если наряду с ростом числа экспозиций одновременно увеличивать толщину фотослоя, то можно сохранить высокую дифракционную эффективность. Нам удавалось получить 12 зрительных зон (при 12 последовательных экспозициях), сохраняя при этом приемлемое значение дифракционной эффективности. Однако дальнейшее увеличение числа экспозиций вызывает заметное снижение дифракционной эффективности (коэффициента отражения света) экрана из-за значительного поглощения света в толстом слое галогенидосеребряной эмульсии [3].

Для того, чтобы сохранить высокий коэффициент отражения экрана, т.е. высокую дифракционную эффективность, экспонирование должно производиться одновременно во многих направлениях, соответствующих числу зрительских мест в зале. При этом должно изменяться направление лазерных пучков при переходе от одного экспонируемого участка к другому. Одна из схем механического привода такого устройства с перемещением и одновременным поворотом оптической экспонирующей насадки была рассмотрена нами и представляется целесообразной для реализации.

Так как способ поэлементного экспонирования требует перемещения отдельных узлов устройства от статически расположенных лазеров, то связь между ними сможет осуществляться с помощью гибких волоконных световодов.

Для снижения стоимости устройства экспонирования следует применить импульсные лазеры, которые не требуют дорогих громоздких антивибрационных стоек.

Была составлена программа разработки кинотеатральной системы голографического кинематографа, в основу которой положены изложенные выше соображения [5]. Эти соображения могут быть применены и для создания кинотеатральной безочковой многостереопарной системы стереоскопического кино.

В такой системе были бы устранены недостатки кинотеатральной системы безочкового стереоскопического кинематографа, разработанной ранее в НИКФИ под руководством С.П. Иванова, уменьшились бы искажения ракурса изображения при смещениях головы зрителя, стало бы возможным более удобно и экономно расположить кресла в зрительном зале кинотеатра.

На протяжении нескольких десятков лет многими специалистами разных стран делались попытки создать

кинотеатральную систему безочкового стереокино на основе применения растровых экранов, состоящих из вертикально расположенных цилиндрических линз. Однако все эти работы не дали положительных результатов, так как растровый экран с цилиндрическими линзами даёт возможность получить зрительные зоны, из которых зрители могут видеть трёхмерные изображения с центрами только в одной вертикальной плоскости [6].

Поэтому в зрительном зале с такого рода экраном можно видеть объёмное изображение в комфортных условиях при свободном положении зрителя в кресле только в одном ряду, когда каждый зритель располагается на одинаковом расстоянии от экрана. Если вблизи этого ряда расположить ещё один или два ряда, ширина зрительных зон будет значительно меньше, и условия для зрителей не будут столь комфортными.

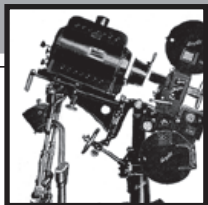
Как показали работы, проведённые в НИКФИ под руководством Ю.Н. Овечкиса, использование для проекции цифровой киноаппаратуры и растрового экрана с цилиндрическими линзами позволяют создать многостереопарную безочковую систему съёмки и воспроизведения трёхмерных движущихся изображений. Такая система может найти применения для создания стереоскопических киноаттракционов, а также для информационных и рекламных целей.

Однако для съёмки игровых стереоскопических кинофильмов и их показа в кинотеатрах эта система не может использоваться, так как при малом количестве мест в кинотеатре нельзя будет экономически оправдать большие затраты.

Тем не менее, может быть создана кинотеатральная безочковая многоракурсная цифровая система стереоскопического кинематографа, если вместо растрового экрана с цилиндрическими линзами применить голографический экран, а вместо сложного съёмочного устройства, состоящего из нескольких съёмочных камер, использовать одну цифровую камеру с двумя основными объективами для двухракурсной съёмки. При этом для получения множества изображений промежуточных ракурсов использовать разработанную в НИКФИ (В.Г. Комар, С.И. Озеров) оригинальную компьютерную программу, обеспечивающую качество синтезированного изображения практически такое же, как исходных изображений [4]. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Серов О.Б. Изобразительная голография и голографический кинематограф. М.: Искусство, 1987.
2. Komar V.G. Principle of the Holographic Cinematography. Selected Papers on Fundamental Techniques in Holography SPIE Milestone Series, vol. MS 171, 2001. P. 258.
3. Комар В.Г. О голографическом кинематографе.
4. Комар В.Г., Озеров С.И. О перспективах создания безочковых систем кинотеатрального кинематографа с трёхмерным изображением. Мир техники кино, 2009. № 12.
5. Елхов В.А., Кондратьев Н.В., Овечкис Ю.Н., Паутова Л.В. Безочковая система показа объёмных многоракурсных изображений. Мир техники кино, 2009. № 11.
6. Голдовский Е.М. Основы кинотехники. М.: Искусство, 1965.



КОНТРОЛЬНЫЙ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ

стандарта воспроизведения фонограмм кинофильмов



Л.В. Шитов, к.т.н., ОАО «НИКФИ»

Аннотация

На основе анализа объективных показателей кинотеатральных заэкранных громкоговорителей и оценки акустических частотных характеристик звукопередачи разработан контрольный громкоговоритель (КГ_СФК) стандарта воспроизведения фонограмм кинофильмов.

Контрольный громкоговоритель КГ_СФК предназначен для контроля качественных показателей фонограмм на стадии производства, показа и копирования фильмокопий на киностудиях, предприятиях кинопроката, а также в качестве контрольного громкоговорителя в составе технологического оборудования перевода аналоговых исходных фонограмм кинофильмов в цифровой формат.

Ключевые слова: громкоговоритель, контрольное помещение, компьютерное моделирование, стандарт воспроизведения фонограмм кинофильмов.

Введение

В настоящее время при оценке параметров звукопередачи и настройке звуковоспроизведения аналоговых и цифровых фонограмм в залах кинотеатров используются методы электрической коррекции электрического тракта звуковоспроизводящих систем. Несмотря на улучшение общего воспринимаемого качества воспроизведения, существующие способы не обладают возможностью обеспечить тембральное соответствие между воспринимаемым качеством звучания и его количественной оценкой с помощью традиционных методов измерений. Дополнительные ограничения состоят часто в необходимости установки электроакустических частотных характеристик громкоговорителей каждого из каналов в соответствии с нормированной кривой звукопередачи, а также в сложности эквализации многоканальной системы воспроизведения на большой площади зрительских мест.

STANDARD PERFORMANCE FILM SOUND MONITOR LOUDSPEAKER

Abstract

Standard performance cinema sound monitor loudspeaker (CS_MLs) are developed using analysis of cinema-specific parameters 3-way screen channel systems and assessment of their electroacoustic frequency responses.

The CS_MLs loudspeaker is designed to provide assessment of Standard performance cinema sound in movie theatres, production studios, dubbing and copy films organizations, and also as a monitor loudspeaker during technology of analog to digital transfer original motion picture sound tracks.

Keywords: loudspeaker, control room, CAD modeling, standard performance cinema sound.

T. Holman [1], R. Schulein [2], H. Staffeld and E. Rasmussen [3] ранее сообщали о некоторых из подобных проблем, упомянутых выше, однако задача пока остаётся нерешённой.

Измеренная частотная характеристика воспроизведения звука в закрытом помещении зависит от параметров громкоговорителя, акустических свойств помещения и, наконец, от выбора самой точки измерения. Она не совпадает с характеристикой того же громкоговорителя в свободном поле на рабочей оси на определённом расстоянии. Для обеспечения одинаковых условий прослушивания в различных залах нормируют частотную характеристику громкоговорителя непосредственно в помещении, где он установлен и работает – так называемую электроакустическую частотную характеристику (ЭЧХ) звуковоспроизводящего тракта. Именно эта характеристика и подлежит нормированию в качестве условия одинаковости звучания фонограмм в различных помещениях [4].

Создание контрольного громкоговорителя, у которого ЭЧХ звукопередачи соответствует нормированному значению, позволит проводить сравнительные измерения и оценку параметров звуковых трактов в закрытых помещениях и, как следствие, позволит решить одну из важных задач в создании новых методов и средств контроля качества воспроизведения аналоговых и цифровых фонограмм в залах кинотеатров.

Основные соотношения

Методика измерения и способы настройки нормированной ЭЧХ для кинематографических залов были сформулированы уже давно, а результаты исследований закончились проектом международной рекомендации ISO 2969 [5].

Вместе с тем, применяемая методика справедлива при выполнении определённых условий, предъявляемых как к показателям громкоговорителей, так и к акустическим свойствам создаваемого звукового поля при излучении в закрытом помещении, и не всегда обеспечивает одинаковость субъективного качества звучания в различных залах.

Известно [6], что акустическая частотная характеристика является характеристикой передачи диффузного звука в закрытом помещении и представляет собой зависимость квадрата звукового давления от частоты $G_i^2(F_n)$, усреднённого по множеству измерительных точек помещения. Выражая математически эту зависимость в дБ, можно записать [7]:

$$W(f_n) = 10 \log_{10} G^2(f_n) = 10 \log_{10} \frac{1}{n} \sum_i G_i^2(f_n), \quad (1)$$

где n – количество точек помещения, по которым производится усреднение.

Эта формула выражает электроакустическую частотную характеристику через значения экспериментальных данных, получаемых путём непосредственных измерений, т.е. зависимость уровня среднего по площади слушательских мест квадрата звукового давления от средней частоты подводимого к громкоговорителю 1/3-октавного шумового сигнала. С другой стороны, при определённых условиях [6], величина $W(f_n)$ совпадает с частотной зависимостью среднего квадрата звукового давления, развиваемого источником звука в диффузном поле, и может быть записана в дБ в виде:

$$W(f_n) = 10 \log_{10} \eta(f_n) + 10 \log_{10} T(f_n), \quad (2)$$

где $\eta(f_n)$ и $T(f_n)$ – приведённый к.п.д. громкоговорителя и время реверберации в сек., измеренные в 1/3-октавной полосе шума со средней частотой f в Гц. Поскольку время реверберации в пределах диапазона частот измерений обычно меняется не более чем вдвое, добавка, обусловленная вторым слагаемым, составит не выше 3 дБ, и электроакустическая частотная характеристика звуковоспроизводящего тракта фактически будет определяться частотной характеристикой акустической мощности громкоговорителя.

Непосредственно излучаемый громкоговорителем в помещении прямой звук приходит к слушателю первым, тогда как диффузные составляющие, обусловленные отражениями от граничных поверхностей помещения, приходят позднее. Наши ощущения восприятия звука связываются не только с энергетическими спектральными характеристиками звука, но и с его временной структурой. Известно, что приходящая первой прямая составляющая во многом определяет субъективное качество звучания – с нею связывается кажущееся направление на источник звука, от неё во многом зависит артикуляция, она в значительной мере определяет ощущение тембра звучания. Поэтому частотная характеристика громкоговорителя $S(f)$ и его направленность $Q(f)$ не менее важны для обеспечения субъективно полноценного звучания, чем связанная с диффузной составляющей частотная характеристика акустической мощности $\eta(f)$.

Все три перечисленные характеристики связаны друг с другом соотношением:

$$\eta(f) = k_1 \frac{S^2(f)}{Q(f)}, \quad (3)$$

где $\eta(f)$ – приведённый к.п.д., $S(f)$ – осевая частотная характеристика, $Q(f)$ – коэффициент осевой концентрации, определяемый из характеристики направленности; K_1 – коэффициент пропорциональности. При условии соблюдения горизонтальной осевой частотной характеристики $S(f) = \text{constant}$, частотная характеристика приведённого к.п.д. и коэффициента осевой концентрации должны быть связаны соотношением:

$$Q(f) = \frac{k_2}{\eta_{cm}(f)}, \quad (4)$$

где $\eta_{cm}(f)$ – кривая, совпадающая со стандартной акустической частотной характеристикой, а K_2 – коэффициент пропорциональности. Отсюда можно видеть, что в пределах угла, охватывающего измеряемую зону мест прослушивания в помещении, электроакустическая частотная характеристика должна мало отличаться от нормированной.

Расчёты громкоговорителя

Важным критерием разработки КГ_СФК, прежде всего, является создание максимального звукового уровня (130 дБ SPL), необходимого для воспроизведения цифрового формата, получаемого от громкоговорителя достаточно компактных размеров. Как показывает обзор конструкций ряда зарубежных моделей, хорошим решением может быть разработка акустического оформления в виде двух камерного «vented bandpass» или «clam-shell» кабинета, позволяющего уменьшить размеры НЧ звена контрольного громкоговорителя в сравнении с громоздкими заэкранными кинотеатральными системами громкоговорителей JBL, QSC, EAW, EV, используемыми в настоящее время [10]. Кроме того, такое расположение головок

обеспечивает тесную акустическую связь между парой НЧ излучателей, приводя к увеличению отдачи и усилению низкочастотной энергии «ударных звуков».

Выполнение технических требований на соответствие стандарта воспроизведения «звука в кинотеатре» не ограничивается улучшенными показателями модуля-излучателя КГ_СФК в низкочастотной области: габаритные размеры, повышенная отдача, чувствительность. Определяющая роль остаётся за рупорным СЧ/ВЧ звеном головок громкоговорителей, установленных коаксиально, что позволяет создавать когерентный точечный источник, обладающий улучшенной прозрачностью и переходными процессами.

Далее, важно, чтобы кинотеатральный громкоговоритель КГ_СФК был трёхполосным, используя головки излучателей, оптимизированные в каждом частотном диапазоне при максимальной отдаче, минимальным искажениям и ровной частотной характеристикой в диапазоне 34–18000 Гц. В этом случае он будет иметь гладкую частотную характеристику акустической мощности и обладать равномерной частотной дисперсией без заметных переходов между акустическими полосами системы, что обеспечит равномерный частотный баланс и соответствие текущему стандарту воспроизведения фонограмм в залах кинотеатров. Не останавливаясь более подробно на объективных параметрах контрольного громкоговорителя КГ_СФК, следует также отметить, что сравнение показателей воспроизведения динамического и частотного диапазонов аналоговых и цифровых фонограмм звуковых форматов [8] позволяет установить требования к динамическому уровню воспроизведения контрольного громкоговорителя.

Как следует из результатов сравнения, уровень диалога в кинозале составляет 85 дБ-А, который обычно добавляется повышенным уровнем реалистичных пиковых уровней звуковых эффектов и музыки. В зависимости от жанра, пиковые уровни сигналов аналогового тракта Dolby SR могут быть на 3 дБ больше в среднечастотной области, чем в тракте Dolby A, повышаясь до значений около 9 дБ на краях диапазона. Цифровой формат может достигать повышения диапазона до 12 дБ относительно Dolby A, с общей плоской характеристикой во всём частотном диапазоне.

Все фонограммы цифрового формата в кино устанавливаются так, что уровень цифрового сигнала составляет -20 дБ FS (level relative to full scale), что будет создавать в зале уровень звукового давления 85 дБ на расстоянии

2/3 от экрана. При полной шкале модуляции это позволит достигать уровня 105 дБ в каждом канале на расстоянии 2/3 от экрана. Учитывая эти соотношения, следует отметить, что максимальный уровень звукового давления 130 дБ, заложенный в технических требованиях на разработку, будет соответствовать требованиям ТНХ для воспроизведения в залах вместимостью до 1000 мест.

Итак, подводя итоги краткого анализа, основные технические показатели проектируемого контрольного громкоговорителя КГ_СФК должны быть следующими:

- Акустическая система громкоговорителя3-полосная
- Мощность полос НЧ/СЧ/ВЧ, Вт RMS1200/300/100
- Диапазон частот, в свободном поле, Гц38–20000
- Чувствительность НЧ/СЧ/ВЧ, дБ/Вт/м100/104/108
- Частоты кроссовера НЧ/СЧ/ВЧ, 18 дБ/окт, ВТW, Гц ...150/1200
- Дисперсия излучения, град (НхV)90x40
- Максимальный уровень звукового давления, дБ130

Модульный принцип построения громкоговорителя КГ_СФК требует разработки двух комплементарных систем: НЧ корпуса минимальных размеров и СЧ/ВЧ коаксиального рупора, установленного сверху НЧ.

Расчёт низкочастотного оформления громкоговорителя КГ_СФК проводился с использованием компьютерной программы LEAP (Loudspeaker Enclosure Analysis Program) для электроакустического анализа профессиональных систем громкоговорителей. Программа включает 5 базовых библиотек данных для: головок громкоговорителя, типа акустического оформления, пассивного и активного разделительных фильтров, графических файлов с результатами расчётов введённых данных.

Симуляция LEAP была выполнена сначала для головки громкоговорителя 15PS76 B&C, нагруженной на акустическое оформление – vented HP (фазоинвертор), а затем для головок 15TBX100, 15PS100 B&C, нагруженных на двухкамерное акустическое оформление – vented BP («бандпасс»). Частота полосового низкочастотного фильтра была выбрана LPF = 500 Hz/18 ВТW, а частота активного «субсоник» фильтра, ограничивающего амплитуду смещения диффузора головок громкоговорителей, установлена HPF = 40 Hz/24 ВТW.

Результаты расчёта программы показаны на графиках рис. 1–3, где можно видеть, что при частотах оптимальной настройки объёма камер оформления: фронтальной $f_{abf} = 85$ Гц и тыловой $f_{abr} = 40$ Гц (рис. 3), для головки

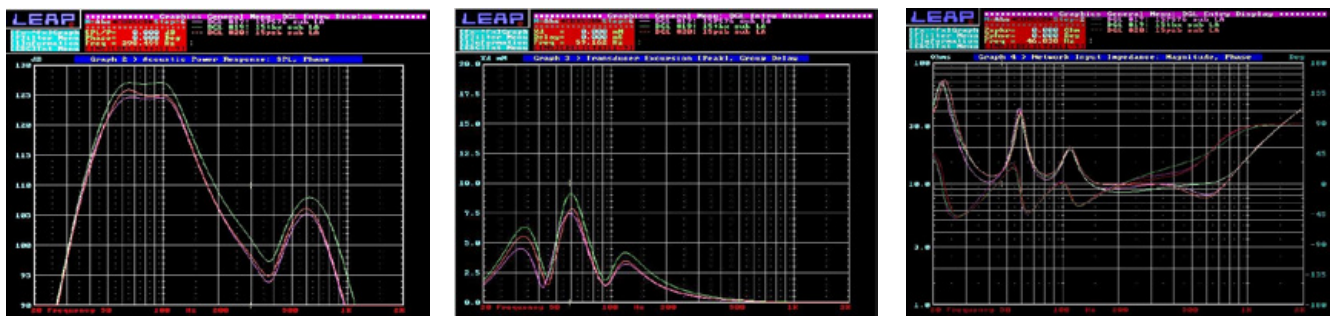


Рис. 1, 2, 3. Результаты расчёта низкочастотного оформления громкоговорителя КГ_СФК

15ТВХ 100 можно получить необходимый минимальный размер оформления громкоговорителя.

При этом электроакустические показатели будут удовлетворять требованиям разработки НЧ модуля трёхполосного громкоговорителя КГ_СФК: частотный диапазон 40–150 Гц и максимальный уровень звукового давления 127 дБ (рис. 1), при максимальной амплитуде смещения диффузора $X_{max} = 7,5–9,0$ мм на частоте 60 Гц, не превышающей паспортных данных головки (рис. 2).

3. Экспериментальный образец громкоговорителя КГ_СФК

Исходя из основных требований к конструкции НЧ/СЧ/ВЧ звена КГ_СФК, рассмотренных выше, а также на основании данных компьютерного моделирования, был изготовлен чертёж общего вида КГ_СФК и его компонентов. Для этой цели использована программа SOLIDWORK, позволяющая выполнять разработки подобных проектов. В качестве примера на рис. 4 (а, б) приводится эскиз общего плана в изометрии и часть сборки будущей модели НЧ оформления КГ_СФК, а на

и электрической мощностью 600 Вт RMS/8 Ом каждая, установленными напротив друг друга на боковых плоскостях камеры типа «calm-shell» (на рис. 6 один НЧ излучатель камеры показан без фронтальной панели).

СЧ рупор громкоговорителя, нагруженный 12" СЧ головкой, 250 Вт RMS/8 Ом, расположен сверху НЧ модуля.

ВЧ система КГ_СФК состоит из 2" драйвера 80 Вт RMS, нагруженного на СД рупор 90°x40°, смонтированных коаксиально внутри СЧ рупора.

Корпуса модулей громкоговорителя КГ_СФК выполнены из композитных материалов, обеспечивающих повышенную жёсткость, уменьшенный вес и отсутствие собственных резонансов корпуса.

Результаты электроакустических испытаний опытного образца громкоговорителя КГ_СФК показаны на графиках рис. 7–9, а основные данные приведены в таблице 1.

ЭЧХ осевого уровня звукового давления опытного образца громкоговорителя КГ_СФК, измеренная в условиях свободного пространства на расстоянии 2,5 м, представлена на рис. 7.

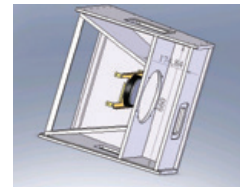
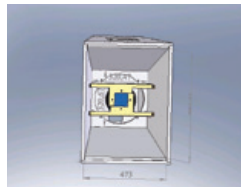
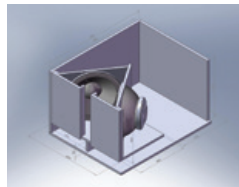
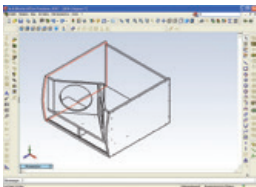


Рис. 4а. Изометрия НЧ модели

Рис. 4б. НЧ звено без боковой и верхней сторон

Рис. 5а. СЧ рупор с держателем ВЧ драйвера

Рис. 5б. Коаксильный СЧ_ВЧ рупор 90x40

Рис. 6. Опытный образец громкоговорителя КГ_СФК

рис. 5 (а, б) – рупорное СЧ/ВЧ звено громкоговорителя КГ_СФК, выполненное коаксиально, по аналогии с рассмотренными моделями EV, EAW [10].

4. Испытание опытного образца

Испытания проведены в помещениях ОАО «НИКФИ»: в заглушенной и реверберационной камерах, в большом просмотровом зале (оценка ЭЧХ на соответствие стандарта ISO 2969, тесты прослушивания) в соответствии с методами испытаний по ГОСТ 161.22.87 [9].

Был использован комплект аппаратуры для аналоговых электроакустических испытаний фирмы «BRUEL-KJAER», четырёхканальный усилитель мощности, генератор розового шума, DSP процессор dbx DriveRack, а также измерительное цифровое программное обеспечение SIA Smaart v.5 и SpectralLab (SoundTechnology).

5. Результаты испытаний

Опытный образец громкоговорителя КГ_СФК, состоящий из НЧ и СЧ/ВЧ модулей (рис. 6), представляет собой трёхполосную активную акустическую систему.

НЧ оформление – фазоинвертор ВР, нагруженный двумя 15" НЧ головками, с частотным диапазоном 50–2000 Гц

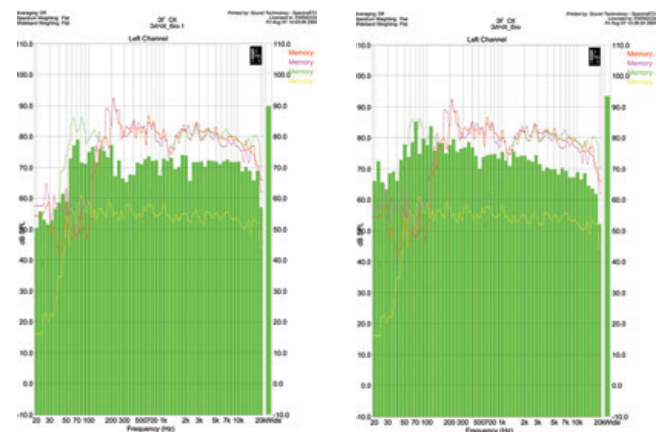
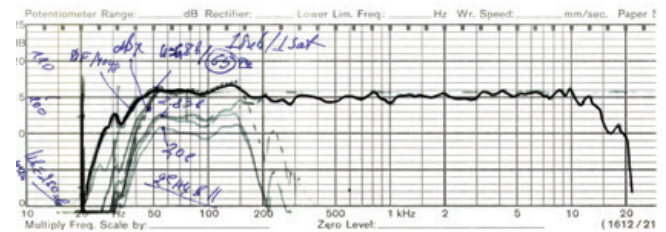






Рис. 7, 8, 9. Результаты электроакустических испытаний опытного образца КГ_СФК

Табл. 1. Сравнительные характеристики опытного образца КГ_СФК и зарубежных аналогов

Спецификация	КГ_СФК «НИКФИ»	CB523 MX EAW	VARIPLEX EV	3631-T JBL	DSC-424 QSC
Конфигурация					
Данные системы	3-way	3-way	3-way	3-way	3-way
Частотный диапазон, Гц	32–20000	42–19000	34–18000	30–20000	33–20000
Акустическая частотная характеристика, стандарт	ISO 2969-X(-3dB/oct, down2kHz)	ISO 2969-X(-3dB/oct, down2kHz)	ISO 2969-X(-3dB/oct, down2kHz)	ISO 2969-X(-3dB/oct, down2kHz)	ISO 2969-X(-3dB/oct, down2kHz)
Импеданс, Ом	4/8/16	4/8/8	4/4/4	8/12/8	4/8/8
Мощность НЧ/СЧ/ВЧ, Вт RMS	1200/250/80	1000/350	500/300/60	600/150/50	800/275/110
Чувствительность SPL(1м/1Вт), дБ	100@4π	101@4π	104@2π	103@2π8520	99,5@2π
Максимальный SPL(1м/1Вт), дБ	131	131	133	130	131
Дисперсия НxV, гр	90x40	90x45	90x50 (+20, -30)	90x50 (+20, -30)	90x50 (+20, -30)
Размеры, НxWxD, LF/MHF, мм	800x540x720 730x540x500	1763x635x450	1000x648x396 762x648x450	545x775x448 1000x762x450	990x762x516 990x762x508
Материал корпуса	18мм МДФ	Baltic brich	Marine plywood	Brich plywood	Baltic brich plywood
Покрытие корпуса	ковролин	Acrylic el, black	Resistant paint finish	Futura paint	Maroon-gray
Вес, кг	30	97	27	40,5	38,4
Компоненты					
НЧ головки громкоговорителя	LF: 15" x2	LF: 12" x2	LF: 15" x2	LF: 15" x2	LF: 15" x2
СЧ/ВЧ головки	MF1x12" / HF 1x2"	MF1x10" / HF 1x1,4"	MF2x8" / HF1x2"	MF2x6,5" / HF 1x1"	MF1x10" / HF 1x1,75"

Сигнал чистого тона подавался на вход цифрового процессора DBX, настроенного для трёхполосной конфигурации. Значения уровней звукового давления пересчитаны к расстоянию 1 м.

Как видно на графике рис. 7, воспроизводимый диапазон частот КГ_СФК составляет 32–20000 Гц, а уровень характеристической чувствительности SPL (1м/1Вт) 100 дБ.

Для проверки на соответствие стандарту ISO 2969, электроакустическая частотная характеристика опытного образца КГ_СФК была измерена в большом просмотровом зале НИКФИ. С этой целью ЭЧХ громкоговорителя снималась дважды: первоначально в ближнем поле – прямой звук (1/6 oct. noise на рис. 8), затем в зоне прослушивания – 2/3 зала (1/6 oct. noise на рис. 9). Результаты обработки диаграмм ЭЧХ, полученных в БПЗ НИКФИ, показали, что акустическая частотная характеристика КГ_СФК отвечает стандарту ISO 2969-X(-3dB/oct down 2 kHz).

Применение внешнего цифрового процессора DBX Drive Rack PA обеспечит возможность настройки ЭЧХ

громкоговорителя КГ_СФК, используемого в качестве заэкранной системы в зале кинотеатра и, как следствие, позволит проводить проверку параметров воспроизведения фонограмм кинофильмов.

Сравнение основных электроакустических показателей опытного образца КГ_СФК ОАО «НИКФИ» с показателями аналогичных зарубежных моделей, приведённое в таблице 1, показывает высокий уровень разработки, не уступающий лучшим зарубежным образцам [10].

Заключение

Высокий технологический уровень исполнения и полученные высокие качественные показатели опытного образца громкоговорителя КГ_СФК позволяют его рекомендовать:

- для оценки качественных показателей фонограмм и субъективной одинаковости их звучания в контрольных помещениях записи, перезаписи и сведения на стадии производства, показа и копирования фильмокопий на киностудиях, предприятиях кинопроката;

- в качестве контрольного громкоговорителя в составе технологического оборудования перевода аналоговых исходных фонограмм кинофильмов в цифровой формат;

- как важное средство контроля воспроизведения фонограмм при проведении сертификации кинотеатров. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. *Holman T.* New Factors in Sound for Cinema and Television. JAES. V. 37. P. 131-135/ July/Aug., 1991.
2. *Schulein R.* In Situ Measurement and Equalization of Sound Reproduction Systems. JAES. V. 23. P. 178-186, Apr. 1975.
3. *Staffeldt H. and Rasmussen E.* The Subjectively Perceived Frequency Response in Small and Medium-Sized Rooms. SMPTE J. V. 91. P. 638-643. July 1982.
4. ANSI/SMPTE Std. 202M-1998. For Motion-Pictures-Dubbing Theaters, Review Rooms and Indoor Theaters – B-chain Electroacoustic Response, SMPTE, 1998.
5. ISO 2969:1987. Cinematography – B-chain electro-acoustic response of motion-picture control rooms and indoor theatres – Specifications and measurements.
6. *Белкин Б.Г.* Акустические частотные характеристики кинотеатральных звуковоспроизводящих трактов. Труды НИКФИ. Вып. 63. 1971.
7. *Genereux R.* Signal Processing Considerations for Acoustic Environment Correction. AES UK Conf. on Digital Signal Processing. P. DSP-14. Aug. 1992.
8. JBL Cinema System Manual, 2005.
9. ГОСТ 161.22.87. «Громкоговорители. Методы испытаний».
10. Manual Instruction JBL3631, EV VARIPLEX, EAW CB523 MX, QSC DSC424.

Новая книга

СБОРНИК НАУЧНЫХ ДОКЛАДОВ О РАЗРАБОТКАХ В ОБЛАСТИ ОБЪЁМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ



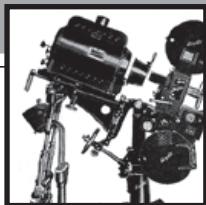
В октябре 2009 г. ФГУП «Московское конструкторское бюро киноаппаратуры» выпустило в свет сборник докладов научно-технической конференции «Запись и воспроизведение объёмных изображений в кинематографе и других областях», состоявшейся 23–24 апреля 2009 г. в г. Москве. Организаторами конференции выступили ведущие российские кинотехнические организации: ФГУП «Московское конструкторское бюро киноаппаратуры», ОАО «Научно-исследовательский кинофотоинститут», Санкт-Петербургский государственный университет кино и телевидения, Московский киноvideоинститут. Проведение конференции было поддержано Министерством культуры Российской Федерации и Союзом кинематографистов Российской Федерации.

В работе конференции приняли участие более 100 ведущих специалистов в области объёмных изображений из 52 организаций страны, которым Оргкомитет выражает глубокую благодарность. Было зачитано и обсуждено 23 доклада по исследованиям и практическому применению объёмных изображений с использованием как стереоэффектов, так и голографических принципов.

В итоге конференция позволила провести комплексный анализ состояния российского объёмного кинематографа.

Сборник предназначен для специалистов, занимающихся исследованиями, разработкой, внедрением и эксплуатацией техники и технологий объёмных киноизображений, а также для студентов вузов, аспирантов, инженеров, операторов и других технических специалистов, а также для всех, интересующихся объёмным кино.

Приобрести сборник можно, позвонив по телефону (495) 619-8611, 619-1320



КОНВЕРТАЦИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТЕРЕОФИЛЬМОВ в цифровой формат



А.С. Мелкумов, ОАО «НИКФИ»

Аннотация

Образцы отечественной классики стереокино 40-50 годов, хранящиеся в Госфильмофонде РФ, сняты в форматах, проекционная аппаратура и оптика для которых просто не существуют. Насущной задачей стала разработка технологии конвертации стереофильмов в цифровой формат. Таким образом, большое количество стандартов, по которым были сняты как отечественные, так и зарубежные стереофильмы на киноплёнке, могут быть приведены к единому стандарту технологии цифровой кинопроекции, в которой на новом качественном уровне решена задача воспроизведения трёхмерного киноизображения.

Ключевые слова: стереокино, стереофильм, цифровой формат, 3D изображение, стандарт цифровой кинопроекции.

■ Современный показ стереофильмов в нашей стране полностью отошёл от киноплёночной технологии. Некоторые образцы отечественной классики стереокино 40-50 годов, хранящиеся в Госфильмофонде РФ, сняты в форматах, проекционная аппаратура и оптика для которых просто не существует. В то же время в индустрию кинопоказа успешно внедрена технология цифровой кинопроекции, в которой на новом качественном уровне решена задача воспроизведения трёхмерного киноизображения. Насущной задачей стала разработка технологии конвертации стереофильмов в цифровой формат, которая успешно была решена в 2008–2009 годах в ОАО «НИКФИ». По сути, это комплекс работ по конвертации стереофильмов отечественной и зарубежной классики, снятых в различных форматах, порой несовместимых в единый цифровой формат DCI.

Сканирование стереопар

Данный этап является первым в технологической цепочке, и для его выполнения были использованы 35-мм и 70-мм сканеры при работе с традиционным филь-

TRANSFORMATION RUSSIAN 3D FILMS INTO DIGITAL TYPE

Abstract

Format of classic domestic 3D movies of 40-50th stored in the Gosfilmofond of the Russian Federation doesn't fit projection equipment and optics of present day. Development of technology of converting the 3D films to digital format became essential problem which has been successfully solved in NIKFI. In such a way a lot of domestic and foreign film movies of different standards can be transferred to the uniform digital standard in which the problem of 3D movie reproduction is solved at a new qualitative level.

Keywords: stereo cinema, stereo films, digital format, 3D images, standard of digital cinema projection.

мовым материалом. По этой причине на сегодняшний день конвертации могут быть подвергнуты только те стереофильмы, исходные материалы которых соответствуют стандартам форматов по ширине плёнки и шагу перфорации.

Технология сканирования отличается от сканирования обычных фильмов принципиальным выбором величины разрешения, задаваемого при сканировании. Если при сканировании традиционных материалов существует некий стандарт, будь то сканирование в разрешении 2048 или 1828 пикселей, то при сканировании стереофильмов параметры подбираются индивидуально в зависимости от расположения стереопары на киноплёнке.

Расположение стереопары на киноплёнке может быть следующих видов:

1. горизонтальное в пределах 5/70-мм кадра;
2. горизонтальное в пределах 4/35-мм кадра;
3. горизонтальное с анаморфированием в пределах 4/35-мм кадра;
4. вертикальное в пределах 4/35-мм кадра;

5. вертикальная последовательность стандартных левых и правых кадров на одной 35-мм плёнке;

6. на двух 35-мм или 70-мм плёнках со стандартным размещением кадров.

Было проведено сканирование по всем видам расположения стереопары, кроме 4 и 6, которое в этих случаях выполняется по условиям сканирования традиционных фильмовых материалов.

Методология выбора величины разрешения, задаваемой сканеру, заключается в том, чтобы каждый кадр стереопары имел на выходе величину разрешения не менее 1920 пикселей, рекомендованных DCI для цифровой стерео кинопроекции. Поэтому первоначально выбирается поле сканирования чистого изображения без звуковой дорожки. Если в это поле по горизонтали входят два кадра, то величина разрешения в пикселях должна быть, как минимум, в два раза выше величины проекционного разрешения и даже больше, с учётом ширины вертикальной перемычки между ракурсами. Так, например, в случае вертикального расположения стереопары, в пределах одного кадра, но со звуковой дорожкой, условия сканирования должны быть 3К, а при горизонтальном расположении двух кадров в пределах одного кадра необходимо задавать условия сканирования в 6К.

В таблице 1 приведены величины разрешения, задаваемые сканеру при сканировании стереопар по указанным выше шести видам расположения.

Форматирование стереопар

Отсканированная с фильмовых материалов информация ещё не есть стереофильм цифрового формата. Получено всего лишь плоское изображение вдвоенных кадров, именуемых стереопарой. С этим изображением проводится весь тот комплекс работ, который сопутствует процессу восстановления и реставрации изображения, аналогичный для традиционного плоскостного изображения.

После такой реставрации изображения необходимо провести корректировку размещений стереопар относительно друг друга, чтобы не нарушить информацию о пространственном расположении объектов относительно плоскости экрана. Основной задачей по конвертации стереофильма в цифровой формат является сохранение и передача параметров трёхмерного изображения, которые были заложены создателями фильма. Но иногда и выправление технических ошибок, имеющих место быть вследствие несовершенства киносъёмочной техники прошлых лет. Например, удаление вертикального параллакса, разницы в плотностях между правым и левым изображениями, исправление геометрии кадров, удаление виньетирования и т.п.

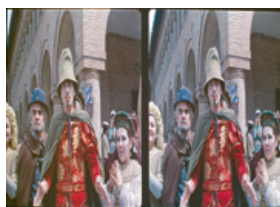
Табл. 1. Разрешение при сканировании стереопар

№	Расположение стереопары	Тип сканера	Разрешение	Место сканирования
1	горизонтальное в пределах 5/70-мм кадра	Millennium	4К (4096 пикселей)	ГФФ РФ
2	горизонтальное в пределах 4/35-мм кадра	Ditto	4К	ГФФ РФ
3	горизонтальное с анаморфированием в пределах 4/35-мм кадра	ArriScan	6К	«Мосфильм»
4	вертикальное в пределах 4/35-мм кадра	ArriScan	3К	«Мосфильм»
5	вертикальная последовательность стандартных левых и правых кадров на одной 35-мм плёнке		2-3К	не выполнялось
6	на двух 35-мм или 70-мм плёнках со стандартным размещением кадров		3К/4К	не выполнялось

Ниже показаны виды расположения кадров стереопары, полученные после сканирования:



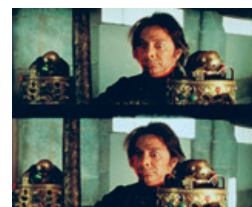
№ 1: горизонтальное в пределах 5/70-мм кадра с/ф «Ученик Лекаря»



№ 3: горизонтальное с анаморфированием в пределах 4/35-мм кадра с/ф «Ученик Лекаря»



№ 2: горизонтальное в пределах 4/35-мм кадра с/ф «Робинзон Крузо»



№ 4: вертикальное в пределах одного 4/35-мм кадра с/ф «Сокровища четырёх корон»

Все эти операции выполняются в графическом редакторе, позволяющем выполнять вышеописанные операции. Для каждого стандарта, по которому снимался стереофильм, разрабатывается отдельная методология и создаются шаблоны форматирования стереопар. Ниже приведены фотографии стереопар после форматирования:

шение сторон 16:9, поэтому после форматирования стереопар необходимо вписать изображение стереофильма с исходным соотношением сторон кадра в новые границы кадра. Отечественные стереофильмы, снятые по системе «Сtereo-70», имеют соотношение сторон 4:3, более ранние фильмы производства 40-50 годов, имели соотношение 4:5, зарубежные стереофильмы, снятые в формате «over/under» (кадр над кадром), имеют соотношение сторон в кадре 2,25:1.

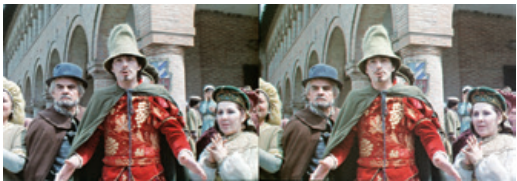
Возможны два варианта. Первый вариант предусматривает сохранение исходного соотношения сторон композиции, как это было



№ 1



№ 2



№ 3



№ 4

Подготовка к изготовлению пакетного файла MXF

Сдвоенное изображение (стереопары) необходимо разделить на два потока данных левого и правого ракурса и вывести их в виде секвенций TIF файлов в 16 бит, из которых формируется пакетированный файл MFH для цифровой трёхмерной кинопроекции. Таким образом, большое количество стандартов, по которым были сняты как отечественные, так и зарубежные стереофильмы на киноплёнке, будут приведены к единому стандарту в цифровом формате.

Основополагающий формат для театрального цифрового стереопоказа по рекомендациям DCI имеет соотно-

зложено при производстве фильма. В таком случае в процессе мастеринга двух потоков в единый пакетный файл MXF автоматически достраиваются по горизонтали чёрные поля до нового соотношения 16:9. Учитывая историческую ценность произведения, по такому варианту была изготовлена цифровая версия стереофильма «Робинзон Крузо» (№2).

Второй вариант предполагает кадрирование исходной композиции каждого плана путём уменьшения высоты композиции, если исходное соотношение составляло 4:3 (№1 и №3), и уменьшение ширины – если исходное соотношение кадра составляло 2,25:1 (№4).

левый ракурс



правый ракурс



№ 1

левый ракурс



правый ракурс



№ 3

Помимо основного формата для театрального цифрового стереопоказа, рекомендованного DCI, существует множество видеоформатов для стереопроекции или отображения на дисплеях. Поэтому отформатированные стереопары, переведённые в два потока, в дальнейшем могут быть пересчитаны в видеофайлы и заново склеены в необходимый формат для видеопроекции или воспроизведения на трёхмерных дисплеях.

В НИКФИ были проведены сравнительные испытания по конвертации отечественных стереофильмов, снятых по системе «Сtereo-70» и имеющих как исходные оригинальные материалы в 70-мм формате (№1), так и их

левый ракурс



правый ракурс



№ 2

контратипы в 35-мм формате (№3). Так как сканирование 70-мм негатива – процесс очень дорогостоящий и превышает стоимость сканирования 35-мм негатива в разы, то целью тестирования было определение степени достаточности качества полученного изображения для цифровой проекции в цифровых кинозалах на экраны высотой до 6 метров. Сравнительный показ двух конечных MFХ файлов, полученных в результате конвертации исходных фильмовых материалов 70-мм и 35-мм форматов в единый цифровой формат, определил психо-визуальную идентичность восприятия на экране высотой до 6 метров.

Заключение

Благодаря цифровым технологиям, пришедшим в киноиндустрию, появилась возможность восстановления отечественных и зарубежных стереофильмов прошлых лет и приведения их к единому стандарту кинопроекции.

Для конвертации стереофильмов, снятых по системе «Стерео 70», если они имеют качественные 35-мм контратипы, не обязательно использовать дорогостоящее сканирование 70-мм негатива.

Учитывая, что в настоящее время единственным профессиональным инструментарием для производства стереофильмов для кинотеатрального показа остаются плёночные кинокамеры системы «Стерео 70», вышеописанная технология конвертации стереофильмов в цифровой формат может быть использована как один из этапов в постпроизводстве отечественных стереофильмов.

Так, например, в июле 2009 года специалистами ОАО «НИКФИ» и МКБК совместно с английскими кинемато-

левый ракурс



правый ракурс

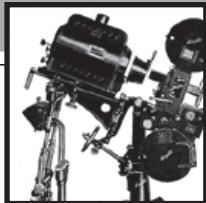


№ 4

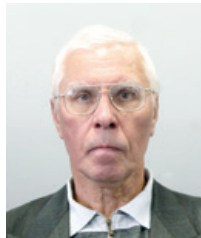
графистами кинокомпании «San Fermin Film» (продюсер Chris Cary, режиссёр Aubrey Powell) в Испании были проведены съёмки экспериментального фильма по системе «Стерео 70». Отснятый 65-мм кинонегатив был отсканирован в разрешении 8K (по 4K на каждый кадр). Такое избыточное сканирование позволило использовать отснятый материал не только для цифровой кинопроекции, но и изготовить фильмокопию формата 3D_15/70 (15-перфорационные кадры горизонтального расположения на двух 70-мм киноплёнках) для демонстрации на экранах формата «Giant Screen» (гигантский экран высотой от 20 метров).

В отдельных случаях только конвертация стереофильмов прошлых лет в цифровой формат позволит реанимировать их стереоскопический показ. Значительный репертуар отечественной классики стереокино 40-50 годов: «Робинзон Крузо», «Машина 2112», «Майская ночь», «Карандаш на льду», «Необыкновенный город» и другие фильмы, в отличие от классики традиционного кинематографа, не могут быть воспроизведены с киноплёнки, так как проекционная плёночная аппаратура для этих фильмов полностью утрачена.

Отечественные стереофильмы для семейного просмотра, такие как «Ученик лекаря», «Всадник на Золотом коне», «На златом крыльце сидели...», «Она с метлой, он в чёрной шляпе» с живой натурой и живыми героями, переведённые в цифровой формат, могли бы разбавить в отечественных цифровых кинозалах зарубежный репертуар стереофильмов, созданных в анимационной компьютерной графике. Затраты на восстановление четырёх этих фильмов несопоставимо малы по сравнению с затратами на производство одного нового стереофильма. ■



ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ на 35-мм цветных киноплёнках



А.С. Блохин, к.т.н., ОАО «НИКФИ»

Аннотация

В статье изложены результаты исследовательской работы по созданию аппаратных методик измерения параметров реальных изображений на киноплёнках: разрешающей способности, диапазона оптических плотностей, отношения сигнал/шум, с целью определения оптимальных параметров оцифровки этих изображений.

Ключевые слова: разрешающая способность, функция передачи модуляции (ФПМ), пространственная частота, оптическая плотность, микрохарактеристики изображения.

Теория

Предельная (дифракционная) разрешающая способность по критерию Релея – это минимальное расстояние σ_R между двумя точками, при котором их изображение отличимо от изображения одной точки.

Критерий Релея гласит, что при провале в распределении интенсивности в изображении двух близких точек в 20%, точки будут восприниматься как отдельные. Для этого необходимо, чтобы центральный максимум в изображении одной точки приходился бы на первый минимум в изображении другой (рис. 1).

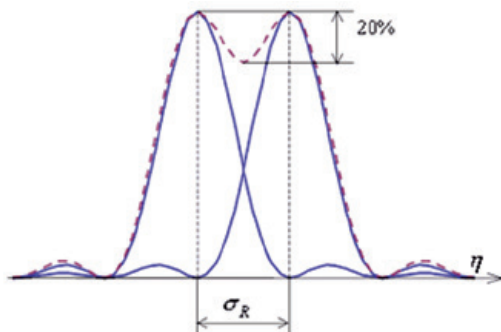


Рис. 1. Разрешение по Релею

В соответствии с теоретическими положениями В.Г. Комара [1], разрешение киноплёночных систем ки-

Abstract

In article results of research work on creation of hardware techniques of measurement of parameters of real images on films are stated: resolution, a range of optical density, the relation a signal/noise, for the purpose of definition of optimum parameters of numbering of these images.

Keywords: resolution, modulation transfer function (MTF), spatial frequency, optical density, image microcharacteristics.

нематографа и её последовательных звеньев принято оценивать функцией передачи модуляции (ФПМ). Эта функция пространственной частоты называется также частотно-контрастной характеристикой. ФПМ в основной части малых и средних частот может приближённо вычисляться по формуле:

$$F = \exp [-(p/p_e)^2],$$

где: F – ФПМ;

p – пространственная частота (обратная величина шага изображения в виде синусоидальной решётки), мм^{-1} ;

p_e – критическая пространственная частота – значение p , при котором функция передачи модуляции равна $F = 0,368 = 1/e$.

Как отмечает В.Г. Комар, в формировании изображения на киноплёнке в реальных условиях участвуют, кроме самой киноплёнки, съёмочный объектив и механизм транспортирования плёнки в киносъёмочном аппарате. Указанные компоненты киносъёмочного процесса, имея свои функции передачи модуляции, вносят значительный вклад в снижение общей разрешающей способности реального изображения на киноплёнке. В соответствии с исследованиями в работах [1–4], снижение общей разрешающей способности в реальных изображениях на киноплёнке может быть весьма значительным.

При исследовании ФПМ киноплёнки в соответствии с рассмотренными выше критериями в качестве тест-объектов используются испытательные миры (решётки) различного вида. Поскольку изображения испытательных мир на киноплёнке формируются в условиях, существенно отличающихся от реальных условий киносъёмочного процесса, полученные значения ФПМ изображений испытательных мир на киноплёнке являются предельно возможной характеристикой, недостижимой в реальных условиях киносъёмочного процесса.

На рис. 2 приведены типовые ФПМ для киносъёмочного объектива (кривая А), цветной негативной киноплёнки (кривая Б), системы съёмочный объектив-киноплёнка (кривая В), цветной позитивной киноплёнки (кривая Г) и результирующая ФПМ позитивного цветного киноизображения (кривая Д) [4].

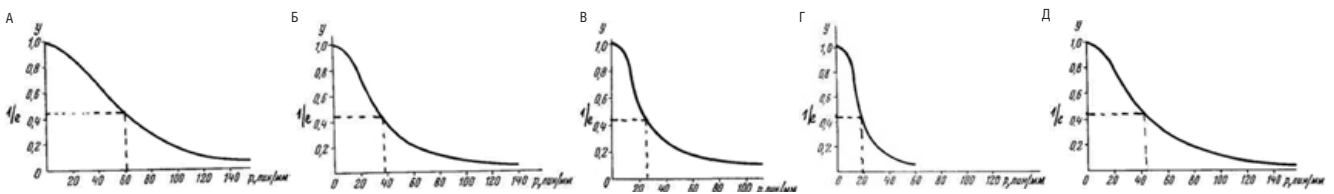


Рис. 2. ФПМ киноизображений: киносъёмочного объектива (А), цветной негативной киноплёнки (Б), системы съёмочный объектив-киноплёнка (В), цветной позитивной киноплёнки (Г), цветного киноизображения (Д)

Из рис. 2 видно существенное различие между кривыми А, Б и Д – реальное изображение на киноплёнке имеет существенно худшие параметры по разрешающей способности, чем паспортные характеристики киноплёнки и киносъёмочного объектива.

Диапазон оптических плотностей в реальных изображениях на киноплёнке также может существенно отличаться от предельных значений, указанных в соответствующих паспортных данных. Причиной этому служат как выбранные кинооператором условия съёмки, так и объективные характеристики компонентов киносъёмочного процесса. Для обоснованного выбора разрядности пикселей при переводе кинофильмов в цифровую форму необходимо иметь объективную информацию о диапазоне оптических плотностей изображений на каждом снятом плане. В настоящее время измерение диапазона оптических плотностей изображений на плёнке осуществляется при помощи стандартных денситометров. Полученная при таких измерениях информация является аналоговой, при этом она никак не увязывается с необходимой глубиной квантования при оцифровке киноизображения.

Представляет интерес теоретическая оценка количества видимых градаций изображения на киноэкране в условиях кинотеатрального показа.

Пусть видимая яркость нулевой градации составит L_{\min} . Тогда для первой градации имеем $L_1 = L_{\min} + \delta L_{\min} = L_{\min}(1 + \delta)$. Величина δ является пороговым контрастом, который при наблюдении крупных объектов составляет 0,015 – 0,02.

Яркость второй градации $L_2 = L_1 + \delta L_1 = L_{\min}(1 + \delta)^2$.

Яркость $m-1$ градации $L_{m-1} = L_{\max} = L_{\min}(1 + \delta)^{m-1}$.

Решая написанное выражение относительно m , имеем:

$$m = \ln(L_{\max}/L_{\min})/\ln(1 + \delta) + 1 \cong \ln(L_{\max}/L_{\min})/\delta + 1$$

Поскольку $\delta \ll 1$, следовательно, $\ln(1 + \delta) \cong \delta$.

Полагая контрастность изображения $L_{\max}/L_{\min} = 100$, находим $m = 231$.

Таким образом, максимальное количество видимых на киноэкране градаций яркости не превышает 231 в условиях наблюдения киноизображения при темновой адаптации зрительного анализатора. Полученный результат расчёта необходимо учитывать при назначении глубины квантования пикселей цифрового изображения при оцифровке аналоговых киноизображений.

Методики оценки гранулярности эмульсии киноплёнки позволяют получить информацию только о средней величине зерна фотоэмульсии. Эти методики не позволяют получить картину распределения светочувствительных центров в фотоэмульсии киноизображений, что, в свою очередь, не даёт возможности измерить реальные характеристики гранулярного шума. Отсутствие критериев, связывающих гранулярный шум с выбором параметров дискретизации, может приводить к неоправданному завышению параметров дискретизации, а в некоторых случаях – к существенному ухудшению качества цифровых копий киноизображения в процессе оцифровки.

Отсутствие данных по разрешающей способности, диапазону оптических плотностей и гранулярному шуму в реальных изображениях на киноплёнке приводит к необходимости ручной регулировки антишумовых фильтров для каждого кинокадра в процессе оцифровки кинофильмов [5]. Эта трудоёмкая процедура с органолептической оценкой полученных результатов противозумовой коррекции существенно усложняет и удорожает процесс оцифровки киноматериалов, а также не даёт возможности установить объективный критерий оптимальной фильтрации шумов.

Таким образом, существующие методики измерения характеристик киноплёнок не позволяют получить объективную информацию о качестве реальных изображений на киноплёнке и, как следствие, выбрать оптимальные параметры оцифровки этих изображений.

Настоящая работа имеет целью создание аппаратных методик измерения параметров реальных изображений на киноплёнках: разрешающей способности, диапазона оптических плотностей, а также отношения сигнал/шум, определяемого структурными характеристиками фотографической эмульсии.

Экспериментальная часть

Экспериментальная установка для измерения характеристик реальных изображений на киноплёнке построена по принципу получения и последующего компьютерного исследования микроструктуры этого изображения. Микроструктура изображения наблюдается в микроскопе и фотографируется цифровым фотоаппаратом с последующим переносом цифровых файлов из карты памяти фотоаппарата в компьютер. Дальнейшее изучение микроструктуры изображений осуществляется на дисплее компьютера с использованием соответствующего программного обеспечения.

Изучение микроструктуры изображений позволяет получить данные не только о макрохарактеристиках указанных изображений (разрешающей способности, диапазоне оптических плотностей, цветопередаче), но и об его микрохарактеристиках – структуре и распределении светочувствительных центров, размере и форме кристаллических конгломератов, принципах формирования макрообластей с различными оптическими плотностями. Микрохарактеристики изображения содержат объективную информацию об отношении сигнал/шум в изображениях, а также о пространственном спектре гранулярного шума.

Все указанные характеристики могут быть получены при компьютерной обработке микроизображений и представлены в виде единого компьютерного паспорта для каждого снятого плана исследуемого кинофильма. Функциональная схема экспериментальной установки приведена на рис. 3.

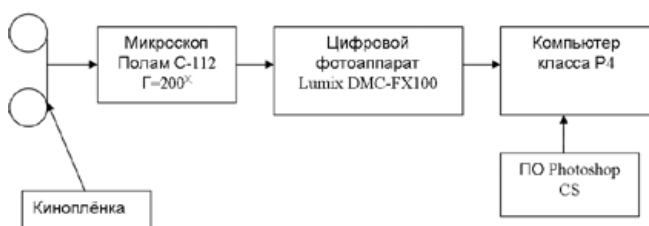


Рис. 3. Схема экспериментальной установки

Установка включает в себя устройство для микрофотографирования и компьютер P4 с программным обеспечением Photoshop CS для измерения параметров цифрового микроизображения.

Устройство для микрофотографирования состоит из доработанного микроскопа «Полам С112» с увеличением $\Gamma = 200\times$ и цифрового фотоаппарата Lumix DMC-FX100. В окуляре микроскопа имеется измерительная шкала с ценой деления 0,005 мм. В качестве источника света в микроскопе использован мощный светодиод белого свечения PG1N-3LWS, имеющий цветовую температуру 5500°K и световой поток не менее 130 Лм. Цифровой фотоаппарат Lumix DMC-FX100 имеет матрицу 12 Мпикс (4000x3000).

Компьютер P4 с программным обеспечением Photoshop CS предназначен для аппаратных измерений микрохарактеристик киноплёнки по микрофотографиям фрагментов изображений на кинокадрах.

Измерение реальной разрешающей способности на кадрах киноплёнки

На киноизображении выбираются кадры, имеющие в поле зрения неподвижные предметы с резкими границами максимальной контрастности (здания на фоне светлого неба, тёмные предметы интерьера на светлом фоне и т.п.). Изображение выбранной границы устанавливается в поле зрения окуляра микроскопа, по возможности, параллельно штрихам окулярной шкалы. Проверяется оптическое разрешение по количеству делений окулярной шкалы, укладываемых в переход между тёмным и светлым полем.

Изготавливается цифровая микрофотография выбранной границы максимальной контрастности. Разрешение цифрового снимка не менее 4000 пикселей по горизонтали. Полученные цифровые файлы переносятся в компьютер.

Цифровая микрофотография открывается в Photoshop CS и курсором сканируется переход от тёмного поля к светлому. При этом в окне прибора «Навигатор» берутся отсчёты до получения устойчивых результатов измерения оптической плотности пикселей в тёмном поле и светлом поле. Полученные границы перехода от тёмного поля к светлому фиксируются по впечатанной в микрофотографию шкале окулярного микрометра, имеющего цену деления 0,005 мм.

Измерения границ перехода от тёмного к светлому полю производятся не менее 5 раз в различных участках перехода. Далее вычисляется средняя величина перехода по формуле:

$$\Delta_{\text{CP}} = (\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n)/n,$$

где: $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_n$ – результаты измерений величины перехода;

n – число измерений.

Разрешающая способность киноизображения вычисляется по формуле:

$$R = 1/\Delta_{\text{CP}} \text{ (мм}^{-1}\text{)}$$

Указанные операции проводятся для каждого снятого плана.

Измерение реального диапазона оптических плотностей изображений на киноплёнках

Для измерения реального диапазона оптических плотностей киноизображений необходима предварительная градуировка измерительного инструмента в окне «Навигатор» по известным оптическим плотностям стандартного сенситометрического серого клина. Градуировка производится при фотографировании сенситометрического серого клина с помощью цифрового фотоаппарата Lumix DMC-FX100 и последующей установке соответствия отсчётов в окне «Навигатор» (установка курсора на изображение каждой градации сенситометрического серого клина). Результаты градуировки оформляются в виде графика (рис. 4).

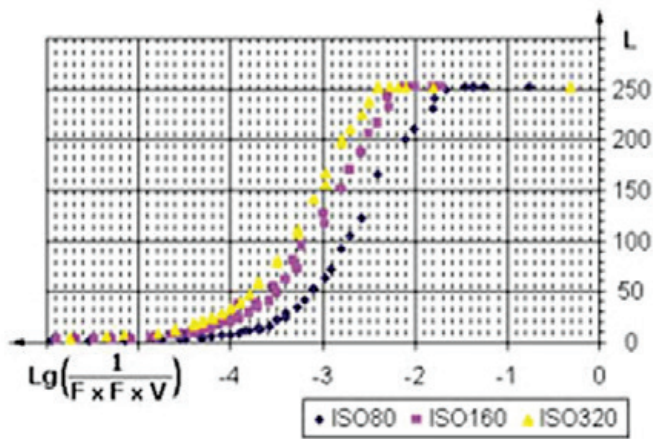


Рис. 4. Результаты градуировки по стандартному сенситометрическому серому клину

Измерение диапазона оптических плотностей реального киноизображения производится при сканировании курсором наиболее тёмных и наиболее светлых областей изображения. При сканировании берётся не менее 5 отсчётов в окне «Навигатор» для светлой и тёмной областей, затем вычисляется среднее значение. По графику рис. 4. определяются средние значения оптических плотностей для светлого ($D_{\text{мин}}$) и тёмного ($D_{\text{макс}}$) полей. Диапазон оптических плотностей изображения вычисляется по формуле:

$$\Delta D = D_{\text{макс}} - D_{\text{мин}}$$

Исследование структуры и распределения светочувствительных центров и размеров кристаллических конгломератов в изображении. Измерение реального отношения сигнал/шум

Исследование структуры и распределения светочувствительных центров изображения производится способом визуального наблюдения и линейных измерений объектов в поле зрения микроизображений и последующего цифрового фотографирования микроизображений. Измерения производятся при помощи шкалы с ценой деления 0,005 мм, имеющейся в поле изображения при микрофотографировании.

Для измерения отношения сигнал/шум в реальном изображении на киноплёнке необходимо произвести измерение собственных шумов цифровой фотокамеры в каналах RGB в светах и тенях. Такое измерение производится по результатам съёмки серой шкалы.

С помощью программы Photoshop определяем уровень цветовых составляющих (X) и стандартного отклонения (sX), для серого с яркостью 90% (света) и 15% (тени). Уровень шумов выразим в общепринятом представлении $20\lg(sX/X)$, в децибелах. В результате получаем:

в светах: R – 44 дБ, G – 44 дБ, B – 43 дБ;

в тенях: R – 35 дБ, G – 37 дБ, B – 34 дБ.

Шумы обычные для хороших цифровых камер и, что важно, нет провалов в отдельных цветовых каналах. Следует отметить закономерность: снимки серой шкалы имеют небольшой сдвиг (большой уровень составляющей X) в сторону тонов с традиционно повышенной шумностью – голубого и красного.

Определение амплитуды шума $A_{\text{ш}}$ в светлой и тёмной областях реального киноизображения производится при сканировании курсором соответствующих полей с дальнейшим построением графика показаний в окне «Навигатор». Вычисление не взвешенного отношения сигнал/шум производится по формуле:

$$S/N = 20 \lg \Delta D / A_{\text{ш}} \text{ (дБ)},$$

где: ΔD – диапазон оптических плотностей исследуемого изображения по показаниям в окне «Навигатор», $A_{\text{ш}}$ – амплитуда шума по показаниям в окне «Навигатор».

На рис. 5–11 представлены иллюстрации тестовых и реальных киноизображений, параметры которых измерены по описанной методике.

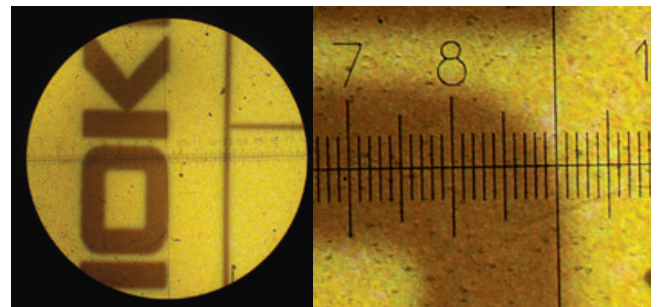


Рис. 5. Цветная киноплёнка интермедизит Eastman Kodak

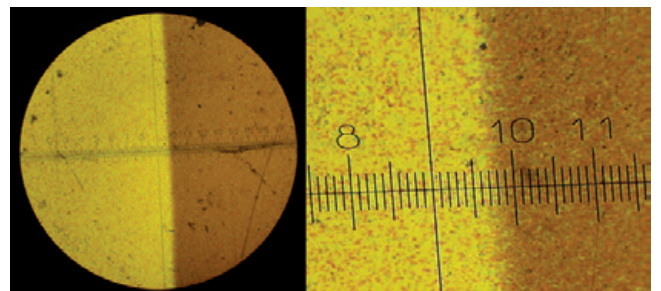


Рис. 6. Цветная негативная киноплёнка AGFA-Gevaert

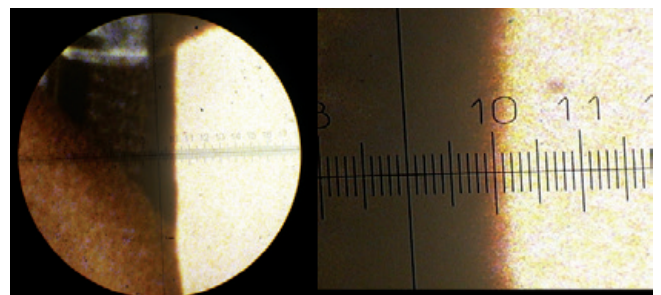


Рис. 7. Цветная позитивная киноплёнка Eastman Kodak

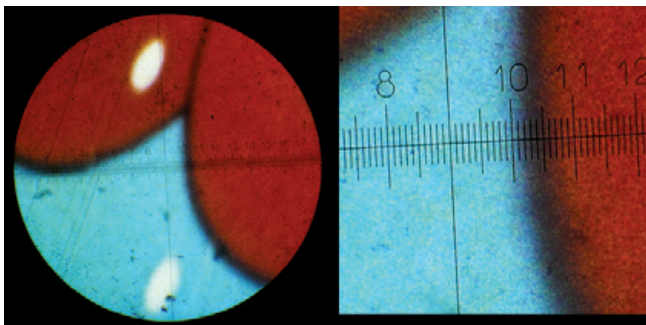


Рис. 8. Цветная позитивная киноплёнка Orwo

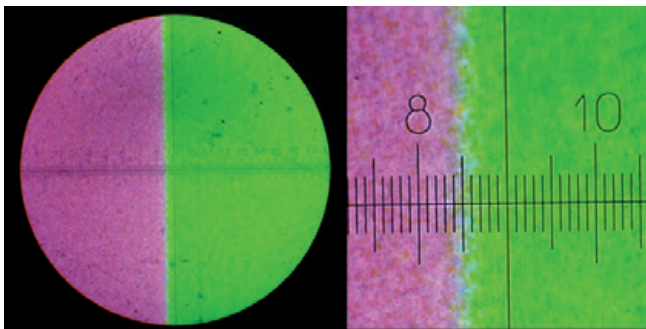


Рис. 9. Цветная позитивная киноплёнка Fuji

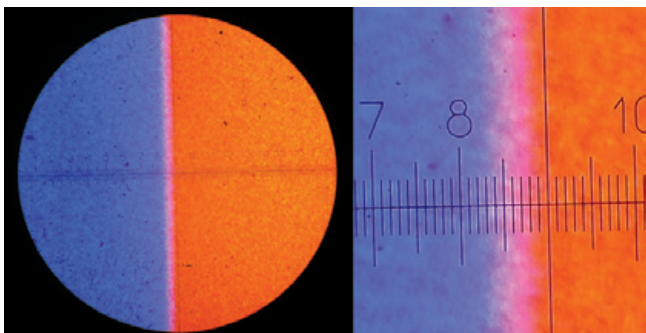


Рис. 10. Цветная позитивная киноплёнка Fuji

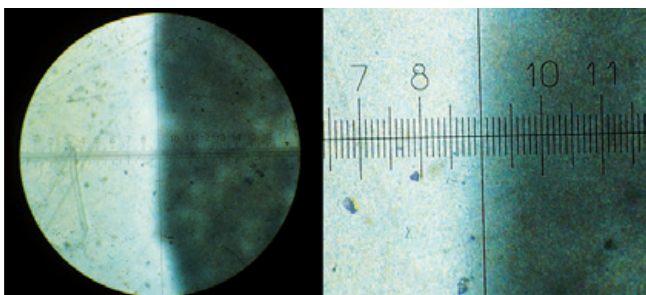


Рис. 11. Цветная позитивная киноплёнка Свема

Табл. 1. Значения разрешающей способности киноизображений

Киноплёнка	Разрешающая способность реального киноизображения, R, мм ⁻¹
Цветная киноплёнка интермедиэйт Eastman Kodak	45
Цветная позитивная киноплёнка Eastman Kodak	39
Цветная позитивная киноплёнка Fuji	37
Цветная негативная киноплёнка AGFA-Gevaert	36
Цветная позитивная киноплёнка Orwo	34
Цветная позитивная киноплёнка Свема	27

Слева в каждой паре изображений приведён фрагмент исследуемого кинокадра, справа – микрофотография переходов тёмное-светлое поле на исследуемом кадре. Цена деления шкалы в поле зрения составляет 10 мкм.

На рис. 12 и в таблице 1 приведены полученные значения разрешающей способности реальных изображений на исследованных образцах киноплёнок, представленных на рис. 5–11.

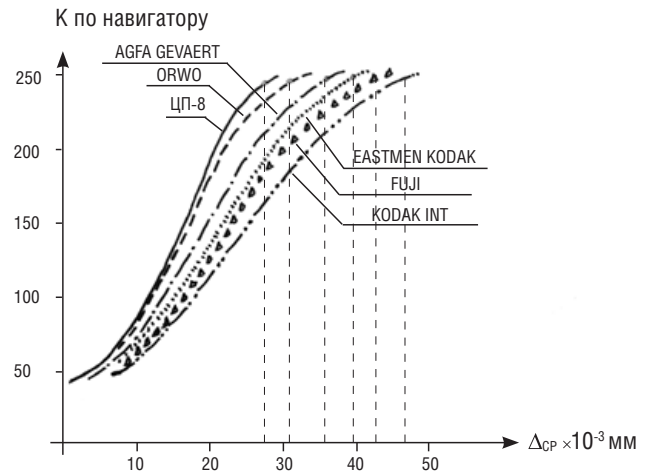


Рис. 12. Резкостные характеристики цветных киноплёнок

Из графиков рис. 12 и таблицы 1 видно, что наибольшая разрешающая способность в реальном изображении отмечена на цветной киноплёнке интермедиэйт Eastman Kodak (45 мм⁻¹), наименьшая – на плёнке цветной позитив Свема (27 мм⁻¹).

На рис. 13 приведены зависимости спектральной плотности шума S от пространственной частоты ν на испытанных плёнках.

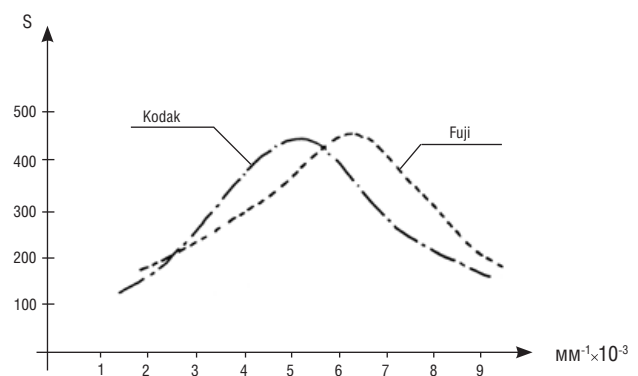


Рис. 13. Зависимость спектральной плотности шума S от пространственной частоты киноизображений

Выводы

1. Реальная разрешающая способность в киноизображениях на цветных позитивных киноплёнках составляет $27 \div 39 \text{ мм}^{-1}$.

2. При горизонтальном размере кадра на 35-мм киноплёнке, равном 22 мм, количество разрешаемых пар линий по горизонтали в реальных изображениях на позитивных плёнках $R = (27 \div 39) \text{ мм}^{-1} \times 22 \text{ мм} = 594 \div 841$.

3. Максимум спектральной плотности шума расположен для изображений на цветных позитивных плёнках в области $180\text{--}200 \text{ мм}^{-1}$, что соответствует среднему размеру светочувствительных микрокристаллов на позитивных цветных киноплёнках, равному 5 мкм.

Таким образом, выбор пространственной частоты дискретизации при оцифровке этих плёнок должен осуществляться с учётом разрешающей способности реальных киноизображений на указанных плёнках, а не размеров светочувствительных центров. При этом сохраняются все резкостные характеристики изображений при минимизации шумов в процессе оцифровки.

С учётом критерия Найквиста-Котельникова для корректной оцифровки киноизображений на цветных позитивных плёнках должно быть не менее $990 \times 2 = 1980$ отсчётов. Для полной визуальной незаметности пиксельной структуры изображения при цифровой кинотеатральной проекции количество отсчётов по горизонтали кадра должно составлять не менее 2000 или около 2К (2048 отсчётов) [2].

4. Максимальный диапазон оптических плотностей $\Delta D = D_{\text{max}} - D_{\text{min}}$ в реальных киноизображениях на цветных позитивных киноплёнках (прокатных копиях) составляет:
- для Eastman Kodak $\Delta D = 2,23 - 0,21 = 2,02$;
- для Orwo $\Delta D = 2,18 - 0,2 = 1,98$.

5. Как указывалось выше, максимальное количество градаций яркости, которое способен различить наблюдатель, если шум на изображении пренебрежимо мал, составляет около 231 при контрастности изображения $K = 100$.

При оцифровке реального киноизображения на негативной и позитивной киноплёнках минимальная глубина квантования в каждом цвете должна быть не менее 8 бит (256 уровней). При соблюдении этого условия в цифровом кинопоказе будет обеспечена полная визуальная незаметность артефактов типа окантовок при воспроизведении сюжетов с плавно изменяющейся яркостью крупных фрагментов изображения [7].

6. Визуально более резкое изображение на цветных позитивных киноплёнках Eastman Kodak можно объяснить более резкими границами и формой светочувствительных микрокристаллов, что может быть аналогично эффекту двумерной апертурной коррекции видеоизображений в области высоких пространственных частот.

7. Фрагменты изображений с различной оптической плотностью формируются на плёнке за счёт различной концентрации на единице площади экспонированных

до одинаковой оптической плотности светочувствительных микрокристаллов. Аналогичный механизм формирования различной оптической плотности имеют полиграфические изображения, при этом отличие состоит в регулярной структуре расположения элементов (пикселей) изображения в полиграфии и нерегулярной (хаотической) структуре элементов изображения на киноплёнке.

8. Спектральная плотность гранулярных шумов S позитивных киноплёнок Kodak имеет максимум в области 5 мкм (пространственная частота 200 мм^{-1}), а позитивных плёнок Fuji – в области 6 мкм (пространственная частота 170 мм^{-1}).

Таким образом, можно заключить, что при количестве отсчётов по горизонтали кадра, равном 2К (2048 отсчётов) заметность гранулярных шумов в оцифрованном изображении будет минимальной.

9. Отношение сигнал/шум в реальном изображении на цветных позитивных киноплёнках Eastman Kodak составляет в светах около 37 дБ, в тенях около 33 дБ, на цветной позитивной киноплёнке Fuji, соответственно, 38 дБ и 35 дБ.

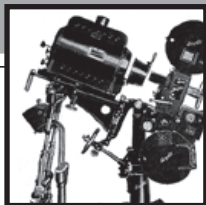
При указанных величинах отношения сигнал/шум обеспечивается практически полная незаметность шума в экранном изображении в условиях театрального кинопоказа.

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность научным сотрудникам ОАО «НИКФИ» профессору В.Г. Комару и Э.А. Рохлиной за ценные замечания по данной работе. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Комар В.Г. Сравнение цифровых и киноплёночных систем кинематографа. МТК, 2006. № 2.
2. Блохин А.С. Исследование и разработка методов машинного представления архивных кино- и видеодокументов. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва, РГГУ, 2003.
3. Baroncini V., Machler E.L., Sintas M. The Image Resolution of 35mm Cinema in Theatrical Presentation. Motion Imaging Journal, February/March 2004.
4. Голдовский Е.М. Введение в кинотехнику. Москва: Искусство, 1974.
5. Методика настройки шумопонижающих фильтров. Neiromaster ©, 2003.
6. Красильников Н.Н. Теория передачи и восприятия изображений. Москва: Радио и связь, 1986.
7. Блохин А.С. Оценка качества изображения в цифровом кино. МТК, 2007. № 5.
8. Jacky Chan Kit Yan. Statistical Methods for Film Grain Noise Removal and Generation // Master's thesis, University of Toronto, Canada, 1997.



ИССЛЕДОВАНИЕ физико-механических свойств архивных широкоформатных фильмовых материалов на триацетатной основе



С.А. Тупалова, ОАО «НИКФИ»

Аннотация

В статье приводятся результаты исследования физико-механических свойств широкоформатных фильмовых материалов на триацетатцеллюлозной основе, таких как: термостатная усадка (продольная и поперечная), ширина плёнки, шаг перфорации, скручиваемость, ударная прочность, коэффициент трения, электростатическое сопротивление, адгезия, которые обеспечивают нормальное прохождение 65/70-мм архивных киноплёнок в лентопротяжном тракте сканера («Сканер-70»).

Ключевые слова: широкоформатные плёнки, физико-механические свойства, триацетатная основа, термостатная усадка, скручиваемость киноплёнки, адгезия.

RESEARCH OF PHYSICAL MECHANICAL PROPERTIES OF ARCHIVAL WIDE-SCREEN FILMS ON THE TRIACETATE BASE Abstract

The article contains the results of research of physical mechanical properties of wide-screen films on the triacetate cellulose base, such as: thermostatic shrinkage (longitudinal and cross-section), width of a film, a punching step, twisting, shock durability, factor of a friction, electrostatic resistance, adhesion, which allow a free passage 65/70-mm of archival films through a film driver of the scanner («Сканер-70»).

Keywords: wide-screen films, physical mechanical properties, triacetate base, thermostatic shrinkage, twisting of a film, adhesion.

Введение

Для сохранения информации на фильмовых плёночных материалах необходимо продублировать её на современном технологическом уровне. Одним из способов такого дублирования является перевод киноизображения в цифровую форму. Решается эта задача при помощи специального сканера. Для организации этой работы необходимо выполнить определённые этапы, первым из которых является исследование плёнок.

В настоящей работе были исследованы физико-механические свойства широкоформатных фильмовых материалов (65 и 70 мм), изготовленных на триацетатцеллюлозной основе (в дальнейшем – ТАЦ-основе) и находящихся на долгосрочном хранении в киноархивах. ТАЦ-основа является химически нестабильным продуктом и при хранении в неблагоприятных температурно-влажностных условиях быстро разлагается, приводя в непригодное состояние весь материал (фильмовый или магнитный).

Механизм разложения ТАЦ-основы заключается в гидролизе триацетата целлюлозы (деацетилирование) с последующим разрывом полимерных цепей. В результате реакции гидролиза ацетатных групп, выделяемые ацетатные ионы, взаимодействуя с водой, находящейся в плёнке и в воздушной среде, образуют молекулы уксусной кислоты [1]. Поэтому, чем выше относительная влажность и температура воздуха при хранении, тем быстрее будет проходить реакция гидролиза триацетата целлюлозы и тем большее количество образуется уксусной кислоты.

При накоплении в плёнке определённого количества уксусной кислоты, она начинает играть роль катализатора процесса разложения ТАЦ-основы, который остановить при этом не представляется возможным. В условиях реального хранения фильмовых и магнитных материалов на ТАЦ-основе в частевой коробке может накапливаться при сильном разложении ТАЦ-основы большое количество паров уксусной кислоты [2]. Поэтому важнейшей

задачей хранения фильмовых материалов на ТАЦ-основе является предотвращение накопления уксусной кислоты в коробках.

Фильмовые и магнитные материалы на ТАЦ-основе под воздействием паров уксусной кислоты деформируются, проявляют волнистость краёв, высокую усадку (особенно продольную), скручиваемость, что делает такие материалы непригодными для использования и хранения [3]. Вышеуказанные изменения свойств фильмовых материалов являются необратимыми. Чем выше количество паров уксусной кислоты в воздухе и дольше их воздействие на фильмовые и магнитные материалы, тем быстрее идёт разложение ТАЦ-основы и ухудшение физико-механических свойств этих материалов. При высокой степени разложения ТАЦ-основы фильмовые и магнитные материалы становятся необратимо хрупкими.

Следует отметить, что в отличие от 35-мм фильмовых материалов, широкоформатные материалы не могут реставрироваться, так как в настоящее время в РФ отсутствует оборудование для их реставрации.

В данной работе были исследованы те физико-механические характеристики 65–70 мм фильмовых материалов, которые обеспечивают нормальное прохождение плёнки в лентопротяжном тракте сканера:

- термостатная усадка (продольная и поперечная), ширина плёнки, шаг перфорации,
- скручиваемость,
- ударная прочность,
- коэффициент трения фотослоя и основы,
- электростатическое сопротивление,
- адгезия.

1. Экспериментальная часть

1.1. Испытываемые фильмовые материалы и методы испытания

Для исследования физико-механических свойств широкоформатных фильмовых материалов на ТАЦ-основе были отобраны плёнки шириной 65 и 70 мм, находившиеся на хранении в Госфильмофонде РФ, Мосфильмофонде и лаборатории стереокинематографии ОАО «НИКФИ» (табл. 1).

При проведении испытаний были определены следующие показатели физико-механических свойств киноплёнок: термостатная усадка (продольная и поперечная), геометрические размеры (ширина плёнки и шаг перфорации), ударная прочность, скручиваемость, коэффициент трения, электростатическое сопротивление и адгезия.

Термостатная усадка, скручиваемость и ударная прочность широкоформатных фильмовых материалов определялись в соответствии с действующей нормативно-технической документацией [4, 5, 6]. Антистатические свойства плёнок оценивали по значению, измеряемому с использованием тераметра ЕШ-113А с диапазоном сопротивления с погрешностью $\pm(1,5-2,0)\%$. Фрикционные свойства плёнок определяли по величине коэффициента трения (μ) триацетатной основы и фотослоя на приборе ПОФС-1 по методике, разработанной в НИКФИ [7]. Адгезия фотослоя к триацетатной основе определялась методом «косого разрыва» по методике, разработанной в НИКФИ [8]. Толщина плёнки измерялась с помощью оптиметра ИКВ.

В табл. 2 представлены результаты измерения термостатной усадки (продольной и поперечной) широкоформатных киноплёнок, а также геометрические размеры – ширина плёнки и шаг перфорации.

Усадка плёнок обусловлена протеканием релаксационных процессов в ТАЦ-основе, т.е. стремлением макромолекул полимера перейти в наиболее энергетически выгодное свёрнутое состояние. Получаемая степень свёрнутости макромолекул (величина усадки материала) зависит от их гибкости, т.е. от межмолекулярного взаимодействия. Усадка ТАЦ-основы фильмовых материалов происходит в первые годы их хранения в архивах и объясняется удалением из неё остаточных растворителей и начальной стадией протекания релаксационных процессов, т.е. перехода структуры триацетата целлюлозы в равновесное состояние. Усадка за счёт удаления растворителей обратима, а за счёт протекания релаксационных процессов – необратима. Как видно из табл. 2, наибольшую продольную и поперечную усадку имеют негативные плёнки Кодак, срок хранения которых значительно меньше, чем у других фильмовых материалов, представленных в данной таблице. Это объясняется тем, что фильмовые материалы, срок хранения которых составляет более 35 лет, уже подверглись усадке за счёт протекания релаксационных процессов в

Табл. 1. Испытуемые широкоформатные фильмовые материалы

№ п/п	Название фильма	Тип материала	Изготовитель плёнки	Год выпуска	Ширина плёнки, мм
1	«Парад аттракционов»	позитив	Свема	1975	70
2	«Здравствуй Сочи!»	негатив	Свема	1976	70
3	Без названия	негатив	Кодак	1990	65
4	Без названия	негатив	Кодак	2000	65
5	«Крутое поле»	позитив	Орво	1970	70
6	«Железный поток»	лаванда	Свема	1970	70
7	Без названия	негатив	Орво	1978	70
8	«Ванька-Встанька»	позитив	Орво	1978	70
9	Без названия	позитив	Свема	1980	70

Табл. 2. Термостатная усадка и геометрические размеры испытуемых плёнок

№ п/п	Название фильма, тип фильмового материала, изготовитель, год выпуска	Термостатная усадка, %		Геометрические размеры	
		продольная	поперечная	ширина В, мм	шаг перфорации t, мм
1	«Парад аттракционов», позитив, Свема	0,03	0,02	69,602	4,725
2	«Здравствуй, Сочи!», негатив, Свема	0,01	0,04	69,679	4,732
3	«Крутое поле», позитив, Орво	0,04	0,03	69,717	4,741
4	«Железный поток», лаванда, Свема	0,06	0,06	69,559	4,743
5	Без названия, негатив, Кодак, 2000 г.	0,09	0,10	64,746	4,723
6	Без названия, негатив, Кодак, 1990 г.	0,07	0,08	64,734	4,733
7	Без названия, позитив, Свема, 1980 г.	0,04	0,02	69,512	4,720
8	Без названия, негатив, Орво	0,05	0,06	69,716	4,739
9	«Ванька-Встанька», позитив, Орво	0,02	0,03	69,744	4,731

Примечание:

1. Предельное отклонение по ширине плёнки 70 мм: 69,9–70 мм;

триацетатцеллюлозной основе, и термостатная усадка их незначительна по сравнению с негативными плёнками Кодак. Из табл. 2 видно, что геометрические размеры плёнок, в частности, ширина плёнки и шаг перфорации, за время хранения также претерпели изменение. Усадка по ширине 70-мм фильмовых материалов составляет $0,3\pm 0,6\%$, по сравнению с исходными значениями для этих плёнок, а шаг перфорации – $0,4\pm 0,8\%$.

В табл. 3 представлены результаты испытаний физико-механических свойств широкоформатных плёнок, которые были исследованы в данной работе.

Как видно из табл. 3, практически все испытанные фильмовые материалы обладают высокой скручиваемостью при влажности $\varphi = 30\%$, которая несколько уменьшается при повышении влажности кондиционирования плёнок до $\varphi = 65\%$. Однако, следует отметить, что ни одна из испытанных плёнок, даже при нормальной влажности, не восстанавливается до плоского состояния, т.е. до скручиваемости, равной 0.

Потеря фотослоем влаги приводит не только к усадке и скручиваемости фильмового материала, но и к повышению хрупкости фотослоя и, как следствие, к хрупкости всей многослойной системы в целом. Из табл. 3 видно, что позитивные плёнки Свема имеют самую низкую ударную прочность при влажности $\varphi = 30\%$, однако испытания, проведённые при нормальной влажности $\varphi = 65\%$, показали, что эластичность плёнок восстанавливается при их увлажнении.

Оптимальным коэффициентом трения как для основы, так и для фотослоя при прохождении в лентопротяжном тракте является значение коэффициента трения, равное 0,2. Как видно из табл. 3, кроме негатива Кодак (1990 г.), ни одна из плёнок не соответствует этому критерию. Например, лаванда кинофильма «Железный поток» (Свема) имеет высокий коэффициент трения, как со стороны основы, так и фотослоя (в $2,5\pm 2,7$ раза выше). Плёнки, обладающие высоким коэффициентом трения, могут повреждаться при прохождении в лентопротяжном тракте сканера.

Табл. 3. Результаты испытаний физико-механических свойств широкоформатных фильмовых материалов

Название фильма, тип материала, изготовитель, год выпуска	Толщина, мкм		Скручиваемость, мм	Ударная прочность, Н/м ²		Коэффициент трения, μ		Электро-статическое сопротивление, ρ_s Ом ($\varphi=65\%$)		Адгезия, баллы		
	Плёнка	Основа		Фотослой	$\varphi=30\%$	$\varphi=65\%$	Фотослой	Основа	Фотослой		Основа	
«Парад аттракционов», позитив, Свема	151	137	14	6,2	1,5	207	1082	0,34	0,18	1012	1010	4
«Здравствуй, Сочи!», негатив, Свема	161	140	21	7,1	6,0	692	973	0,32	0,23	1012	1011	3

Название фильма, тип материала, изготовитель, год выпуска	Толщина, мкм			Скручиваемость, мм		Ударная прочность, Н/м ²		Кoeffициент трения, μ		Электро-статическое сопротивление, ρ_s Ом ($\varphi=65\%$)		Адгезия, баллы
	Плѐнка	Основа	Фото-слой	$\varphi=30\%$	$\varphi=65\%$	$\varphi=30\%$	$\varphi=65\%$	Фото-слой	Основа	Фото-слой	Основа	
Негатив, Кодак, 1990 г.	145	131	14	4,5	3,5	814	1043	0,15	0,19	109	1010	5
Негатив, Кодак, 2000 г.	146	130	16	4,8	3,0	1041	1050	0,40	0,25	1014	1011	5
«Крутое поле», позитив, Орво	152	137	15	6,2	5,0	993	1193	0,29	0,23	1012	1011	4
«Железный поток», лаванда, Свема	152	133	19	5,2	3,5	846	1026	0,54	0,50	1015	1014	3
Негатив, Орво, 1978 г.	151	132	19	4,0	2,5	667	980	0,21	0,32	109	1012	4
«Ванька-Встанька», позитив, Орво	148	135	13	4,5	2,5	1036	1091	0,29	0,45	1012	1014	4
Позитив, Свема, 1980 г.	155	138	17	6,2	2,2	435	987	0,24	0,25	1010	1011	4

Для всех плѐнок было определено электростатическое сопротивление (ρ_s), характеризующее антистатические свойства фильмового материала. Оптимальным значением электростатического сопротивления для фотослоя и основы фильмового материала является значение $\rho_s = 10^7 \div 10^8$ Ом. Плѐнки, характеризующиеся таким значением электростатического сопротивления, практически не притягивают пыль при движении в лентопротяжном тракте. Как видно из табл. 3, ни одна из испытанных плѐнок не имеет таких значений электростатического сопротивления. В этой же табл. 3 приведена величина адгезии фотослоя к основе. Адгезия определялась методом «косого разрыва» и оценивалась по 5-ти балльной системе. Наихудшую адгезию (3 балла) имеют негатив и лаванда Свема. Нарушение адгезии фотослоя к основе может вызвать при сканировании отслаивание частичек эмульсионного слоя от основы.

Выводы и рекомендации

1. Перед проведением сканирования широкоформатных фильмовых материалов (65 и 70 мм) необходимо провести следующие подготовительные работы:

1.1 контроль технического состояния фильмового материала:

- проверку и укрепление склеек;
- проверку и при необходимости ремонт перфораций;
- удаление локальных восковых и масляных загрязнений;
- проведение общей чистки фильмового материала от пыли и загрязнений (ручная чистка или на ультразвуковой машине);
- удаление «солей жѐсткости».

2. Фильмовые материалы, имеющие срок хранения более 30 лет, могут иметь значительную усадку в результате протекания релаксационных процессов в триацетатцеллюлозной основе. При проектировании сканера необходимо учитывать изменение геометрических размеров плѐнок в

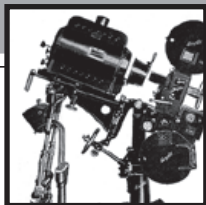
процессе долгосрочного хранения. Поперечные размеры – ширина плѐнки может иметь усадку $0,3 \div 0,6\%$ по сравнению с первоначальными значениями, шаг перфорации в процессе хранения может изменяться на $0,4 \div 0,8\%$ [9].

3. Потеря влаги желатиновым фотослоем киноплѐнки приводит к высокой скручиваемости и хрупкости всей плѐночной системы в целом. Если наблюдается сильная скручиваемость фильмового материала, то перед сканированием необходимо провести увлажнение фильмового материала в фильмоплате для восстановления его эластичности и плоскостности.

4. Для уменьшения силы трения и электризуемости фильмового материала в лентопротяжном тракте сканера на входе и выходе плѐнки желательнее установить нейтрализаторы статического электричества. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко О.К., Алишоева А.Б., Лобанова Л.А., Мокина Н.В., Тупалова С.А. Исследование сохранности фильмовых материалов на ТАЦ-основе. Техника кино и телевидения, 1999. № 1. С. 46-49.
2. Бойко О.К. Укусный синдром. Кинофототехника. Информационный сборник, выпуск 1, 2001.
3. Бурдыгина Г.И. Фильмокопии. Свойства. Профилактика. Реставрация. Хранение. Москва: Искусство, 1991.
4. ГОСТ 11477–65. Киноплѐнка. Метод определения термостатной усадки.
5. ОСТ 6-17-430–76. Скручиваемость киноплѐнок.
6. ОСТ 6-17-432–76. Ударная прочность киноплѐнок.
7. Методика определения фрикционных свойств фильмовых материалов. НИКФИ, 1988.
8. Методика определения адгезии триацетатных киноплѐнок, НИКФИ, 1975.
9. ГОСТ 11272–78. Киноплѐнка 70-мм. Размеры. Методы контроля.



Разработка технологии ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШИРОКОФОРМАТНЫХ ФИЛЬМОВ на базе цифровых методов обработки



А.Е. Белостоцкий, к.т.н., Н.С. Ковалевская, к.т.н., В.Г. Комар, д.т.н., профессор,
С.А. Лобастов, аспирант, А.В. Рязанов, аспирант, В.А. Студеникин, В.А. Сычёв, к.т.н., ОАО «НИКФИ»,
О.И. Великжанин, А.М. Санцевич, ФГУП «ОП НИКФИ»

Аннотация

Статья посвящена исследованиям по созданию стенда для перевода в цифровую форму широкоформатных фильмов, включающего блок сканирования, лентопротяжный механизм, программное обеспечение для управления. Определены задачи технологии процесса перевода фильмофильмов в цифровую форму и разработки их метрологического обеспечения.

Ключевые слова: восстановление кинофильмов, сканирование, перевод в цифровую форму, фильмофильмы 70-мм кинофильмов.

ОАО «НИКФИ» имеет значительный опыт исследовательских работ в области разработки технологий перевода в цифровую форму записи и эффективных систем хранения изобразительной и звуковой информации, что особенно актуально для возрождения многих киношедевров, находящихся у порога истечения срока «жизни».

Работы по восстановлению исходных материалов отечественных фильмов и разработанные НИКФИ технологические процессы изготовления оригиналов записи DVD-Video и перевода на цифровые носители исходных магнитных аналоговых фонограмм кинофильмов [1,2] используются Госфильмофондом РФ, киноконцерном «Мосфильм», Российским государственным архивом кинофотодокументов, ЗАО «Киноvideообъединение «Крупный план» и другими.

В последнее время вопрос сохранности широкоформатных фильмов стал особенно актуальным.

Широкое распространение в 50-80 гг. прошлого века широкоформатного кино, использовавшего в качестве носителя изображения киноплёнки шириной 65/70-мм (негатив/позитив), обеспечило при проекции на больших экранах возможность получения высокого качества изображения и, тем самым, способствовало увеличению количества фильмов, снятых по этой технологии. На

Abstract

The article gives up to creation of test model for 70 mm films conversion to digital form and long term storage technology of digital content. The device include scanning block, film driver, and control software. Afterwards the standardization and metrology tasks that arise with wide spreading of digital content storage are discussed.

Keywords: Film restoration, long term storage, scanning, digitization, widescreen films.

сегодняшний день в России имеется ценнейший архив негативов широкоформатных фильмов. Этот фонд насчитывает более 250 наименований. В этих дорогих постановочных картинах воплотились наивысшие достижения нашего кинематографа того периода. Это такие фильмы, как «Война и мир» режиссёра Сергея Бондарчука, «Освобождение» Юрия Озерова, «Братья Карамазовы» Ивана Пырьева, «Мой ласковый и нежный зверь» Эмиля Лотяну, «Чайковский» Игоря Таланкина и многие другие.

Эти бесценные киноматериалы хранятся уже около 40-50 лет и требуют проведения серьёзных восстановительных работ. Разработка эффективной технологии восстановления негативов широкоформатных фильмов, созданных в 50-80 годах, обеспечивающей им «вечное хранение», является государственной культурно-исторической задачей.

Кроме того, необходимо учитывать тот факт, что в государственных архивах России отсутствует реставрационное оборудование для обработки широкоформатных киноплёнок. Если негативы 35-мм, в случае обнаружения на них таких дефектов, как царапины, потёртость и т.д., реставрируются, то негативы 70-мм такой возможности не имеют.

Температурно-влажностные колебания в процессе хранения, в первую очередь, оказывают влияние на изменение физико-механических свойств негативных киноплёнок, таких как: усадка, коробление и хрупкость. Усадка негативных киноплёнок, особенно в поперечном направлении, может увеличиваться до 0,5-0,6 %, а коробление в 3 раза, до 5-6 мм – по сравнению с первоначальными значениями этих показателей.

Потеря фотослоем влаги и протекание релаксационных процессов в полимерах, составляющих киноплёночную систему, приводит не только к усадке и короблению негативных киноплёнок, но и к повышению хрупкости фотослоя и, как следствие, к хрупкости всей многослойной системы в целом. Негативы с такими физико-механическими показателями практически невозможно использовать для печати и сканирования на стандартном копировальном оборудовании и сканерах, разработанных для производства фильмов.

До того, как была создана технология цифровой записи изображения и звука, длительность хранения кинофильмов оценивалась очень короткими сроками, обусловленными разрушением носителей – фотографической или магнитной ленты. Даже при строгом соблюдении режимов хранения наиболее вероятные сроки хранения оценивались только в несколько сот лет. Поэтому шедевры искусства кино и исторические кинодокументы, представляющие чрезвычайно большую ценность для будущих поколений, были обречены на гибель через исторически короткие сроки после их создания.

Цифровые технологии позволяют коренным образом изменить технологию хранения кинокартин, когда сохраняется контент кинокартины, а не носитель этого контента. Такое стало возможным благодаря тому, что при переносе цифровым способом записи с одного носителя на другой качество изображения и звука стало возможным сохранять практически неизменным на много порядков лет больше, чем ранее. В зависимости от выбранной системы наиболее вероятная продолжительность хранения контента кинокартин может достигать многих тысяч лет.

Работы, проводимые в ОАО «НИКФИ» по созданию технологических процессов, обеспечивающих долгосрочное хранение исходных материалов кинофильмов путём перевода киноматериала в цифровой формат, показали возможность реализации этой задачи. В 2006 г. в ОАО «НИКФИ» были теоретически исследованы принципы создания цифровых систем, основанных на последовательной замене носителей для особо долговременного хранения контента кинокартин. Высказывалось ошибочное мнение, что можно достигнуть значительно увеличения сроков хранения кинокартин путём простого увеличения числа параллельно хранящихся копий кинокартины без всякой перезаписи [3,6,7,8]. В ОАО «НИКФИ» была математически исследована система цифрового хранения, состоящая из трёх одновременно хранящихся носителей с одинаковой записью фрагмента

кинокартины. Записи трёх носителей при этом сравниваются между собой, и как только фиксируется нарушение записи на одном из носителей, он заменяется новым, на который и производится перезапись сигналов с одного из годных носителей [4].

Выполненное в ОАО «НИКФИ» в 2006 году исследование по созданию системы особо долговременного хранения контента кинокартин в цифровой форме привело нас к выводу, что наиболее целесообразным был бы в то время выбор системы, основанной на применении носителей на жёстких дисках.

Однако в настоящее время положение коренным образом изменяется. За это время были разработаны принципиально новые системы хранения, основанные на применении носителей с твёрдотельной и с голографической записью. Сейчас необходим научно обоснованный выбор наиболее целесообразной системы с учётом новых технологических решений и перспектив их совершенствования.

Технология восстановления широкоформатных фильмов на базе цифровых методов обработки должна обеспечивать их перевод в цифровую форму с использованием специального измерительного стенда, обеспечивающего минимальное усилие в лентопротяжном тракте на киноплёнку, минимальную возможность возникновения механических повреждений, возможность транспортирования материалов, имеющих деформированную (коробленную) основу, большую усадку, изменения размеров перфораций и т.д.

В ОАО «НИКФИ» уже длительное время проводятся работы по применению цифровых методов обработки киноизображений. Эти работы были начаты в 2002 году под руководством заведующего сектором Чаадаева В.В. вместе с группой сотрудников, в которую входили с.н.с. Белостоцкий А.Е., ведущий инженер Мурашов Н.И., с.н.с. Студеникин В.А. и аспиранты Егоров Н.Н. и Лобастов С.А.

В ходе проведения работ была заложена база для дальнейших исследований в области разработки цифровых методов обработки киноизображений – были изготовлены макеты отдельных узлов и блоков для измерительного стенда, разработаны исходные требования для его изготовления, а также отработаны отдельные блоки программного обеспечения.

Конструкция измерительного стенда

Измерительный стенд имеет два важнейших элемента конструкции, определяющих его основные качественные характеристики. Это лентопротяжный механизм (ЛПМ) и сканирующее устройство.

Особенности конструкции ЛПМ определяются главным образом требованием обеспечить минимальное усилие в лентопротяжном тракте при движении киноплёнки, минимальную возможность возникновения механических повреждений, возможность транспортирования материалов, имеющих деформированную (коробленную) основу, большую усадку, изменения размеров перфораций и т. д.

Конструкция сканирующего устройства включает механические и электронные блоки слайд-сканера производства фирмы «Nikon». Основными доводами такого решения явились не только технические характеристики этих блоков, но и результаты сканирования 70-мм фильмовых материалов.

Экспериментальная проверка изготовленного макета (рис. 1) показала, что он полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к измерительному стенду.

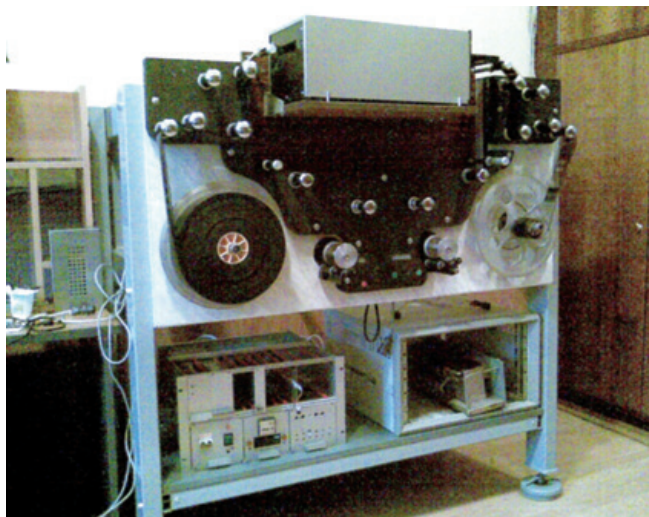


Рис. 1. Внешний вид макета измерительного стенда

Фильмовый канал сканирующего устройства оснащён эксцентриковым механизмом прижима и выравнивания сканируемого материала в кадровом окне (механизм открытия-закрытия фильмового канала). Эксцентриковый механизм обеспечивает в закрытом состоянии надёжную фиксацию, а в открытом состоянии – возможность свободного перемещения сканируемой киноплёнки в фильмовом канале.

Алгоритм работы сканирующего устройства имеет следующие фазы работы:

1. Раскрытие фильмового канала блока сканирования.
2. Установка (перемещение) в кадровое окно фильмового канала сканирующего устройства сканируемого кадра.
3. Фиксация и выравнивание установленного в кадровом окне сканируемого кадра, закрытие фильмового канала.
4. Сканирование установленного в кадровое окно кадра, в процессе которого фильмовый канал перемещается поступательно механизмом блока сканирования.
5. Возвратное поступательное перемещение фильмового канала механизмом блока сканирования.

Условие обеспечения минимальной нагрузки на механизм сканирующего устройства выполняется за счёт формирования свободных петель киноплёнки на входе и на выходе фильмового канала. Во время выполнения операции сканирования, механизмы формирования петель ослабляют натяжение киноплёнки и позволяют механизму сканирующего устройства беспрепятственно перемещать фильмовый канал вместе с зафиксированной в нём киноплёнкой.

Перемещение киноплёнки на один кадр в ЛПМ обеспечивается в открытом состоянии фильмового канала ведущим шаговым двигателем через зубчато-ремённую передачу.

Программное управление этим электроприводом позволяет осуществить перемещение 70-мм киноплёнки на различное число перфораций, что позволит в дальнейшем обрабатывать кадры с различным соотношением сторон.

Механизмы сматывателя и наматывателя киноплёнки имеют идентичную конструкцию и рассчитаны на 300 метров сканируемого материала. В процессе разработки этих механизмов были изготовлены и испытаны два варианта. Первый вариант выполнен на базе шаговых электродвигателей с приводом шпинделей через червячные редукторы. Второй вариант выполнен на базе асинхронных электродвигателей глубокого скольжения с прямым приводом шпинделей. Оба варианта обеспечивали стабильное натяжение ветвей киноплёнки и оснащены следящими системами автоматического регулирования по сигналам от датчиков натяжения. Вариант с шаговыми электродвигателями был отвергнут из-за повышенных вибраций и нестабильной, неустойчивой и весьма жёсткой работы. Предпочтение было отдано классической схеме на асинхронных электродвигателях с датчиками натяжения плёнки. Эта система обеспечила стабильную и мягкую работу механизмов подачи и приёма киноплёнки.

В процессе разработки конструкции измерительного стенда были рассмотрены варианты расположения сканируемого материала в вертикальной и горизонтальной плоскости.

Опытным производством НИКФИ, на основе проведённых экспериментов, разработана конструкторская документация и изготовлено сканирующее устройство, позволяющее обеспечить сканирование широкоформатных фильмовых материалов (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид измерительного стенда

Управление лентопротяжным механизмом

1. Схема управления лентопротяжным механизмом.

Схема управления ЛПМ в общем виде представлена на рис. 3. Стрелками показаны информационные потоки между узлами схемы.

Центральным узлом в управлении ЛПМ является контроллер. Он связан с пультом управления (ПУ), персональным компьютером (ПК) и приводами ЛПМ:

- один привод транспортирования киноплёнки;
- два привода формирователя петли киноплёнки;
- один привод прижимной рамки.

В процессе управления контроллер обеспечивает синхронизацию работы этих приводов между собой с учётом функционирования сканирующего устройства посредством ПК. Кроме того, ЛПМ имеет два автономных привода подмотки (смаывателя/наматывателя), которые функционируют по мере транспортировки киноплёнки.

Все приводы ЛПМ должны обеспечивать «щадящий» режим не только во время транспортировки киноплёнки, но даже и во время стояния.

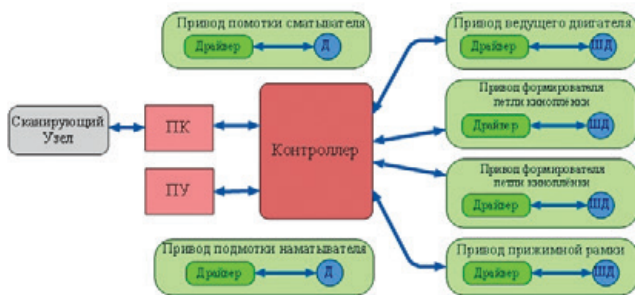


Рис. 3. Схема управления ЛПМ

2. Пульт управления (ПУ)

Внешний вид ПУ представлен на рис. 4.



Рис. 4. Пульт управления

ПУ представляет собой дополнительный узел к контроллеру и предназначен для обеспечения автономной работы измерительного стенда без проведения сканирования.

ПУ имеет два дисплея:

- формат кадра (2 разряда);
- номер сканируемого кадра.

С помощью клавиатуры ПУ можно задавать следующие режимы работы ЛПМ:

- «Стоп» — статичный режим для зарядки/разрядки киноплёнки;

- «Прямой ход»/«Обратный ход» — покадровая транспортировка киноплёнки в прямом и обратном направлении;

- «Перемотка вперёд»/«Перемотка назад» — ускоренная транспортировка киноплёнки в прямом и обратном направлении;

- «Выбор кадра» — покадровая транспортировка киноплёнки в прямом и обратном направлении для выбора первого кадра перед началом сканирования;

«Установка кадра» — поперфорационная транспортировка киноплёнки в прямом и обратном направлении для установки границы первого кадра перед началом сканирования.

Кроме того, с помощью ПУ происходит выбор формата кадра — количество перфораций на кадр и сброс счётчика кадров. ПУ построен на основе микроконтроллера AtMega8515 [5].

3. Привод транспортирования киноплёнки

Главная задача транспортирования киноплёнки заключается в её строго поперфорационном смещении в любом режиме работы ЛПМ. Наилучшим образом справиться с этой задачей может шаговый двигатель. В качестве такого двигателя применён отечественный шаговый двигатель ДШИ-200-3, а в качестве устройства управления им применён драйвер PLD003 фирмы PureLogic RND. Внешний вид двигателя и драйвера представлен на рис. 5.

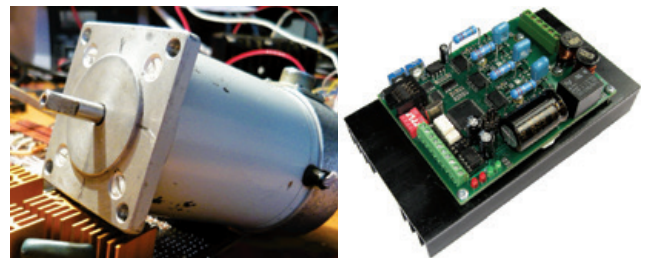


Рис. 5. Внешний вид двигателя ДШИ-200 (слева) и драйвера PLD003 фирмы PureLogic RND (справа)

На рис. 6 приведена временная диаграмма работы драйвера PLD003.

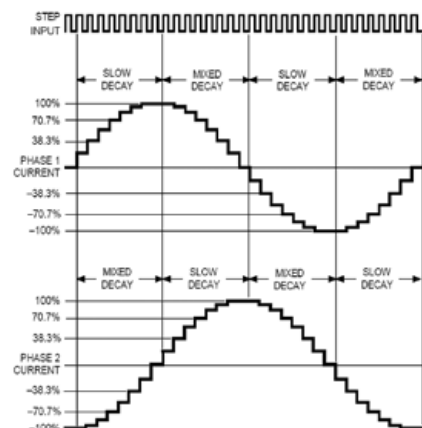


Рис. 6. Временная диаграмма работы драйвера PLD003. Дробление шага равно 8

Для того чтобы ротор шагового двигателя стал вращаться, на вход драйвера должна поступать последовательность импульсов STEP INPUT определённой частоты. Эти импульсы вырабатываются в контроллере во время включения любого режима транспортирования киноплёнки. В простейшем случае работы шагового двигателя на него можно подавать импульсы прямоугольной формы, сдвинутые на 90° . Но такие импульсы приведут к резким скачкам ротора шагового двигателя, что, в свою очередь, приведёт к ударным нагрузкам на киноплёнку. Поэтому прямоугольные импульсы заменены сдвинутыми на 90° псевдо-синусоидальными сигналами посредством дробления шага. На рис. 6 показаны выходные токовые сигналы PHASE 1 CURRENT и PHASE 2 CURRENT, где процентами обозначены значения тока в соответствии с синусоидальным законом.

Прекращение подачи входной последовательности импульсов приведёт к остановке ротора шагового двигателя в некотором положении относительно полюсов статора. Для удержания ротора в этом положении необходимо поддерживать последние значения тока. Но в режиме «стояния» шаговый двигатель представляет собой постоянное сопротивление малой величины, следовательно, по выходным каскадам драйвера и в обмотке статора потечёт большой ток, что приведёт к их нагреву и выходу из строя. Если значения тока сделать нулевыми, то это приведёт к «сваливанию» ротора к ближайшему полюсу статора, т.е. остановка будет неоднозначной.

Поэтому при переходе в режим стояния киноплёнки ротор шагового двигателя должен быть остановлен напротив полюса статора. В этом случае в одном из выходных сигналов значение тока равно нулю само по себе, а в другом – оно имеет максимальное значение, но может быть быстро понижено до величины, требуемой для удержания ротора в данном положении при наличии внешних статических нагрузок на него. В данном драйвере эта задача представляет определённую трудность, поскольку нет обратной связи о текущем значении дробления шага.

4. Приводы формирования петель

Задача формирования петель киноплёнки как на входе в фильм канал блока сканирования, так и на выходе из него, заключается в следующем:

- перед зарядкой киноплёнки, покадровой транспортировкой или любой перемоткой приводы должны свести качающиеся рычаги так, чтобы петли киноплёнки были выбраны, т.е. чтобы киноплёнка имела некоторый допустимый натяг, что позволит держать или транспортировать киноплёнку в жёстком контуре;

- перед выполнением операции сканирования приводы должны развести качающиеся рычаги так, чтобы образовались свободные петли киноплёнки, что позволит механизму блока сканирования сканирующего устройства беспрепятственно перемещать фильм канал вместе с зафиксированной в нём киноплёнкой в свободном контуре.

В этих приводах применены шаговые двигатели PL57H76-3.0-6 фирмы PureLogic RND, а в качестве устройств управления ими применены драйверы, разработанные в НИКФИ. Внешний вид двигателя и драйвера представлен на рис. 7.

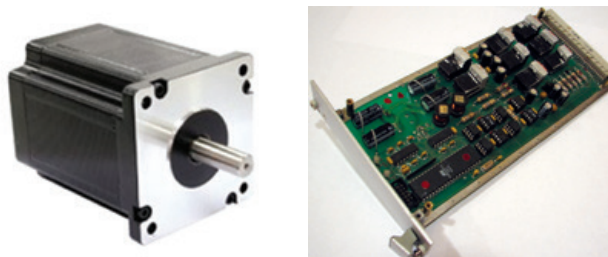


Рис. 7. Внешний вид двигателя PL57H76-3.0-6 фирмы PureLogic RND (слева) и драйвера разработки НИКФИ (справа)

В этих приводах также применено дробление шага для формирования сдвинутых на 90° псевдо-синусоидальных сигналов. Использование широтно-импульсной модуляции позволяет получать псевдо-синусоидальность выходных сигналов по току при неизменной величине их напряжения. Выходные каскады приводов, учитывая свойства двигателей, выполнены по «мостовой» схеме. Приводы построены на основе микроконтроллеров AtMega8515. Применение шаговых двигателей в этих приводах позволяет использовать только по одному датчику крайних положений качающихся рычагов. Достигание других крайних положений осуществляется лишь подсчётом шагов двигателей. Команды на сведение или разведение качающихся рычагов приводы получают от контроллера и возвращают ему подтверждения их выполнения.

5. Приводы подмотки (смотывателя/наматывателя)

Как отмечалось выше, приводы подмотки являются автономными узлами и функционируют по мере движения киноплёнки. Сигналом для работы привода в ту или иную сторону является срабатывание датчика натяжения киноплёнки. Это натяжение различно в разных режимах работы ЛППМ.

Первоначально предполагалось использовать здесь также шаговые двигатели с применением цифрового датчика. Однако испытания показали, что неизбежные люфты в механизмах привода и «жёсткая» характеристика шагового двигателя приводят к колебательному процессу работы привода, что само по себе недопустимо и пагубно влияет на киноплёнку.

Поэтому остановились на применении отечественного трёхфазного асинхронного двигателя с «мягкой» характеристикой глубокого скольжения. В качестве устройства управления двигателем в сочетании с блоком питания применён блок разработки ЛОМО. В качестве датчика натяжения киноплёнки используется потенциометр. Управление двигателем амплитудное, используется однофазный режим с ёмкостью-расщепителем.

Блок питания каждого привода вырабатывает два пе-

ременных напряжения 30В 50Гц (прямое и сдвинутое на 90°) для работы двигателя и постоянное напряжение 27В для работы тормоза двигателя, когда ЛПМ не готов к работе (например, не заряжена киноплёнка).

В основе регулирования прямого напряжения лежит работа транзисторного компаратора (схемы с глубокой положительной обратной связью). На вход этого компаратора поступает с одной стороны напряжение, определяемое потенциометром датчика натяжения киноплёнки, с другой – напряжение, линейно нарастающее за время одного полупериода питающего напряжения. При равенстве этих напряжений компаратор срабатывает и управляет выходным элементом, который пропускает в двигатель только ту часть полуволны прямого питающего напряжения, которая следует сразу за срабатыванием компаратора. Момент срабатывания компаратора зависит от напряжения, определяемого потенциометром датчика натяжения киноплёнки. Это, в свою очередь, приводит к изменению напряжения на двигателе в диапазоне 180÷70В, чем определяется регулирование момента ротора двигателя, следовательно, управление скоростью его вращения. Фактически здесь происходит та же самая широтно-импульсная модуляция, что описана выше, но решаемая аналоговым путём и по другому закону управления.

Сдвинутое на 90° переменное напряжение неизменно, оно только определяет направление вращения ротора.

6. Привод прижима рамки

Задача прижима рамки в фильмовом канале блока сканирования:

- перед выполнением операции сканирования эксцентриковый механизм прижима должен обеспечить в закрытом состоянии рамки надёжную фиксацию киноплёнки, что позволит механизму блока сканирования сканирующего устройства беспрепятственно перемещать фильмовый канал вместе с зафиксированной в нём киноплёнкой;
- после выполнения операции сканирования эксцентриковый механизм прижима должен обеспечить в открытом состоянии рамки свободное перемещение киноплёнки в фильмовом канале, что позволит беспрепятственно транспортировать киноплёнку на любое количество кадров в любом направлении.

В этом приводе применён шаговый двигатель PM3522-02A фирмы STEPMOTOR, а в качестве устройств управления ими применён драйвер, разработанный в НИКФИ. Внешний вид двигателя и драйвера представлен на рис. 8.

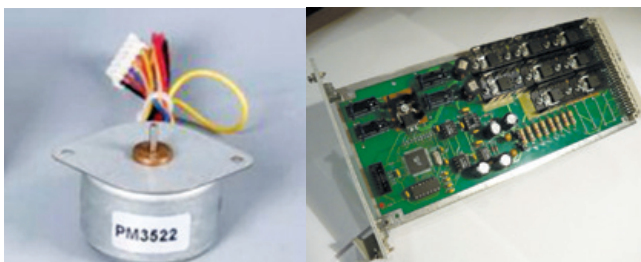


Рис. 8. Внешний вид двигателя PM3522-02A (слева) и драйвера

разработки НИКФИ (справа)

В этом приводе также применено дробление шага для формирования сдвинутых на 90° псевдо-синусоидальных сигналов. Использование широтно-импульсной модуляции позволяет получать псевдо-синусоидальность выходных сигналов по току при неизменной величине их напряжения.

Выходные каскады привода, учитывая свойства двигателя, выполнены по «однотактной» схеме. Приводы построены на основе микроконтроллеров AtMega128 [5].

Программирование системы управления лентопротяжным механизмом

1. Разработка и отладка программного обеспечения для ПУ и управления приводом формирования петли

При разработке использовалась программная оболочка AVR Studio.4 [5], инструмент программирования микроконтроллеров фирмы Atmel семейства AVR, включая Mega.

Программирование осуществлялось в «ассемблере» без разбиения на блоки и без применения библиотек, поэтому привести исходный текст программ в данной статье не представляется возможным. Программирование микроконтроллера AtMega8515 осуществлялось с помощью внутрисхемного программатора AS2 фирмы Atmel, укомплектованного программой AS2ISP, разработанной в АРГУССОФТ Компании.

2. Разработка и отладка программного обеспечения для управления приводом прижимной рамки

Для написания программы управления приводом прижимной рамки использовалась интегрированная среда разработки IAR Embedded Workbench [10], очень мощный и удобный инструмент программирования микроконтроллеров фирмы Atmel семейства AVR, включая Mega. Это отладочная среда. В неё входят компилятор с языка Си, ассемблер, компоновщик и отладчик. Встроенный редактор специально настроен на синтаксис языка Си. В этой среде на языке Си был написан код программы. Он включал в себя:

- а) функцию Init_Timer, инициализирующую начальные параметры счётчика микроконтроллера;
- б) функцию Command_handling, осуществляющую обработку команд, приходящих с контроллера (опрашивание соответствующих портов ввода-вывода, расшифровка пришедшего сигнала, посылка ответного сигнала контроллеру);
- в) основной код, позволяющий управлять двигателями (генератор импульсов).

Затем данный код при помощи внутрисхемного программатора и программы AvrProg [5] был перенесён на микроконтроллеры, управляющие двигателями (AtMega128). При помощи осциллографа, а также двигателя постоянного тока отслеживалась форма сигнала, подаваемого на управляемый двигатель, и равномерность вращения управляемого двигателя. Полученные

результаты удовлетворяли поставленным требованиям.

3. Разработка и отладка программного обеспечения для общей системы управления лентопотяжным механизмом (в том числе, приводом скачкового механизма – ведущего двигателя) (УЛПМ)

Контроллер УЛПМ построен на использовании микроконтроллера AtMega162 фирмы Atmel. Набор инструментов и функций данного микроконтроллера позволил использовать его также и для управления приводом скачкового механизма, что позволило упростить электрическую схему системы управления и обеспечить её синхронизацию. Программный код включил в себя:

а) инициализацию начальных параметров микроконтроллера: задание параметров счётчика, установку портов в режим запись/чтение и выбор скорости передачи данных по Универсальному Синхронному и Асинхронному Приёмопередатчику (USART);

б) библиотеку UART_API, отвечающую за обмен данными по USART (с ПУ и ПК);

в) программный код управления приводом скачкового механизма. Благодаря выбранному драйверу импульс управления представляет собой обычный меандр;

г) команды управления приводом прижимной рамки;

д) декодер команд управления ЛПМ, входящих с ПУ и ПК.

Ниже приведён пример программного кода: функция UART0_transmit, отвечающая за передачу данных через последовательный порт UART0 (RS-232) контроллера в

библиотеке UART_API.

Затем данный код при помощи программатора и программы AvrProg был перенесён на процессор, управляющий двигателями (AtMega162 [5]). При помощи осциллографа отслеживалась форма сигналов, подаваемых на двигатель, ПУ и ПК. Часть программного кода, относящаяся к управлению сканирующим узлом, на данный момент находится в стадии разработки.

Работоспособность программы была проверена, возможные режимы опробованы. Были проведены испытания управления ЛПМ с ПУ при различных режимах работы (перемещение на кадр, перемотка, поперфорационный сдвиг).

Вопросы стандартизации процесса перевода фильмоновых материалов в цифровую форму

Изготовление макета сканера позволяет перейти к решению технологических задач.

Несмотря на то, что уже на протяжении нескольких лет производится перевод фотографий и фильмоновых материалов в цифровую форму, до сих пор неопределёнными остаются два важнейших вопроса:

1. Что хранить? Сканер, по сути, является измерительным устройством. В процессе сканирования измеряются три цветоделённых световых потока в каждой точке оригинала (или в соседних точках, расположенных настолько близко, что в смысле цветовоспроизведения можно считать их совпадающими). В результате получаются три

```

U8 UART0_transmit(U8 *buffer0, U8 length0, void (*callback0)(void)
{__disable_interrupt(); //Выкл. прерывания на время обработки
                          //след. строчек
  UART0_Tx_buffer = buffer0; //Установка посылки
  UART0_Tx_cb = callback0; //Установка функции обратного вызова
  UART0_Tx_cnt = length0; //Установка длины посылки
  __enable_interrupt(); //Вкл. Прерывания

  switch (length0) //Оператор
  {
  case 0: //Вариант 0
    UART0_Tx_cb(); //Исполнить функцию обратного вызова
    return 0; //Вернуть «0» в случае успешной передачи
  case 1: //Вариант 1
    UCSRB |= (1 << TXEN0)|(1 << TXCIE0); //Включение Передачи и прерывания по
    //её завершению
    UDR0 = *UART0_Tx_buffer; //Передача байта информации
    return 0; //Вернуть «0» в случае успешной передачи
  case 2: //Вариант 2(двухбайтная посылка)
    UCSRB |= (1 << TXEN0)|(1 << TXCIE0); //Включение Передачи и прерывания по
    //её завершению
    UDR0 = *UART0_Tx_buffer++; //Передача байта информации
    UDR0 = *UART0_Tx_buffer; //Передача байта информации
    return 0; //Вернуть «0» в случае успешной передачи
  default: //Вариант по умолчанию (многобайтная посылка)
    UCSRB |= (1 << TXEN0); //Включение Передачи
    UDR0 = *UART0_Tx_buffer++; //Передача байта информации
    UDR0 = *UART0_Tx_buffer++; //Передача байта информации
    UCSRB |= (1 << UDRIE0); //Включение прерывания при пустом
    //регистре UDR
    UART0_Tx_cnt -= 2; //Счётчик Передачи сдвинуть на 2 назад
    return 0; //Вернуть «0» в случае успешной передачи
  } //конец switch

```

числа, которые назовём условно R, G и B. Эти числа пока не имеют ничего общего с координатами цвета в одной из стандартизованных RGB систем, если только совокупная спектральная чувствительность измерительного тракта каждого цветоделённого канала не соответствует в точности кривым сложения этой цветовой системы, чего по различным причинам не может быть никогда. Далее измеренные значения линейным матричным или нелинейным табличным преобразованием приводятся к одной из стандартизованных систем цветовых координат. Вариантов может быть множество:

- оптические плотности Статус А или Статус М, привычные всем технологам, работающим с киноплёнкой;
- копировальные оптические плотности в отношении определённой позитивной киноплёнки или какой-либо обобщённый вариант, использующий «средние» на сегодняшний день характеристики позитивных киноплёнок (например, Академическая копировальная плотность, предложенная Советом по Науке и Технологии Академии Кинематографического Искусства и Науки [9]);
- цветовые координаты XYZ, получающие всё большее распространение в связи с развитием цифрового кино;
- какая-либо из RGB систем, которых к настоящему времени накопилось более десятка в различных модификациях; и т.д.

Каждый из вариантов имеет определённые достоинства и недостатки, и необходима серьёзная работа с привлечением специалистов различных кинематографических предприятий для оптимального и универсального выбора одной или нескольких цветовых систем. В последнем случае, если использование одной цветовой системы будет признано недостаточным для удовлетворения всех потребностей кинематографического процесса, необходимы однозначные алгоритмы преобразования данных из одной системы в другую. Если такая работа выполнена не будет, обмен цифровыми фильмовыми материалами будет приводить либо к искажениям цветопередачи, либо к необхо-

димости повторной цветоустановки всего фильма.

2. Как измерять? После выбора цветовой системы, в которой будут храниться результаты сканирования, необходимо решить следующий вопрос: как преобразовать измеренные «аппаратные» RGB в нужные нам координаты. Это преобразование уникально для каждого сканера и определяется спектральными характеристиками источника, приёмника, цветоделительной системы и, в общем случае, даже спектральным поглощением красителей сканируемого материала.

Для того чтобы при сканировании одного и того же изображения на любом сканере получались одинаковые результаты, необходимо разработать единую методику настройки и контроля цветоделительных характеристик сканеров, включающую разработку технологии, тестов, измерительного оборудования, программного обеспечения. В противном случае, цветное воспроизведение будет определяться сотрудником, работающим с отсканированным материалом, и авторы кинофильмов могут не узнать своих произведений в цифровых копиях.

Выводы

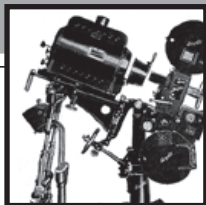
1. Разработано устройство сканирования 70-мм широкоформатных фильмовых материалов, обеспечивающее минимальное усилие в лентопротяжном тракте на киноплёнку, минимальную возможность возникновения механических повреждений, возможность транспортирования материалов, имеющих деформированную (коробленную) основу, большую усадку, изменения размеров перфораций и т.д.

2. Устройство сканирования архивных 70-мм фильмов включает блок сканирования, ЛПМ, программное обеспечение управления его работой.

3. Определены задачи стандартизации процесса перевода фильмовых материалов в цифровую форму, хранения цифровых материалов, а также их метрологического обеспечения. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. ОСТ 19-252-2000.
2. РТМ 19-256-2000.
3. Ковалевская Н.С. Долгосрочное хранение исходных материалов кинофильмов. МТК 2008. № 1.
4. Комар В.Г. О создании системы особо долговременного хранения контента кинокартин в цифровой форме. МТК 2008. № 1.
5. www.atmel.com/literature.
6. Сычёв В.А. Основные параметры качества процесса перевода фильмовых материалов в цифровую форму. МТК 2008. №3.
7. Лобов С.В. Анализ использования сети хранения данных (SAN) при организации долговременных архивов цифровых копий фильмовых материалов. МТК 2008. № 1.
8. Лишин Л.Г. Сравнение различных видов носителей, используемых для записи цифровой аудиовизуальной информации и архивирования. МТК 2008. № 10.
9. Patterson R. Evaluating Density Metrics for Scanning Motion Picture Negatives. SMPTE Journal, 2008. May-June, P. 31-38.
10. www.iar.com



Киноосветительные ПРИБОРЫ С-500, С-1000 и С-2000



В.И. Гладышев, зав. лабораторией светотехники, ОАО «НИКФИ»

Аннотация

Дается краткое описание разработанных в 2008 году в НИКФИ киноосветительных приборов С-500, С-1000, С-2000 и их технические характеристики.

На протяжении многих лет Научно-исследовательский кинофотоинститут совместно с конструкторским бюро киноаппаратуры (ОКБК) разрабатывал, а кинопромышленность изготавливала в достаточных количествах новую киноосветительную технику для киностудий. Часть этой техники поступала на телестудии и в театрално-зрелищные организации.

Самой масштабной разработкой следует считать разработку во второй половине 80-х годов линейки унифицированных кинопрожекторов с металло-галогенными и кварцево-галогенными лампами, с линзами Френеля и кругло-симметричными параболическими отражателями, известных под условным названием «Юпитеры». Всего было разработано 18 кинопрожекторов, освоенных промышленным производством. «Юпитеры» нашли широкое применение на киностудиях и телестудиях. Кинопрожекторы отличались рациональным техническим решением, современным дизайном и эффективными светотехническими характеристиками, получили высокую оценку кинооператоров и светотехников кино- и телестудий.

В 90-е годы специалистами НИКФИ по договорам с ВГТРК разработаны, изготовлены и поставлены телерадиокомпаниями ряд технических средств, в том числе:

- приборы бестеневого света «Руслан» мощностью 1,0 и 2,0 кВт в комплекте с адаптерами для присоединения приборов к имеющимся телескопическим подвесам и штанкетам;

CINEMA LIGHTING FITTINGS DENIES S-500, S-1000, S-2000

Abstract

The short description of developed Open societies NIKFI in 2008 year the cinema lighting fittings denies S-500, S-1000, S-2000, their technical characteristics.

- светильники «Волна-36» с люминесцентными лампами и электронными регулируемые ПРА, предназначенные для освещения режиссёрских пультов;
- переносные распределительные устройства «Кулон» пяти типов – для электрокоммутации и электрозащиты установок технологического освещения при выездных телепередачах и телесъемках.

В общей сложности НИКФИ поставил во Всероссийскую государственную телерадиовещательную компанию около двухсот единиц осветительного оборудования.

В 2008 г. сотрудники ОАО «НИКФИ» разработали и изготовили киноосветительные приборы направленно-рассеянного света С-500, С-1000 и С-2000. Мощность приборов 0,5; 1,0; и 2,0 кВт, напряжение 220 В.

Светооптическая система разработанных приборов состоит из:

- фронтального параболического отражателя расчётного профиля;
- двух плоских боковых отражателей, располагаемых под определёнными углами к апертуре прибора;
- источника света, устанавливаемого в фокальной плоскости фронтального отражателя.

Фронтальные и боковые отражатели изготавливаются из промышленного алюминиевого листа с зеркально-ячеистой отражающей поверхностью. Источники света, применяемые в приборах – галогенные лампы с моноспиральным телом накала типа КГ220-500-1 (С-500); КГ220-1000-4 (С-1000); КГ220-2000-3 (С-2000). Кон-

структивно все три прибора выполнены идентично и состоят из следующих основных узлов:

- корпуса прибора;
- поворотного устройства;
- четырёхлопастных шторок;
- рамок с металлической защитной сеткой.

В комплекты приборов входят соединители электрические. Корпуса приборов изготавливаются из листового алюминия АМг6-БМ.

В корпуса вмонтированы:

- фронтальный и два плоских боковых отражателя;
- два электропатрона типа ЛКИ-220-Т для установки источника света – галогенной лампы с торцевыми цоколями R7s;
- электроразъём 2РМ20ПЧЭШ8 (приборная часть);
- выключатель 20А125 АС, 15А250 АС.

Со стороны апертуры прибора на четырёх стойках, смонтированных на двух вертикально расположенных пластинах, установлены шторки: две вертикальные и две горизонтальные, оснащённые плоскопружинными зажимами для крепления плёночного светофильтра. Четыре стойки выполняют также функции направляющих для оперативной и надёжной установки рамки с защитной сеткой. Снизу корпуса расположен опорный кронштейн для рамки с защитной сеткой. Рамка снабжена винтом-невывадашкой для надёжной фиксации её на корпусе прибора. В корпусе предусмотрены отверстия для естественной вентиляции прибора.

Поворотное устройство, предназначенное для обеспечения наклона прибора вверх-вниз на угол $\pm 70^\circ$, установлено снизу прибора по вертикальной оси симметрии. Поворотное устройство снабжено штырём диаметром 16 мм, длиной 63 мм, предназначенным для установки прибора на штатив, треногу напольную и другие устройства, находящиеся в эксплуатации на киностудиях. В поворотном устройстве используется оригинальный фрикцион для надёжной фиксации прибора при любом выбранном угле наклона.

Конструкция шторок такова, что позволяет осуществлять независимый поворот каждой шторки на угол 180° от положения полностью открытого до полностью закрытого светового отверстия прибора. Сетка из нержавеющей проволоки 0,4 мм, смонтированная в рамке, обеспечивает защиту людей, находящихся на съёмочной площадке, от осколков колбы галогенной лампы, находящейся в приборе, в случае её взрыва. Для установки лампы необходимо предварительно снять с прибора рамку защитной сетки. После установки лампы установить на прибор рамку с защитной сеткой, зафиксировав её винтом-невывадашкой.

Табл. 1. Координаты профилей фронтальных отражателей осветительных приборов

Координаты профилей фронтальных отражателей, мм					
С-500		С-1000		С-2000	
у	х	у	х	у	х
0	0	0	0	0	0
5,0	0,42	5,0	0,31	5,0	0,25
10,0	1,6	10,0	1,25	10,0	1,0
15,0	3,45	15,0	2,81	15,0	2,25
20,0	6,67	20,0	5,0	20,0	4,0
25,0	10,4	25,0	7,81	25,0	6,25
30,0	15,0	30,0	11,25	30,0	9,0
35,0	20,42	35,0	15,31	35,0	12,25
40,0	26,67	40,0	20,0	40,0	16,0
45,0	33,75	45,0	25,31	45,0	20,25
50,0	41,67	50,0	31,25	50,0	25,0
55,0	50,42	55,0	37,81	55,0	30,25
58,0	56	60,0	45,00	60,0	35,0
		65,0	52,81	65,0	42,25
		70,0	61,25	70,0	49,0
		75,0	70,31	75,0	56,25
		78,0	76,0	80,0	64,0
				85,0	72,25
				90,0	81,0
				95,0	90,25
				97,0	94,0



Рис. 1. Осветительные приборы С-500, С-1000 и С-2000 без шторок.

Электрический соединитель состоит из трёхжильного провода марки ПВС $3 \times 0,75 \text{ мм}^2$ длиной 3 м, оконцован-

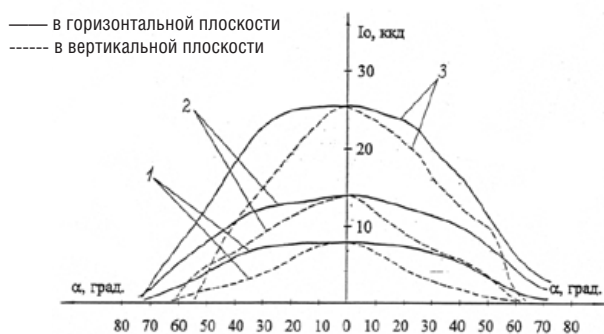


Рис. 2. Кривые силы света осветительных приборов
1. С-500; 2. С-1000; 3. С-2000

Табл. 2. Светотехнические характеристики приборов

Наименование прибора	Мощность, кВт	Осевая сила света I_0 , ккд	Углы светорассеяния 2α по $0,5 I_0$, градусы	
С-500	0,5	7,8	98	50
С-1000	1,0	13,9	106	70
С-2000	2,0	25,3	97	74

Табл. 3. Массогабаритные характеристики приборов

Наименование	Осветительные приборы		
	Масса, кг		
	Габариты (НхВхL), мм		
	С-500	С-1000	С-2000
Собственно прибор со шторками	0,73 262x197x112	0,98 302x245x130	1,4 340x301x152
Рамка с защитной сеткой	0,09	0,12	0,15
Соединитель электрический	0,375 3 м	0,375 3 м	0,375 3 м

ного с одной стороны разъёмом 2РМ20П4НГ8 (кабельная часть) – для присоединения к прибору, с другой стороны – евровилкой 16А, 250В – для присоединения к переносному электрораспределительному устройству или к стационарной евророзетке 16А, 250В.

ного света, верхнего заполняющего и фонового света.

По основным техническим характеристикам разработанные приборы С-500, С-1000, С-2000 не уступают лучшим зарубежным образцам светотехнических приборов аналогичного назначения. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Пелль В.Г., Лазарева А.Н. Технологические рекомендации по киноосветительной аппаратуре и принципы её выбора для освещения объектов киносъёмки. М.: НИКФИ, 1978.
2. Гуров М.М. Основы светотехники и источников света. М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Гордийчук И.Б., Пелль В.Г. Справочник кинооператора. М.: Искусство, 1979.
4. Щепина Н.С. Основы светотехники. М.: Энергоатомиздат, 1985.
5. Кладницкий Д.А., Чубатый С.Н. Справочник осветительной аппаратуры. Киев: Техника, 1986.
6. Пелль В.Г. Техника и технология киносъёмочного освещения. М.: Искусство, 1987.
7. Гладышев В.И., Семенихин Н.Т., Земцова Н.Ф., Андреева Е.А. Номенклатурный каталог. Осветительная техника для кино- и телестудий. М.: НИКФИ, 1991.
8. Справочная книга по светотехнике. / Под ред. М.Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1995.
9. Гладышев В.И., Андреева Е.А. Отчёт НИКФИ. Разработка оптимальной номенклатуры осветительных приборов для киносъёмки, 1998.



СТАНДАРТИЗАЦИЯ В КИНЕМАТОГРАФИИ



Н.С. Ковалевская, к.т.н., В.Г. Комар, д.т.н., профессор, А.А. Володько, Д.Г. Чекалин, ОАО «НИКФИ»

Аннотация

В статье кратко изложены основные задачи стандартизации в области кинематографии. Рассмотрено современное состояние нормативно-технического обеспечения кинематографии и вопросы, связанные с необходимостью его развития и преобразования.

Ключевые слова: кинематограф, киноиндустрия, стандартизация, контроль качества, кинотехнология, технический комитет по стандартизации, международная стандартизация.

■ Для успешного и устойчивого развития современной конкурентоспособной киноиндустрии в Российской Федерации необходимо наличие национальной нормативно-технической базы, отвечающей современной мировой практике в области производства, хранения и демонстрации фильмов.

Решение вопросов в области стандартизации, сертификации, метрологии, контроля качества, отвечающих современной мировой практике, являются коммерчески невыгодными и, учитывая важность государственного контроля, заслуживают внимания и поддержки государства. Кинотехнологические процессы с разнообразием форматов и программных средств требуют строгого соблюдения требований национальных и международных стандартов, позволяющих оценивать качество параметров оборудования и состояние технологий в целом. Только соответствие параметров технологических процессов установленным нормативным документам может гарантировать должное качество процессов производства, хранения и показа кинофильмов, что в конечном итоге обеспечивает точность передачи аудиовизуальных образов и комфортность при демонстрации фильмокопий.

ОАО «НИКФИ» – единственное предприятие, ведущее работы в области национальной стандартизации и метрологии в кинематографии. Работы института в области стандартизации осуществляются за счёт средств из Фе-

STANDARDIZATION IN CINEMATOGRAPHY

Abstract

The article summarizes the main tasks of standardization in the field of cinematography. The current state of normative and technical maintenance of cinematography and the questions connected with necessity of its development and transformation is considered.

Keywords: cinema, the film industry, standardization, control of quality, film technology, technical committee on standardization, the international standardization.

дерального бюджета и направлены на разработку, адаптацию и внедрение современных технических решений и нормативных документов, устанавливающих технические требования в области производства, проката, демонстрации и хранения кинокартин; обеспечение единства измерений; определение единых концепций выборов стандартов и специальной терминологии.

С целью координации действий при проведении работ по стандартизации в области кинематографии (приказ Госстандарта России от 13 октября 1999 г. № 429) создан Технический комитет по стандартизации «Кинематография» (ТК 015). Секретариат ТК 015 «Кинематография» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование) ведёт ОАО «НИКФИ». Деятельность технических комитетов по стандартизации определяется и регулируется Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии нормативным документом ГОСТ-Р 1.1-2005 «Технические комитеты по стандартизации. Порядок создания и деятельности», в соответствии с которыми основными задачами ТК являются:

- организация разработки и экспертизы проектов национальных, межгосударственных и международных стандартов;

- участие в формировании программы разработки национальных стандартов (в закреплённой области деятельности);

- анализ отраслевых стандартов в составе фонда документов национальной системы стандартизации на предмет их обновления и дальнейшего использования;

- участие в работе ТК международных (региональных) организаций по стандартизации, в том числе в целях принятия национальных стандартов Российской Федерации в качестве международных (региональных), а также в ведении их секретариатов в соответствии с соглашениями между национальным органом по стандартизации Российской Федерации и международными (региональными) организациями по стандартизации;

- подготовка предложений по разработке международных и межгосударственных стандартов и предложений относительно позиции Российской Федерации для голосования по проектам международных и региональных организаций по стандартизации.

Нормативно-техническая база кинематографии

Существующее на данный момент нормативное обеспечение техники и технологии кинематографа основывается на межгосударственных (ГОСТ), национальных (ГОСТ Р) и отраслевых (ОСТ, РТМ, Р, РД и т.д.) нормативно-технических документах (таблица 1),

Табл. 1. Государственные и отраслевые документы по кинематографии

Тематика	Количество НТД		
	Всего	Государственных	Отраслевых
1. Организационно-методические и общетехнические НТД	5	-	5
2. Термины и определения	10	-	10
3. Кинофильмы, фильмовые материалы, тест-фильмы			
3.1. Классификация	2	-	2
3.2. Комплектность фильмовых материалов и формы сопроводительной документации	4	-	4
3.3. Ракорды	9	-	9
3.4. Технические требования к фильмовым материалам	8	-	8
3.5. Технологические процессы изготовления фильмовых материалов	17	-	17
3.6. Технологические процессы записи звука кинофильмов	4	-	4
3.7. Технические требования к видеофонограммам	4	-	4
3.8. Поля изображения и фонограмм	2	2	-
3.9. Тест-фильмы	2	2	-
3.10. Методы контроля	9	-	9
3.11. Упаковка. Маркировка. Хранение	11	-	11
4. Аппаратура для киносъёмки, тиражирования и показа кинофильмов			
4.1. Киносъёмочная аппаратура	19	2	17
4.2. Узлы и детали киносъёмочных аппаратов	6	-	6
4.3. Кинокопировальная аппаратура	3	2	1
4.4. Кинопроекторная аппаратура	5	5	-
4.5. Оптика	11	6	5
4.6. Осветительные приборы и приспособления к ним	4	-	4
4.7. Операторское оборудование	1	-	1
4.8. Измерительные приборы	2	2	
4.9. Аппаратура записи и воспроизведения звука кинофильмов	6	-	6
4.10. Помещения записи-воспроизведения звука кинофильмов	2	-	2
4.11. Кинотеатры и киноустановки	11	-	11
5. Система стандартов по безопасности	5	1	4
<i>Итого:</i>	162	22	140

Табл. 2. Международные стандарты

Международная организация по стандартизации и комитет	Количество стандартов
ISO/TC 36 Cinematography	107
ISO/TC 42 Photography	175
IEC/TC 100 Audio, video and multimedia systems and equipment	337

а также международных стандартах ИСО и МЭК (таблица 2).

Фонд отраслевых нормативных документов в области кинематографии (ОСТ, РТМ, Р, РД и т.д.) составляет более 85% от общего объёма нормативно-технических документов, устанавливающих требования к качеству кинематографической продукции, методам измерений параметров технологических процессов, используемым материалам и оборудованию.

В связи с принятием закона «О техническом регулировании», который предусматривает отмену всей отраслевой системы стандартизации, в том числе в области кинематографии с 01.07.2010 г. (статья 46 пункта 7 Федерального закона «О техническом регулировании»), возникает вопрос преобразования отраслевых нормативно-технических документов.

На территории Российской Федерации (в соответствии с ФЗ «О техническом регулировании») действуют следующие документы в области стандартизации:

- национальные стандарты;
- правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации;
- общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации, применяемые в установленном порядке классификации;
- стандарты организаций;
- своды правил.

Согласно «Положению о Министерстве культуры Российской Федерации» существуют документы организационного и процедурного характера, имеющие нормативно-правовой статус.

Одним из важных условий выхода отечественной продукции на мировой рынок является разработка национальных стандартов, соответствующих международным требованиям. Международные стандарты на территории РФ имеют лишь информационный статус и должны преобразовываться в национальные. Гармонизация национальных стандартов осуществляется путём аутентичного перевода международных стандартов без изменения структуры и технического содержания, или с внесением необходимых изменений, отражающих специфику национальной киноиндустрии в виде модифицированных стандартов.

О специальной терминологии в кинематографе

Отсутствие единой терминологической базы вызывает массу затруднений. Особенно остро ощущается пробле-

ма отсутствия единой принятой терминологии, точных и чётких определений при разработке и принятии нормативных документов и законов. Специализированная терминология определяется и упорядочивается в специальных стандартах как международных и государственных, так и отраслевых.

В настоящее время в связи с интенсивным развитием новых цифровых технологий в кинематографе появляется целый класс совершенно новых терминов и определений. В частности, приняты первые международные стандарты по цифровому кино, и в связи с этим в отечественной кинотехнической литературе уже началась определённая неразбериха даже применительно к основополагающим терминам. Для примера возьмём такой термин как «Digital Cinema Distribution Master (DCDM)», смысл которого вроде абсолютно понятен. Однако вариантов его перевода в наших изданиях и информационных ресурсах оказалось столько же, сколько и авторов: цифровой мастер; мастер цифровой кинокопии фильма; видеофонограмма, доставленная в цифровой кинотеатр; оригинал для распространения по цифровым кинотеатрам и др.

Вновь разрабатываемым стандартам должны предшествовать научный анализ в области терминологии, на основе которого должны быть определены новые, уточнены принятые и сокращены недопустимые для применения термины. Необходимо также учитывать сложившуюся международную практику и национальные особенности применения профессиональной терминологии.

Работа в области международной стандартизации

Научно-исследовательский кинофотоинститут имеет общепризнанную мировую известность и участвует в работе международных организаций по стандартизации. НИКФИ выполняет функции постоянно действующего национального рабочего органа: в ИСО (International Organization for Standardization – Международная организация по стандартизации) в комитетах TC 36 Cinematography и TC 42 Photography; в МЭК (International Electrotechnical Commission – Международная электротехническая комиссия) в комитете TC 100 Audio, video and multimedia systems and equipment. Институт сотрудничает с международными организациями и принимает участие в разработке новых стандартов, пересмотре и изменении действующих.

В ТС 36 Cinematography Россия ведёт Рабочую Группу №2 (ТС 36/WG 2 Laboratory and distribution services technology), председателем которой является д.т.н., профессор Комар В.Г.

В мае 2008 года в г. Сеуле (Южная Корея), состоялось 20-е Пленарное заседание ИСО/ТК 36 Кинематография. В работе заседания от Российской Федерации приняли участие специалисты ОАО «НИКФИ»: к.т.н. Ковалевская Н.С. и к.т.н. Сычев В.А., а также представитель СПбГУКиТ к.т.н. Перегудов А.Ф.

На пленарном заседании обсуждались технические вопросы в соответствии с тематикой следующих рабочих групп:

- РГ 1: Техника и технология киносъёмки;
- РГ 2: Техника и технология печати и обработки фильмовых материалов;
- РГ 3: Техника и технология записи и воспроизведения звука кинофильмов;
- РГ 4: Техника и технология показа кинофильмов.

На заседании руководством технического комитета были высказаны пожелания о проведении следующего 21-го Пленарного заседания в Москве. Обязательства по организации и проведению международного заседания в качестве принимающей стороны взяло на себя ОАО «НИКФИ». Секретариат ИСО ТК 36 «Кинематография» принял решение о проведении 21-го Пленарного заседания в Москве в период с 7 по 10 июня 2010 года. На предстоящем заседании предполагается вынести на обсуждение предложения от Российской Федерации, подготовленные ОАО «НИКФИ», касающиеся разработки новых международных стандартов ИСО:

- Параметры записи стереопар для кинотеатрального кинематографа.
- Система показателей качества кинопоказа. Номенклатура показателей.

Проведение Пленарного заседания ИСО в Москве способствует повышению авторитета Российской Федерации в области международной стандартизации, продвижению интересов российской киноиндустрии на международный уровень, обеспечению конкурентоспособности отечественной киноиндустрии на мировом рынке.

В период с 17 по 21 ноября 2008 г. в городе Сан-Паулу (Бразилия) состоялась 72-ая Генеральная сессия Международной электротехнической комиссии (IEC- International Electrotechnical Commission) и пленарные заседания технических комитетов. В работе Генеральной сессии приняла участие российская делегация, возглавляемая заместителем Руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Пугачёвым С.В. От России в работе Технического Комитета 100 (ТС 100 – Audio, video and multimedia systems and equipment) участвовали специалисты ОАО «НИКФИ».

Преобразование и развитие нормативно-технического обеспечения кинематографии

Необходимость проведения преобразования фонда нормативно-технических документов в области кинема-

тографии обусловлено рядом причин и обстоятельств, в частности:

- проведением радикальной реформы национальной государственной системы технического регулирования в России, связанной с введением в действие Федерального закона «О техническом регулировании» и изменением роли, статуса и практики применения стандартов и других нормативных документов в государственном масштабе;
- фактической отменой на территории РФ с 01.07.2010 г. отраслевых стандартов (ОСТ) согласно ст. 46 п. 7. Закона «О техническом регулировании», составляющих основу нормативного обеспечения кинематографии (более 85 % всех НТД);
- внедрением в киноотрасли принципиально новых технологий, оборудования, методов, носителей изображения и звука, в том числе цифровых;
- недостаточным обновлением существующего фонда НТД и необходимостью большего соответствия и степени гармонизации национальной базы НТД и современных международных стандартов в области кинематографии;
- массовым строительством и вводом в эксплуатацию новых многозальных кинотеатров, использующих новые технологии кинопоказа, для которых нет соответствующих новых нормативных документов, а существующие необходимо актуализировать;
- потребностью обновления отраслевой метрологической базы, необходимой для обеспечения производственной и коммерческой деятельности предприятий, для обеспечения единства методов и средств контроля технических параметров, сопоставимости результатов исследований (испытаний) и измерений, технических и статистических данных.

Для решения задач преобразования и развития нормативно-технического обеспечения кинематографии необходим научный анализ актуальности нормативно-технических документов и их соответствия современным требованиям и потребностям национальной кинематографии. Выполнение этой задачи следует осуществлять с привлечением ведущих предприятий и специалистов отрасли.

Первоочередным направлением деятельности должна стать разработка «Плана проведения мероприятий по стандартизации», предусматривающего разработку, пересмотр, подготовку и утверждение нормативных и методических документов с определением сроков и приоритетных направлений этих разработок, а также исключение документов, потерявших актуальность. При этом необходимо определить приоритетность направлений пересмотра существующих НТД, а также определить разработчиков по всем нормативным и методическим документам. Работа должна осуществляться в соответствии с положениями Федерального закона «О техническом регулировании», а также с учётом требований международных стандартов ИСО и МЭК. ■



ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ при цифровой проекции



В.А. Сычёв, к.т.н. ОАО «НИКФИ»

Аннотация

В статье приводятся причины непригодности существующей методики определения разрешающей способности для контроля цифровых проекторов. Рассмотрена также возможность появления муара на регулярных неоднородностях экрана.

Ключевые слова: цифровой проектор, разрешающая способность, пространственная частота, пиксель, матрица, муар.

SPECIFIC OF RESOLUTION MEASUREMENT FOR DIGITAL PROJECTION

Abstract

As a result of differences between images created by film and digital projectors tests for resolution control should not be the same. The reasons of special test necessity for digital projectors control are provided. The artifact known as moir and resulting from superposition of matrix regular structure and screen regular structure is also discussed.

Keywords: Digital projector, resolution, special frequency, pixel, matrix, moir.

■ Экранное изображение, создаваемое цифровыми проекторами, имеет существенные отличия от киноплёночного. Эти отличия обусловлены следующими основными причинами:

- дискретизация отображаемой информации по пространству и по уровню сигнала при цифровой проекции;
- обычной практикой цифровой проекции является несоответствие формата цифрового мастера и «конструктивного» формата видеопроектора, как по пространственной дискретизации, так и по параметрам тоно- и цветовоспроизведения; согласование производится расчётно, что может вносить искажения в окончательное изображение;
- видеопроекторы имеют огромные, по сравнению с кинопроекторами, возможности по регулировке градиационных и цветовых характеристик изображения, что приводит к необходимости их тщательной настройки;
- в кинопроекции качество тоно- и цветовоспроизведения определяется преимущественно качеством изображения на киноплёнке; при цифровой проекции качество может быть существенно ограничено возможностями проектора по воспроизведению цветовой гаммы и полного градиационного диапазона цифрового мастера;
- прерывистое механическое перемещение плёнки в кинопроекторе обуславливает вибрацию и неустойчивость изображения.

Общими факторами, влияющими на разрешающую способность при цифровой и кинопроекции, являются:

- фокусировка оптической системы проектора (в том числе, соответствие формы экрана поверхности оптического изображения);
- дифракция на апертурной диафрагме;
- аберрации (сферическая, хроматическая, кома, различные виды астигматизма, другие виды аберраций, обусловленные использованием широких пучков в оптической системе проектора).

Все указанные факторы приводят к увеличению дисперсии функции рассеяния точки, поэтому могут быть оценены едиными методами и средствами.

1. Контроль разрешающей способности для плёночной проекции

Методы и средства контроля разрешающей способности при кинопроекции описаны в существующих отраслевых нормативно-технических документах [1-3] и основаны на визуальном определении мир, на которых различимо направление штрихов.

Вклад неустойчивости, несмотря на принципиально иную природу влияния на разрешающую способность системы, может быть также приведён к функции рассеяния точки. Однако для оценки неустойчивости

применяют специальную методику и контролируют её отдельно.

2. Контроль разрешающей способности для цифровой проекции

Дополнительным фактором, влияющим на разрешение при цифровой проекции, является структура формирующей изображение матрицы. Регулярная структура пикселей матрицы при подаче на неё периодического сигнала обуславливает появление в результирующем изображении паразитных гармоник. Складывается ситуация, аналогичная сложению двух различных гармонических колебаний, когда в суммарном сигнале, помимо основных частот, появляются дополнительные гармоники с частотами, равными сумме и разности исходных. Высокочастотная гармоника отфильтровывается оптической системой проектора. Низкочастотная (разностная) гармоника создаёт паразитное изображение, называемое муаром и проявляющееся на объектах с регулярной структурой: забор, клетчатый или полосатый костюм и т.п. Муар резко снижает качество изображения и вынуждает операторов либо принимать специальные меры для исключения подобных объектов из кадра, либо использовать при съёмке специальные низкочастотные фильтры.

Опишем это явление более подробно. Размер матрицы существенно превышает характерные длины волн рассматриваемых пространственных решёток, поэтому при анализе можно принять матрицу бесконечной и пользоваться разложением в ряд Фурье. Положим, начало координат в центре пикселя, форму пикселя – прямоугольной, и направление оси x – вдоль стороны пикселя (и матрицы). Тогда периодическая структура пикселей матрицы является чётной функцией последовательности прямоугольных импульсов и может быть представлена в виде:

$$p(x) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(kwx), \quad (1)$$

где w – пространственная частота матрицы; a_k – коэффициенты гармоник.

Синусоидальный сигнал, подаваемый на матрицу, эквивалентен модуляции (1) синусоидальной (или косинусоидальной) функцией:

$$\cos(w_s x) \left(a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(kwx) \right), \quad (2)$$

где w_s – пространственная частота синусоидального сигнала. Отметим, что $w_s < w$, т.к. более высокие частоты не могут быть воспроизведены по очевидным причинам.

Преобразуем (2) следующим образом:

$$a_0 \cos(w_s x) + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{\infty} a_k (\cos(kwx - w_s x) + \cos(kwx + w_s x)) \quad (3)$$

С учётом сделанного выше замечания ($w_s < w$), все слагаемые под знаком суммы, кроме первой разностной

гармоники, имеют частоту больше w и будут в большей или меньшей степени отфильтрованы оптической системой. На частоте $w - w_s$ образуется сигнал, создающий на экране паразитное изображение.

Поэтому использование сигналов штриховой или синусоидальной формы для контроля разрешающей способности цифровых проекторов требует особой интерпретации результатов. Штрихи, различимые на экране в изображении мира, могут соответствовать одной из паразитных разностных гармоник, а не основной пространственной частоте. Критерий разрешающей способности по различению направления штрихов мира теряет в данном случае смысл.

Для цифровой проекции можно было бы использовать синусоидальные миры и на основании результатов их воспроизведения оценивать функцию передачи модуляции основной частоты и коэффициенты паразитных гармоник. Однако такой подход не представляется целесообразным, поскольку в силу изложенных причин появление паразитных гармоник при подаче на проектор сигнала регулярной формы неизбежно и зависит только от пространственной структуры пикселей матрицы, контролировать которую бессмысленно. Отсюда следует важный вывод.

Для контроля разрешения цифрового проектора необходимо исключить влияние пространственной дискретизации. То есть либо на цифровой проектор надо подавать сигнал, согласованный с матрицей, а именно, линии мира должны содержать целое количество пикселей и совпадать с ними пространственно. Либо в направлении мира матрица должна быть не периодичной или иметь пространственную частоту, существенно превышающую частоту мира.

3. Учёт структуры экранного полотна

К возникновению муара может приводить также наличие периодических структурных элементов в экранном полотне. Такими элементами могут быть, например, волокна тканевого экрана, специальные рассеивающие волокна направленных экранов или перфорации звукопроводящих экранов. Во всех этих случаях поверхность экрана имеет вдоль одной или нескольких осей коэффициент отражения, изменяющийся по периодическому закону, с периодом от миллиметров (волокна) до сантиметров (звуковые перфорации).

Оценим характерные размеры влияющих параметров. Исходные данные:

Размер экрана: $H \times L = 3 \times 4$ м

Расстояние до первого ряда: $2H = 6$ м

Угловое разрешение глаза при нормальном зрении: $\alpha = 1'$

Количество пикселей в строке: $N = 2000$ (1920 для HD, 2048 для 2K).

Тогда размер пикселя на экране:

$$l = \frac{L}{N} = 0.002 \text{ м} = 2 \text{ мм}$$

Разрешение глаза в плоскости экрана с первого ряда:

$$\delta_{\text{глаза}} = \alpha * 2H = \frac{1' * \pi}{60 * 180} 6 = 0.0017\text{m} = 1.7\text{mm}$$

Таким образом, человек с нормальным зрением с первых рядов зала различает пиксельную структуру изображения и пространственные частоты, равные или меньшие частоте проекционной матрицы. Пусть на все пиксели матрицы поданы одинаковые сигналы. Тогда в плоскости экрана без учёта высокочастотной фильтрации оптической системой проектора получим освещённость в виде последовательности прямоугольных импульсов, описываемую уравнением (1). Коэффициенты разложения рассчитываются по формулам:

$$a_k = \frac{2}{l} \int_{-l/2}^{l/2} p(x) \cos\left(\frac{2\pi k}{l} x\right) dx = \frac{2}{l} \int_{-l/2}^{l/2} A \cos\left(\frac{2\pi k}{l} x\right) dx = \frac{2A}{\pi k} \sin\left(\frac{\pi k \tau}{l}\right), \quad (4)$$

где τ и A – размер и освещённость светящейся части пикселя в плоскости экрана. В промежутках между пикселями освещённость полагаем нулевой.

Введём коэффициент заполнения пикселя: $q = \tau / l$. Тогда

$$a_k = 2Aq \frac{\sin(\pi k q)}{\pi k q} \quad (5)$$

Константа a_0 , представляющая среднюю освещённость, равна

$$a_0 = \frac{1}{l} \int_{-l/2}^{l/2} p(x) dx = Aq \quad (6)$$

Падающий свет модулируется периодической структурой экрана $s(x)$, которую также можно разложить в ряд Фурье. Даже, если модуляция негармоническая, все гармоники, кроме первой, в пространственном распределении коэффициента отражения можно принять нулевыми, т.к. они находятся вне разрешения зрителя первого ряда.

$$s(x) = s_0 + s_1 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \quad (7)$$

Тогда яркость отражённого от экрана света равна:

$$B(x) = s(x)p(x) = \left[s_0 + s_1 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \right] \left[Aq + \sum_{k=1}^{\infty} 2Aq \frac{\sin(\pi k q)}{\pi k q} \cos\left(\frac{2\pi k}{l} x\right) \right] = Aq \left[s_0 + s_1 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) + 2s_0 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin(\pi k q)}{\pi k q} \cos\left(\frac{2\pi k}{l} x\right) + 2s_1 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin(\pi k q)}{\pi k q} \cos\left(\frac{2\pi k}{l} x\right) \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \right] \quad (8)$$

Первые три слагаемых описывают постоянную составляющую яркости, структуру экрана и изображение пикселей, соответственно. Интерес представляет последнее слагаемое, содержащее образующиеся на экране паразитные гармоники яркости. Представим его в следующем виде:

$$s_1 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin(\pi k q)}{\pi k q} \left[\cos\left(2\pi \left(\frac{k}{l} - \frac{1}{\lambda}\right) x\right) + \cos\left(2\pi \left(\frac{k}{l} + \frac{1}{\lambda}\right) x\right) \right] \quad (9)$$

Суммарные частоты отфильтруются зрительным анализатором, поэтому:

$$B_{\text{пар}}(x) = s_1 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin(\pi k q)}{\pi k q} \cos\left(2\pi \left(\frac{k}{l} - \frac{1}{\lambda}\right) x\right) \quad (10)$$

Как видно из (9), частота и количество разрешимых паразитных гармоник зависят от соотношения периодов структуры экрана и изображения пикселей в плоскости экрана. Количество гармоник ограничено следующим выражением:

$$\frac{k}{l} - \frac{1}{\lambda} \leq \min\left\{ \frac{1}{l}, \frac{1}{\lambda} \right\} \quad (11)$$

Смысл ограничивающего значения в правой части неравенства состоит в том, что структурная неоднородность экрана и изображение пикселей на экране должны быть на грани разрешения зрителей первых рядов или незаметны совсем, т.е. определяют верхний предел разрешаемых частот.

В заключение приведём таблицу амплитуд паразитных гармоник для различных значений коэффициентов заполнения пикселя:

Табл. Значения амплитуд паразитных гармоник для различных коэффициентов заполнения пикселя

q	k								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,9	0,11	-0,10	0,10	-0,08	0,07	-0,06	0,04	-0,03	0,01
0,8	0,23	-0,19	0,13	-0,06	0,00	0,04	-0,05	0,05	-0,03
0,7	0,37	-0,22	0,05	0,07	-0,09	0,04	0,02	-0,05	0,04

Из таблицы видно, что амплитуды гармоник сравнимы с амплитудой самой структурной неоднородности, но за счёт более низкой пространственной частоты могут оказаться заметными на экране.

Заключение

Проведённый анализ позволяет сделать следующие выводы:

- структура отверстий перфорированных экранов для цифровой проекции должна быть либо нерегулярной, либо направления регулярности экрана и пикселей не должны совпадать;

- при использовании экранов с выраженной структурной неоднородностью необходимо контролировать возможность проявления муара на изображениях с отсутствующими или незначительными градациями. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. ОСТ 19-155-00. Кинотеатры и киноустановки. Качество проецируемого изображения.
2. ОСТ 19-238-01. Кинотеатры и видеозалы. Категории. Технические требования. Методы контроля и оценки.
3. РТМ 19-231-88. Тест-фильмы. Типы.



К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ И ОСВОЕНИЯ СИСТЕМЫ «СУПЕРФОН»



В.А. Гинзбург, к.т.н., К.В. Неверовский, к.т.н., М.В. Цыганков, ОАО «НИКФИ»

Аннотация

В статье кратко изложены этапы и результаты комплексной работы по созданию системы звукового сопровождения кинофильмов «Суперфон» от постановки задачи до демонстрации кинофильмов. Было разработано новое поколение студийной и кинотеатральной звуковой аппаратуры, обеспечившее повышенное качество звучания.

Ключевые слова: «Суперфон», киноаппаратура, качество звучания

■ В 1980 г. заведующий лабораторией электроакустики НИКФИ Б.Г. Белкин выдвинул идею создания отечественной многоканальной стереофонической системы записи-воспроизведения звука кинофильмов повышенного качества, которая позднее получила название «Суперфон» («Суперфон-70» для широкоформатных фильмов и «Суперфон-35» для фильмов с фотографической двухдорожечной фонограммой) [1]. Следует отметить, что за рубежом с 1975 г. началось производство фильмов и переоборудование кинотеатров с многоканальной стереофонической системой записи-воспроизведения звука «Долби-стерео», разработанной фирмой «Долби Лэбораториз Инк». Поэтому перед разработчиками была поставлена задача, чтобы по техническим параметрам и качественным показателям система «Суперфон» не уступала системе «Долби-стерео» и была бы с ней совместима.

Чтобы улучшить качество звучания фонограмм и расширить творческие возможности при производстве фильмов по системе «Суперфон», нужно было разработать новые технические средства, обеспечивающие расширение частотного диапазона, повышение пиковых уровней звука, снижение уровня шумов, снижение нелинейных искажений, повышение идентичности характери-

ABOUT THE HISTORY OF «SUPERFON» SYSTEM CREATION AND DEVELOPMENT

Abstract

This article is a brief review of main stages and results of integrated working on cinema sound system "Superfon" creation, from goal-settings up to film screening. The new generation of studio and cinema-theatre audio equipment has been created that provides improved sound quality.

Keywords: «Superfon», cinema-theatre, audio equipment, sound quality.

стик каналов, повышение равномерности звукового поля в зале кинотеатров, применение новых средств обработки сигналов, совершенствование технологии производства и показа кинофильмов.

Работа по созданию системы «Суперфон» носила комплексный характер. В ней наряду с НИКФИ (лаборатории электроакустики, звукозаписи, звукотехники) участвовали коллективы ЦКБК НПО «Экран», ЛОМО, киностудия «Мосфильм», ОП НИКФИ, Гипрокино, Самаркандский завод «Кинап», Чебоксарское объединение «Электроприбор», ЛЭИС. Необходимо особо отметить, что под руководством Б.Г. Белкина работа была прекрасно организована и скоординирована.

В 1981–1985 гг. были разработаны оригинальные кодирующее и декодирующее устройства матричной стереофонии, система шумопонижения, специальное панорамно-кодирующее устройство, 1/3 и 2/3-октавные эквалайзеры (лаборатория электроакустики НИКФИ – В. Гинзбург, М. Цыганков), три модели цифровых линий задержки (НИКФИ – К. Неверовский, М. Цыганков, ЧПО «Электроприбор» – В. Алюнов, Ф. Железнов), специальный конденсаторный микрофон КМС19-11 и измерительный микрофон (НИКФИ – В. Горелик, К. Неверовский, В. Усачев, А. Шрайбман). В ходе работы были

получены и использованы авторские свидетельства на изобретения [2±8].

Важным элементом системы «Суперфон» явилось новое поколение кинотеатральных громкоговорителей (НИКФИ – О. Салтыков, Ю. Сероклин, С. Певчев, ЛОМО – Е. Волчков, Е. Сартори). Этими специалистами были разработаны:

- низкочастотная головка 2А-26;
- среднечастотная головка 3А-2-1;
- СНЧ модуль 32А-10;
- низкочастотные модули 32А-12, 32А-14, 32А-16, 32А-18;
- СЧ модули 33А-2, 33А-4;
- ВЧ модули 31А-8, 31А-10, 31А-12.

В ЦКБК НПО «Экран» и ЛОМО при участии НИКФИ были разработаны 1/3-октавный и 2/3-октавный анализаторы спектра, аналогоцифровой лимитер 60У-531, широкополосные усилители воспроизведения, оконечные усилители СНЧ и др.

На базе этого оборудования был создан экспериментальный исследовательский комплекс КЗТУ-25 с комплектом новых громкоговорителей (ЦКБК НПО «Экран» – И. Карпов, В. Литвинов, А. Пригожин, ЛОМО – А. Закс).

Также был разработан технологический регламент производства фильмов по системе «Суперфон» (к/с «Мосфильм» – Т. Розинкина, В. Кузнецов, НИКФИ – Н. Трусова, В. Гинзбург, Л. Шитов) и комплект специальных измерительных лент и контрольных фильмов (НИКФИ, ОП НИКФИ – Н. Ковалевская, Л. Шитов), к/с «Мосфильм» – Л. Шакина, Е. Шильман.

Для производства фильмов по системе «Суперфон» было переоборудовано ателье перезаписи на к/с «Мосфильм» (В. Захаров, В. Шульга, В. Кузнецов, В. Гинзбург, М. Цыганков), а для демонстрации фильмов – большой широкоформатный зал к/с «Мосфильм» (М. Цукерман), московские кинотеатры «Октябрь» и «Россия», ленинградский кинотеатр «Ленинград», широкоформатный зал Госкино СССР (Г. Волошин, Л. Беляева).

С применением системы «Суперфон» был создан и показан на XIV Московском международном кинофестивале четырёхсерийный широкоформатный фильм «Битва за Москву» (к/с «Мосфильм») – режиссёр Ю. Озеров, звукооператор В. Шмелькин), а в течение 1986–1990 гг. сняты фильмы «Прорыв» (к/с «Ленфильм» – режиссёр Д. Светозаров, звукооператор Л. Шумячер), «Там, где нас нет» (к/с «Мосфильм» – режиссёр Л. Квинихидзе, звукооператор Ю. Зильберштейн), «Стереотипы» (к/с «Мосфильм» – режиссёр Е. Гамбург, звукооператор И. Майоров), «Человек с бульвара Капуцинов» (к/с «Мосфильм» – режиссёр А. Сурикова, звукооператор Ю. Зильберштейн), «Город Зеро» (к/с «Мосфильм» – режиссёр К. Шахназаров, звукооператор И. Майоров).

Как показал опыт производства и демонстрации кинофильмов со звуковым сопровождением по системе «Суперфон», а также объективные и субъективные испытания, проводившиеся с участием отечественных и

зарубежных звукооператоров и специалистов на киностудии «Мафильм» в Венгрии, на киностудии «Бояна» в Болгарии и в НИКФИ, было достигнуто высокое качество звучания, и по своим техническим характеристикам система «Суперфон» соответствовала мировому уровню того времени.

К 1990 г. были разработаны и внедрены в производство кинотеатральные комплексы «Суперфон-35» (Самаркандский завод «Кинап») (Рис. 1) и «Суперфон-70/35» (ЛОМО) (Рис. 2). Также были разработаны элементы студийного «Суперфона»: пульт панорамных регуляторов (Рис. 3), кодирующая стойка (Рис. 4), восьмиканальное компандерное устройство шумопонижения (лаборатория электроакустики НИКФИ – В. Гинзбург, М. Цыганков, В. Шпунтов, ЦКБК НПО «Экран» – В. Карпов, В. Литвинов, А. Пригожин) (Рис. 5).

В 1989–1990 гг. ЛОМО выпустило 30 комплексов «Суперфон-70/35», которые были установлены в

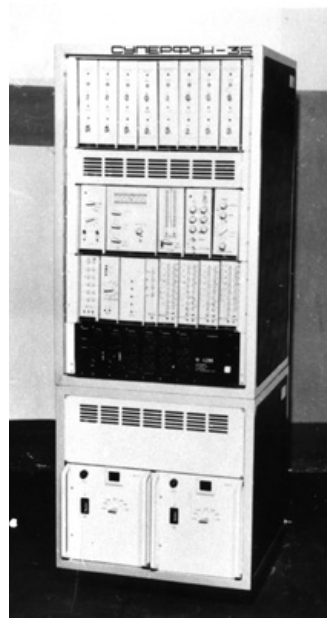


Рис. 1. Кинотеатральный комплекс «Суперфон-35»

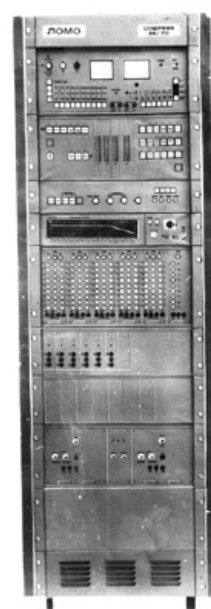


Рис. 2. Кинотеатральный комплекс «Суперфон-35/70»



Рис. 3. Пульт панорамных регуляторов

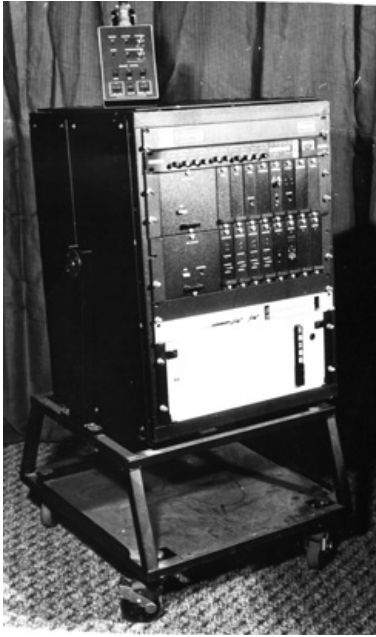
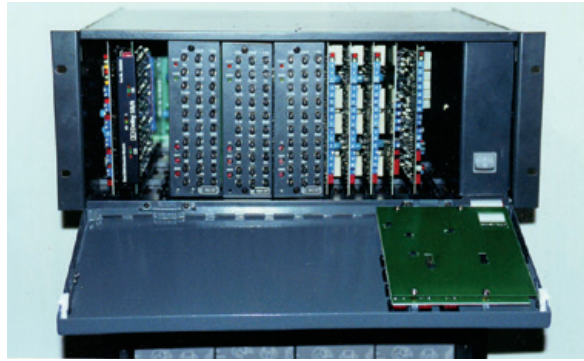


Рис. 4. Кодирующая стойка



Рис. 6. Звуковой киновидеопроцессор CVSP-99



разработки до опытного образца. В состав процессора входят элементы, по некоторым характеристикам и сегодня превосходящие лучшие зарубежные аналоги. Можно сказать, что CVSP-99 является самой значительной разработкой в области звука в кино в России после 1991 г. Процессоры установлены в ряде центров «Российское Кино», где эксплуатируются и в настоящее время.

В заключение отметим, что разработка и освоение системы «Суперфон» явились важнейшим этапом вне-

дрения многоканальной стереофонии в отечественном кинематографе, позволяющим обеспечить кардинальное повышение качества звукового оформления кинофильмов. ■

ЛИТЕРАТУРА



Рис. 5. 8-и канальная компандерная система шумопонижения

крупнейших кинотеатрах СССР – в Москве, Одессе, Запорожье, Ульяновске, Киеве, Риге, Ленинграде, Сочи, Иваново и др.

В 1989–1990 гг. Самаркандский «Кинап» выпустил 5 комплексов «Суперфон-35». В московском кинотеатре «Зарядье» этот комплекс эксплуатировался вплоть до 2007 г. Примечательно, что на кинофестивале в 1995 г. международным жюри было особо отмечено высокое качество звука в кинотеатре «Зарядье», где проводился конкурсный показ.

В 1990 г. лабораторией электроакустики НИКФИ был снят видеofilm в формате «U-Matic» с матричной двухканальной кодированной фонограммой по системе «Суперфон». Videofilm демонстрировался с помощью созданного в лаборатории декодера с логической схемой управления, в отличие от пассивного декодера, который в то время применялся в системе «Dolby Surround». Эта работа заложила принципы построения звукового сопровождения системы телевидения высокой чёткости, разработанной в СССР.

Дальнейшим продолжением работ лаборатории электроакустики НИКФИ по многоканальной стереофонии в кино явилась разработка в 1999 г. аналогового звукового киновидеопроцессора CVSP-99 (рис. 6). Процессор был разработан в короткий срок: 11 месяцев от начала

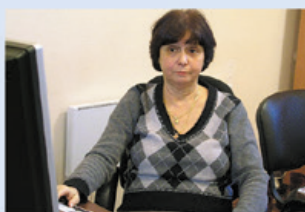
1. Белкин Б.Г. Многоканальная стереофоническая система записи-воспроизведения звука кинофильмов повышенного качества «Суперфон» // Труды НИКФИ, М.: 1986.
2. Белкин Б.Г., Муравьев В.Г., Неверовский К.В., Равер Л.Ю., Фокин В.Ф., Цыганков М.В. Система передачи сигналов // Авторское свидетельство № 760435; 1980.
3. Белкин Б.Г., Гинзбург В.А., Ковалгин Ю.А., Неверовский К.В., Сергеев М.А., Цыганков М.В. Стереофоническая звуковоспроизводящая система // Авторское свидетельство № 1234982; 1986.
4. Белкин Б.Г. и др. Стереофоническая система звуковоспроизведения с двумя тыловыми каналами // Авторское свидетельство № 1413729; 1988.
5. Белкин Б.Г. и др. Стереофоническая звуковоспроизводящая система // Авторское свидетельство № 1420669; 1988.
6. Белкин Б.Г. и др. Стереофоническая система звуковоспроизведения // Авторское свидетельство № 1548859; 1989.
7. Белкин Б.Г., Горелик В.М., Салтыков О.А., Шрайбман А.Э. Устройство для измерения нелинейных искажений электроакустических преобразователей // Авторское свидетельство № 1628231; 1990.
8. Белкин Б.Г., Горелик В.М., Харитонов В.Б. Устройство для цифровой оптической записи аналогового сигнала // Авторское свидетельство № 853664; 1981.

ПОЗДРАВЛЯЕМ сотрудников Научно-исследовательского кинофотоинститута с 80-летием!

Авторы материалов этого номера и статей предыдущих номеров журнала



Тимофеев Александр Евгениевич



Ковалевская Нонна Сергеевна



Комар Виктор Григорьевич



Индлин Юрий Александрович



Овечкис Юрий Натанович



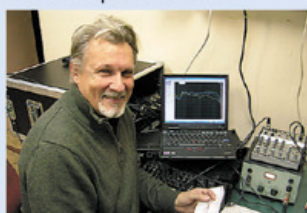
Елхов Виктор Александрович



Кондратьев Николай Витальевич



Паутова Лариса Викторовна



Шитов Леонид Витальевич



Мелкумов Александр Сергеевич



Рожков Сергей Николаевич



Неверовский Константин Вассианович



Гинзбург Владимир Абрамович



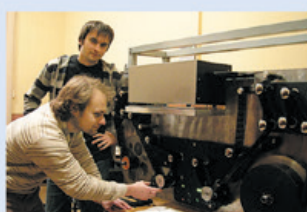
Цыганков Михаил Владимирович



Сергей Лобов, Вячеслав Сычёв,
Екатерина Сычёва



Андрей Рязанов, Студеникин
Владимир Алексеевич



Лобастов Сергей,
Евтушенко Михаил



Санцевич Александр Михайлович,
Великжанин Олег Иннокентиевич



Тупалова Софья Александровна



Блохин Александр Сергеевич



Чекалин Дмитрий Геннадьевич



Шрайбман Александр Элхонович



Гладышев Василий Иванович

