

**№7 СОДЕРЖАНИЕ:**



стр. 2

**Новости, обзоры**

Выставки, семинары

2

**Вопросы теории**

В. К. Гарилов, А. М. Васильев

Сжатие изображений на основе модифицированного дискретного косинусного преобразования

3

**Доклады**

Н. С. Ковалевская

Долгосрочное хранение исходных материалов кинофильмов

7

В. Г. Комар

О создании системы долгосрочного хранения контента кинокартин в цифровой форме

9

В. Сычёв

Основные параметры качества процесса перевода фильмовых материалов в цифровую форму

13

С. В. Лобов

Анализ использования сети хранения данных (SAN) при организации долговременных архивов цифровых копий фильмовых материалов

18

Л. Г. Лишин

К вопросу выбора носителей для архивирования кинофильмов

25

В. В. Чаадаев, А. Е. Белостоцкий

Сканер-70

27

**Вопросы сертификации и права**

С. А. Тупалова, Э. А. Рохлина

Национальная и международная стандартизация.

Разработка нормативно-технической документации для лабораторий обработки киноплёнки, контор кинопроката, фильмоархивов и фильмофондов

28

**Технологии**

В. И. Гладышев, Е. А. Андреева

Осветительные приборы рассеянного и бестеневого света нового поколения для кинооператорского освещения

32

А. С. Блохин

Выбор носителей для долгосрочного архивирования кинофильмов

36

Д. Чекалин

О многоканальном звуковоспроизведении в кинотеатральном кинематографе и новых стандартах для цифрового кино

40

А. Б. Барский

Компьютерная технология рисунка и её применение

43



стр. 14



стр. 25



стр. 28



стр. 32

Подписной индекс Роспечать: № 81923

Научно-технический журнал «Мир Техники Кино»  
Выходит 4 раза в год  
Издатель: ООО «ИПП «КУНА»  
Уредители: ОАО «НИКФИ», ООО «ИПП «КУНА»

Редакционный совет:  
Комар Виктор Григорьевич, проф., д.т.н.  
Сакварелидзе Майя Александровна, д.х.н.  
Тимофеев Александр Евгеньевич, к.т.н.  
Блохин Александр Сергеевич, к.т.н.  
Ковалевская Нонна Сергеевна, к.т.н.  
Волков Александр Сергеевич

Руководитель проекта:  
Костылев Олег Юрьевич  
Главный редактор:  
Егоров Владимир Викторович  
Выпускающий редактор:  
Захарова Тамара Владимировна  
Арт-директор, оформление обложки:  
Шишкин Владимир Геннадьевич  
Вёрстка и дизайн:  
Титова Наталия Сергеевна  
Корректор:  
Сайкина Наталья Владимировна

Отпечатано в ООО «Типография ПАРАДИЗ»  
Объем 6 п.л. Заказ № 1402  
Тираж 999 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.paradiz.ru, e-mail: kevin@paradiz.ru  
телефон (факс): +7 (495) 795-02-99, 795-02-97



# НОВОСТИ И СЕМИНАРЫ

## «Зима – весна 2008»

**20 декабря 2007 года** в ОАО «НИКФИ» прошёл расширенный учёный совет.

В работе совета приняли участие представители Госфильмофонда РФ, ВНИИТР, Российского государственного архива кинодокументов, ГОСТЕЛРАДИОФОНДа, ФГУП «Киноконцерн Мосфильм» и др.

Тема учёного совета: «**Технология долгосрочного хранения киноматериалов**».

Работа по данной теме проводилась в течение двух лет по контракту с Федеральным агентством по культуре и

В результате обсуждения было выработано следующее решение:

- Согласиться с проектами стандартов по качественным показателям изображения и звука.
- Воздержаться по проектам стандартов по шифрованию информации.
- На основе проектов стандартов ISO разработать национальные стандарты (рекомендации) для цифрового кинематографа с учётом опыта работы в России – как в крупных городах, так и в отдалённых регионах.



кинематографии. Проведённый анализ существующих методов хранения больших объёмов данных показал, что наиболее перспективными для долговременного хранения киноматериалов являются сети хранения данных на дисковых накопителях, представляющих собой массив накопителей на жёстких дисках (HDD). В связи с интенсивным развитием технологии цифрового хранения записи изображения и звука, следует ожидать в будущем появления твёрдотельных накопителей информации, приемлемых для долговременного хранения, а также других решений. В связи с этим необходимо продолжать научно-исследовательские работы, учитывающие перспективы развития цифровых технологий.

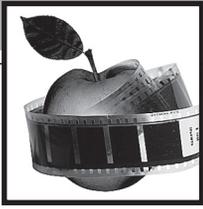
Некоторые доклады учёного совета читайте на страницах журнала.

**22 января** в ОАО «НИКФИ» с участием представителей ООО «КиноМедиа» и ФГУП ГИВЦ Роскультуры прошло рабочее обсуждение проектов международных стандартов ISO по цифровому изображению и звуку для театрального кинематографа. Представленные проекты стандартов необходимо было обсудить, вынести решение для голосования и дать рекомендации по их использованию в России.

**28 февраля** в Москве прошла научно-техническая конференция «Кинотехнические средства в изобразительном решении кинофильма». Провели конференцию ФГУП «МКБК», Союз кинематографистов РФ (Гильдия кинотехников СК РФ), Федеральное агентство по культуре и кинематографии.

С докладом о новой тактике и стратегии развития МКБК выступил директор ФГУП В. В. Перепичай. Об использовании средств цифрового кинематографа в Госфильмофонде РФ рассказал зам. главного инженера ГФФ М. С. Васин. О работе с видеодокументами и внутриархивном стандарте перевода материалов в цифровую форму сообщила и.о. директора Российского государственного архива кинодокументов Н. А. Коланторова.

Первый зам. директора ОАО «НИКФИ» Н. С. Ковалевская выступила с докладом «О разработке технических регламентов, устанавливающих требования к созданию цифрового контента». Об опыте использования контрольных фильмов при наладке кинопроекторов в условиях заводского производства рассказал главный конструктор завода Москинап С. Ф. Певцов. С сообщением о совершенствовании производства проекционных тест-фильмов выступил главный инженер Опытного производства ФГУП ОП НИКФИ А. М. Санцевич. ■



# СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

на основе модифицированного  
дискретного

косинусного преобразования  
(продолжение)

В. К. Гарипов, д.т.н., МКВИ,  
А. М. Васильев, аспирант  
МГУПИ



■ Сравнительный анализ вычислительной сложности и времени обработки изображения показывает, что рассмотренное МДКП обладает большей эффективностью, чем известное ДКП (рис. 3, 4).

Таким образом, в цифровом телевидении на сегодняшний день главную роль играет ДКП блоков  $8 \times 8$  пикселей, при этом используется алгоритм быстрого вычисления одномерного ДКП отрезка цифрового сигнала, содержа-



Рис. 3. Сравнительный анализ вычислительной сложности

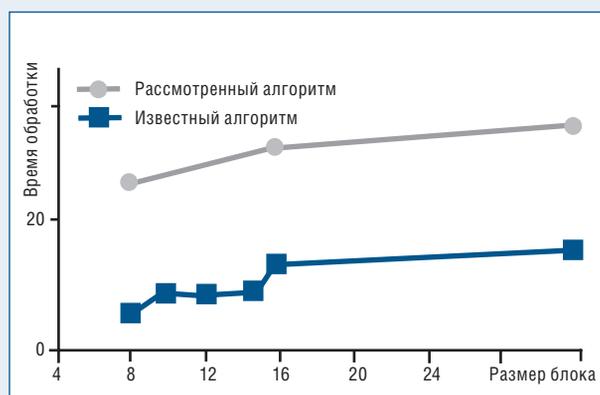


Рис. 4. Время обработки изображения блочным ДКП

щего 8 элементов. Рассмотренное МДКП позволяет дополнительно увеличить точность представления сжатого изображения за счёт использования перекрывающихся блоков данных.

Для оценки эффективности сжатия удобно использовать ковариационную матрицу коэффициентов преобразования  $\hat{C}_y$  [13].

Введем коэффициент перераспределения энергии, представляющий собой отношение среднего арифметического дисперсий коэффициентов преобразования данных к их среднему геометрическому:

$$G_w = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sigma_i^2}{\sqrt[N]{\prod_{i=1}^N \sigma_i^2}} \quad (19)$$

Энергия исходных данных не изменяется после преобразования, поэтому значение числителя до и после преобразования одинаково, но значение произведения дисперсий уменьшается благодаря эффекту концентрации энергии в небольшом числе коэффициентов преобразования.

Минимизация произведения дисперсий минимизирует также дифференциальную энтропию. Значения дисперсии  $\sigma_i^2, i=1, N$  расположены на главной диагонали матрицы  $\hat{C}_y$ .

Для оценки эффективности преобразования воспользуемся коэффициентом  $G_w$ . Тогда зависимость  $G_w(N)$  от значения длины блока исходных данных будет выглядеть следующим образом (рис. 5).

Зависимость  $G_w$  от длины блока для данных, обработанных с использованием ДКП, приведена на рис. 6, а для МДКП – на рис. 7.

Для оценки эффективности алгоритма декорреляции на основе МДКП можно вычислить оценки энтропии последовательности значений каждого коэффициента преобразования. Например, среднее значение оценки с учётом того, что длины всех последовательностей одинаковы:

$$H_s = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i \quad (20)$$

где  $H_i$  - энтропия  $i$ -го коэффициента преобразования.

Зависимости значений энтропии от длины блока  $N$  приведены на рис. 8.

При обработке изображений и их последующем сжатии общая концепция заключается в разбиении исходного изображения на фрагменты, выполнении с каждым фрагментом дискретного преобразования, квантовании и статистическом кодировании полученных спектральных коэффициентов.

Исходное цифровое изображение при обработке разбивается на квадратные фрагменты размером  $8 \times 8$  пик-

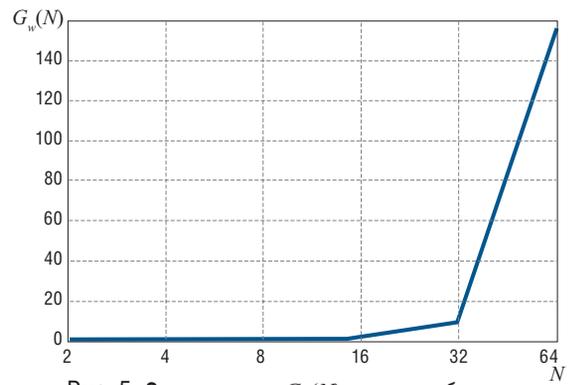


Рис. 5. Зависимость  $G_w(N)$  от длины блока исходных данных

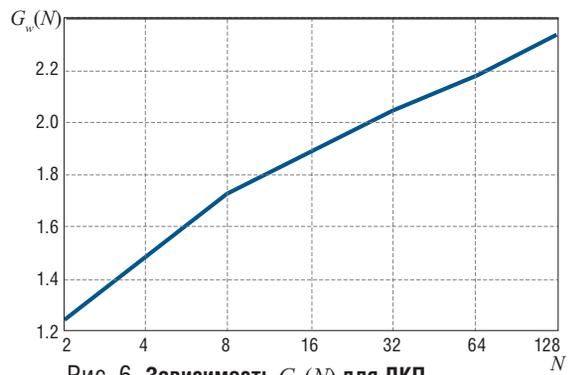


Рис. 6. Зависимость  $G_w(N)$  для ДКП

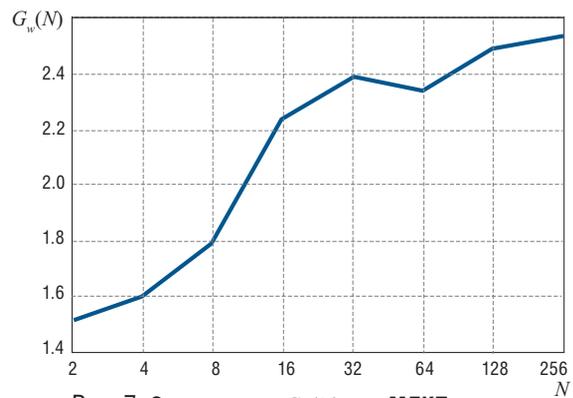


Рис. 7. Зависимость  $G_w(N)$  для МДКП

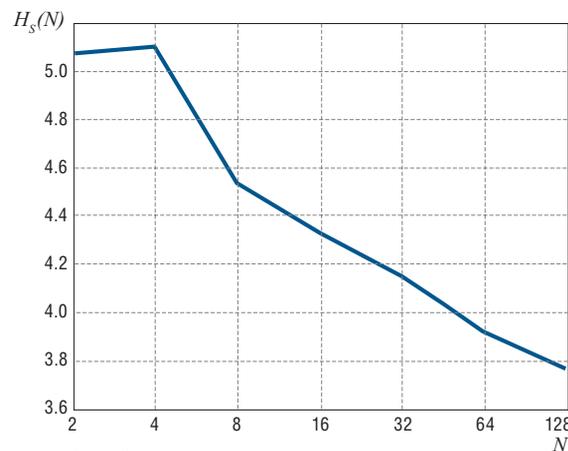


Рис. 8. Зависимость энтропии от длины блока

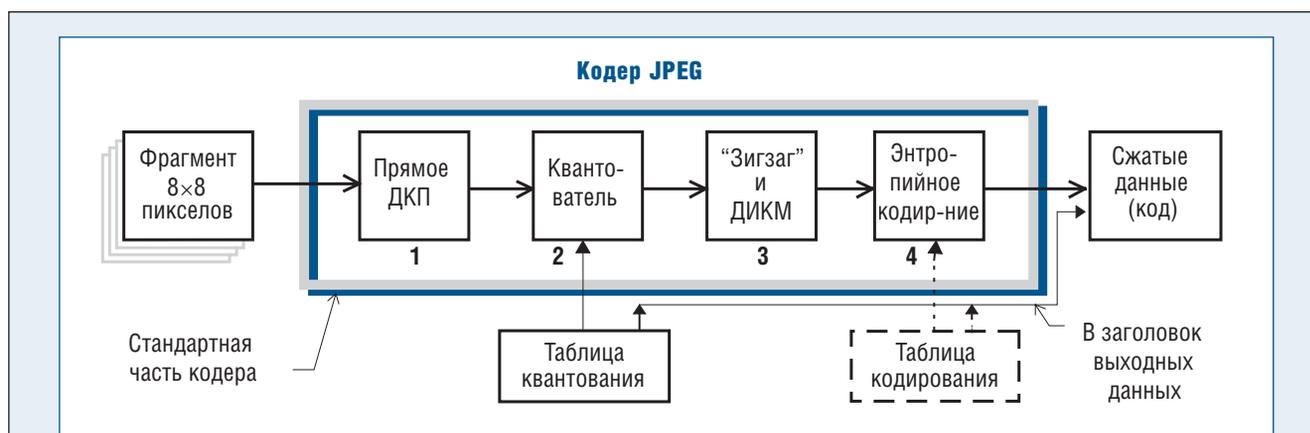


Рис. 9. Схема сжатия изображений по JPEG,

где:

- 1 – Вычисление двумерного ДКП размером  $8 \times 8$ .
- 2 – Скалярное квантование спектра ДКП. Диапазон возможных значений, которые могут принимать элементы спектра, после выполнения процедуры квантования существенно уменьшается, появляется большое количество нулей.
- 3 – Обработка с помощью ДИКМ коэффициента спектра  $y_{0,0}$ . Полученный после ДИКМ  $y_{0,0}$  двумерный набор из 64 чисел зигзагообразно (рис. 10) считывается в одномерную последовательность, образуя промежуточный поток данных, который является входным для 4-го шага. Смысл такого зигзагообразного считывания заключается в том, чтобы сгруппировать основную часть нулевых элементов спектра, которые оказываются сосредоточенными в конце 64-элементного блока промежуточного потока данных.
- 4 – Удаление нулей. Нули удаляются путём преобразования промежуточного потока в два выходных потока.

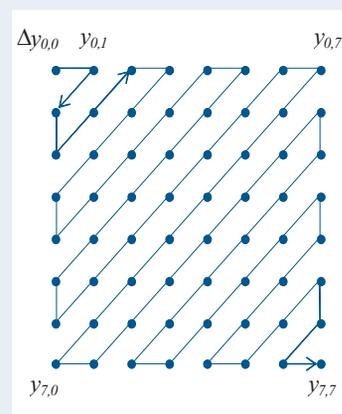


Рис. 10. Формирование промежуточного потока данных (зигзаг-сканирование)

селов, из которых и образуется входной поток данных кодера, например, JPEG (рис. 9). В работе кодера можно выделить четыре основных шага [14].

Зигзагообразным считыванием из двумерных спектров формируется последовательность данных, из которых в результате удаления нулей по методу JPEG формируется поток байтов-ключей и битовый поток с кодами ненулевых элементов, при этом постоянная составляющая спектра  $y_{0,0}$  подвергается дискретно-импульсной кодовой модуляции (ДИКМ). Байтовый поток кодируется далее арифметически.

Стандарт JPEG предусматривает возможность выбора различных значений шага сетки равномерного квантования для каждой отдельной спектральной характеристики спектра ДКП  $8 \times 8$ . Поскольку мелкие детали изображения человеческий глаз различает хуже, спектральные коэффициенты, соответствующие быстро осциллирующим базисным функциям, можно квантовать более грубо – это позволит повысить сжатие, сохранив визуальное качество изображения на том же уровне.

Каждый блок подвергается двумерному ДКП, являющемуся основой практически всех методов сжатия изображения. Сканирование пикселей внутри блока происходит зигзагообразно.

Такой алгоритм обеспечивает длинные последовательности нулевых значений в полученной матрице коэффициентов. В дальнейшем этот массив уменьшается за счёт «выбрасывания» нулевых значений, причём передается только информация о количестве нулей. Затем табличным методом происходит преобразование в кодовую последовательность с переменной длиной слова.

Часто встречаемые значения кодируются словом меньшей длины. Таким образом, ДКП значительно уменьшает объём передаваемых данных.

В современной аппаратуре, в том числе и для цифрового телевидения, ДПФ и ДКП, как правило, выполняются в реальном времени с применением цифровых процессоров обработки сигналов (ЦПОС), параллельных вычислительных устройств и других средств. Такие средства могут входить в состав БИС обработки телевизионных сигналов, например, декодеров MPEG-2 [14].

В качестве иллюстрации эффективности применения ДКП можно привести пример, представленный на рис. 11 [2]. Здесь показаны два изображения:

- а) исходное;
- б) восстановленное.

При восстановлении изображения использовалось только 15% коэффициентов ДКП. При этом следует от-

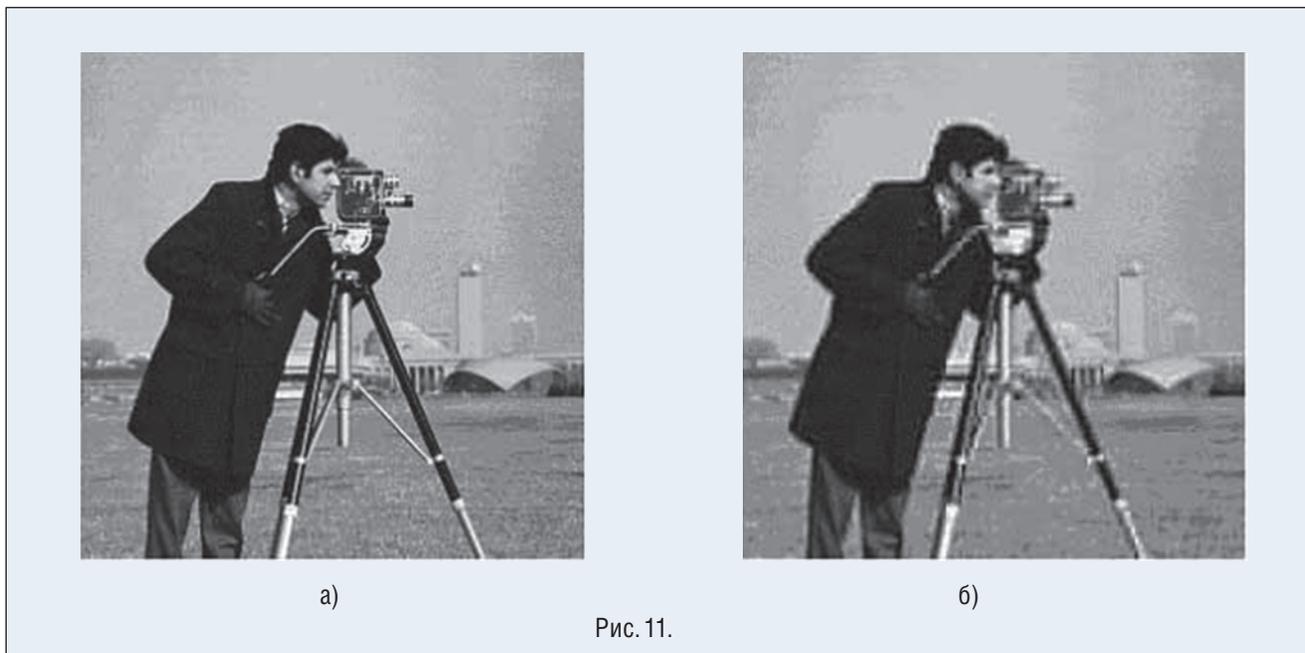


Рис. 11.

метить, что качество восстановленного изображения является довольно приемлемым.

Также одной из серьёзных проблем в цифровой кинотехнике является то, что сканированный с высоким разрешением кинофильм имеет очень большой объём файла.

Например, кинофильм длительностью 120 минут, сканированный с разрешением 4К, имеет размер файла в несжатом виде более 12,8 ТБ. Такой объём данных практически невозможно ни обработать, ни передать потребителю для дальнейшего использования. Для достижения приемлемых объёмов файлов необходимо применять алгоритмы сжатия файлов, позволяющие без видимых для глаза дефектов изображения сжать файл с 2-х часовым фильмом до 40-50 ГБ (при степени сжатия файла с разрешением 2К от 1:20 до 1:30), который может быть легко доставлен физическим способом, например, с использованием жёстких дисков.

В заключение отметим, что в цифровом телевидении на сегодняшний день главную роль играет ДКП блоков  $8 \times 8$  пикселей, при выполнении которого используется алгоритм быстрого вычисления одномерного ДКП отрезка цифрового сигнала, содержащего 8 элементов. Увеличивая размеры блока ДКП, можно добиться некоторого увеличения результатов сжатия. Ограничения в коэффициенте сжатия объясняются малой вероятностью того, что удалённые на значительное расстояние точки изображения имеют одинаковые атрибуты. ■

#### Литература

- Ахмед Н., Рао К. Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов: Пер. с англ. / Под ред. И. Б. Фоменко. – М.: Связь, 1980. С. 248.
- Yip P. C., Rao K. R. The transform and data compression handbook. – Boca Raton: CRC Press, Inc., 2001. P. 408.
- Панасенко П. В., Янчук Е. Е. Дьяконов В., Абраменкова И. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002.
- Wallace G. K. Overview of the JPEG (ISO/CCITT) still image compression: image processing algorithms and techniques // Proceedings of the SPIE. – 1990. V. 1244. – P. 220 – 233.
- Wallace G. K. The JPEG algorithm for image compression standard // Communications of the ACM. – 1991. – V.34. -'4. – P. 30 – 44.
- Kurosaki M., Waki H. A. JPEG-compliant color image compression / decompression LSI // Mitsubishi Elec. Adv. – 1994. – V. 68, Sept. – P. 17 – 18.
- Fractal image compression: theory and application. / Ed.: Y. Fisher. – New York, 1995. – XVIII.
- Воробьёв В. И., Грибунин В. Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. – СПб.: ВУС, 1999.
- Birney K. A., Fischer T. R. On the modeling of DCT and subband image data for compression // IEEE Trans. Image Proc. – 1995. – V. 4. – 2. – P. 186 – 193.
- Тихоненко О. М. Модели массового обслуживания в системах обработки информации. – Мн.: Университетское, 1990.
- Wang Y., Vilermo M. The modified discrete cosine transform: its implications for audio coding and error concealment // Proceedings of AES 22nd International Conference. – Espoo, 2002. – P. 223 – 232.
- Li J. Reversible FFT and MDCT via matrix lifting // Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – Montreal, 2004. – Vol. 4. – P. 173 – 176.
- Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука. М.: Техносфера, 2004.
- Гонсалес Р., Вудс Р. Эддинс С. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006.



# ДОЛГОСРОЧНОЕ ХРАНЕНИЕ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ КИНОФИЛЬМОВ

Н. С. Ковалевская, к.т.н.,  
первый заместитель генерального  
директора ОАО «НИКФИ»

■ Во многих странах мира, в том числе и в России, сегодня хранится огромное число аудиовизуальных произведений, обладающих культурно-исторической ценностью. Неизбежное старение аналоговых носителей, на которых они были изначально записаны, с одной стороны, и развитие цифровых технологий – с другой, сделали логичным и неизбежным переход на использование цифровых технологий. В таких странах, как США, Великобритания, Франция и др. перевод аудиовизуальных архивов на цифровые носители был инициирован со стороны государства и поддержан специальными программами. Аналоговые технологии создания, хранения и копирования аудиовизуальных произведений не могут обеспечить их длительного хранения без потери качества, что явилось основной причиной осознания необходимости использования цифровых технологий как реальной альтернативы, с помощью которой возможно соблюсти условия «вечного хранения» аудиовизуальных произведений. Но вместе с тем, хранение материалов на цифровых носителях записи не может гарантировать их долгосрочного хранения без периодического цифрового копирования. Преимущество цифровых способов записи материалов при архивном хранении заключается лишь в том, что при их цифровом копировании качество копий существенно не ухудшается.

Срок службы носителей записи, по истечении которого наступает их физическое разрушение, грозящее утратой записанных на них изображения и звука, оказывает решающее влияние на степень сохранности аудиовизуальных произведений. Носители записи информации стареют вплоть до полной невозможности воспроизведения записанных сигналов. В одних случаях старение происходит скорее, в других – медленнее, но оно неизбежно. Сейчас копии многих киношедевров находятся у порога истечения срока «жизни» и могут быть безвозвратно утрачены. Таким образом, в группу риска попадают уникальные отечественные аудиовизуальные материалы, датируемые с самого начального этапа развития мирового и российского кинематографа и представляющие



собой коллекцию «золотого фонда». Следующее поколение может никогда не увидеть редчайшие материалы, в том числе, существующие в единственном экземпляре.

Основными факторами, влияющими на разрушение материалов, являются: влажность, окисление, температура. Однажды начавшийся процесс разложения магнитных лент на триацетатной основе с выделением уксусной кислоты ускоряет разрушение основы и уже не может быть остановлен изменением условий хранения. Эта проблема связана непосредственно со старением триацетатной основы, получившим название «уксусный синдром».

Проблемы старения возникают не только с ленточными и плёночными носителями записи, а также и с уникальными звуковыми

материалами, записанными, например, на фоноваликах (фоноцилиндрах), грампластинках и др., содержащих многочисленные записи фольклорной музыки, выступлений выдающихся деятелей культуры. Эти записи являются неотъемлемой частью культурного наследия многих народов мира. Цифровые технологии создают принципиально новый подход к хранению этого наследия, где, в отличие от сложившейся практики, хранится информация, а не носитель записи. Необходимо также отметить, что единого международного стандарта на технологии перевода материалов в цифровую форму с последующим хранением цифровой информации не существует. Каждая страна подходит к этому вопросу самостоятельно, учитывая специфику национальных технологий и оборудования создания исходных фильмовых материалов.

Цифровые технологии позволяют надёжно хранить огромные объёмы информации, осуществлять быстрый доступ, поиск, обмен и доставку материалов посредством спутникового канала связи в любую точку, а также создать **национальный центр хранения цифровых материалов**. Создание национального центра хранения цифровых материалов включает разработку и внедрение двух технологических процессов (стадий): первый – технология перевода материалов в цифровую форму, второй – технология хранения цифровой информации.

**Первая стадия** – перевод материалов в цифровую форму – включает следующие технологические этапы:

- анализ технического состояния материалов;
- реставрационно-профилактическая подготовка материалов;
- контроль и настройка параметров технологического оборудования;
- процесс перевода аналоговых материалов в цифровую форму.

Основным требованием к выполнению этой стадии технологии является обеспечение возможно лучших условий воспроизведения (считывания, сканирования) для аналоговых материалов в процессе их перевода в цифровую форму.

Во-первых, эти условия достигаются на этапах оценки технического состояния и подготовки фильмовых материалов, включающих чистку, устранение царапин, дефектов, реставрационно-профилактическую обработку материалов.

Во-вторых, в обеспечении стандартной настройки характеристик каналов воспроизведения (считывания, сканирования), т.е. к так называемым устройствам ввода.

Под устройствами ввода понимается технологическое оборудование воспроизведения аналоговых материалов, характеристики которого должны настраиваться в соответствии с нормами, существовавшими на момент их создания, поскольку основная потеря качества при переводе исходного аналогового материала в цифровую форму возникает при несоответствии читающих или воспроизводящих устройств настройкам при записи этих материалов. Минимизация потерь обеспечивается с помощью эффективных методов настройки и контроля трактов сканирования, что и обеспечивает оптимальное качество. Кроме того, эти устройства ввода должны обеспечивать воспроизведение материалов, имеющих различную ширину носителей записи, расположение дорожек записи или кадра, деформированную (короблённую) основу, учитывать различную ширину носителя, размеры перфораций и т.д.

В-третьих, в выборе параметров аналого-цифрового преобразования, исходя из следующих критериев:

- спектр пространственных частот изображения,
- градационная характеристика,
- размер зерна киноплёнки,
- размер и формат изображения,
- разрешающая способность,
- яркость,
- контрастность,
- цветопередача,
- уровень шумов,
- частотный и динамический диапазоны, уровень шума фонограмм.

Процедура аналого-цифрового преобразования должна обеспечивать условия, при которых записанный импульс должен выделяться на уровнях помех, а дефекты носителя записи не вызывать появления ложных им-

пульсов. Это даёт основание утверждать, что выбранные по такому принципу параметры аналого-цифрового преобразования не искажают качество, и выбранное разрешение является вполне достаточным для сохранения качества, т.е. неискажённой передачи информации.

Выбор разрешения должен быть оптимальным. Не нужно бояться избыточности информации при переводе материалов в цифровую форму – она может быть полезной при восстановлении этих материалов.

**Вторая стадия** – технология хранения цифровой информации включает технологический этап, заключающийся в хранении больших объёмов цифровых данных.

Выбранный метод хранения больших объёмов данных должен обеспечивать максимальную надёжность, информационную ёмкость с достаточным объёмом памяти и производительную внутреннюю архитектуру обмена информацией, позволяющую осуществлять быстрый доступ и защиту данных и метаданных от несанкционированного доступа.

Система **национального цифрового центра хранения** не должна создавать проблем в работе при обмене файлами между потребителями, её технические характеристики должны соответствовать международным стандартам. В результате архивы, находящиеся в ведении Министерства культуры и массовых коммуникаций РФ, должны получить единый формат обмена данными.

Для преодоления поисковой «анархии» при хранении и обмене материалами рекомендуется выбрать и адаптировать для отечественного фильмопроизводства стандарт на «Формат обмена материалами» (MXF – Material exchange Format), включающий видео- и аудиоконтент и метаданные, описывающие этот контент.

Проведённый анализ существующих методов хранения больших объёмов данных показал, что наиболее перспективными являются сети хранения данных на дисковых накопителях, представляющих собой массив накопителей на жёстких дисках (HDD). Успешный опыт эксплуатации систем RAID, использующих массив накопителей на жёстких дисках, подтверждает этот вывод.

Чтобы не заблудиться в создаваемых цифровых материалах при производстве фильмов, уже сейчас необходимо проводить серьёзные научные исследования с определением единых концепций выборов стандартов. Политика и стратегия сохранения и демонстрации цифрового наследия должна быть многогранной и включать технологическую, исследовательскую и организационную стороны. Внедрение в архивы технологий хранения цифровой информации не должно развиваться стихийно, а быть научно обоснованным. Эти процессы требуют много времени и высокой квалификации обслуживающего персонала.

Разработанная технология хранения исходных материалов кинофильмов обеспечивает долгосрочное, неограниченное по времени хранение аудиовизуальных произведений, представляющих государственную культурно-историческую ценность, и создаёт принципиально новый подход к архивному хранению. ■



# О создании системы особо долговременного хранения контента кинокартин в цифровой форме

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

■ Современные цифровые технологии хранения изображения и звука позволяют создать в нашей стране новую систему особо долговременного хранения кинокартин\* и спасти от гибели шедевры искусства кино и кинодокументы большого исторического значения.

Благодаря замечательной особенности цифровой записи, которую можно перезаписывать неограниченное число раз с одного носителя на другой при сохранении уровня качества изображения и звука, можно во много раз увеличить сроки хранения контента кинокартин.

Конечно, вследствие быстрого технического прогресса в данной области в течение хранения будут коренным образом изменяться технологические решения системы. Однако чем скорее мы создадим новую систему особо долговременного хранения не на сотню, а на тысячи лет и более, тем больше вероятность того, что мы надолго сохраним великие культурные ценности. Сегодня главным требованием к вновь создаваемой системе является сохранение на практически неизменном уровне (с ничтожно малой деградацией) качества изображения и звука в процессе хранения.

На базе уже разработанных и проверенных цифровых технологий новую систему хранения можно осуществить

\* Автор использует термин «кинокартина» вместо термина «кинофильм», считая его более уместным в связи с цифровой технологией.

в короткие сроки на основе использования того или иного рода носителей записи изображения и звука, таких как:

- жёсткие диски,
- магнитные ленты,
- оптические диски,
- твердотельные носители (можно ожидать через несколько лет).

## Принципы создания системы особо долговременного хранения контента кинокартин

Если сегодня выбирать вид системы особо долговременного хранения контента кинокартин, то на основании оценок, выполненных специалистами НИКФИ, вероятнее всего, наиболее правильным решением будет выбор системы хранения на жёстких дисках. Такая система имеет преимущество в отношении надёжности сохранения первоначального уровня качества изображения и звука. Другие показатели, такие как стоимость системы, эксплуатационные расходы и прочие, имеют приемлемые значения.

Для обоснования сделанного утверждения рассмотрим одну из возможных принципиальных систем особо долговременного хранения контента кинокартин, схематически показанную на рис. 1:

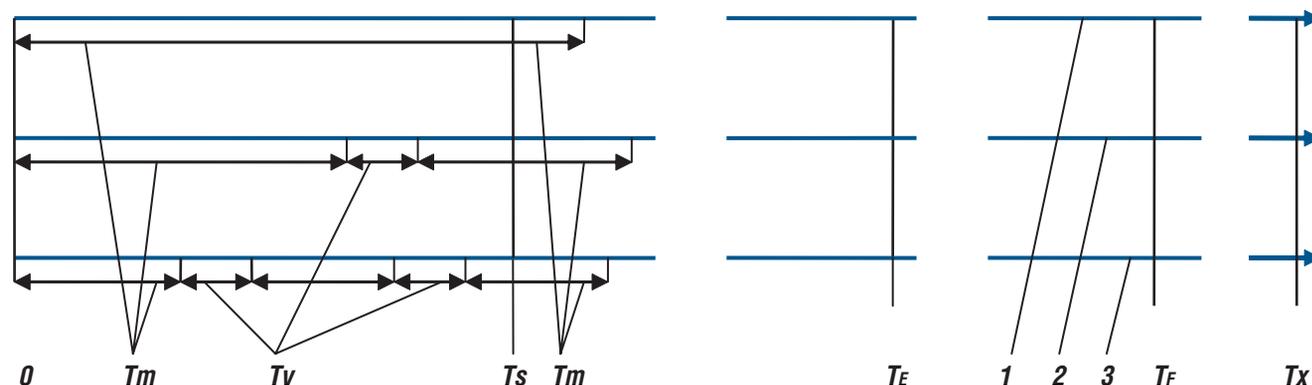


Рис. 1.

где: **1, 2, 3** – три канала хранения трёх копий контента одной кинокартины;

**Tm** – интервал непрерывной работы носителя без нарушения записи;

**Tv** – продолжительность интервала хранения от начала повреждения носителя до момента замены повреждённого носителя новым носителем, запись на котором выполняется с диска неповреждённого канала; если запись повреждается из-за программных нарушений, то она восстанавливается компьютером на повреждённом канале при обеспечении избыточности этой записи;

**Ts** – предельный интервал работы носителя от момента его включения в систему до замены новым носителем вне зависимости от результатов контроля записи;

**Tf** – номинальный срок хранения контента кинокартины в системе;

**Te** – критическая продолжительность хранения записи на одном носителе, когда вероятность повреждения записи равна 0,5;

**Tx** – критическая продолжительность хранения записи в системе, когда вероятность повреждения записи равна 0,5.

Вероятность повреждения записей одновременно в нескольких каналах равна произведению значений вероятности повреждения записи в каждом канале. Это одно из основных положений теории вероятности.

Для двух каналов:  $P_{c2} \approx P_{c1}^2$ ,

для трёх каналов:  $P_{c3} \approx P_{c1}^3$ , 1)

где: **Pc1** – вероятность повреждения записи на носителе одного канала;

**Pc2, Pc3** – вероятность повреждения записи, соответственно, одновременно на двух и трёх каналах.

Из схемы (рис. 1) видно, каким сильным средством является увеличение числа каналов хранения, если часто менять носители, тем самым обеспечивая малую вероятность нарушения хранения в системе. Например, если за время работы носителя до его смены из тысячи носителей выходит из строя один носитель, т.е. вероятность повреждения равна 0,001, то при двухканальной системе одновременный выход из строя носителей двух каналов случается один раз из миллиона. А одновременное повреждение по этой причине носителей в трёх каналах происходит только один раз из миллиарда одновременно хранящихся контентов кинокартин.

По названной причине при запуске системы чрезвычайно ответственным является выбор оператором периода смены носителей **Ts**. Очень важное значение для снижения вероятности выхода из строя системы хранения имеет время от момента повреждения носителя до его замены **Tv**. За это время система становится как бы двухканальной, и вероятность повреждения записи может сильно возрасти.

В связи с этими особенностями система на жёстких дисках обладает очень большими преимуществами перед двумя другими видами систем, названными выше. К уже указанным требованиям к системе особо долговременного хранения следует добавить ещё одно важное требование. Это необходимость непрерывного количественного контроля качества изображения (звука) в процессе хранения для принятия своевременных мер по изменению режима хранения. Количественным критерием деградации качества изображения может быть количество повреждённых пикселей, делённое на общее число пикселей в хранимой записи. Необходимо будет экспериментально установить зависимость визуальной оценки качества изображения от величины этого количественного критерия.

### Количественная оценка процессов цифрового хранения контента кинокартин

На рис. 2 показана зависимость вероятности повреждения записей изображения и звука на единичном носителе (**P**) от продолжительности хранения (**T**):

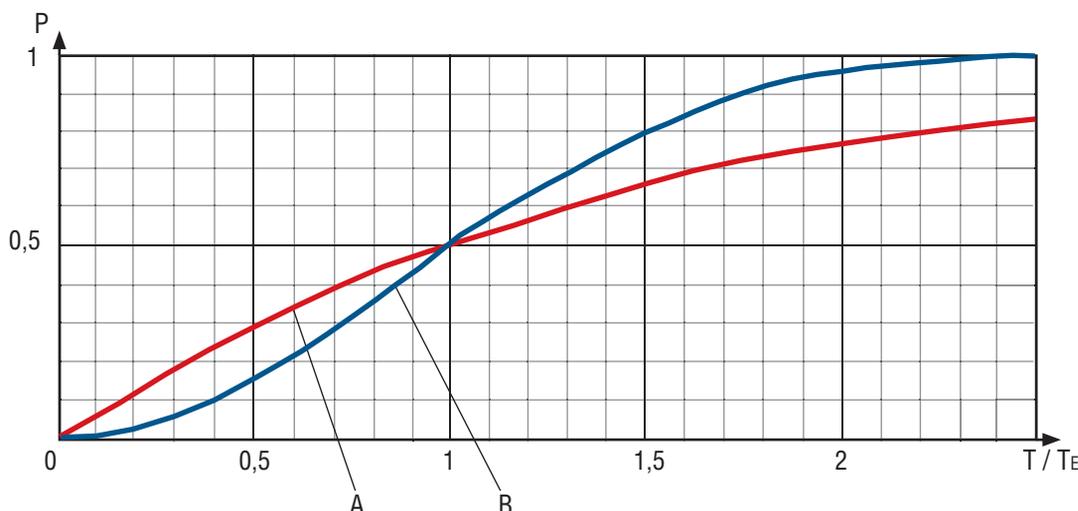


Рис. 2

Если  $T=0$ , то и  $P=0$ , при этом вероятность повреждения отсутствует. Если  $T$  бесконечно велико, то повреждение неизбежно. В этом случае  $P=1$ . При  $T=T_E$  (критическая продолжительность хранения) вероятность повреждения  $P=0,5$ .

В этом случае при большом количестве одинаковых записей наиболее вероятным является повреждение половины этих записей. Кривые зависимости вероятности повреждения  $P$  цифровой записи изображения (звука) от продолжительности хранения  $T$  и от критической продолжительности хранения  $T_E$  могут быть выражены эмпирическим уравнением 2):

$$P \approx 1 - \exp[-0,693 (T/T_E)^n] \quad 2)$$

Это приближённое эмпирическое уравнение близко к известному в теории вероятности уравнению Пуассона и отличается от него показателем степени  $n$ , учитывающим природу процесса нарушения записи.

Кривая А на рис. 2 соответствует случаю, когда возникающие в процессе хранения нарушения записи не влияют на последующие нарушения. Например, при программных компьютерных сбоях. Кривая В на рис. 2 соответствует случаю, когда возникающие в процессе хранения нарушения записи ускоряют возникновение последующих нарушений. Например, устройства с подвижными деталями, «уксусный синдром». Чем больше это влияние, тем выше значение показателя степени  $n$  в формулах (2) и (3). Кривая А соответствует  $n=1$ , а кривая В соответствует  $n=2$ .

Так как при хранении вероятность повреждения носителей должна быть очень малой, то в этом случае уравнение вероятности 2) упрощается и принимает следующий вид:

$$P \approx 0,693 (T/T_E)^n \text{ при } T/T_E \ll 1 \quad 3)$$

Вероятность нарушения записи на одном канале в момент  $T_s$  непосредственно перед регулярной заменой работающего носителя новым носителем приблизительно равна:

$$P_{s1} \approx 0,693 (T_s/T_E)^n + T_v T_s/T_m^2 \quad 4)$$

Вероятность  $P_F$  в случае нарушения записи во всех трёх каналах одновременно (из-за повреждения трёх носителей), т.е. вероятность прекращения работы системы и начала её ремонта определяется следующей формулой:

$$P_F \approx [0,693 (T_s/T_E)^n + T_v T_s/T_m^2]^3 N_F; \quad N_F = T_F/T_s, \quad 5)$$

где:  $N_F$  - число смен носителей в одном канале на протяжении номинального срока хранения  $T_F$ .

$$T_x \approx 0,5 T_s [0,693 (T_s/T_E)^n + T_v T_s/T_m^2]^{-3}, \quad 6)$$

$T_x$  – наиболее вероятная продолжительность хранения записи в системе, при которой вероятность повреждения записи изображения (звука) равна 0,5.

Предположим, что система долговременного хранения контента кинокартин, основанная на изложенных принципах, использующая жёсткие диски, имеет следующие значения основных параметров:

$T_E=20$  лет,  $T_s=1$  год,  $T_m=3$  месяца,  $T_v=10$  минут ( $1,9 \times 10^{-5}$  лет),  $n=2$ .

В этом случае наиболее вероятная утрата контента кинокартины из-за повреждения носителей через 1000 лет согласно формуле 5) равна:

$$P_F \approx [0,693(1/20)^2 + 1,9 \times 10^{-5} \times 1/0,25^2]^3 1000/1 \approx 2 \times 10^{-6}$$

Полученные данные означают, что если хранятся контенты пятисот тысяч кинокартин, то через 1000 лет наиболее вероятным является полная утрата контента одной кинокартины.

Приведённый выше расчёт основных параметров цифровой системы особо долговременного хранения контента кинокартин является ориентировочным, поскольку принятые количественные значения исходных данных приблизительные и подлежат в дальнейшем более строгому экспериментальному обоснованию. Однако порядок полученных при расчёте значений вероятности нарушений записи изображения и звука позволяет утверждать, что на основе рассмотренных принципов можно создать надёжную систему особо долговременного хранения контента кинокартин.

Следует подчеркнуть, что в трёхканальной системе хранения можно достигнуть значительного снижения вероятности нарушения записи, обусловленного повреждениями носителей только в том случае, если:

- контроль записи производится через весьма короткие промежутки времени, что может быть достигнуто за счёт применения непрерывно работающих жёстких дисков;
- как можно быстрее обнаруживается и восстанавливается запись ( $T_v$ ), что лучше всего достигается также при использовании жёстких дисков;
- регулярная смена всех носителей производится достаточно часто, через короткие интервалы  $T_s$ , которые значительно меньше, чем критическая продолжительность хранения записи на одном носителе  $T_E$ .

Важным вопросом, требующим решения при составлении технического задания на разработку системы особо долговременного хранения контента кинокартин, является вопрос о степени сжатия сигналов записи изображения при таком хранении. От этого в значительной степени зависит как уровень деградации качества изображения, так и стоимость изготовления и эксплуатации системы. В этом отношении система с жёсткими дисками не уступает системам на носителях других видов. В связи с этим важно иметь в виду, что жёсткие диски

после их замены могут с успехом продолжать эксплуатироваться в других многочисленных устройствах, не требующих особо длительного хранения, так как регулярная замена в данной системе должна проводиться задолго до их существенного износа. Для окончательного решения вопроса выбора системы особо долговременного хранения контента кинокартин на носителях одного или другого вида (жёсткие носители, оптические диски, магнитные ленты, твёрдотельные носители) следует провести обсуждение наших технических требований с фирмами-изготовителями. На фирмах, которые изготавливают системы RAID, LTO и другие, решены все основные технологические операции, необходимые для создания системы особо долговременного хранения кинокартин. Для окончательного решения вопроса о выборе вида системы особо долговременного хранения следует запросить фирмы, изготавливающие системы указанных семейств, о возможных условиях поставки оборудования.

Требования к системе особо долговременного хранения кинокартин отличаются от требований к системам хранения, широко применяемых в телевидении. Эти системы нередко выполняют ряд оперативных функций, таких как: частые записи и воспроизведения сигналов изображения и звука, монтаж и перемонтаж записей; использование чрезмерно большой плотности записи, применение записей с большим сжатием сигналов, что неблагоприятно влияет на качество изображения. Для целей особо долговременного хранения необходимо выполнение функций как длительного хранения контента кинокартин, так и сравнительно редкого копирования для показа в кинотеатрах или по телевидению. В отличие от обычных систем, при этом совершенно недопустимы в процессе хранения какие-либо изменения контента произведений искусства кино и кинодокументов важного исторического значения.

### Заключение

В настоящее время имеется возможность создать в России на основе цифровой технологии новую систему особо долговременного хранения контента кинокартин и сохранить от гибели шедевры искусства кино и кинодокументы исторического значения.

На основании оценок, выполненных в ОАО «НИКФИ» в 2007 году, если сегодня выбирать вид системы особо долговременного хранения контента кинокартин, то наиболее правильным решением будет выбор системы на жёстких дисках. Окончательное решение о выборе новой системы хранения следует принять после завершения разработки технических требований на создание такой системы и обсуждения с производителями условий изготовления соответствующего оборудования.

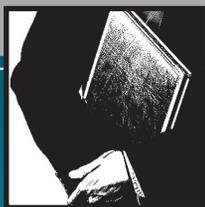
Изложенные в настоящей статье предварительные технические требования к системе особо долговременного хранения контента кинокартин содержат следующие аспекты:

1. В качестве носителей цифровой записи изображения и звука используются жёсткие диски, работающие непрерывно в течение хранения для быстрого выявления и восстановления повреждаемых записей.
2. В системе используются три канала, в которых одновременно хранятся три одинаковых копии записи изображения и звука для увеличения сроков хранения и сохранения практически на первоначальном уровне качества изображения и звука.
3. Записи изображения и звука в каждом канале выполняются с избыточностью для выявления и восстановления повреждённых записей и носителей.
4. Регулярно, через определённые промежутки времени, одновременно в трёх каналах производится замена всех работающих носителей новыми носителями, на которые переносится запись с работавших ранее носителей для сохранения первоначального уровня качества.
5. С помощью робототехники происходит быстрая замена повреждённых носителей новыми носителями, и производится перезапись сигналов с неповреждённого сменяемого носителя на вновь устанавливаемый носитель.
6. В процессе хранения непрерывно записывается число повреждённых пикселей (регистрируется деградация записи изображения и звука) для управления режимом хранения.
7. Если происходит повреждение носителей одновременно во всех трёх каналах, то автоматически подаётся тревожный сигнал о необходимости проведения ремонтных работ.

Очевидно, что при создании системы особо долговременного хранения контента кинокартин в цифровой форме, необходимо продолжать хранить фильмовые материалы по технологии, проверенной многими десятилетиями. ■

### Литература

1. Прохоров Ю. В., Розанов Ю. А. Теория вероятностей, СМБ. — М.: Наука, 1973.
2. Greg Reitman. Streaming Video with Storage Area Networks, SMPTE Journal, August, 2001.
3. Устинов В. А. LTO — новое поколение устройств для архивного хранения данных//Техника кино и телевидения. 2002. №3.
4. Устинов В. А. Оптимизация хранения киноматериалов высокого разрешения//Техника кино и телевидения. 2002. № 9.
5. Бохин С., Ряхин А. Дисковые системы хранения, 625, 8 (122), 2006.
6. Ken Anderson Edeline Fotheingham, Adrian Hill, Bradley Sissom, Kevin Curtis, High-Speed Holographic Data Storage at 500 Gbits/in<sup>2</sup>, Motion Imaging Journal, May/June, 2006.
7. Кирк Д. В поисках оптимального носителя для архивирования, 625, 3 (127), 2007.



# ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА процесса перевода фильмовых материалов в цифровую форму

В. Сычёв, к. т. н., ОАО «НИКФИ»

При оценке качества изображения следует различать пять категорий качества изображения: тоновоспроизведение или градационная характеристика, цветовоспроизведение, разрешение, шум и артефакты. Все эти характеристики вносят вклад в общее качество изображения сложным образом. Например, наблюдатель видит не градационную характеристику или разрешение, а психофизические: светлоту, контрастность и резкость, на основе которых судит о качестве. Эти категории могут использоваться как хорошая модель для оценки, но не могут служить прямой количественной мерой качества профессиональной техники.

## ■ 1. Градационная характеристика

Градационная характеристика – это основа для оценки всех остальных параметров качества. Она оценивает воспроизведение нейтрально-серых тонов крупных участков изображения, и её измерение идеологически ничем не отличается от сенситометрических испытаний в традиционных плёночных процессах.

Для файлов отсканированного изображения использование понятия градационной характеристики не совсем корректно, поскольку наличие окончательного изображения только предполагается.

Процесс сканирования – это только стадия захвата или анализа. Градационная характеристика предполагает и стадию анализа, и стадию синтеза. Как можно тогда говорить о качестве градационной характеристики, если отсканированные данные могут быть воспроизведены в различных процессах синтеза и для различных условий наблюдения. Тем не менее, разработанные в НИКФИ Л. Ф. Артюшиным и А. И. Винокуром методы настройки многозвенных технологических процессов [1,2] позволяют проводить раздельное исследование и нормирование отдельных звеньев.

Тоновоспроизведение полностью и универсально описывается тремя объективными параметрами качества сканера – функцией оптоэлектронного преобразования, динамическим диапазоном и светорассеянием. Драйверы сканера часто управляют функцией оптоэлектронного преобразования; динамический диапазон и светорассеяние – неизменные и неотъемлемые атрибуты сканера.

Функция оптоэлектронного преобразования – термин, используемый для описания связи оптической плотности документа и численного значения, ассоциируемого с этой плотностью при сканировании. Это первая связь между оригинальным объектом и его цифровой копией. Обычно она контролируется программным драйвером. Степень управляемости функцией оптоэлектронного преобразования драйвером является важным условием при выборе сканера.

Динамический диапазон определяет способность сканера воспроизводить максимальный интервал плотностей.

Динамический диапазон сканера должен соответствовать или превышать диапазон плотностей объекта. Поскольку данные производителя для динамического диапазона обычно завышены, нужно иметь средства для объективной проверки своих требований.

Светорассеяние – это не формирующий изображение свет, в котором отсутствует или незначительна пространственная модуляция. Оно проявляется в уменьшении динамического диапазона и обусловлено обычно рассеянием в оптической системе. Оригиналы, в которых преобладают малые плотности, обычно страдают от светорассеяния. В условиях повышенной освещенности, даже вне поля зрения сканера, светорассеяние может стать проблемой.

## 2. Цветовоспроизведение

Понятие «цветовое воспроизведение», как и «тоновое воспроизведение», для сканеров не совсем корректно, поскольку происходит только захват, а не воспроизведение изображения. Более правильным термином для потенциального цветового представления или точности цифрового захвата является **индекс метамеризма**. Сканер должен «видеть» цвета так же, как глаз человека видит изображение на позитивных материалах, и так же, как позитивная киноплёнка «видит» негативные и промежуточные материалы при печати. Индекс метамеризма, равный 0, показывает эквивалентность цветового восприятия сканером и человеком или, соответственно, киноплёнкой. Для расчёта индекса метамеризма необходимы данные по канальным цветовым чувствительностям и используемому типу освещения, которые производителями обычно не предоставляются.

В отсутствие такой меры часто используются координаты цветности в различных вариантах цветовых пространств. Эти координаты могут быть измерены для любого цвета и освещённости. Сравнивая эти значения для цветного образца с их оцифрованными значениями, можно определить коэффициент точности цветовоспроизведения.

Как форму точности цветовоспроизведения можно рассматривать также однородность нейтрально-серой шкалы. Это мера того, насколько одинаково нейтральные тона регистрируются каждым цветовым каналом сканера. Когда измерение и расчёт цветовых координат недоступны, при оценке точности цветовоспроизведения, прежде всего, необходимо проверить, насколько соответствуют по цветовым каналам измеренные значения различных полей нейтральной шкалы. Однако такой тест гарантирует воспроизведение только нейтральных и близких к нейтральным цветов.

Хотя с точки зрения наблюдателя на цветовоспроизведение влияют и градационная характеристика, и светорассеяние, и метод синтеза, основные и неустраняемые в дальнейшем погрешности закладываются на стадии цветоделения. Численной характеристикой цветоделения являются цветоделительные коэффициенты, определяющие влияние красителей субтрактивного синтеза на приёмники излучения. Для обеспечения возможности эффективного управления цветовоспроизведением необходимо, чтобы соблюдалась линейная матричная зависимость между входными и выходными параметрами. В этом случае линейное матричное преобразование измеряемых цветоделённых сигналов позволит настраивать измерительный канал таким образом, чтобы без искажений восстанавливать цвета изображения.

Покажем, что для обеспечения линейной матричной зависимости измеряемых сигналов и цветоделённых плотностей изображения функции спектральных чувствительностей приёмников излучения должны быть достаточно узкими и неперекрывающимися. Формула 1) показывает эффективный коэффициент пропуска-

ния точки изображения с поверхностной концентрацией красителей  $C_i$  в отношении  $j$ -го цветоделённого приёмника:

$$\tau_j = \frac{\int E(\lambda) S_j(\lambda) 10^{-\sum_{i=1}^3 C_i D_i(\lambda)} d\lambda}{\int E(\lambda) S_j(\lambda) d\lambda} \quad 1)$$

где  $E(\lambda)$  – функция спектрального распределения энергии излучения источника;

$S_j(\lambda)$  – функция спектральной чувствительности  $j$ -го цветоделённого приёмника ( $j=1\div 3$ );

$D_i(\lambda)$  – функция спектральной оптической плотности  $i$ -го красителя с единичной поверхностной концентрацией.

Если  $S_j(\lambda)=0$  вне  $j$ -ой спектральной зоны, с учётом непрерывности и ограниченности всех функций, входящих в выражение 1), от функций спектральных оптических плотностей  $D_i(\lambda)$  можно перейти к зональным плотностям  $D_{ij}$ , представляющим некоторое промежуточное значение спектральной оптической плотности на интервале чувствительности приёмника:

$$\tau_j = \frac{\int E(\lambda) S_j(\lambda) 10^{-\sum_{i=1}^3 C_i D_{ij}} d\lambda}{\int E(\lambda) S_j(\lambda) d\lambda} \quad 2)$$

В этом случае выражение 2) существенно упрощается:

$$\tau_j = 10^{-\sum_{i=1}^3 C_i D_{ij}} \quad \text{или} \quad \lg(\tau_j) = -\sum_{i=1}^3 C_i D_{ij} \quad 3)$$

Выражение 3) может быть записано одним векторным уравнением:

$$\lg(\tau) = (D)C, \quad 4)$$

т. е. обеспечивается линейная матричная связь логарифмированных значений измеряемого светового потока с поверхностными концентрациями красителей субтрактивного синтеза.

Требование узости зон спектральной чувствительности противоречит задаче повышения производительности сканеров, т.к. приводит к уменьшению эффективного светового потока и снижению интегральной чувствительности каждого светоприёмника. Поэтому производители часто решают эту дилемму не в пользу качественного цветоделения, тем более с учётом того, что существенные искажения возникают только для насыщенных цветов. Для их обнаружения пришлось бы сравнивать полученное изображение с оригиналом, что технически крайне сложно.

Для количественной оценки цветоделительных искажений, обусловленных расширением и перекрытием зон

спектральной чувствительности, необходимо использовать разработанный в НИКФИ метод цветоделительных испытаний [3,4]. Метод включает изготовление цветоделительных тестов и программного обеспечения для анализа результатов измерений.

### 3. Разрешение

Разрешение сканеров – самая обсуждаемая тема, поэтому сделаем только несколько замечаний по этому вопросу. Разрешение – это характеристика передачи сигнала мелких пространственных деталей. До появления технологий электронного захвата разрешение измерялось по изображению всё более и более мелких пространственных объектов (линий, букв, кругов) и визуальному определению самого мелкого различимого набора объектов. Пространственная частота этого набора принималась разрешением данного процесса воспроизведения. Изменяемые таким образом значения разрешения зависели от формы объектов, контраста изображения и опытности экспериментатора. Единицами разрешения были обычно линии на мм.

К сожалению, подобие этих мир пространственной решётке устройств цифрового захвата продолжает быть источником недоразумений по вопросу определения разрешения цифровых устройств захвата. Для цифровых устройств захвата разрешение не есть частота пространственной решётки, характеризующаяся количеством точек на дюйм или на кадр.

Тип измерения, описанный выше, называется пороговой метрикой, т. к. он характеризует граничные пространственные детали, которые еще различимы. Он ничего не говорит о том, что происходит с более низкими пространственными частотами в процессе захвата; другими словами, в какой степени они различимы. Этот недостаток, а также зависимость от наблюдателя и особенностей и контраста теста, делают измерение разрешения таким методом неразумным. Необходима непороговая метрика, устраняющая зависимость не только от особенностей и контраста теста, но и от субъективности наблюдателя. Таким свойством обладает функция передачи модуляции.

### 4. Шумы

Отношение сигнал-шум (ОСШ) иногда используется как единственная мера качества изображения; т.е. чем больше отношение сигнал-шум, тем лучше качество изображения. Однако, поскольку сигнал для одних может быть шумом для других, ОСШ трудно использовать в качестве метрики качества изображения. Интерпретация сигнала и шума становится слишком широкой и неоднозначной. ОСШ может быть полезной характеристикой сканера, но применение его к абсолютному качеству изображения затруднительно.

Для фотографических плёнок шум обычно связывают с зерном или гранулярностью, и его появление случайно по физической природе. Как и плёнка, цифровые скане-

ры имеют источники шума, связанные с регистрацией и усилением сигнала. Природа этого шума аналогична плёночной и может быть определена как нежелательные межпиксельные флуктуации случайного или почти случайного характера.

Цифровые устройства захвата, в отличие от плёнок, могут иметь также неслучайные или фиксированные источники шума. Это пиксельные, строчные и кластерные дефекты детектора. В лучших устройствах эти дефекты выявляются при производстве и численно маскируются в окончательном файле изображения. В линейных и линейно распределённых сканерах плохо скорректированные дефекты сенсора проявляются в полосах на изображении. Хотя они часто классифицируются как артефакты, их влияние полностью вписывается в измерение шума.

Как разрешение сканера характеризуется ФПМ, измерение шума можно охарактеризовать в соответствии с содержимым пространственных частот. Используют термин «спектр мощности шума» (СМШ). Фотографическое сообщество использует СМШ только для расчёта метрики шума гранулярности с условием, что измерение шума должно производиться взвешенно при пространственных частотах, совместимых с визуальным откликом человека.

### 5. Артефакты

Артефакты можно определить как специфический вид коррелированного шума. Поскольку артефакты не проявляются как случайные флуктуации, они не воспринимаются большинством наблюдателей как шум и относятся поэтому к отдельной категории качества. Многие артефакты специфичны для систем цифровой обработки. Наиболее распространены следующие группы: неоднородность, пыль и царапины, полосы, цветовые искажения, алиасинг и градационное квантование (оконтуривание). При низких уровнях искажений для коротких периодов наблюдения артефакты можно рассматривать как неудобство. При средних уровнях – они могут привести к восприятию цифрового изображения как испорченного, особенно для чувствительных к ним наблюдателей. Наиболее распространённые виды артефактов описаны ниже.

#### 5.1. Неоднородность

Неоднородность – флуктуация освещённости крупных участков поля кадра – вызывается неравномерностью освещения или ослабления света в оптическом тракте, например, виньетированием. Неоднородность по изображению крайне сложно определить без средств обработки изображения; освещённость может отличаться от центра к углам до 50% и не быть заметна без использования инструментальных средств. Обычно фильм-сканеры учитывают неравномерность освещённости источника при сканировании программными методами.

#### 5.2. Пыль и царапины

Степень заметности пыли и царапин на киноплёнке или оптических элементах должны учитываться при выборе сканера. Пыль является функцией сканера, документа и производственной гигиены. Подавление царапин в фильм-сканерах зависит от правильного дизайна осветительной системы. Пыль, царапины и потёртости устраняются после захвата путём выявления и цифровой коррекции интерполяционными алгоритмами.

#### 5.3. Полосы

Полосы в отсканированном изображении возникают обычно в вертикальном и горизонтальном направлениях вследствие прямоугольной формы решётки пространственной дискретизации и преобладают у сканеров с линейным светоприёмником. Иногда структура повторяющихся полос, называемая растерингом, может возникать поперёк сканируемого изображения.

#### 5.4. Цветовые искажения

Цветовые искажения – это пространственное расхождение цветовых составляющих. Оно может возникать вследствие низкого качества линз или оптико-механических методов, используемых для захвата изображения. Оно хорошо заметно в виде цветной окантовки на высококонтрастных, острых границах и при цветном сканировании полутоновых изображений. Обычно это проблема недорогих линейных сканеров. Несколько лет назад этот артефакт не заслуживал внимания, т.к. редко достигал существенного уровня. С приходом более дешёвых комплектующих и преобладанием предварительных производственных настроек, цветовые искажения становятся проблемой и должны контролироваться.

#### 5.5. Алиасинг (Aliasing)

Последние две группы артефактов присущи только цифровым изображениям и обусловлены природой дискретизации непрерывного аналогового сигнала (изображения) по площади (алиасинг) и по уровню (контурные квантования).

Алиасинг возникает вследствие недостаточности пространственной дискретизации для пространственных частот сканируемого объекта. Для периодических структур, таких как полутоновые или штриховые элементы, алиасинг проявляется как муар. В нерегулярных структурах он проявляется в виде зубчатого, ступенчатого края. Возможность появления алиасинга можно выявить измерением функции рассеяния наклонного края.

#### 5.6. Контурные квантования

Контурными квантования будем называть присвоение одного численного значения диапазону плотностей, отличающихся более, чем на один порог различимости. Это происходит вследствие недостаточной глубины квантования захватываемого изображения. Оно наиболее

Таблица 1.

Количество разрядов		10		12		16	
Мах сигнал $B_{max}$		1023		4095		65535	
Порог различения	Min сигнал	Контраст при 10-разрядном линейном цветовом кодировании		Контраст при 12-разрядном линейном цветовом кодировании		Контраст при 16-разрядном линейном цветовом кодировании	
$\Delta D$	$B_{min}$	$B_{max}/B_{min}$	$Lg(B_{max}/B_{min})$	$B_{max}/B_{min}$	$Lg(B_{max}/B_{min})$	$B_{max}/B_{min}$	$Lg(B_{max}/B_{min})$
0,01	43	24	1,38	95	1,98	1 527	3,18
0,02	21	48	1,68	193	2,29	3 089	3,49

лее заметно на плавно изменяющихся деталях изображения и проявляется скачкообразным и неестественным изменением плотности. В таблице 1 приведены результаты расчёта контраста, воспроизводимого без появления градационных контуров для двух порогов различения. В зависимости от цвета и уровня адаптации порог составляет одну – две сотых оптической плотности. Минимальный сигнал соответствует уровню плотности, для которого увеличение значения сигнала на 1,0 не превышает принятый порог различения:

$$\lg\left(\frac{B_{min} + 1}{B_{min}}\right) \leq \Delta D$$

Как видно из таблицы, для изображений с контрастом 2,0–2,3 единицы оптической плотности, контуров квантования можно избежать при глубине квантования не менее 12 бит, а для позитивных изображений – не менее 16 бит.

### Выводы

1. Основной целью перевода архивных фильмовых материалов в цифровую форму является максимально возможное сохранение информации, содержащейся на плёночных носителях.
2. Процесс анализа исходных изображений неизбежно связан с внесением искажений. Задачами аналитической стадии являются, с одной стороны, разработка технических и технологических способов уменьшения или устранения искажений и, с другой стороны, контроль и регистрация искажений с целью их дальнейшего устранения программными средствами.
3. Фильм-сканер является основным звеном технологического процесса перевода фильмовых матери-

алов в цифровую форму, определяющим точность воспроизведения изображения и звука. Для выбора фильм-сканера, для проверки соответствия его характеристик требуемым или заявленным производителем параметрам, для контроля фильм-сканера в процессе эксплуатации необходимо разработать комплекс технических и технологических средств и методов контроля качества.

4. Программа контроля качества фильм-сканеров должна включать:
  - определение характеристик качества;
  - оптимальные значения контролируемых параметров для различных категорий сканируемых объектов и технологических процессов;
  - комплект тест-объектов;
  - программные средства анализа результатов тестирования;
  - технологические рекомендации по использованию результатов тестирования (периодичность контроля, критерии допустимых отклонений от номинала, принятие управляющих решений при превышении отклонений и т.д.). ■

### Литература

1. Артюшин Л. Ф., Алексеева Н. В., Винокур А. И. Контроль воспроизведения цвета в кинематографических процессах // Техника кино и телевидения. 1991. № 11. С. 14–16.
2. Винокур А. И. Моделирование управления процессом печати с учётом свойств копируемых фильмовых материалов // Труды НИКФИ, 1980, вып. 102, с. 67–76.
3. Семёнова Н. Ф. «Методика цветоделительных испытаний» // Техника кино и телевидения. 1957. № 10; 1958, № 4.
4. Артюшин Л. Ф., Бонгард С. А., Семенова Н. Ф., Гречко Л. В. Методика сквозных упрощённых цветоделительных испытаний // Техника кино и телевидения. 1970. № 9.



# Анализ использования сети хранения данных (SAN)

## при организации долговременных архивов цифровых копий фильмовых материалов.

С. В. Лобов, н. с.  
лаборатории специальных  
мультимедийных систем,  
ОАО «НИКФИ»

Одним из последних решений в области хранения больших массивов данных является технология SAN (Storage Area Network) – сеть хранения данных. Это универсальный метод хранения данных с использованием хорошо зарекомендовавших себя дисковых RAID-массивов (redundant array of independent/inexpensive disks – дисковый массив независимых дисков) [1] и способом распределённого доступа к информации, аналогичным используемому в локальных вычислительных сетях (ЛВС). Благодаря комбинации хорошо отработанных методов хранения больших объёмов данных, производительности и хорошей масштабируемости, решения на основе SAN завоёвывают новые области, вытесняя традиционные ленточные технологии.

Благодаря удачному сочетанию дисковых и сетевых технологий, SAN представляется универсальным, быстрым и надёжным способом хранения и доступа к данным практически неограниченного объёма.

Основу SAN составляют автономные дисковые массивы с встроенными системами управления и доступа – эти элементы SAN часто обозначаются как Storage. Каждый модуль Storage представляет собой массив недорогих накопителей на жёстких дисках (HDD), объединённых в отказоустойчивые RAID-массивы разных уровней. Уровни организации RAID прозрачно программируются и могут изменяться для достижения необходимых требований по максимизации надёжности или информационной ёмкости внутри каждого конкретного модуля Storage. Все настройки производятся с удалённых рабочих мест администратором хранилища и не требуют физического доступа к каждой единице Storage.

Конструктивно Storage-модуль представляет собой телекоммуникационные шкафы стандартных габаритов, чаще всего 19” (800×800 мм), высотой от 42U (2000 мм) до 58U (2800 мм), с установленными накопителями на жёстких дисках. Также в состав модуля Storage входит оборудование для наблюдения и управления единичными HDD в составе Storage-модуля. Благодаря унификации внутренних интерфейсов HDD и внешних сетевых интерфейсов модулей Storage, можно комбинировать оборудование различных производителей в составе одной системы и плавный переход на более современные решения при соблюдении обычных профилактических мер безопасности относительно резервирования заменяемых компонентов как внутри отдельных модулей Storage, так и модулей Storage в сборе.

Следует уделить внимание методам обеспечения отказоустойчивости единичного Storage-модуля как основы SAN. Существует устойчивое мнение, что системы на жёстких дисках гораздо менее надёжны, чем ленточные накопители данных (стримерные системы) из-за того, что ленточные кассеты более долговечны как устройства с меньшей конструктивной сложностью. Однако в этом вопросе есть несколько моментов, которые обычно игнорируются при сравнении.

Изначально, на заре технологии жёстких дисков, HDD не предназначались для долговременного хранения данных, и при необхо-



Рис. 1. Вариант внешнего вида Storage-модуля

димости организации долгосрочных хранилищ использовались стримерные системы. Этому способствовала и малая надёжность HDD, и их незначительный (по сравнению со стримерными кассетами) объём, и высокая стоимость HDD, в десятки раз превосходящая аналогичные по объёму стримерные кассеты. Однако технологии совершенствовались – пришло время сравнить эти системы снова.

В результате того, что жёсткие диски стали основным носителем оперативной информации в современном компьютерном сообществе, их разработкой, совершенствованием и производством занимается множество крупных фирм. Производителей ленточных накопителей тоже не мало, но это именно производители, работающие по лицензии. Исследованиями и разработками в этой области заняты единичные организации, исторически стоявшие у истоков стримерных технологий. И исследовательские бюджеты этих фирм несравнимо меньше, чем суммарный R&D-бюджет (Research And Development – исследования и разработка) производителей HDD. Потребительские качества HDD непрерывно улучшаются, вбирая всё лучшее из конкурирующих технологий, развиваясь более быстрыми темпами.

Специально для HDD были созданы методы контроля состояния конструктивных элементов HDD, состояния магнитного слоя и, опосредованно, сохранности данных. Эти методы были объединены в технологию S.M.A.R.T. (Self Monitoring Analysing and Reporting Technology – технология оценки состояния жёсткого диска встроенной аппаратурной самодиагностики, а также механизма предсказания времени выхода его из строя) [2]. Эта технология встроена во все современные жёсткие диски, и именно она позволила на порядок поднять надёжность хранения данных при использовании HDD.

Надёжность сложного электронного оборудования принято определять величиной MTBF (Mean Time Between Failures – среднее время наработки на отказ). MTBF современных жёстких дисков составляет 1,2–1,5 млн. часов. Для сравнения MTBF самых современных стримерных устройств LTO-4 (Linear Tape – Open Technology – открытый стандарт кассет с линейным методом записи) составляет 250 тыс. часов. Это не значит, что системы хранения на основе HDD в 6 раз надёжнее систем LTO-4, здесь ярко проявляется изначально разная

ориентация устройств – HDD предназначены для долгого бесперебойного функционирования в постоянно включённом состоянии, а стримеры – для редкой записи/чтения архивных данных, и основное время они должны находиться в выключенном состоянии. Если сравнивать время хранения выключенных носителей обоих типов, то оно будет близко. Более того, конструктивно HDD является герметичной системой, которая меньше подвержена воздействиям внешних неблагоприятных факторов. А благодаря постоянной самодиагностике, HDD могут при очередном включении или в процессе использования сообщить о намечающихся неполадках.

В дополнение можно добавить, что ленточные накопители имеют несколько конструктивных особенностей, которые уменьшают их надёжность. Во-первых, при операциях чтения/записи лента с рабочим магнитным слоем перематывается как внутри, так и вне кассеты, подвергаясь при этом переменным механическим нагрузкам, не способствующим долговечности магнитного слоя (рис. 2). И, во-вторых, кассета – не герметичное устройство. При использовании и хранении на магнитную ленту оказывают воздействие внешние неблагоприятные факторы, от которых мог бы защитить герметичный корпус, например запылённость, повышенная влажность и др. Отсюда следуют повышенные требования к условиям эксплуатации и хранения ленточных систем.

Что касается технологических различий методов магнитной записи на ленточные накопители и жёсткие диски, якобы обеспечивающих решительное преимущество ленточным системам в плане надёжности, то эти различия не так уж велики. И в той, и в другой системе используется бесконтактная запись с использованием магнитных головок на основе GMR (Giant Magnetic Resistance – гигантский магниторезистивный эффект). В системе LTO запись производится неподвижным массивом головок вдоль движущейся ленты, а в HDD – подвижной головкой над диском, вращающимся в герметичном корпусе.

Количество HDD в составе одного модуля Storage может достигать впечатляющих цифр – 336 и более у самых современных образцов, что при установке типовых современных HDD ёмкостью 1000 ГБ даёт суммарную «сырую» ёмкость 336000 ГБ. Заметим, что описываемый модуль Storage занимает площадь не более 0,7 кв. м и высоту около 2,5 м. Storage-модуль может находиться на значительном удалении от центра обработки данных в удобном для установки помещении и готов к работе в режиме 24 часа в сутки, т. е. непрерывно, либо быть удалённо отключён и находиться в резерве. В состав каждого модуля входят все необходимые средства самодиагностики, доступа к данным и оборудование для их передачи в сеть. Для перевода оборудования из состояния резерва в активное и обратно, никакие механические пе-

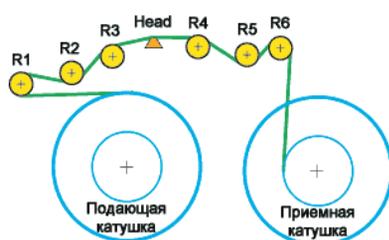


Рис. 2. Макет считывающего тракта системы LTO.

реключения не требуются, что положительно сказывается на сроке службы всего комплекса.

Скорость операций чтения/записи данных Storage определяется установившейся скоростью чтения/записи HDD и производительностью сетевых интерфейсов и составляет для современных образцов 1,6 Гбит/с [3] и 4 Гбит/с, соответственно. При объединении HDD в RAID-массивы высоких уровней, скорость чтения/записи существенно повышается. Например, при использовании современных накопителей, произведённых фирмой Seagate и объединённых в RAID-5, установившаяся скорость записи составляет порядка 3,2 Гбит/с, т. е. при объёме типового фильма 5,4 ТБ длительностью 1,5 часа с разрешением 4 К время записи составит около 3 часов. Расчёт информационного объёма цифровой копии фильмовых материалов приведён в таблице 1.

Кроме того, объединение единичных HDD в RAID-массивы высокого уровня в разы увеличивает MTBF системы при некотором уменьшении доступного объёма (часть

«сырой» информационной ёмкости отдаётся под избыточное резервирование информации). К примеру, при использовании RAID-5 надёжность системы возрастает в 2 раза, а информационная ёмкость уменьшается на 30%, что является экономически выгодным вариантом «конвертации» меньшего потерянного объёма в большую надёжность. Количество одновременно вышедших из строя HDD в составе Storage-модуля, в зависимости от заданного уровня резервирования, может быть от 30% до 50% без опасности потери данных и выхода элемента системы из рабочего режима. При использовании записи на несколько RAID-массивов в составе одного Storage параллельно, так называемый «перемежающийся доступ», скорость может быть ещё выше, но при этом пропорционально увеличится вероятность повреждения информации.

Storage-модули SAN используют отказоустойчивые файловые системы и методики резервирования критически важных данных, в том числе и FAT (File Allocation

Table – таблицы размещения файлов). Ситуация с потерей данных, крайне опасная в бытовых компьютерных системах, для Storage-модуля возможна только в случае физического разрушения всего дискового массива. А если учесть, что и Storage, в целом, может быть зеркально «зарезервирован», то эта ситуация маловероятна.

Между собой и прочим оборудованием SAN модули Storage объединяются стандартизированными сетевыми средствами, аналогичными ЛВС и рассчитанными на большую пропускную способность (чаще всего Fibre Channel с пропускной способностью 4 Гбит/с на канал). Применение сетевого метода доступа к данным позволяет использовать в составе SAN разнородное оборудование хранения и обработки данных в рамках одной сети и перекрёстным доступом к оборудованию. Каждый модуль SAN, в том числе и Storage, может быть оборудован более чем одним стандартным сетевым интерфейсом с возможностью перекрёстного доступа, благодаря чему достигается отказоустойчивость SAN в целом.

Таблица 1. Расчёт объёма единичной цифровой копии фильмового материала

Изображение				
Разрешение 4К	2160	верт.	4096	гориз.
Глубина цвета 16 бит на цвет	2	Б	3	цвета
сжатие без потерь				
Средний коэффициент сжатия без потерь	0,5			
Скорость воспроизведения, кадр/с.	24	кадр/с.		
Длительность фильма, часов	1,5	час		
Размер кадра, МБ	26,54	МБ		
Объём изображения, ГБ	3440	ГБ		
Звук				
Количество каналов	6			
Частота дискретизации	48	кГц		
Квантование звукового потока 16 бит на канал	2	Б		
Средний коэффициент сжатия без потерь	0,5			
Объём звукового материала, ГБ	1483	ГБ		
Метаданные		10% от общего объёма		
<b>Всего объём кинофильма с учётом изображения, звука и метаданных</b>	<b>5415</b>	<b>ГБ</b>		

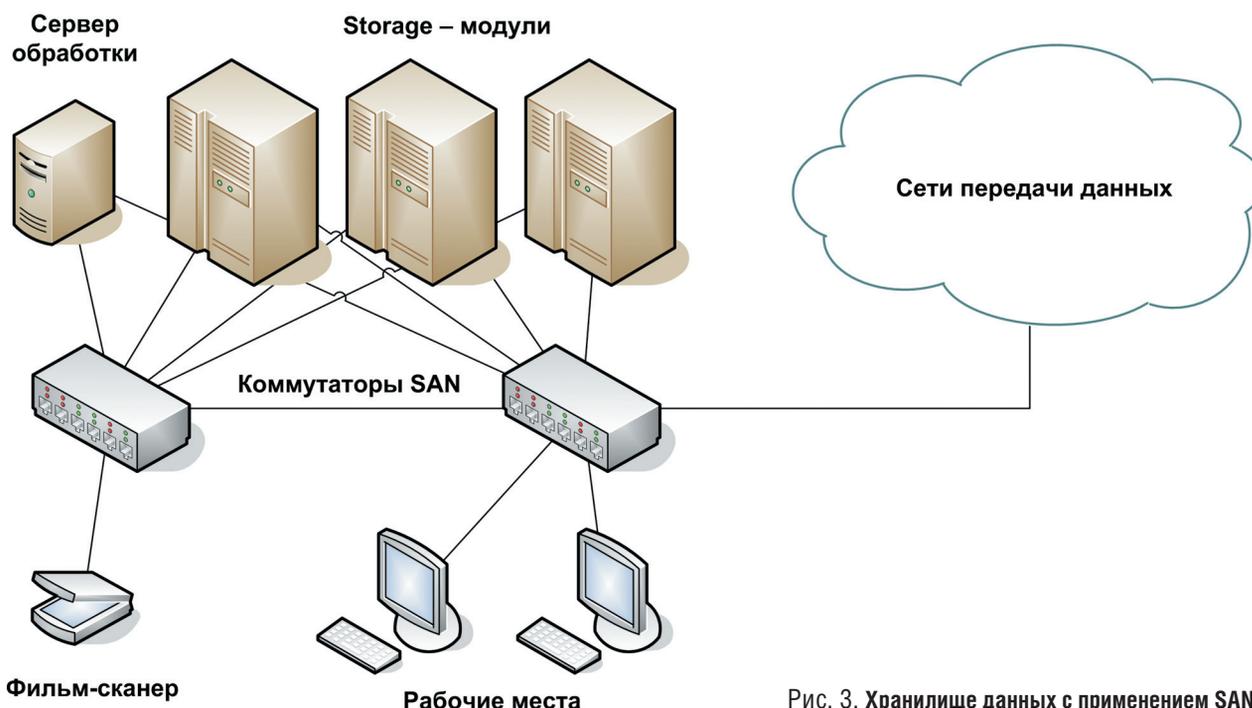


Рис. 3. Хранилище данных с применением SAN

В состав сети SAN может включаться любое необходимое количество модулей хранения, доступа, обработки и контроля данных. То есть, в общую сеть стандартными, одинаковыми для всего оборудования средствами подключаются и накопители данных Storage, и сервера для их профилактической проверки, и компьютерные комплексы ввода данных, и оборудование для передачи материалов заказчику через глобальные, либо закрытые специализированные сети, и средства связи с другими аналогичными сетями в любых комбинациях (рис. 3).

Благодаря открытой инфраструктуре SAN в комплекс хранения-обработки цифровых копий фильмовых материалов могут быть добавлены и другие, специфичные для киноархивов компоненты, например, серверы контроля прав доступа и дистрибуции копий. Причём, при соблюдении определённых условий, эти контрольные серверы могут являться закрытыми системами, разработанными правообладателями и контролируемые ими дистанционно через глобальные сети независимо от персонала хранилищ.

Условия эксплуатации SAN не отличаются от типичных условий вычислительного центра и не требуют специализированных условий хранения данных, типичных при использовании многих других носителей, в том числе, ленточных библиотек. Помещения для размещения Storage-модулей и другого оборудования SAN могут располагаться на значительном удалении друг от друга, что достигается благодаря помехозащищённым интерфейсам передачи данных. В частности, при использовании Fibre Channel расстояния между оборудованием может исчисляться километрами. Это очень удобное качество SAN не только с точки зрения не критичности к площа-

дям помещений, выделяемых под хранилища данных, но и для обеспечения дополнительного уровня резервирования информации.

Многие сотрудники киноархивов обеспокоены вопросами надёжности хранения копий киноматериалов при переходе хранилищ на цифровые методы работы. Технология SAN позволяет организовывать параллельное хранение нескольких идентичных цифровых копий киноматериалов в разнесённых на значительное расстояние помещениях путём создания идентичных подсетей SAN, объединённых криптографически защищёнными информационными каналами. При этом одна часть оборудования может быть выключена и подключаться автоматически для проверки идентичности копий хранимых данных на периодической основе. С точки зрения персонала хранилища, SAN будет хранить всё ту же одну копию фильмового материала, а проверки могут осуществляться как дополнительными серверами, установленными для данной цели, так и штатными серверами сети при их простое. Данный подход добавит ещё один уровень надёжности системе хранения столь ценной информации. Структурная схема подобного решения с тройным резервированием веток хранения представлена на рисунке 4.

Благодаря унифицированной сетевой инфраструктуре SAN возможна организация распределённых библиотек данных с доступом к информации через собственные или глобальные сети передачи данных. Дробление больших объёмов данных положительно скажется и на надёжности хранения, и на стоимости администрирования системы. Кроме того, подобная возможность открывает перспективы создания единого всероссийского

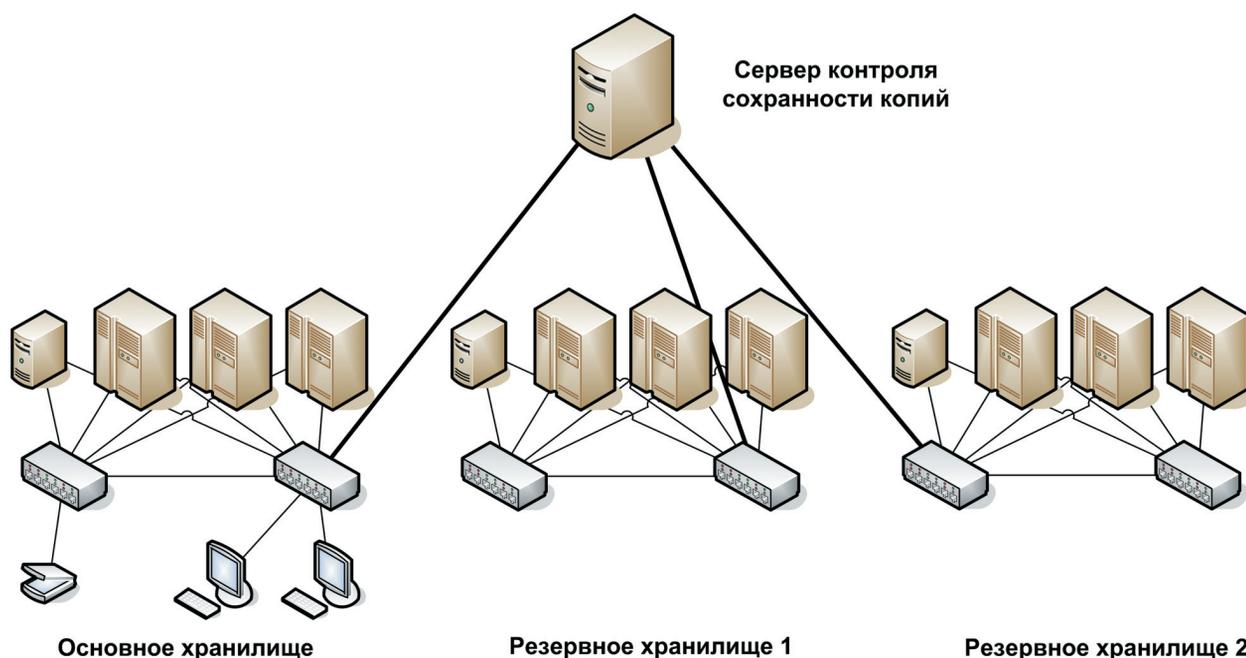


Рис. 4. Хранилище данных с резервированием веток хранения

архива киноматериалов с возможностью доступа к архиву из любой точки доступа, вне зависимости от физического расположения цифровых копий запрашиваемых фильмовых материалов.

Несмотря на все положительные качества технологии SAN, она тоже не лишена некоторых недостатков, которые необходимо учитывать при проектировании системы, а именно:

- повышенные требования к качеству электропитания. Решение – типовые системы гарантированно-го электропитания;
- более высокая стоимость хранения данных.

При большом объеме данных стоимость хранения в сети SAN превышает аналогичный параметр ленточных библиотек на 15-30%. Ориентировочный экономический расчёт стоимости SAN в сравнении с ленточной библиотекой приведён в таблице 2. В открытом доступе приводятся цены на минимальные конфигурации систем хранения, и расчёт стоимости хранения сделан с их учётом.

При установке систем в максимальной конфигурации стоимость хранения единицы объёма данных уменьшится практически пропорционально и для дисковых, и для ленточных систем. Увеличенная стоимость SAN на единицу объёма нивелируется за счёт более дешёвого обслуживания системы и постоянного уменьшения стоимости единичных HDD.

Технология SAN – динамичное направление развития средств хранения и доступа к данным, резервы которого далеко не исчерпаны. В свете современных тенденций экспоненциального развития дисковых и сетевых технологий будущее больших библиотек информации с распределённым доступом – за подобными технологиями.

Ленточные технологии хранения больших объёмов данных также не стоят на месте. Ленточные накопители и стримеры, в частности, исторически применяются как средства резервного копирования важной информации.

Ленточные технологии имеют давнюю историю, первые промышленные стримеры, имеющие все современ-

Таблица 2. **Стоимость хранения 1МБ данных на одиночных носителях**

Наименование информационного носителя	Объём носителя без сжатия, МБ	Стоимость носителя, USD	Стоимость 1 МБ на носителе, USD
Стримерная кассета Quantum data cartridge, LTO Ultrium 4	800	150	0,19
Жёсткий диск 1 ТБ Seagate ST31000340AS	1000	340	0,34

Примечание: цены на носители информации и оборудование взяты из открытых источников на конец 2007 г. и являются ориентировочными.

ные черты, появились в 70-х годах. С тех пор стримерные технологии прошли большой путь в направлении увеличения объёма хранимых данных, скорости чтения/записи и удобства использования. Стримерные системы хранения обеспечивают рекордно низкую стоимость хранения данных в расчёте на накопитель, без учёта средств доступа, хранения и роботизации.

В таблице 2 приведён расчёт стоимости 1 МБ на картридже LTO-4 и на современном HDD. Сравнение результатов показывает почти двукратное преимущество ленточной технологии по этому параметру. Однако, это преимущество практически исчезает, если рассматривать действительно большие объёмы данных, где уже недостаточно ручного обслуживания хранилища. В этом случае используют роботизированные ленточные библиотеки (рис. 5).

Как видно из таблицы 3, стоимости хранения цифровой копии кинофильма с учётом средств роботизации уже близки. Преимущество ленточных библиотек в такой ситуации составляет чуть более 20%.

При учёте затрат на подготовку персонала, обслуживание и создание специальных условий эксплуатации и



Рис. 5. Вариант внешнего вида ленточной библиотеки

Таблица 3. *Стоимость хранения одной цифровой копии фильмовых материалов в цифровых библиотеках*

Наименование системы хранения	Полный «сырой» объём системы хранения, ГБ	Цена комп., USD	Кол-во комп. в системе	Стоимость системы хранения, USD	Цена за 1 копию 5,4 ТБ, <sup>1</sup> USD
Дисковая система хранения SAN IBM System Storage N5500	336000			220139	3548
Storage IBM System Storage N5500		105899	1		
Жёсткий диск 1000Gb Seagate ST31000340AS		340	336		
Ленточная библиотека Sun StorageTek SL8500 Modular Library System	1158400			620390	2900
Sun StorageTek SL8500		195830	1		
Quantum LTO-4 Tape Drive		3240	64		
Quantum data cartridge, LTO Ultrium 4		150	1448		

<sup>1</sup> Расчёт объёма цифровой копии приведён в Таблице 1.

*Примечание 1:* цены на носители информации и оборудование взяты из открытых источников и являются ориентировочными.

*Примечание 2:* в открытом доступе приводятся цены на минимальные конфигурации систем хранения, и расчёт стоимости хранения сделан с их учётом; при установке систем с максимальной конфигурацией стоимость хранения единицы объёма данных уменьшается практически пропорционально для двух систем.

хранения с серьёзными ограничениями по многим атмосферным и температурным параметрам, необходимых для надёжного функционирования ленточных библиотек, их ценовое преимущество и вовсе исчезает. Как уже обсуждалось выше, системы хранения на основе жёстких дисков, в том числе и SAN, менее требовательны и к условиям эксплуатации, и к обслуживанию.

Рассмотрим случай хранения 10 тыс. цифровых копий фильмовых материалов. Суммарный объём данных, принятых к хранению, составит 54000 ТБ. При использовании ленточных библиотек мы столкнёмся с проблемой дефицита ёмкости единичной системы. Дело в том, что в максимальной конфигурации роботизированная библиотека может содержать не более 6500 картриджей, и её суммарный «сырой» объём составит 5200 ТБ. Нам понадобится не менее 11 таких библиотек, но их каскадирование сопряжено с определёнными сложностями, и, фактически, нам придётся создать 11 отдельных хранилищ с полной инфраструктурой, проектировать и создавать уникальную, а значит и дорогую, систему связи между ними, и т.д. Преимущество SAN в этой ситуации неоспоримо – пределов наращивания ёмкости фактически нет, управляться система хранения на основе SAN может из единого центра, а размещаться в нескольких удалённых друг от друга помещениях.

В дополнение, ленточные системы хранения данных имеют ещё ряд недостатков применительно к ситуации цифровых копий фильмовых материалов, а именно:

- Относительно низкая скорость передачи данных, в настоящее время около 120 МБ/с [4]. При объёме типового фильма 5,4 ТБ время считывания превысит 12 часов при условии безупречного качества носителей, а время записи может быть еще в 2 раза выше. При использовании записи на нескольких кассетах одновременно (так называемый «перемежающийся доступ»), скорость чтения/записи может быть значительно выше. Но надёжность такой системы не выдерживает никакой критики, т.к. цифровая копия будет разбита на множество взаимозависимых частей (применительно к нашему фильму 5,4 ТБ и кассетам LTO-4800 ГБ – на 7 частей), и повреждение любой из них приведёт к потере всего материала.
- Очень медленный доступ к произвольным данным в массиве из-за последовательной природы носителей. Практическая невозможность замены незначительного объёма данных без перезаписи всего массива конкретного кинофильма.

Из этого следует еще одна проблема:

- Организационная сложность при необходимости модификации данных.
- Возникают сложности обеспечения бесперебойной работы оборудования в связи с механической при-

родой ленточных накопителей, средств доступа к данным и износом систем роботизации.

- Возникает сложность наблюдения за годностью носителей – для проверки необходимо регулярное проверочное чтение, что занимает значительное время и плохо автоматизируется.
- Относительно малый парк оборудования в мире вообще, и в России в частности, быстро приведёт к нехватке квалифицированных кадров для обслуживания устройств.

#### Выводы:

1. Стриммерные технологии в чистом виде, без применения средств роботизации применимы в случаях хранения объёмов информации, эквивалентной ёмкости 1000 кассет, т.е. в настоящее время около 800 ТБ, и при условии хранения не очень больших материалов фильмов, эквивалентных ёмкости 1 кассеты, т.е. до 800 ГБ. В этом случае применение ленточных технологий с ручным обслуживанием обеспечивает экстремально низкую стоимость хранения и хорошую надёжность.
2. Технология ленточных библиотек в настоящее время является хорошим решением для архивов средней ёмкости, ориентировочно до 25000 ТБ с учётом 100% резервирования данных.
3. Для хранения информации, объёмы которой превышают 25000 ТБ, желательно применять системы хранения на основе SAN. Используя уникальную способность технологии SAN интегрироваться с другими системами посредством универсальных сетевых интерфейсов, возможна их интеграция в существующие центры хранения данных, в том числе, и использующие в настоящее время ленточные библиотеки.
4. Внедрение SAN может быть постепенным, с полным переходом на эту технологию по истечению срока службы существующих ленточных систем хранения. ■

#### Информационные источники

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/RAID>
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/S.M.A.R.T.>
3. <http://www.seagate.com/www/en-us/products/servers/>
4. <http://www.quantum.com/Products/TapeDrives/LTOUltrium/LTO-4HH/Index.aspx>



# К ВОПРОСУ ВЫБОРА НОСИТЕЛЕЙ для архивирования кинофильмов

Л. Г. Лишин, к.т.н., зам. генерального директора ОАО «ВНИИТР»

■ На протяжении многих лет ОАО «ВНИИТР» сотрудничает преимущественно с ГОСТЕЛЕРАДИОФОНДОМ, а в 2005–2006 годах по заказу Федерального агентства по культуре и кинематографии специалисты института выполнили работу, связанную с проверкой качества электронных копий кинофильмов, сдаваемых на хранение в архив. Методика проверки качества электронных копий предусматривала, что в начале и в конце каждой части фильма в течение 3,5 минут вместо ГЦП будут вписаны разработанные нами аудиовизуальные сигналы. При проверке копий по этим сигналам можно определить качество сдаваемых копий фильмов, тип используемого видеомэгнитофона и способ обработки сигналов в электронной копии. Несмотря на успешно проведённые вместе с ГОСФИЛЬМОФОНДОМ РФ эксперименты и разработанную технологию, нам не удалось ввести в паспорт сдаваемой копии соответствующие требования и внедрить саму методику проверки в практику.

Опыт работы с архивами позволяет мне высказать своё мнение о докладах на учёном совете. Следует отметить доклад профессора, д.т.н. В.Г. Комара, который предложил «Систему особо долговременного хранения контента кинокартин в цифровой форме», используя уравнение Пуассона для прогнозирования вероятности повреждений носителей цифровой записи изображения и звука. Он высказал идею хранения нескольких (2–3) копий в разных накопителях при их периодической замене каждые 5 лет. Этот режим реализовать сравнительно просто, а вероятность повреждения хранимых копий

будет минимальна. Может быть, дешевле сделать несколько копий на киноплёнке, обеспечить необходимый режим хранения, а потом определиться с носителями для цифрового архива?

Но если вернуться к цифровым электронным копиям, то нельзя согласиться с предложением об использовании для хранения кинофильмов дисковой системы IBM Total Storage – DS4800, которая стоит 224 000 \$. Цена за цифровую копию фильма длительностью 1 час 30 мин составит 2 796 \$ при объёме цифрового потока 3 ТБ.

В таблице 1 приведено соотношение цен хранения телевизионных программ, записанных на современных носителях, наиболее широко используемых телекомпаниями.

Из таблицы видно, что современные цифровые носители, в числе которых DVD RAM и LTO Ultrium, обеспечивают как минимум многократный выигрыш по цене хранения по сравнению с дисковой системой. Следует иметь в виду, что телекомпания широко используют дисковые системы, в основном, для оперативных архивов открытого доступа локальных сетей к рабочим местам творческого персонала, готовящего телепрограммы, и журналистов. В киноархивах подобного оперативного режима работы нет. Главная задача – обеспечить качественную перезапись электронных копий и их длительное хранение.

Следует учесть также, что запись на магнитную ленту цифровых сигналов – наиболее надёжный способ записи. Ленту трудно размагнитить, и существуют способы восстановления и улучшения сигналов, воспроизводи-

мых с ленты. Наконец, в целом, надёжность записи на серверы с жёсткими дисками для обеспечения длительного хранения недостаточно высокая, и она требует создания нескольких копий.

Дело в принципе записи и в конструкции этих устройств. Запись на жёсткий диск далеко не всегда выполняется так, что файл сохраняется целиком. Чаще всего фрагменты файла автоматически разбрасываются по разным секторам диска и даже дисков, а информация о том, где находится тот или иной фрагмент, записывается в специальную таблицу «расположения данных». Если окажется невозможным прочитать эту таблицу, сам файл станет недоступным. В большин-

ствиями. Он оснащён несколькими приводами, приводящими в движение пластины диска и осуществляющими позиционирование головок. Приводами управляет специализированный контроллер. В составе комплекта имеются интерфейсы. Иными словами, вероятность отказов возрастает многократно. Чаще всего отказывает контроллер, но его замена может быть произведена только в производственных условиях. На время ремонта этот блок сервера выбывает из строя, и его необходимо заменить другим.

Поэтому в настоящее время большинство телекомпаний для архивов длительного хранения выбирают стойки с картриджами LTO 4, имеющими режим WORM, кото-

Таблица 1. **Стоимость записи для архивирования на различных носителях**

Тип носителя	Носитель, мин.	Стоимость за единицу, руб.	Количество носителей на 1000 часов	Стоимость носителей на 1000 часов, руб.
Betacam SP	90,00	780,00	667,00	519 480
Betacam Digital	124,00	2 210,00	484,00	10 696 400
DVCam*	184,00	1 170,00	326,00	381 420
DVD RAM	18,00	59,60	3 332,00	199 264
DVD Blue-ray	60,00	650,00	1 000,00	650 000
LTO Ultrium 2 200/400	41,6**	1 300,00	142,00	184 600
LTO Ultrium 3	83,3**	2 340,00	70,00	163 800
LTO Ultrium 4	83,3	2 340,00	70,00	163 800
Total Storage – DS4800	90,0	69 900,00	—	46 600 000
AJ-P2 C0016 Panasonic	32,0	50 000,00	1 875	17 578 125
SxS PRO TM SONY	16,0	10 000	3 750	37 500 000

\*) Формат хранения DV25.

\*\*) С LRV и метаданными

стве случаев восстановить информацию можно, но это сложный, долгий и дорогой процесс. Вторая причина отказов жёстких дисков кроется в их конструкции. В отличие от кассеты, которая по природе является пассивным носителем, жёсткий диск представляет собой своеобразный микрокомпьютер с ограниченными фун-

дый защищает записанные программы от повреждений. В перспективе наиболее подходящими для длительного хранения считаются голографические диски, на которые можно будет без сжатия записывать сигнал ТВЧ и даже Супер ТВЧ (т.е. не сжатые стандарты для широкоформатного кино). ■



# СКАНИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО для широкоформатных киноплёнок «ФИЛЬМ-СКАНЕР-70»

В. В. Чаадаев, А. Е. Белостоцкий



Фото 1. Пульт управления



Фото 2. Рабочее место оператора

■ Госфильмофонд России хранит ценнейший архив исходных материалов широкоформатных фильмов, созданных нашими кинематографистами в 50-80 годах прошлого столетия. Для того времени качество изображения широкоформатных фильмов, снятых на 70-мм негативной киноплёнке, значительно превосходило качество 35-мм кинематографа. Этот фонд сегодня насчитывает более 250 наименований.

Именно благодаря открывшимся возможностям для реализации творческих замыслов режиссёров, широкоформатный кинематограф стал приоритетным для таких масштабных и дорогих проектов, как «Война и мир» Сергея Бондарчука, «Освобождение» Юрия Озерова, «Братья Карамазовы» Ивана Пырьева, «Мой ласковый и нежный зверь» Эмиля Лотяну, «Чайковский» Игоря Таланкина и многих других.

Кроме того, все стереоскопические кинофильмы, снятые по системе «Стерео-70», были реализованы с использованием 70-мм негативной киноплёнки. Эти бесценные киноматериалы хранятся уже около 40-50 лет и требуют постоянного внимания и проведения серьёзных восстановительных работ для того, чтобы обеспечить сохранность и продлить срок их дальнейшего хранения.

Одним из способов восстановления фондовых киноматериалов на сегодняшний день является цифровая технология, которая позволяет получить высокое качество отреставрированных кинокадров при обеспечении процесса качественной оцифровки оригинального киноизображения на специальном сканирующем устройстве. Такое устройство позволит не только проводить оцифровку различных фильмовых материалов, в первую очередь – фондовых, но и позволит возобновить производство стереоскопических фильмов по отечественной системе СТЕРЕО-70 при использовании для первичной

съемки имеющейся в ОАО «НИКФИ» киносъёмочной аппаратуры.

Работа по созданию сканирующего устройства для широкоформатных киноплёнок выполняется в ОАО «НИКФИ» в рамках программы «Технология долгосрочного хранения киноматериалов». В настоящее время завершены разработка и создание лентопротяжного тракта и системы управления приводами по заданному алгоритму, обеспечивающему максимальную сохранность архивного киноматериала при сканировании.

Основное требование, предъявляемое к лентопротяжному механизму, – обеспечение сохранности и стабильности протяжки при сканировании фильмовых материалов, в том числе смонтированных (склеенных) архивных материалов, причём движение должно быть равномерным, без рывков, с высокой стабильностью транспортировки плёнки. Для этого используется система автоматического регулирования натяжения ленты, в которой предусмотрены прямой и обратный режимы рабочего хода и режимы перемотки плёнки вперёд-назад, режим поиска заданного кадра. Скорость перемотки регулируется в зависимости от физического состояния исходного материала.

Узел сканирования обеспечивает чёткую и безопасную ускоренную перемотку плёнки с минимальным контактом её с элементами механизма фильмового канала. Точность позиционирования кадра при сканировании обеспечивается пульсирующим фильмовым каналом и контргрейфером.

Для лентопротяжного механизма выбран вариант вертикального расположения плёнки. Это снижает вероятность попадания на неё пыли и прочих инородных частиц. А само устройство сканирования будет помещено внутрь стеклянного шкафа, через который сверху должен поступать ниспадающий воздушный поток для создания внутри шкафа избыточного давления и дополнительной очистки киноплёнки от пыли. ■

**Редакция журнала будет информировать читателей о продолжении этой актуальной для нашего кинематографа разработки, завершение которой планируется к концу 2008 года.**

**Национальная и международная стандартизация**

**РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРИЙ ОБРАБОТКИ  
КИНОПЛЁНКИ,  
КОНТОР  
КИНОПРОКАТА,  
ФИЛЬМОАРХИВОВ  
И ФИЛЬМОФОНДОВ**



С. А. Тупалова, зав. лаб. сохранения фильмовых материалов ОАО «НИКФИ»  
Э. А. Рохлина, отдел стандартизации ОАО «НИКФИ»

■ Деятельность ОАО «НИКФИ» в области стандартизации и научно-технической информации направлена на разработку, адаптацию и внедрение современных технических решений и нормативных документов, устанавливающих технические требования в области производства, проката и хранения кинофильмов, а также квалификационных требований к персоналу, обеспечению единства измерений, определению единых концепций выборов стандартов.

В связи с введением в действие «Закона о техническом регулировании» и отменой категории «Отраслевые НТД» с 01.07.2003 г., все вновь разработанные нормативно-технические документы приобретают статус «Рекомендации».

За последние годы в ОАО «НИКФИ» при поддержке Федерального агентства по культуре и кинематографии ведущими специалистами института разработан ряд Рекомендаций для практического использования в лабораториях обработки киноплёнки, конторах кинопроката, фильмоархивах и фильмофондах. Разработка Рекомендаций проводилась с целью приведения нормативов действующих НТД к требованиям современной техники и технологии фильмопроизводства, проката и

хранения, а также международного обмена фильмовыми материалами.

Одним из основополагающих нормативно-технических документов по хранению являются Рекомендации Р 19-87-03 «Кинематография. Исходные материалы фильмов. Условия хранения в фильмоархивах», разработанные на основе проведения научных исследований и с учётом требований международных стандартов. Рекомендации Р 19-87 распространяются на фильмовые материалы на различных типах носителей – киноплёнках, магнитных лентах и магнитооптических дисках, и включают весь цикл процесса их хранения, начиная с порядка приёмки, подготовки к долгосрочному хранению и закладке на хранение.

Известно, что сроки хранения и использования фильмовых материалов можно увеличить, применяя специальные реставрационно-консервационные и профилактические методы обработки, которые положительно воздействуют на сохраняемость физико-химических и механических свойств: ремонт, чистка (ультразвуковым и ручным способом), увлажнение, антистатическая обработка, нанесение защитных покрытий и антифрикционная обработка фильмовых материалов. В соответствующих

таблицах Рекомендаций приводятся последовательность технологических операций, режим и составы, используемые при реставрационно-консервационной обработке фильмовых материалов. В этом же разделе приведены составы для реставрации триацетатной основы способами глянцеваания или «наброса» на соответствующем реставрационном оборудовании. Отдельный раздел посвящён реставрационно-профилактической обработке магнитных фонограмм на триацетатной основе.

Основные исследования проведены в отношении условий хранения материалов фильмов. Условия хранения, необходимые для сохранения записанной информации, имеющей постоянную ценность, называются долгосрочными, или долговременными. В этих условиях подлежат хранению оригинальные исходные чёрно-белые и цветные фильмовые материалы и материалы, хранящиеся на правах оригиналов. Условия долгосрочного хранения продлевают «срок жизни» всех фильмовых материалов, независимо от их года выпуска, типа и условий химико-фотографической обработки. При среднесрочном хранении условия соответствуют защите информации в течение, как минимум, 10 лет (например, при хранении фильмокопий).

Материалы фильмов следует хранить в условиях контролируемой температуры и относительной влажности воздуха. Выбор условий хранения зависит от вида материала и вида основы, при этом необходимо учитывать также стоимость энергетических затрат, климатические условия и особенности конструкции здания хранилища. Общее требование, предъявляемое к температурно-влажностным режимам хранения всех фильмовых материалов, заключается в создании достаточно низкой температуры и такой влажности окружающего воздуха, которые не вызывают необратимых изменений физико-механических свойств данного материала. Приведённые в Рекомендациях температурно-влажностные режимы для долгосрочного и среднесрочного хранения фильмовых материалов соответствуют требованиям стандарта ISO 18911 [1].

Температурно-влажностные режимы хранения аналоговых и цифровых фонограмм, магнитных лент для видео-, аудиозаписи на полиэфирной основе (из полиэтилентерефталата или полиэтиленнафталата), а также магнитооптических дисков соответствуют требованиям международных стандартов ISO 18923 [2] и ISO 18925 [3].

В случае, когда хранение материалов фильмов осуществляется при низких температурах ( $-7\pm 2$ )°C, необходимо проводить их акклиматизацию. Продолжительность акклиматизации для разного формата (ширины) и типа плёночных фильмовых материалов (чёрно-белых, цветных, магнитных фонограмм на ТАЦ- и ПЭТФ-основе), а также магнитооптических дисков приведена в Рекомендациях.

Причиной разложения плёнок на эфироцеллюлозных основах (ТАЦ-триацетатцеллюлозная, НЦ-нитроцеллюлозная и др.) является их гидролитическая нестабиль-

ность. Разложение ТАЦ-основы плёнок получило название «уксусного синдрома» – из-за запаха уксусной кислоты, выделяемой плёнкой. «Уксусный синдром» оказывает отрицательное влияние на физико-химические и механические свойства ТАЦ-основы, а также на красители цветного изображения фильмовых материалов. Для сохранения фильмовых материалов в течение длительного периода времени необходимо как можно больше увеличить первую стадию разложения плёнок (деацетилирования) поддержанием регламентированных температурно-влажностных условий хранения. Вторая стадия разложения ацетатцеллюлозной основы (деструкция полимерных цепей) определяется по степени разложения фильмовых материалов с помощью индикаторов. В Р 19-87 приведена разработанная методика с использованием индикаторов, которая позволяет определить степень разложения ТАЦ-основы [4].

Замедление второй стадии разложения ацетатцеллюлозной основы наблюдается при соблюдении комплекса мер:

- раздельное хранение фильмовых материалов на разных основах (НЦ, ТАЦ, ПЭТФ);
- раздельное хранение фильмовых материалов с различной степенью разложения ТАЦ-основы (со стабильной основой, с признаками «уксусного синдрома», с ярко выраженными признаками «уксусного синдрома»);
- очищение воздуха в фильмохранилище от паров уксусной кислоты;
- сорбция паров уксусной кислоты из воздуха коробок с фильмовыми материалами с помощью поглотителя. Методика работы с поглотителем паров уксусной кислоты [5] приведена в Приложении к Р 19-87.

В отдельном разделе Рекомендаций приведены технические требования к упаковке материалов фильмов. Материалы, из которых изготовлены сердечники, кассеты, коробки, предназначенные для долгосрочного хранения, не должны выделять вещества, оказывающие дестабилизирующее влияние на материалы фильмов, и должны соответствовать требованиям международных стандартов ISO 18902 [6] и ISO 14523 [7].

Большой раздел Рекомендаций посвящён контролю материалов фильмов в процессе хранения. Приводится периодичность контроля фильмовых материалов на ТАЦ- и ПЭТФ-основе, а также магнитных фонограмм и магнитооптических дисков. В этом же разделе приводится визуальный контроль киноплёнок на нитроцеллюлозной основе, а также методика определения стабильности нитроосновы. При проведении реставрационно-консервационных работ фильмовых материалов особое внимание необходимо уделять требованиям безопасности. Кроме того, необходимо строго выполнять все меры по обеспечению пожаробезопасности фильмохранилища.

К помещениям фильмохранилищ предъявляются особые технические требования в отношении:

- чистоты воздуха в фильмохранилище;
- антибактериального состояния в фильмохранилище;
- состояния помещения для проведения контроля материалов фильмов;
- состояния помещения для хранения материалов фильмов.

Порядок сдачи-приёмки в фильмохранилище на постоянное хранение исходных материалов законченных производством национальных художественных, хроникально-документальных, научно-популярных, анимационных кино- и видеофильмов установлен в Рекомендациях Р 19-262-06. Установлены порядок и сроки проведения входного контроля технического качества материалов кино- и видеофильмов при приёмке на хранение, а также контроль и использование материалов фильмов в период хранения.

Состав комплекта исходных материалов национального фильма для сдачи на архивное хранение определяется технологией создания фильма, а также контрактом (договором) о государственной финансовой поддержке производства кинофильма/видеофильма, в том числе, при совместном производстве. В помощь организациям, сдающим фильмы на хранение, и сотрудникам киноархивов, разработаны и представлены в Р 19-262 формы основных и дополнительных документов, которые необходимо представить при сдаче вместе с материалами фильма. Перечень этих документов и материалов фильма приведён в сопроводительном письме, акте сдачи-приёмки, приходной накладной и др.

При сдаче на постоянное хранение к материалам кинофильма/видеофильма должен прилагаться Паспорт технических характеристик, состоящий из стандартных форм документов, содержащих полную и достоверную информацию о технических характеристиках и качестве всех составных частей комплекта оригинальных и промежуточных исходных материалов фильмов, законченных производством. Рекомендации Р 19-135-06 «Кинематография. Паспорт технических характеристик материалов кинофильма» (взамен ОСТ 19-135-94) содержат формы сопроводительных документов к возможным составным частям комплекта материалов кинофильма в зависимости от технологии производства. «Паспорт» оформляется техническими специалистами организаций-изготовителей соответствующих исходных материалов фильма: службы технического контроля (ОТК) Лаборатории обработки плёнки, изготавливающей исходные фильмовые материалы; изготовителями исходных фонограмм на носителях цифровой записи звука или на 35-мм магнитной ленте (Тон-студия и др.), изготовителями видеофонограмм.

Рекомендации Р 19-7-07 «Кинематография. Длина частей и рулонов фильмовых материалов. Продолжительность демонстрирования фильма. Методы контроля» распространяются на фильмовые материалы для профессиональной кинематографии. Рекомендации

разработаны взамен ОСТ 19-7-88 с учётом требований современной технологии кинопроизводства в отношении длины частей и рулонов фильмовых материалов и продолжительности (времени) демонстрирования фильма. Максимальная длина части 35-мм фильмового материала, равная 290 м, в настоящее время не является актуальной. В лабораториях обработки плёнки при изготовлении 35-мм фильмокопий, негативов фонограмм, промежуточных исходных фильмовых материалов используются объединённые рулоны (части) длиной до 600 м, что согласуется с требованиями современной технологии кинопроизводства, международного обмена фильмовыми материалами и совместного производства кинофильмов.

Рекомендации Р 19-30-07 «Кинематография. Склейки 70-, 65-, 35- и 16-мм кинофильмов. Расположение и размеры. Методы контроля», разработанные взамен ОСТ 19-30-84, распространяются на фильмовые материалы 70-, 65-, 35- и 16-мм кинофильмов и устанавливают размеры и расположение поперечных клеевых или сварных склеек внахлёт и склеек встык, в том числе, для фильмокопий с фотографическими и магнитными фонограммами. Технические требования к расположению и размерам склеек фильмовых материалов как на триацетатной, так и полиэфирной основе, полностью соответствуют требованиям международного стандарта ISO 6038:1993[8].

Рекомендации Р 19-264-07 «Поле идентификационной информации об изготовителе 35-мм цветных и чёрно-белых фильмокопий» разработаны в отношении технической защиты изготовителя фильмокопий от «пиратства», т. е. несанкционированного тиражирования и проката кинофильмов. Изготовителю фильмокопий предлагается печатать необходимую информацию в виде скрытого фотографического кодового изображения на стадии изготовления промежуточных исходных фильмовых материалов или фильмокопий. После проведения процесса химико-фотографической обработки кодовое изображение становится визуально-читаемым (просматриваемым) и/или машинно-считываемым. Расположение кодового изображения (по краю киноплёнки и/или в поле изображения) устанавливается изготовителем фильмокопий.

«Правила технической эксплуатации фильмокопий», разработанные в 2004 году, устанавливают рекомендуемые организационные и технические требования в отношении обращения с фильмокопиями при эксплуатации: показе, сохранении, транспортировании, реставрационно-профилактической обработке, ремонте и контроле качества и технического состояния. Кроме того, в «Правилах технической эксплуатации фильмокопий» определены:

- порядок и методы технического контроля фильмокопий;
- критерии ранжирования фильмокопий по категориям технического состояния;

- правила оформления результатов контроля фильмокопий.

В последние годы в кинопрокате широко используются фильмокопии, изготовленные на киноплёнке с полиэфирной основой, которая, в отличие от триацетатной основы, обладает высокими эластичными и прочностными свойствами. Если фильмокопии на ТАЦ-основе, в первую очередь, списывались из-за разрушения перфораций или перфорационных дорожек, то перфорации фильмокопий на ПЭТФ-основе, ввиду её эластичности и прочности, не разрушаются в течение всей «жизни» фильмокопии. Переход из одной категории в другую при эксплуатации фильмокопий на ПЭТФ-основе происходит за счёт поверхностных повреждений фотослоя и основы. В разработанных «Правилах» приведена таблица оценки технического состояния фильмокопий на ПЭТФ-основе, а также указаны все операции, которым могут подвергаться фильмокопии, изготовленные на киноплёнке с полиэфирной основой.

Реставрационно-профилактическую обработку фильмовых материалов рекомендуется проводить в соответствии с Р 19-6-06 «Фильмовые материалы. Технологический регламент реставрационно-профилактической обработки в лабораториях обработки киноплёнки». Рекомендации разработаны взамен РТМ 19-6-89 и распространяются на фильмовые материалы как на триацетатцеллюлозной, так и полиэфирной основе. Если фотослой фильмовых материалов как на ТАЦ-основе, так и на ПЭТФ-основе, реставрируется традиционным способом, то полиэфирная основа не реставрируется обычными методами, т.к. не набухает и не растворяется ни в одном из растворителей, используемых для реставрации ТАЦ-основы. Как отмечалось выше, при эксплуатации фильмовых материалов полиэфирная основа, несмотря на свою высокую эластичность, имеет такие же повреждения поверхности, как триацетатная основа. За рубежом для реставрации полиэфирной основы используется нанесение на плёнку с двух сторон фотоотверждаемого защитного покрытия «Фотогард» фирмы ЗМ, США. Нанесение такого защитного покрытия требует разработки дорогостоящего специального прецизионного оборудования.

С целью повышения износостойкости полиэфирной основы в НИКФИ впервые была разработана и предложена экологически чистая технология «смазки» из водных растворов [9]. Для «смазки» было рекомендовано использование водорастворимых оксиалкиленорганосилоксановых блоксополимеров КЭП-2 или КЭП-8, выпускаемых отечественной промышленностью. Предлагаемая технология позволяет снизить коэффициент трения как фотослоя, так и полиэфирной основы на 30-40% и на 1-2 порядка уменьшить электростатическое сопротивление полиэфирной основы и тем самым повысить износостойкость в процессе эксплуатации плёнки. При этом не требуется специальное оборудование, «смазка»

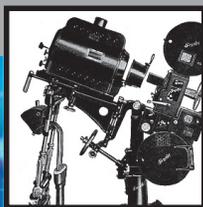
может быть осуществлена либо на проявочных, либо на реставрационных машинах (используется последний бак промывки, перед сушкой фильмового материала). Следует отметить, что «смазка» на плёнку наносится в виде мономолекулярного слоя, поэтому после 200 киносеансов необходимо повторное нанесение «смазки» (если первично она была нанесена в процессе химико-фотографической обработки фильмокопии). Повторное нанесение можно проводить в конторах кинопроката на реставрационных машинах аппликаторного типа 45-П8 (или других), используя узел промывки основы.

Для реставрационно-профилактической обработки рекомендованы также новые поверхностно-активные вещества, позволяющие более эффективно реставрировать фотослой исходных фильмовых материалов. На различных этапах реставрационно-профилактической обработки фильмовых материалов (чистка, реставрация фотослоя и основы) в настоящее время применяется современное оборудование фирмы Дебри (Франция) и Липснер-Смит (Англия), используемое, в частности, в лаборатории обработки плёнки ФГУП «Мосфильм».

Нормативно-технические документы, разработанные в ОАО «НИКФИ» для лабораторий обработки киноплёнки, контор кинопроката, фильмохранилищ и фильмофондов, позволяют организовать изготовление, эксплуатацию и хранение материалов фильмов на современном техническом уровне, соответствующем требованиям международных стандартов. ■

### Литература

1. ISO 18911:2000 «Носители изображения. Безопасные фотографические плёнки, прошедшие химико-фотографическую обработку. Практика хранения».
2. ISO 18923:2000 «Фотография. Носители изображения. Магнитная лента на полиэфирной основе. Рекомендации по условиям хранения».
3. ISO 18925:2002 «Носители изображения. Магнитооптические диски. Хранение».
4. Бойко О. К., Тупалова С. А. Качественный метод определения деструкции триацетатной основы. Кинофототехника. Научно-технические достижения и передовой опыт. Информационный сборник, М.: НИКФИ, 1997. вып. 1. С. 29.
5. Бойко О. К., Лобанова Л. А., Симонов В. Ю., Тарасова Н. Б., Шакина Л. Д. Как замедлить старение кинодокументов // Отечественные архивы. 2000. №5. С. 80–84.
6. ISO 18902 «Photography – Processed photographic materials – Filing Enclosures for storage».
7. ISO 14523:1999 «Photography – Processed photographic materials – Photographic activity test for enclosure materials».
8. ISO 6038:1993 «Кинематография. Склейки 70-, 65-, 35- и 16-мм кинофильмов. Расположение и размеры».
9. Бойко О. К. и др. Авторское свидетельство № 1807783, 1995.



# ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

## рассеянного и бестеневого света нового поколения для кинооператорского освещения

В. И. Гладышев, Е. А. Андреева,  
лаб. светотехники ОАО «НИКФИ»

■ В практике кинооператорского освещения особое место занимают осветительные приборы рассеянного и бестеневого света, необходимые для формирования основного и выравнивающего света при светотональном характере освещения; выравнивающего и заполняющего света – при светотеневом характере освещения объектов киносъёмки.

При освещении объекта съёмки приборами рассеянного света образуются мягкие тени; бестеневого света – тени практически отсутствуют, что крайне важно, особенно при светотональном характере освещения.

Ранее на киностудиях широко применялись приборы рассеянного и бестеневого света типа «Кварц-8000» и «Кварц-4000» мощностью 8000 и 4000 Вт, разработанные НИКФИ в 70-ые годы прошлого столетия.

К настоящему времени эти приборы физически и морально устарели. Появились новые материалы и комплектующие изделия, современные технические решения, позволяющие разработать более эффективные приборы аналогичного назначения.

Использование в фильмопроизводстве высококачественных негативных киноплёнок позволяет в несколько раз снизить электрическую мощность такого класса приборов и способствует улучшению условий труда производственно-творческого и технического персонала на съёмочной площадке.

Учитывая перечисленные обстоятельства, специалисты лаборатории светотехники ОАО «НИКФИ» при финансовой поддержке Федерального агентства по культуре и кинематографии в 2007 году разработали новые осветительные приборы рассеянного света ПРС-1,0; ПРС-2,0 и

бестеневого света ПБС-1,0; ПБС-2,0 мощностью 1000 Вт и 2000 Вт, соответственно, и напряжением 220 В. При разработке этих приборов использовались ранее выполненные в институте работы в области осветительной техники.

Приборы предназначены для использования при съёмках игровых и научно-популярных фильмов в павильонах и естественных интерьерах.

В последние годы на российском рынке появилось много зарубежных осветительных приборов, в т. ч. рассеянного и бестеневого света различных мощностей и модификаций.

Ведущими зарубежными фирмами по разработке осветительных приборов для кино и телестудий являются ARRI Lighting (Германия), De Sisti Lighting (Италия), Strand Lighting (Великобритания).

В таблице 1 приведены светотехнические и массогабаритные характеристики осветительных приборов бестеневого света (Softlight) производства зарубежных фирм.

В таблице 2 приведены светотехнические и в таблице 3 – массогабаритные характеристики осветительных приборов рассеянного и бестеневого света, разработанных в ОАО «НИКФИ».

Светооптическая система разработанных приборов состоит из сфероцилиндрического отражателя и двух плоских боковых отражателей, установленных под определенными углами к апертуре прибора, и источника света, расположенного на расчётном расстоянии от вершины отражателя, обеспечивающих получение оптимальных значений силы света и углов светорассеяния.

Таблица 1. Светотехнические и массогабаритные характеристики осветительных приборов Soft Light зарубежного производства

Наименование прибора, фирма-изготовитель	Мощность, Вт	Осевая сила света I <sub>0</sub> , кд	Углы рассеяния, 2α по 0,5 I <sub>0</sub> , град		Масса, кг Габариты (HxVxL), мм
			горизонтальный	вертикальный	
Softlight, ARRI Lighting	1250/2500	11000	57	–	11,0 485x720x305
BOTTICELLI, De Sisti Lighting	1000	4753	69	76	8,4 610x450x259
BOTTICELLI, De Sisti Lighting	2000	8712	68	73	12,0 681x541x287
ARTURO ARGENTO Softlight, Strand Lighting	1250	4600	85	56	8,4 630x540x260
ARTURO ARGENTO Softlight, Strand Lighting	1250/2500	9200	85	56	12,0 755x660x380

Таблица 2. Светотехнические характеристики осветительных приборов, разработанных в ОАО «НИКФИ»

Наименование прибора	Мощность, Вт	Осевая сила света I <sub>0</sub> , кд	Углы рассеяния 2α по 0,5 I <sub>0</sub> , град	
			горизонтальный	вертикальный
Приборы рассеянного света: ПРС-1,0	1000	7600	78	52
ПРС-2,0	2000	15200	78	52
Приборы бестеневого света: ПБС-1,0	1000	5100	78	52
ПБС-2,0	2000	10200	78	52

Кроме того, в приборах бестеневого света имеется затенитель, устанавливаемый впереди источника света. Это позволяет исключить прохождение прямого света от лампы на освещаемый объект киносъёмки. При этом и создаётся бестеневое освещение.

Источниками света в приборах являются линейные галогенные лампы КГ 220-1000-4 мощностью 1000 Вт (ПРС-1,0; ПБС-1,0) и КГ 220-2000-3 мощностью 2000 Вт (ПРС-2,0; ПБС-2,0), разработанные в НИКФИ совместно с ВНИИИС. Производство этих ламп осуществляется ОАО «Lisma Lighting» (Россия). Качество ламп типа КГ, специально созданных для кинооператорского освещения, не отличается от аналогичных зарубежных образцов.

На рис. 1 представлен внешний вид приборов рассеянного света ПРС-1,0 (1000 Вт) и ПРС-2,0 (2000 Вт); на рис. 2 – внешний вид приборов бестеневого света ПБС-1,0 и ПБС-2,0.

Конструктивно приборы рассеянного и бестеневого света идентичны и состоят из следующих основных элементов:

- корпуса,
- фронтального и двух боковых отражателей,
- поворотной лиры с фрикционным зажимом,
- съёмной рамки с защитной сеткой,
- двух направляющих,
- одного горизонтального опорного кронштейна.

Корпус прибора является несущим и изготовлен из листового алюминия, отдельные детали соединены между собой алюминиевыми заклёпками. В корпусе расположены фронтальный и два боковых отражателя, кронштейны для крепления двух патронов типа ЛКИ-220-Т, электроразъём ШР20П4ЭШ8 (приборная часть), выключатель 15 А, 250 В.

Все три отражателя, направляющие, горизонтальный кронштейн и корпус прибора надёжно соединяются общими винтами. При этом корпус прибора снабжён болтами М4-6Н.

Лира соединена с корпусом прибора болтом М8 с внутренним шестигранником (с левой стороны) и фрикционным зажимом с правой стороны по ходу светового луча.

Наверху корпуса по вертикальной оси предусмотрено резьбовое отверстие. Рамка с защитной сеткой и винтом-невыводкой устанавливается на прибор сверху в вертикальные направляющие, выполненные из алюминиевого швеллера, и опирается на горизонтальный кронштейн. Фиксируется сверху винтом-невыводкой.

Таблица 3. Массогабаритные характеристики осветительных приборов и аксессуаров к ним

Наименование	Масса, кг			
	Габариты (HxBxL), мм			
	ПРС-1,0	ПРС-2,0	ПБС-1,0	ПБС-2,0
Осветительный прибор	2,08 599×369×175	2,47 640×425×205	2,08 599×369×175	2,47 640×425×205
Рамка с защитной сеткой	0,33 471×314×37	0,38 497×370×37	0,33 471×314×37	0,38 497×370×37
Соединитель электрический	0,375 L = 3 м	0,375 L = 3 м	0,375 L = 3 м	0,375 L = 3 м
Опора напольная	0,235 96×ø145	0,235 96×ø145	0,235 96×ø145	0,235 96×ø145
Затенитель	–	–	0,05 29×62×281	0,055 29×62×324

Ли́ра прибора, изготовленная из алюминиевой пластины сечением 40×5 мм, внизу снабжена установочным штырём диаметром 16 мм, длиной 63 мм – для установки прибора на опоры.

Ли́ра во взаимодействии с корпусом прибора и фрикционным зажимом обеспечивает надёжную фиксацию

прибора при выбранном угле наклона. Углы наклона прибора вверх и вниз ±70°.

Рамка для защитной сетки – из алюминиевого уголка, с накладками из алюминиевых пластин для крепления металлической защитной сетки посредством нескольких винтов с потайными головками. Защитная сетка выполнена из нержавеющей проволоки диаметром 0,4 мм с ячейками 2,5×2,5 мм.

Соединитель электрический состоит из трёхжильного провода марки ПВС 3×0,75 мм<sup>2</sup> длиной 3 м, оканчивается электроразъёмом типа ШР20П4НГ8 (кабельная часть) для присоединения к осветительному прибору с одной стороны, а с другой стороны – евровилкой 16 А, 250 В для присоединения к переносному распределительному устройству или к стационарно установленной в помещении евророзетке.

Опора напольная выполнена в виде треноги с посадочным гнездом диаметром 16 мм для установки осветительного прибора.

Корпуса и лиры осветительных приборов и опоры напольные окрашены порошковой краской чёрного цвета.



Рис. 1



**Выводы**

По основным техническим характеристикам осветительные приборы ПРС-1,0, ПРС-2,0; ПБС-1,0, ПБС-2,0 не уступают лучшим зарубежным образцам.

Конструкция разработанных приборов отличается лаконичностью технических решений и небольшими массами по сравнению с зарубежными аналогами. Так,

например, прибор BOTTICELLI фирмы De Sisti Lighting мощностью 2000 Вт имеет массу 12 кг; наши приборы ПРС-2,0 и ПБС-2,0 в комплекте с защитными сетками в рамках – 2,85 кг и 2,905 кг соответственно.

Разработанные в ОАО «НИКФИ» осветительные приборы рекомендуются для применения на киностудиях и телестудиях. ■

**Литература**

1. Голдовский Е. М. Светотехника киносъёмки. М.: Искусство, 1968.
2. Пелль В. Г. Техника и технология киносъёмочного освещения. Москва, 1987.
3. Кладницкий Д. А., Чубатый С. Н. Справочник по осветительной технике. Киев: Техника, 1986.
4. Гладышев В. И., Семенихин Н. Т., Андреева Е. А. и др. Отчет НИР. Осветительные приборы бестеневого света с линейными галогенными лампами мощностью 1,0 и 2,0 кВт. НИКФИ, Москва, 1990.
5. Гладышев В. И., Семенихин Н. Т., Земцова Н. Ф., Андреева Е. А. Киноосветительная техника для кино- и телестудий. Номенклатурный каталог. М.: НИКФИ, 1991.
6. Гладышев В. И., Андреева Е. А. Отчет НИР. Разработка оптимальной номенклатуры осветительных приборов для киносъёмки. М.: НИКФИ, 1998.
7. Проспект фирмы ARRI Lighting (Германия).
8. Каталог фирмы De Sisti Lighting (Италия).
9. Проспекты фирмы Strand Lighting (Великобритания).

Каталог и проспекты получены на международной выставке CINEMA PRODUCTION SERVICE, Москва, 2006 г.



Рис. 2



# ВЫБОР НОСИТЕЛЕЙ

## для долгосрочного архивирования кинофильмов

А. С. Блохин, к. т. н.  
ОАО «НИКФИ»

■ Выбор технологии хранения отснятых цифровых кинофильмов и цифровых копий, изготовленных при сканировании плёночных киноматериалов, является важнейшей научно-практической задачей, определяющей в конечном итоге сохранность и доступность для последующих поколений бесценных культурных сокровищ Госфильмофонда РФ и других киноархивов страны. Представляется весьма важным сформулировать принципиальные требования, которым должно отвечать хранилище цифровых кинофильмов. В настоящей статье приводятся результаты научного анализа требований к цифровому хранилищу киноматериалов на основе исследований, проведённых в ОАО НИКФИ совместно с Госфильмофондом РФ, Красногорским киноархивом и другими заинтересованными организациями.

### ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ ЦИФРОВОМУ ХРАНИЛИЩУ КИНОФИЛЬМОВ:

1. Огромные объёмы хранимой информации – 1 полнометражный 2-х часовой кинофильм при оцифровке занимает около 2–3 ТБ.

2. Должна быть обеспечена 100% сохранность цифровой информации в течение весьма продолжительного времени (сотни лет).

3. Должна быть обеспечена возможность замены используемых носителей информации на разрабатываемые перспективные носители без замены всей системы хранения.

4. Для записи-воспроизведения в реальном времени (24 кадра/с) система должна работать с потоками информации не менее 1,5 Гбит/с.

Анализ перечисленных требований позволяет сформулировать основную концепцию цифрового хранилища кинофильмов – храниться должна ЦИФРОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ, а не носитель информации. Только при соблюдении указанной концепции возможно реализовать необходимое резервирование хранимой информации и возможность замены используемых в настоящее время носителей информации на вновь разработанные при сохранении используемой системы хранения.

### АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

#### Формат LTO (Linear Tape Open)

Технология LTO (Linear Tape – Open Technology) широко используется для хранения в цифровом виде телевизионных программ.

#### Особенности технологии LTO

- Поддержка большого количества параллельных каналов на ленте.
- Высокая плотность записи информации на ленту.
- Улучшенный алгоритм сжатия информации – распознает сжатые данные и отключает компрессию.
- Динамическое перемещение данных из испорченных областей на ленте, при поломке сервомеханизма или одной из головок чтения-записи.

Организация системы хранения цифровой информации на лентах LTO применена в автоматизированной библиотеке.

Автоматизированная библиотека – ленточное устройство (или устройства) с механизмом автоматического выбора картриджа, обладающим развитыми интеллектуальными функциями.

#### Недостатки системы LTO для использования в целях цифрового хранения кинофильмов

1. Запись цифровой информации осуществляется на магнитную ленту. Такая запись неизбежно приведёт к выпадениям части записанной информации в процессе её хранения. Восстановление потерянной информации в этом случае не представляется возможным. Запись дублирующей цифровой копии не решает проблему потери информации ввиду того, что на основной и дублирующей копии потери информации могут происходить в различных местах, а механизма замещения потерянной информации на основной цифровой копии с дублирующей копии в системе LTO не существует.

2. Магнитная лента является устаревшим носителем информации, не отвечающим современным требованиям для хранения цифровой информации. Магнитная лента изнашивается в процессе записи-воспроизведения

информации из-за механического контакта с деталями лентопротяжного механизма. При замене магнитной ленты на перспективные виды носителей информации необходимо менять всю аппаратную часть системы записи.

3. Гарантированный срок хранения картриджа с лентой LTO составляет по данным разработчика 10 лет. При этом критерий сохранности определяется допустимым количеством выпадений информации. Как уже отмечалось, в процессе хранения цифровой копии кинофильма выпадение информации принципиально недопустимо, поэтому указанный критерий не является объективным для определения срока хранения цифровой копии кинофильма на ленте LTO.

4. Невозможность работы в реальном времени при записи цифровой копии кинофильма. Для записи 2-х часового оцифрованного кинофильма общей информационной ёмкости 2 ТБайт необходимо  $2 \times 10^{12} : 48 \times 10^6 = 41,7 \times 10^3$  секунд = 11,6 часов работы стримера Ultrium 448.

5. Воспроизведение цифровой копии фильма с ленты LTO в реальном времени невозможно. Это связано с ограниченной величиной цифрового потока информации, который может обрабатывать стример. Для воспроизведения в реальном времени необходимо информацию с выхода стримера перезаписать в специальный сервер, обеспечивающий возможность воспроизведения необходимого цифрового потока информации. Это приводит к дополнительному увеличению стоимости аппаратуры записи-воспроизведения цифровой информации, а также к дополнительным затратам времени.

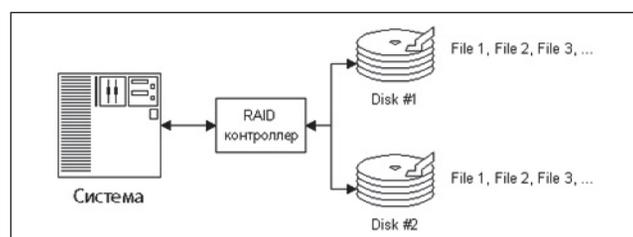


Рис. 1. Зеркалирование

6. Картридж с магнитной лентой LTO вмещает не более 800 ГБ цифровой информации. Для хранения 2-х часового фильма необходимо не менее 3-х картриджей.

### Формат RAID

В качестве основной единицы носителя информации в формате RAID используется твёрдый магнитный диск (винчестер).

В основе теории RAID лежат пять основных принципов. Это Массив (Array), Зеркалирование (Mirroring), Дуплекс (Duplexing), Чередование (Striping) и Чётность (Parity).

Массивом называют несколько накопителей, которые централизованно настраиваются, форматируются и управляются.

Зеркалирование – технология, позволяющая повысить надёжность системы. В RAID-массиве с зеркалированием все данные одновременно пишутся не на один, а на два жёстких диска (Рис. 1).

Различные модификации RAID называются уровнями.

В таблице 1 показаны характеристики RAID-массивов различных уровней.

Таблица 1.

	RAID 0	RAID 1	RAID 3	RAID 5	RAID 6
Технология	Чередование	Зеркалирование	Чередование, чётность	Чередование, чётность	Чередование, чётность
Контроллер	Все	Все	Аппаратный	Аппаратный Hi-End	Специализированный
Кол-во жёстких дисков	2, 4	2	3 и больше	3 и больше	3 и больше
Доступное рабочее пространство, %	100	50	66 для 3,75 для 4	66 для 3,75 для 4	33 для 350 для 460 для 5
Стойкость при отказе диска	Нет	Высокая	Высокая	Высокая	Очень высокая
Восстановление данных	Нет	Очень быстрое	Быстрое	Быстрое	Очень быстрое
Скорость случайного чтения	Очень хорошая	Хорошая	Хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая
Скорость случайной записи	Очень хорошая	Хорошая	Плохая	Нормальная	Плохая
Скорость линейного чтения	Очень хорошая	Хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая	Хорошая
Скорость линейной записи	Очень хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Средняя

Таблица 2.

	RAID 0+1	RAID 1+0	RAID 5+0	RAID 5+1
Технология	Чередование, зеркалирование	Чередование, зеркалирование	Чередование, чётность	Чередование, чётность, зеркалирование
Контроллер	Почти все	Почти все	Специализированный	Специализированный
Кол-во жёстких дисков	4 min	4 min	6 min	6 min
Доступное рабочее пространство, %	50	50	66 для 2 страйпов по 3 диска	33-40
Стойкость при отказе диска	Очень хорошая	Отличная	Хорошая	Отличная
Восстановление данных	Быстрое	Очень быстрое	Среднее	Быстрое
Скорость случайного чтения	Очень хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая
Скорость случайной записи	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая
Скорость линейного чтения	Очень хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая
Скорость линейной записи	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Хорошая

В таблице 2 приведены характеристики наиболее часто используемых комбинированных уровней RAID-массивов.

### Недостатки системы RAID

1. Необходимость бесперебойного электропитания. В случае возможного кратковременного отключения электроснабжения необходимо иметь источники бесперебойного электропитания, в случае продолжительного отсутствия электроснабжения необходимы автономные источники электропитания.

2. Необходима система отвода выделяющейся тепловой энергии. Для системы из 5000 винчестеров количество выделяемого тепла может достигать 10 кВт. Для отвода такого количества выделяемого тепла требуется система приточно-вытяжной вентиляции.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Произвести полноценный экономический анализ различных систем хранения цифровой информации возможно только при наличии достоверной информации о стоимости аппаратного обеспечения, стоимости носителей информации а также необходимых эксплуатационных затрат. Поэтому анализ ограничивается только имеющимися данными по стоимости носителей информации и аппаратного обеспечения. В таблице 4 приведены результаты проведённого технико-экономического анализа для систем хранения цифровой информации на базе лент LTO и дисковых массивов RAID.

### ТВЁРДОТЕЛЬНЫЕ НАКОПИТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ

Твёрдотельные промышленные накопители информации на базе флэш-памяти превосходят дисковые и ленточные накопители по параметрам надёжности, долговечности, безопасности, энергопотреблению и стойкости к внешним воздействующим факторам.

Твёрдотельные накопители информации могут использоваться в тяжёлых условиях эксплуатации, таких как пониженная (от  $-40^{\circ}\text{C}$ ) и повышенная (до  $+85^{\circ}\text{C}$ ) температура, повышенная влажность, пониженное давление, удары (до 2000 г), вибрации (до 20 г) и пр.

По сравнению с магнитными носителями информации, твёрдотельные накопители обеспечивают гораздо более быстрый доступ к данным.

Твёрдотельные накопители имеют уникальное значение основного параметра надёжности: наработка на отказ составляет более 1 000 000 часов.

Основной недостаток твёрдотельных накопителей – более высокая стоимость по отношению к магнитной дисковой памяти, однако существует тенденция к быстрому сокращению их стоимости при увеличении количества выпускаемой продукции.

### ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ

Японская компания Optware объявила о создании голографического накопителя, работающего с дисками ёмкостью 200 Гб. Новое устройство работает с дисками стандартного диаметра 5,25 дюйма, внешне напомина-

Таблица 4.

№№ п/п	Параметр	Система хранения	
		LTO	RAID
1	100% сохранность информации в течение весьма длительного времени	нет	да
2	Хранимый продукт	Магнитная лента	Информация
3	Возможность замены носителей на более перспективные	нет	да
4	Появление дефектов носителя в процессе эксплуатации	да	нет
5	Возможность работы в реальном времени	нет	да
6	Возможность «горячей» замены повреждённого носителя без остановки системы	нет	да
7	Необходимость специальных условий для хранения	да	нет
8	Ориентировочная стоимость хранения 1 ГБ, руб.	15,6	11,75
9	Ориентировочная стоимость аппаратуры для хранения 1000-часовой кинопрограммы, руб.	31 185 000	23 500 000

ющими уже привычные CD или DVD. Однако ёмкость новых носителей информации может достигать 200 ГБ, а скорость передачи данных – 100 Мбит/с. Optoware разработала оригинальную технологию так называемой поляризованной координатной голографии, что позволило отказаться от традиционной для голографических накопителей двухлучевой оптической системы. Процесс записи данных осуществляется следующим образом. Сигнальный и опорный лучи плоскости, поля-

ризации которых смещены на 90°, смешиваются с помощью PBS и направляются на совмещённый оптический вращатель. В результате между левой частью сигнального и правой стороной опорных лучей возникает интерференция, благодаря чему на чувствительной поверхности диска формируется интерференционная картина данных. Для управления сервоприводом используется дополнительный красный лазер, он же используется для чтения CD и DVD. Работа с голографическими дисками осуществляется с использованием зелёного лазера.

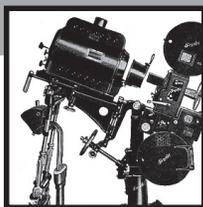
### Выводы

**1.** Система записи информации на дисковый массив RAID имеет принципиальное преимущество – в ней хранится не носитель информации, а сама информация. Это свойство позволяет получить нужное резервирование информации, обеспечить функционирование системы в реальном времени и даёт возможность использовать разрабатываемые перспективные носители информации взамен используемых винчестеров, что и применяется на телевидении.

**2.** Быстрота записи и воспроизведения имеет весьма важное значение для оперативного хранения, но для долговременного хранения копий эта характеристика имеет второстепенное значение по сравнению с сохранением качества изображения и звука в течение длительного времени. Для долговременного хранения кинофильмов наиболее перспективным носителем информации для замены винчестеров являются твёрдотельные накопители на базе флэш-памяти, которые превосходят дисковые и ленточные накопители по параметрам надёжности, долговечности, безопасности, энергопотреблению и стойкости к внешним воздействующим факторам. ■

### Источники информации

1. Обзор устройств и технологий хранения данных на магнитной ленте // [www.bysearch.ru](http://www.bysearch.ru), 2005.
2. Обзор систем хранения на магнитной ленте // [www.viacomp.ru](http://www.viacomp.ru), 2007.
3. Библиотеки накопителей на магнитной ленте // <http://www.tae.ru>, 2006.
4. RAID массивы компании ADTX // <http://ADTX.Comp>.
5. Твёрдотельные накопители информации // TS Computers, 2007.
6. Голографическая память заменит DVD // Nicom media, 2005.



# О МНОГОКАНАЛЬНОМ ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИИ В КИНОТЕАТРАЛЬНОМ КИНЕМАТОГРАФЕ И НОВЫХ СТАНДАРТАХ ДЛЯ ЦИФРОВОГО КИНО

Д. Чекалин,  
ОАО «НИКФИ»

■ С момента осуществления первого коммерческого немого театрального кинопоказа в парижском «Гранд-кафе» в 1895 г. до создания первого тиражируемого полнометражного звукового фильма с оптической фонограммой в 1927 г. прошло чуть более 30 лет. В 1932 г. на Международном конгрессе в Париже были утверждены стандарты для звукового кинематографа с монофоническим звуком. Стандарты устанавливали частоту киносъёмки и кинопроекции 24 кадр/с (вместо 16–18 кадр/с для немого кино), а так же размещение на фильмокопии фотографической фонограммы шириной 2,54 мм и, вследствие этого, новые уменьшенные размеры кинокадра 22х16 мм вместо прежних 24х18 мм. Одновременно с этим проводились интенсивные разработки систем многоканального звукового сопровождения кино. Уже первые эксперименты показали преимущества стереозвука и возможность его записи и воспроизведения в кинематографе.

Пространственное восприятие звука человеком имеет важную специфическую особенность: органы слуха способны ощущать суммарную локализацию несуществующего фантомного источника звука, создаваемого искусственными средствами воздействия. Например, если разместить спереди от слушателя две акустические системы симметрично на одинаковом от него расстоянии (превышающем расстояние между акустическими системами) и подать через них два одинаковых по фазе, частоте и интенсивности сигнала, то они просуммируются в звуковом анализаторе слушателя. В результате, он не сможет их разделить и услышит не два источника звука, а один кажущийся, расположенный посередине между ними. Если уменьшить громкость одной из акустических систем, то кажущийся источник звука сместится в сторону акустической системы с большей громкостью. Такой же эффект можно получить, изменяя не громкость, а фазу, или искусственно вызывая задержку одного из сигналов. Таким образом, с помощью двух или более реальных источников звука, расположенных в фиксированных местах, можно создать иллюзию расположения источников звука по всему пространству или обеспечить

эффект перемещающихся в пространстве звуковых источников. При расхождениях между зрительным и слуховым восприятием направлений на звучащий объект, последнее, как правило, подчиняется первому, но до определённых пределов. При расхождении более, чем на 10°, происходит разрыв зрительного и звукового образов. В обычном кинематографе с одноканальным звуковоспроизведением, вследствие относительно небольших угловых размеров экрана, расхождение между движущимся по экрану изображением источника звука и его реальным неподвижным источником – громкоговорителем – практически незаметно. Однако появление широкоэкранный кинематографа с увеличенным почти вдвое горизонтальным размером экрана сделало заметнее расхождение между визуальным и слуховым восприятием направлений на звучащие в изображении объекты. Это стало одной из существенных причин для форсирования интереса к многоканальным системам звуковоспроизведения в кинематографе.

В 1940 г. состоялась демонстрация светомузыкального мультфильма Уолта Диснея «Фантазия» («Fantasia»). Студией Диснея и фирмой «RCA» была разработана звуковая стереофоническая система «ФантасOUND» (Fantasound). Звук записывался оптическим путём на три фотографические звуковые дорожки двойной ширины по противофазному методу на отдельную 35-мм плёнку, для повышения качества звукозаписи при печати использовался ультрафиолетовый свет. Во время кинопоказа фонограмма воспроизводилась специальным фильмфонографом, синхронизированным системой селсин-моторов с 35-мм кинопроектором. На 35-мм фильмокопии с изображением печаталась обычная монофонограмма, позволяющая демонстрировать фильм в обычных кинотеатрах, а также на случай выхода из строя системы «ФантасOUND». Звуковоспроизведение осуществлялось тремя заэкранными группами громкоговорителей: левого, правого и центрального каналов. По периметру кинозала располагались две группы по 22 громкоговорителя кабинетного типа для создания звуковых эффектов и равномерного распределения звука в зале при воспро-

изведении музыки, однако эти две группы уже не были независимыми и сигнал в них подавался от левого и правого заэкраных каналов, а управление осуществлялось вручную по специальной партитуре. Многоканальная запись, широкий динамический диапазон, мощные распределённые системы громкоговорителей и система звуковых эффектов позволили получить в формате «Фантасаунд» впечатляющее качество пространственного звучания. Фактически «Фантасаунд» является первой практически реализованной стереофонической многоканальной звуковой системой в кино и первой, в которой громкоговорители для создания звуковых эффектов были вынесены в зрительный зал.

Трёхканальная система обеспечила устойчивую звуковую стереопанораму. Но и трёхканальная стереофония имеет свои недостатки и ограничения: создаваемая ею

звуковая панорама и пространственный эффект ограничиваются стереобазой и углом между направлениями на крайние громкоговорители. Такая система не может полноценно передать акустические характеристики первичного помещения и восстановить его реверберационные процессы, а звучание в значительной степени лишено естественности, свойственной реальному звуковому полю, когда человек воспринимает источники звука практически со всех направлений. Для решения этой задачи необходимы дополнительные звукопередающие каналы.

Первые четырёхканальные стереофонические системы с установленными в зрительном зале громкоговорителями четвёртого канала появились в кинотеатрах в 1950-х гг., при этом четвёртый канал использовался только для создания звуковых эффектов, а задача воссоздания реального звукового поля по всем направлениям не ставилась (рис. 1). Затем, в связи с появлением в кинотеатрах экранов большой ширины, с целью устранения разрыва зрительного и звукового образов, за киноэкраном стали устанавливать громкоговорители пяти каналов, а в зрительном зале работали громкоговорители одного, двух, трёх и даже четырёх каналов звуковых эффектов (рис. 2). Но стереофоническое воспроизведение по-прежнему обеспечивали только заэкраные каналы, а громкоговорители зрительного зала использовались лишь для создания звуковых эффектов.

Первой попыткой передать полную (360°) звуковую стереопанораму стало создание в конце 1960-х гг. «квадрофонической» системы для домашнего использования с размещением четырёх громкоговорителей по углам квадрата. Однако обеспечить полную имитацию реального звукового поля не удалось. Выбранная схема расстановки громкоговорителей по углам сохранила все минусы, свойственные двухканальным системам при панорамировании звука как спереди, так и сзади, а обеспечить круговую стереопанораму так и не смогла, причиной чему стала невозможность чёткой локализации звуковых образов по бокам при таком размещении громкоговорителей. Эта система является хорошей иллюстрацией того, что важно не только количество отдельных каналов – необходимо ещё и правильное размещение громкоговорителей этих каналов. Максимально достижимое качество звучания возможно только при оптимальном психоакустическом

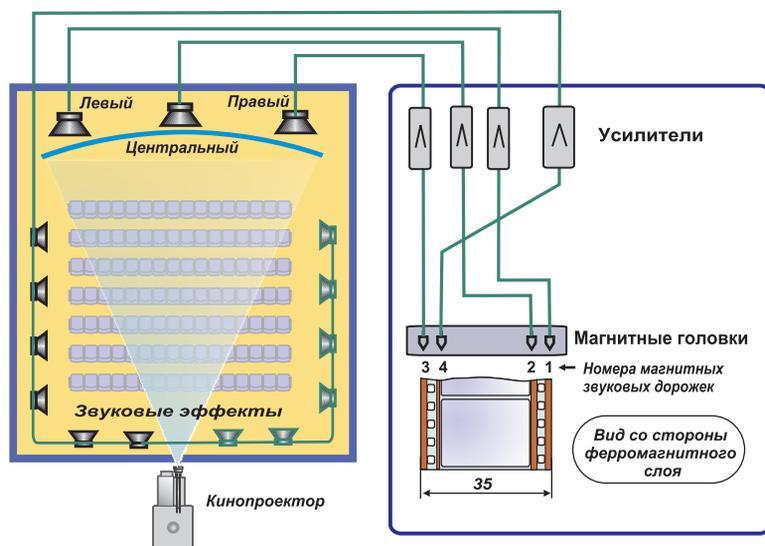


Рис. 1. Схема звуковоспроизведения и размещения громкоговорителей для широкоэкранный системы «Синемаскоп»

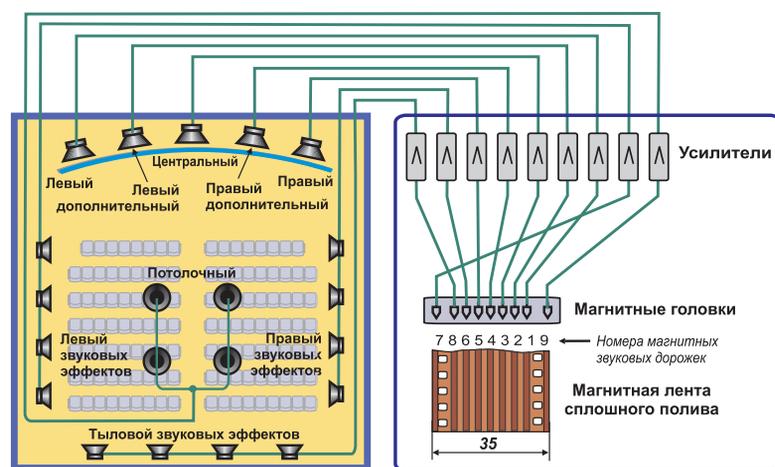


Рис. 2. Схема девятиканального звуковоспроизведения и размещения громкоговорителей в кинозале для системы «Кинопанорама»

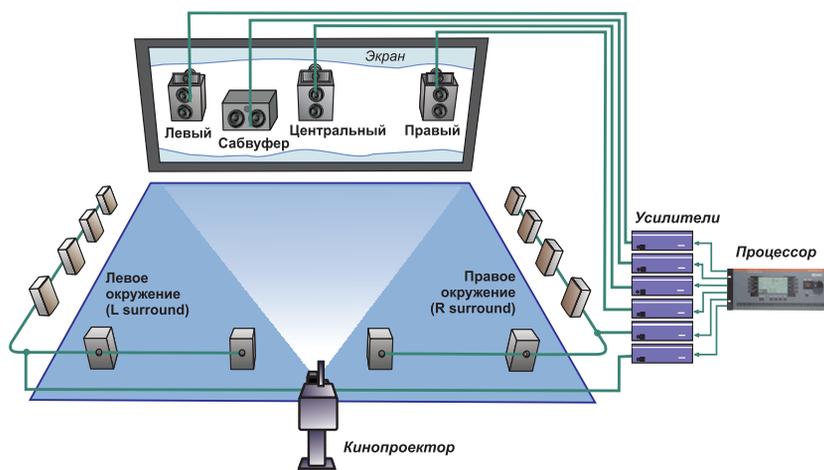


Рис. 3. Схема шестиканального звуковоспроизведения 5.1 и размещение громкоговорителей в кинозале для систем Cinema Digital Sound (CDS), Dolby Stereo Digital, Digital Theater Systems (DTS)

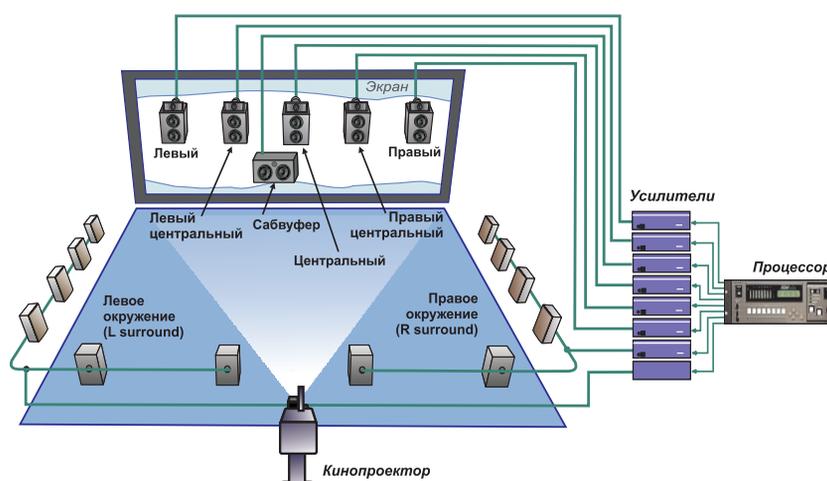


Рис. 4. Схема восьмиканального звуковоспроизведения 7.1 и размещение громкоговорителей в кинозале для системы Sony Dynamic Digital Sound (SDDS)

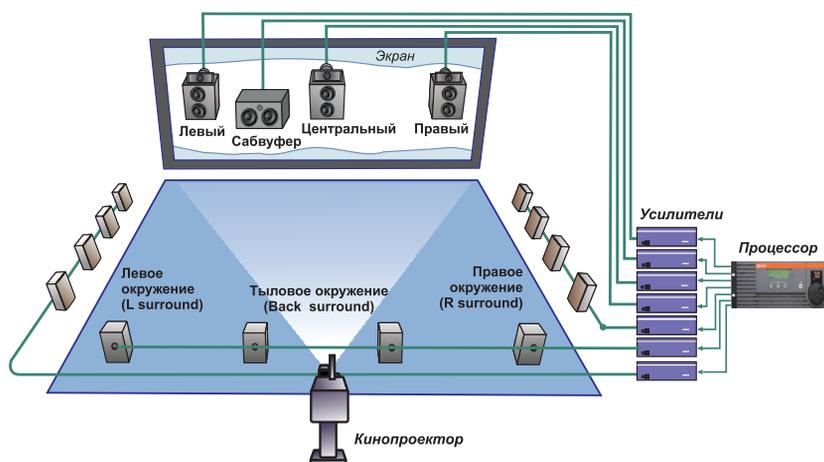


Рис. 5. Схема семиканального звуковоспроизведения 6.1 и размещение громкоговорителей в кинозале для систем Dolby Digital Surround EX и DTS-ES

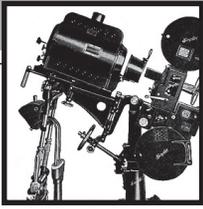
согласовании пространственных характеристик вещательной системы и слуха. Первой удачной и получившей широкое распространение четырёхканальной стереофонической (точнее – квазистереофонической – по причине применения матричного кодирования, при котором число каналов передачи меньше числа каналов записи и воспроизведения), стала система Dolby Stereo (1975 г.). В этой системе громкоговорители трёх каналов установлены за киноэкраном, а громкоговорители четвёртого канала окружающего звука размещены в зрительном зале сбоку и позади зрителей. Громкоговорители в зале размещались так же, как и в системе «Синемаскоп», а четырёхканальная фонограмма кодировалась по матричному методу (модифицированному варианту квадрофонической матрицы QS фирмы Sansui) и записывалась на 35-мм плёнке в виде оптической двухканальной стереодорожки.

Следующим шагом стало добавление ещё одного канала окружающего звука в зрительном зале и выделение в отдельный канал (никак не влияющий на пространственные звуковые характеристики) звукового сигнала низкочастотных эффектов и создание наиболее распространённой на сегодня стереофонической системы 5.1 (первая цифра обозначает количество полнодиапазонных звуковых каналов, вторая – низкочастотный звуковой канал эффектов), реализованной в цифровых форматах Cinema Digital Sound (CDS), Dolby Stereo Digital и Digital Theater Systems (DTS) показана на рис. 3.

Размещение за экраном громкоговорителей ещё двух дополнительных каналов по системе 7.1 позволяет расширить стереобазу и улучшить локализацию звука в передней плоскости, но при этом мало влияет на пространственные характеристики круговой звуковой панорамы (рис. 4).

Последним на сегодняшний день шагом стала модернизация существующих форматов и добавление ещё одного (третьего) канала окружающего звука по системе 6.1 сзади в центре для обеспечения стабилизации локализации звука в задней плоскости (рис. 5). ■

*Продолжение следует.*



# КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РИСУНКА и её применение

А. Б. Барский, д. т. н.,  
профессор кафедры «Вычислительные системы и сети» МИИТ



Рис. 1. Вождь

Статья развивает и дополняет материал, изложенный в МТК №4 и №5, 2007 г. Приводятся объявленные ранее рисунки целевой разработки и продолжается обсуждение роли и технологии компьютерного рисунка в научных, литературных и образовательных приложениях. Присутствие компьютерных иллюстраций, их использование как средства обоснования и проектирования получает всё большее признание научных и деловых организаций мира и всемерно поощряется.

Особое внимание в статье уделяется юмористическому рисунку в применении к новому, перспективному направлению исследований – в логических нейронных сетях. Вторжение в область моделирования «мозговых» процессов, в сущности означающих «живое» моделирование, немыслимо не только без ярких иллюстраций, но и без внушения слушателю или читателю эмоциональных ограничений, отвлекающих от глубоких раздумий и излишнего философствования. Такое философствование пагубно влияет на психическое здоровье, особенно – студенческой молодёжи.

Следует подчеркнуть, что во всех развивающихся сегодня применениях рисунок определяет сюжет и является началом компьютерной технологической цепочки создания плоской и объёмной анимации для сложнейших существующих и проектируемых управляющих систем, систем отображения, а также познавательно-развлекательных систем.

В [1, 2] подчёркивалась роль юмористического рисунка, лежащего в основе иллюстраций при изучении трудно воспринимаемого материала (как важно снять напряже-

ние аудитории вовремя отпущенной шуткой!), при критическом исследовании литературных опусов, при пропаганде спорных, порой сомнительных, идей, способных негативно повлиять на психическое здоровье читателей и слушателей, при создании дружеских шаржей, карикатуры и пр.

Юмористический рисунок во многом диктует стиль исполнения. Тогда возможностей Paintbrush иногда бывает вполне достаточно, как показано ниже. Так, рисунок «Вождь» (рис. 1) выполнен исключительно с помощью «мыши», по живому окну монитора компьютера.

Следующий рисунок (рис. 2) относится к серии рисунков из истории вычислительной техники [7]. Он со всей очевидностью показывает преимущества компьютерной технологии компоновки.

Однако рисунок «Шашлык» (рис. 3) из той же серии не потребовал вообще какого-либо редактирования.

Покажем, как юмористический компьютерный рисунок (ранее было показано, что в основном рисунок подвергается лишь компоновке и редактированию с помощью компьютера) может использоваться в критических литературных исследованиях.

Посильно способствуя литературным исследованиям [3 – 6] накануне 111-летия М. А. Булгакова, автор представил несколько шаржированных рисунков, подвергшихся компьютерному редактированию. Некоторые «заказные» рисунки (для налогового инспектора: бесплатно!) представлены здесь (рис. 4 – 7).

Рисунок «Композиция» (рис. 4) иллюстрирует богатые возможности компьютерной компоновки.



Рис. 2. Гуманитарная миссия

Рис. 3. Шашлык



Рис. 4. Композиция

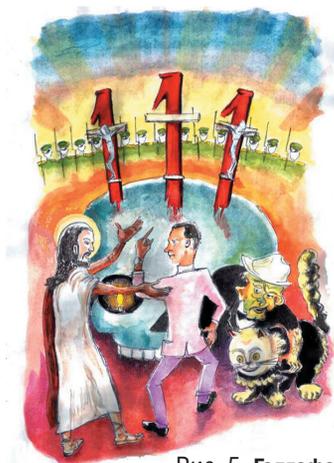


Рис. 5. Голгофа

Внимательное рассмотрение рисунка «Голгофа» (рис. 5) демонстрирует долгие поиски образов Иешуа и М. Булгакова: где-то видны элементы несовпадения фактуры волос и др. Рисунок «Арчибальд» (рис. 6) иллюстрирует смелое предположение исследователя о том, что образ Арчибальда Арчибальдовича навеян М. Булгакову такими «рамочными» образами, как И. Сталин и пират Сильвер Р. Л. Стивенсона («Остров Сокровищ»).

Развитие литературоведческих поисков привело к раскрытию фактов эксплуатации образов М. Булгакова. Так, не менее смелое, чем выше, предположение было высказано (рис. 7) относительно известного столпа социалистического реализма. Дескать, он в героях «эпохального» романа воплотил аналог всех центральных героев романа «Мастер и Маргарита».



Рис. 7. Что же ты хочешь?

открывается, и рисунки следует рассматривать в качестве сюжетов, подлежащих развитию, прежде всего, — анимации.

Рисунок «Предмет исследований» (рис. 9) иллюстрирует шуточный пример использования нейросетевых технологий для построения системы принятия решений в сфере актуальных «перестроечных» применений.

Рисунок «Маша» (рис. 10) иллюстрирует применение нейронных сетей при решении важной задачи обработки объектов временного ряда в режиме реального времени.

Рисунок «Бабушка» (рис. 11) сопровождает рассказ о том, как с помощью нейронной сети, аналогичной мозгу, можно создать памятку пожилому человеку (систему принятия решений), определяющую его действия во все времена дня и года.

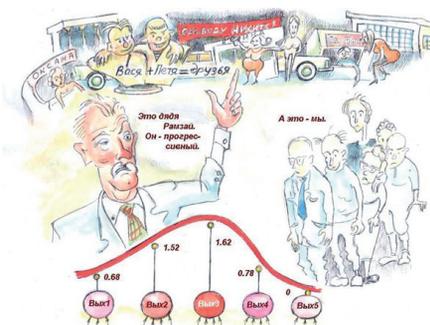


Рис. 9. Предмет исследований

Последний рисунок «литературоведческой» серии (рис. 8) иллюстрирует тот факт, что Н. К. Крупская читала умирающему В. И. Ленину известный рассказ Дж. Лондона, а И. В. Сталин, якобы, сыграл свою, известную нам роль.

Продолжим рассмотрение рисунков, объявленных и даже обсужденных в [2], но не напечатанных. Эти рисунки обусловлены актуальными исследованиями в новой области — в области «живого» моделирования на основе логических нейронных сетей [8–11]. Работа и, особенно, преподавание в этой области требуют «щадящего» отношения к методам познания и изложения. Невольное отклонение в излишне высокое философствование, навеваемое материалом, способно негативно повлиять на

Рис. 8. Любовь к жизни



Рис. 10. Маша

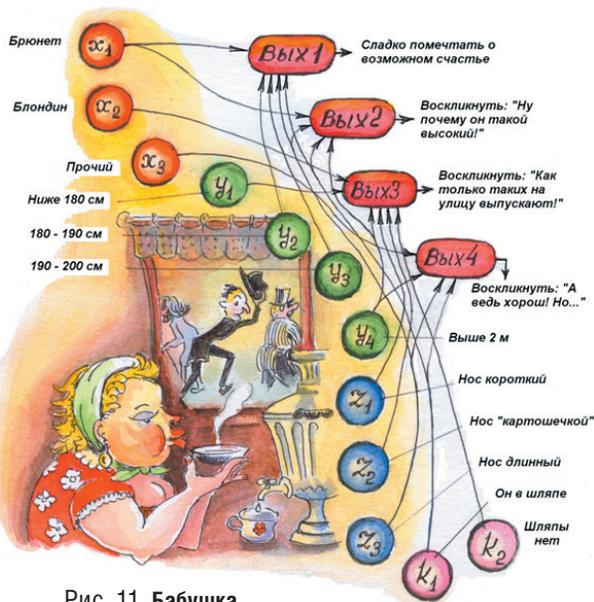


Рис. 11. Бабушка

Ряд рисунков этой серии (рис. 12 – 19), бесконтрольно обращающейся в Интернете, так или иначе, служит проекту создания ПАРКА ФАНТАСМАГОРИЙ на основе уже научно и технологически доступного нейросетевого «живого» моделирования.

Представьте себе парк, подобный Дисней-ленду, в который вы заходите – самостоятельно купив билет или под руководством гида. И вдруг!

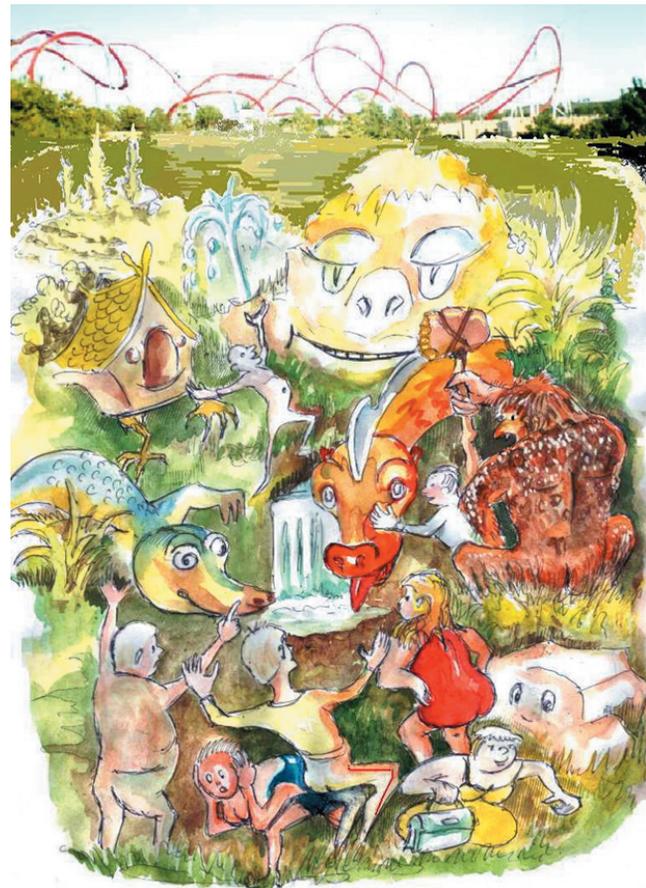


Рис. 12. Парк фантазмагорий

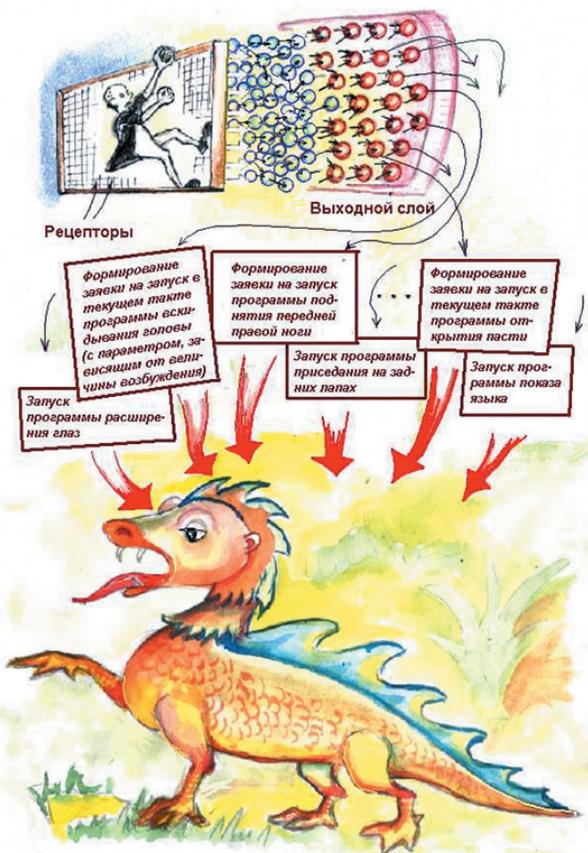


Рис. 13. Реакция на угрозу

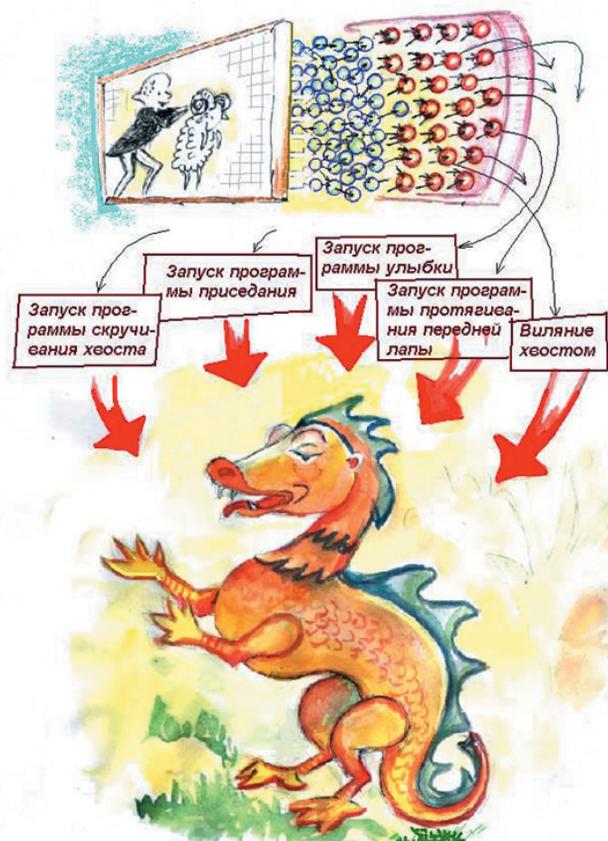


Рис. 14. Реакция на ласку



Рис. 15. Способ разглядывания 1

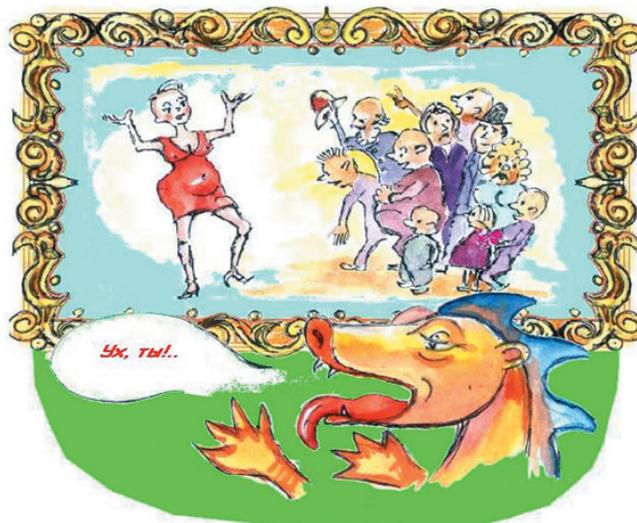


Рис. 16. Способ разглядывания 2



Рис. 17. Способ разглядывания 3

Выползают из-за трещащих кустов и камней монстры-крокодилы, вздымаются головы ящеров и тянутся к вам. Лохматый неандерталец ладит каменное орудие, привязанное жилой к сучковатой палке. Подымается на свои курьи лапы избушка. Гигантской головой оживает скала, покрытая нежными незабудками. Деревья и кусты трясут ветками – радуясь или возмущаясь. Фонтаны воды преследуют вас. Ваше замешательство, паническое движение вызывают ответную реакцию: «население» парка смеётся, сердится, радуется, угрожает. Явно проявляются симпатии и антипатии.

До последующих усовершенствований, первоначально, должна быть предусмотрена реакция каждого объекта только на преобладающий цвет в элементарном сегменте обзора. Например, красный цвет должен приводить к запуску комплекса программ обращения в ярость и к повторному обзору строки, чтобы усилить эту ярость при последующем раздражении.

(– Женщина в красной кофте! Отойдите от крокодила немедленно!..)

Жёлтый цвет может вызывать кокетство и эротическое возбуждение. Зелёный – умиротворение. Коричне-

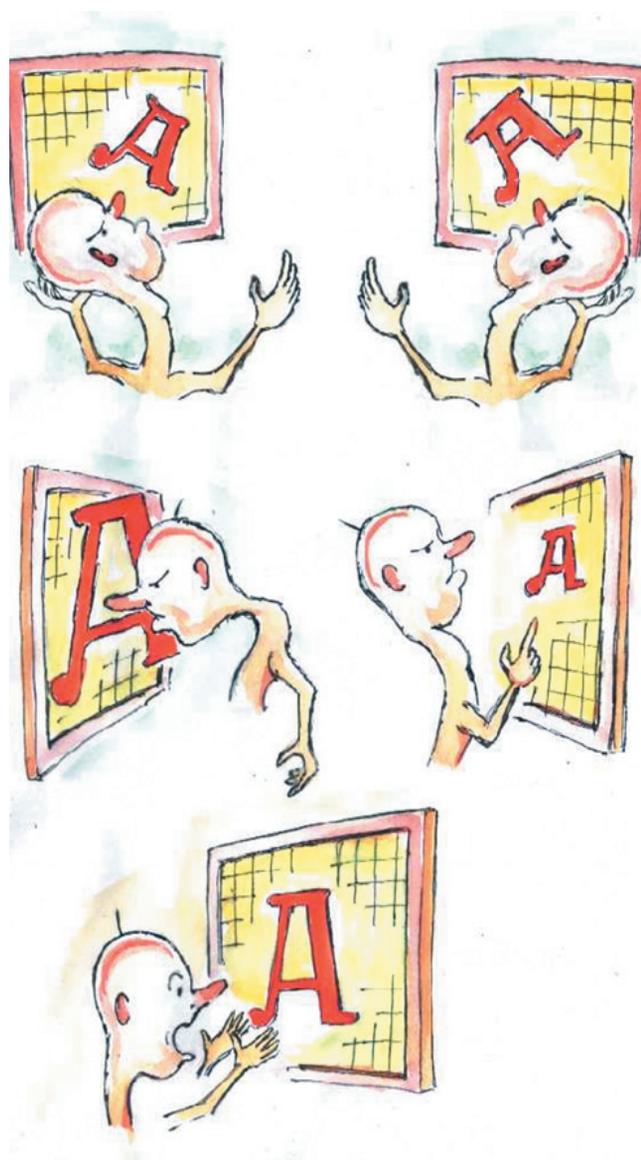


Рис. 18. Узнавание

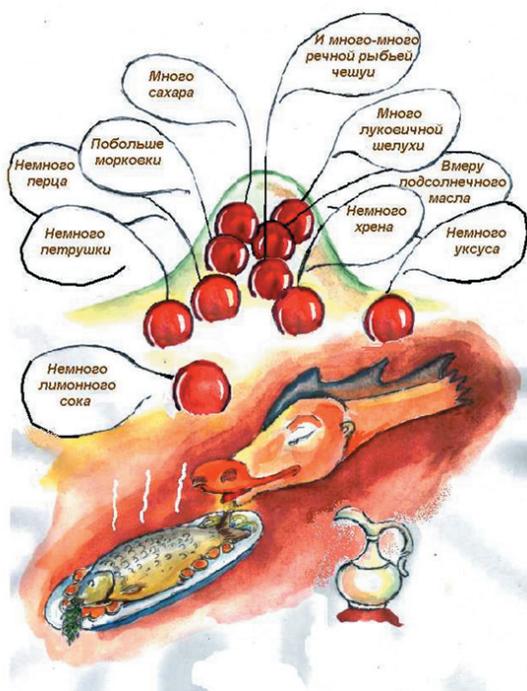


Рис. 19. Нейродегустатор

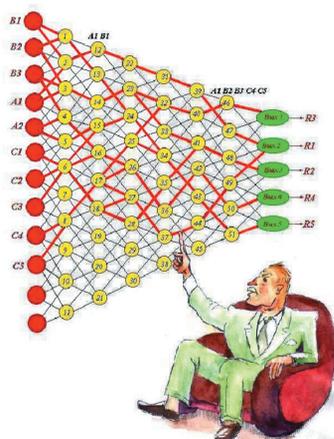


Рис. 20. Запомнила?

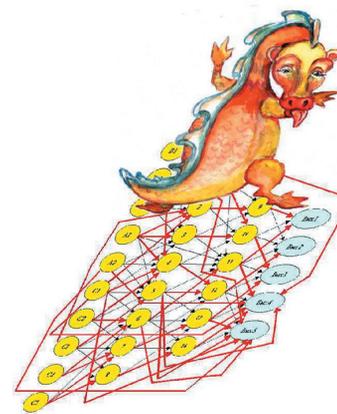


Рис. 21. Намёк на обучение

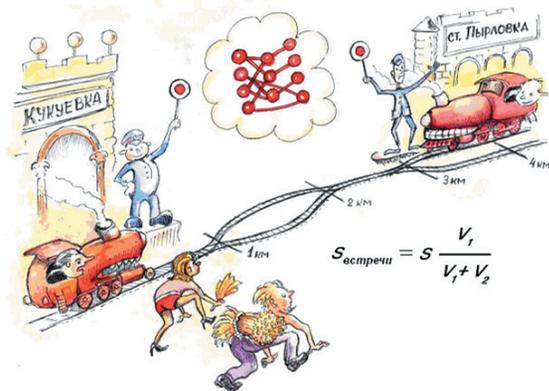


Рис. 22. Железнодорожная рулетка

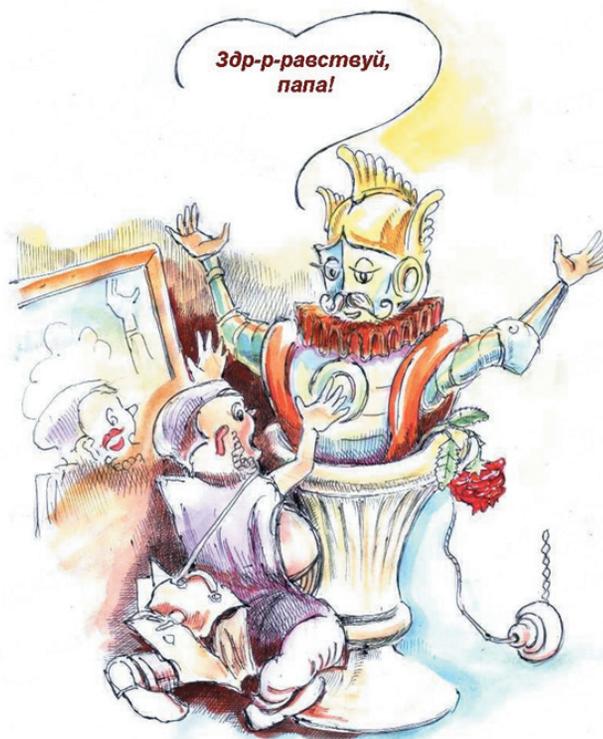


Рис. 23. Служба безопасности

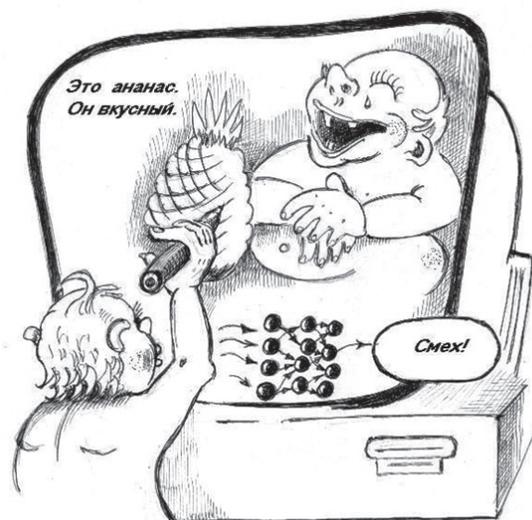


Рис. 24. Компьютерный человечек КОМПИ

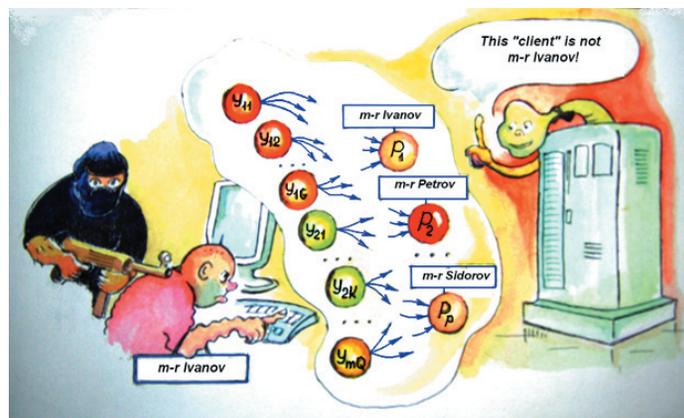


Рис. 25. Защита информации

**Ода платному образованию**

Рис. 26. Профанация

вый – ритмичный шаг и салютование головой. Голубой – благочинное умиление с возведёнными очами и т. д.

Следующие рисунки отражают технологии обучения логических нейронных сетей (рис. 20, 21) и области их применения (рис. 22 – 26). Отметим, что рисунок «Профанация» (рис. 26) отражает неудачное решение проблемы платного образования в России, негативно влияющее на уровень подготовки «платных» студентов.

**Заключение**

Вопросы, затрагиваемые в статье, носят методологический и перспективный характер, определяя направление дальнейших исследований. Приведённые рисунки, совместно с их функциональным назначением, призваны привлечь внимание к развитию направления исключительно полезного применения изобразительных средств во всех областях деятельности человека: от хозяйствования до искусства.

Например, насущной задачей становится имитационное моделирование сети железных дорог страны на основе средств трёхмерной компьютерной графики и анимации. Как без технологий выполнения рисунка можно создать эскизный проект такой модели? А как без компьютерной проработки нарисованных образов можно спроектировать развлекательный парк фантазмагорий – на основе методов «живого» моделирования? Наконец, как без проработки изобразительных образов решить проблему создания интеллектуальных, реагирующих объектов, являющихся посредниками и помощниками при управлении, анализе и предварительной диагностике сложнейших территориально распределённых производственных или транспортных систем?

Учебные и научные организации мира медленно, но верно приходят к пониманию того, что без иллюстративного материала высокого уровня, влияющего не только на понимание, но также на эмоциональное и психологическое состояние слушателей и разработчиков, трудно добиться заинтересованности и успеха.

Но все подобные проекты начинаются с рисунка! Поэтому в статье, не претендующей на представление образцов высокого искусства, звучит призыв к развитию сюжетного ряда, к совершенствованию средств выражения, их обращению в область анимации, мультимедиа, трёхмерной графики, цифрового кино, интеллектуального отображения сложных управляющих систем и создания перспективных познавательных-развлекательных средств. ■

**Литература**

1. Барский А. Б. Компьютерная технология рисунка и её применение // Мир техники кино, 2007, № 4.
2. Барский А. Б. Компьютерная технология рисунка и её применение // Мир техники кино, 2007, № 5.
3. Шилов В. В. Михаил Булгаков и романы приключений: три модели адаптации // Экономика XXI века, 2002, № 11.
4. Шилов В. В. Ах, слова хороши! 111 лет со дня рождения М. А. Булгакова // Маркетинг успеха, 2002, № 6.
5. Шилов В. В. Всеволод Кочетов читает Михаила Булгакова // Экономика XXI века, 2006, № 1.
6. Шилов В. В. Михаил Булгаков: Почему Герберт Аврилакский? // Маркетинг успеха, 2002, № 9.
7. Русские счёты // [www.schoty.ru](http://www.schoty.ru).
8. Барский А. Б. Логические нейронные сети: методика построения и некоторые применения // Приложение к журналу «Информационные технологии». 2006. № 8.
9. Барский А. Б. Логические нейронные сети и «живое» моделирование // Компьютеры в учебном процессе, 2005, № 11.
10. Барский А. Б., Милютин Л. Б., Тимофеев А. Е. Основы построения реагирующих объектов для систем интеллектуального отображения // Компьютеры в учебном процессе, 2006, № 5.
11. Барский А. Б., Милютин Л. Б., Тимофеев А. Е. Реагирующие объекты для систем интеллектуального отображения // Информационные технологии. 2007. № 2.