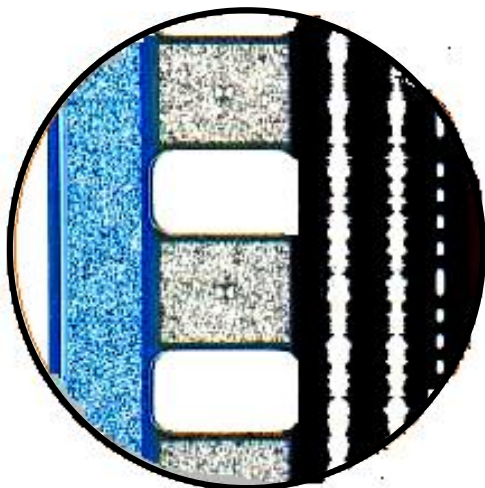


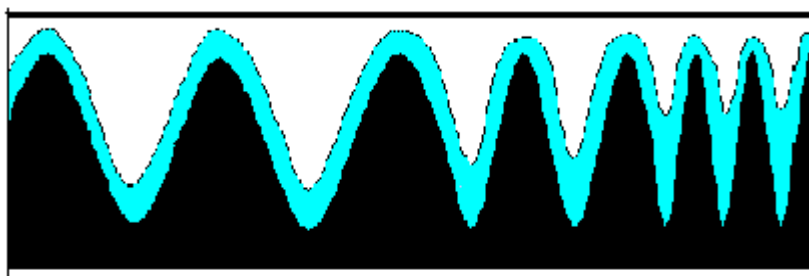
ЗАПИСЬ АУДИО-И ВИДЕОСИГНАЛОВ



Е.А. Подгорная

ФОНОГРАММА ФИЛЬМОКОПИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Санкт-Петербург
2012

Подгорная Е.А. Фонограмма фильмокопий: Учебное пособие.– СПб.: СПбГУКиТ, 2012. - 40 с.

Учебное пособие предназначено для студентов дневной, очно-заочной и заочной форм обучения ФТКиТ специальности 210312 «Аудиовизуальная техника» по дисциплине «Запись аудио- и видеосигналов».

Рецензент: доцент Тихонова Л.С.

Рекомендовано к печати и размещению на сайте университета в качестве учебного пособия заседанием кафедры звукотехники.
Протокол № 13 от 16 мая 2012 г.

Утверждено Методической комиссией совета ФТКиТ.
Протокол № 3 от 21 мая 2012 г.

Пособие состоит из трех частей:

Часть 1.

Приведены виды аналоговых и цифровых фотографических фонограмм, даны краткие сведения об их особенностях, назначении и возможностях использования в массовых фильмокопиях.

Часть 2.

Рассмотрены основные характеристики, определяющие качественные параметры фотографических фонограмм. Определены причины ограничения частотного и динамического диапазонов и возникновения нелинейных искажений в тракте передачи фотографической фонограммы.

Часть 3.

Внимание уделено спектральному согласованию в тракте печати-воспроизведения фотографических фонограмм на цветных киноплёнках.

© СПбГУКиТ, 2012 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Виды фонограмм фильмокопий	4
1.1. Классификация фотографических фонограмм	4
1.2. Магнитная фонограмма фильмокопии	10
1.3. Негативная фонограмма	10
1.4. Позитивная фонограмма	11
1.5. Обесшумленная фонограмма	12
1.6. Классическая фонограмма фильмокопии	12
1.7. Стерефоническая (многоканальная) аналоговая фонограмма	13
1.8. Цифровая фонограмма	16
1.9. Фонограмма фильмокопии	19
2. Характеристики фонограммы переменной ширины	21
2.1. Отдача фотографической фонограммы	21
2.2. Отношение сигнал/шум фонограммы	22
2.3. Амплитудно-частотная характеристика фонограммы	24
2.4. Искажения сигнала в сквозном тракте фотографической фонограммы	26
3. Особенности получения фонограмм на цветных фильмокопиях	34
Литература	37
Приложение	38

1. ВИДЫ ФОНОГРАММ ФИЛЬМОКОПИЙ

1.1. Классификация фотографических фонограмм

Общее количество известных типов фотографических фонограмм очень велико, поэтому их классификация представляет значительные трудности. Одна из возможных классификационных схем приведена на рис. 1.1 [1].

В первом ряду все фонограммы разделены по способу их получения:

- *негативная фонограмма*, полученная при записи с магнитной фонограммы и предназначенная для получения с нее позитивной путем фотографической печати;
- *позитивная фонограмма*, полученная в результате печати с негатива, предназначенная для воспроизведения с нее звука.

Во втором ряду фонограммы классифицируются по способу представления сигнала:

- *аналоговая*;
- *цифровая*.

Следующий ряд - классифицируются аналоговые фонограммы по принципу записи:

- *фонограммы переменной ширины*;
- *фонограммы переменной плотности*.

Два вертикальных столбца А и Б относятся к использованию (Б) или отсутствию использования (А) того или иного метода улучшения качества передачи звука фонограммой переменной ширины.

Цифровая фотографическая фонограмма классифицируется по трем наиболее известным в настоящее время системам записи-воспроизведения:

- *Dolby Digital (DD)*;
- *Sony Dynamic Digital Sound (SDDS)*;
- *Digital Theater Systems (DTS)*.
-

Различные виды фонограмм представлены в табл. 1.1 «Виды фонограмм» на рис. 1 - 12.

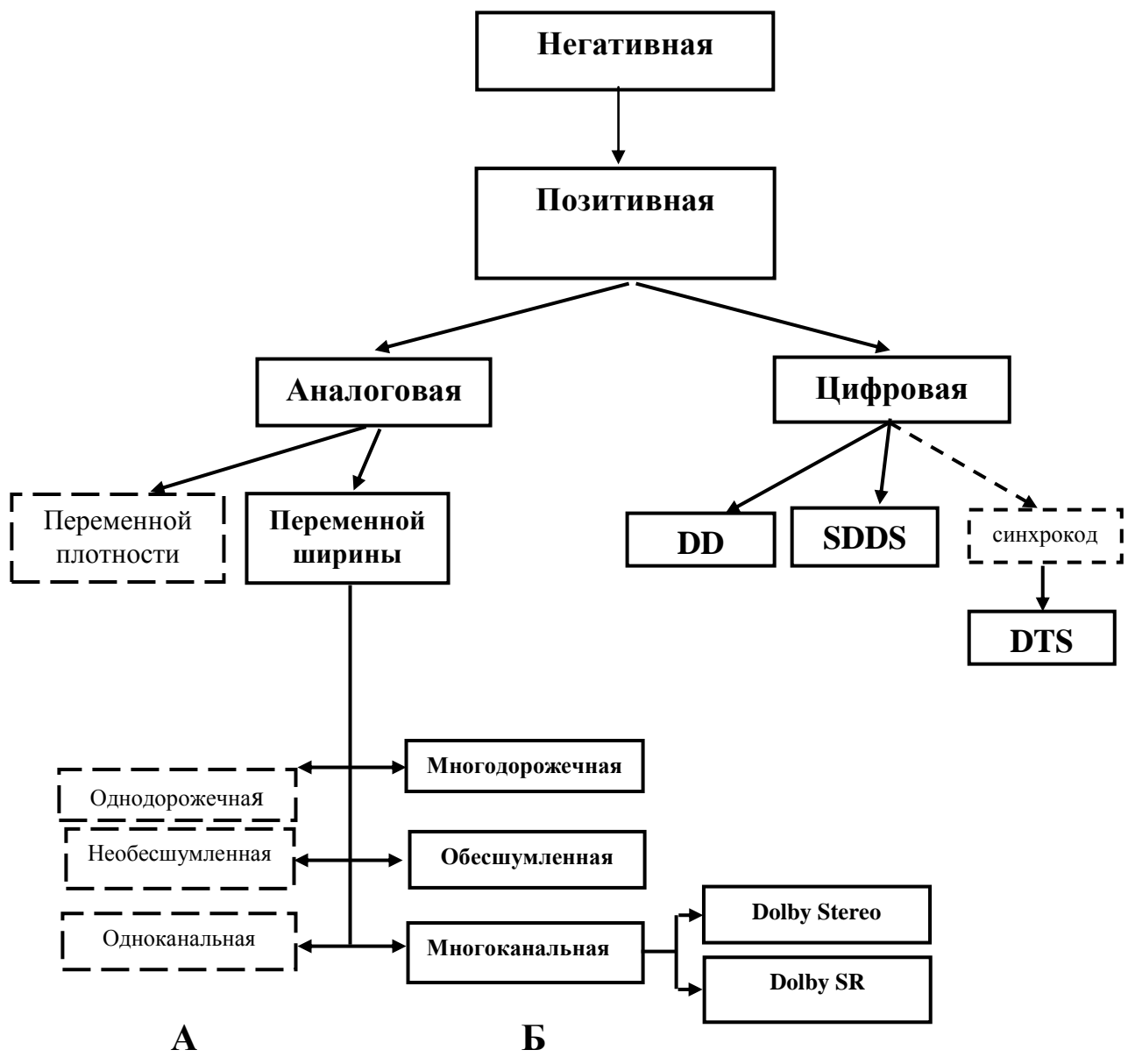


Рис. 1.1. Классификация фотографических фонограмм

ФОНОГРАММЫ ФИЛЬМОКОПИЙ



Рис.1. Вид магнитной фонограммы
(магнитный слой на звуковой дорожке)

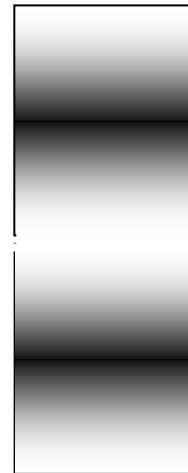


Рис.2. Вид фонограммы
переменной плотности

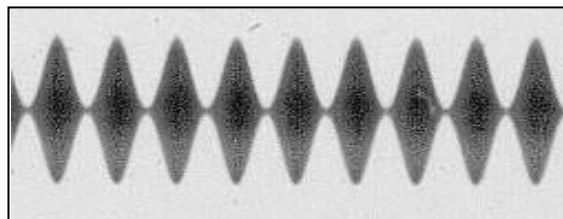


Рис. 3. Вид негатива одноканальной фонограммы переменной ширины (1000 Гц)

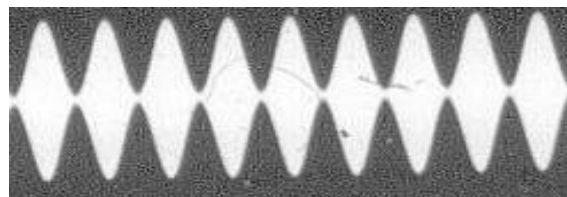


Рис.4. Вид позитива одноканальной фонограммы переменной ширины (1000 Гц)



Рис. 5. Вид одноканальной
Фонограммы ПШ
(реальный звуковой сигнал)

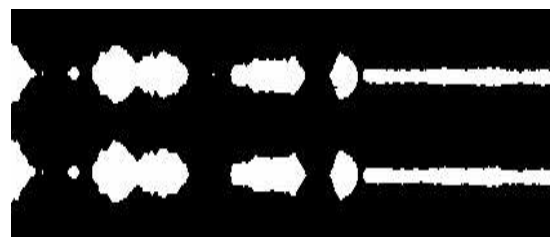


Рис. 6. Вид двухканальной
фонограммы ПШ
(реальный звуковой сигнал)

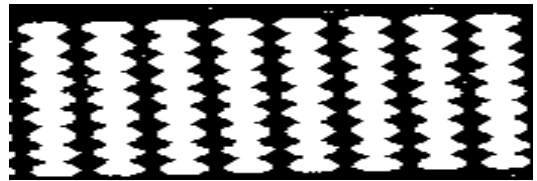


Рис. 7. Виды позитивов многодорожечных фонограмм

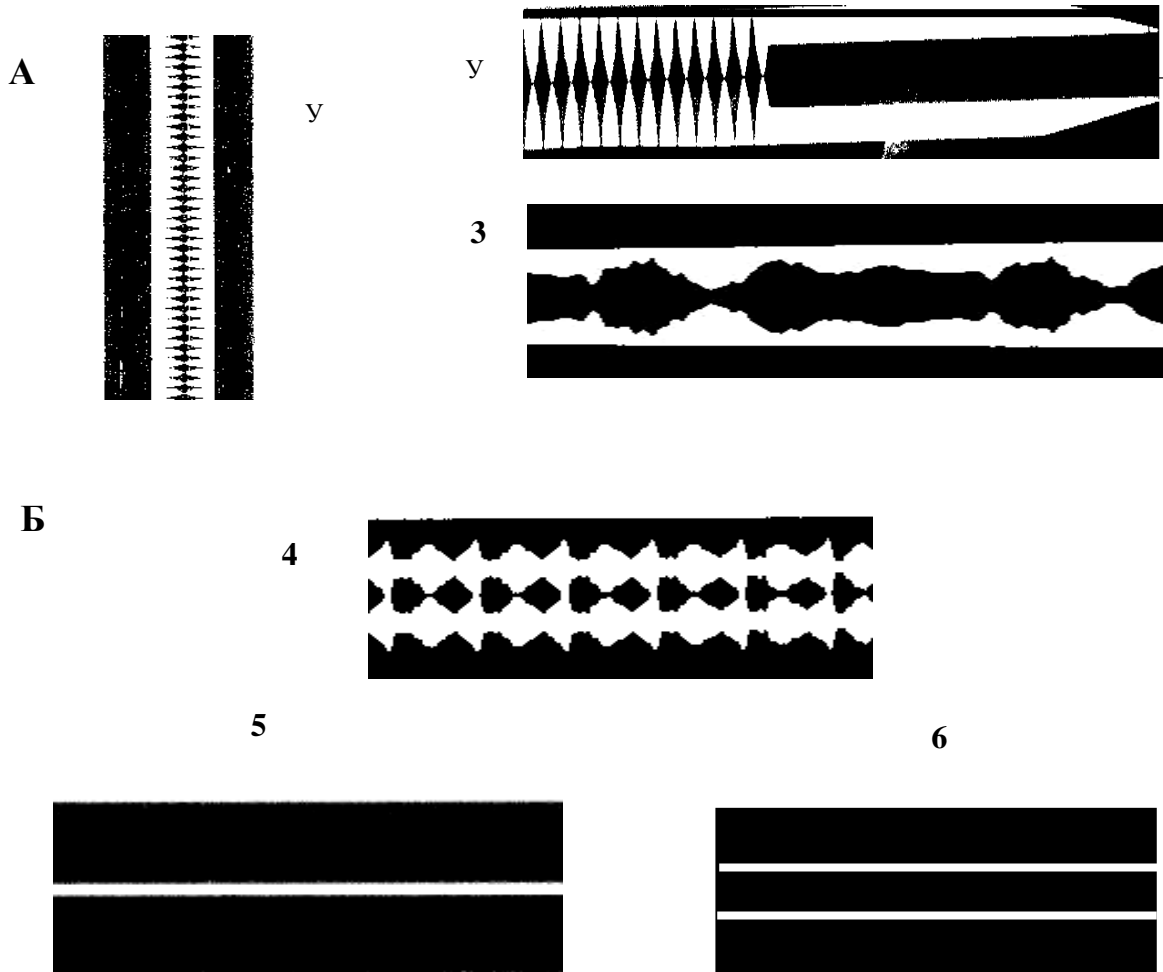


Рис. 8. Вид позитивов фонограмм, обесшумленных:

А - методом заслонки

Запись: 1 и 2 синусоидальных сигналов (однородная фонограмма);

3 – звукового сигнала (однородная фонограмма);

Б - методом смещения средней линии

Запись: 4 – звуковой сигнал (двухдорожечная фонограмма);

5 – запись сигнала «пауза» (однородная фонограмма);

6 – запись сигнала «пауза» (двухдорожечная фонограмма).



Рис. 9. Вид двухдорожечной одноканальной фонограммы (моно)



Рис. 10. Вид двухдорожечная стереофонограмма (четырёхканальная)
Dolby Stereo

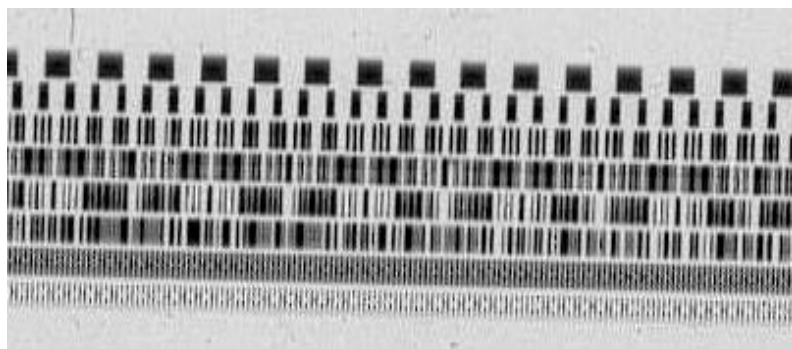


Рис. 11. Вид цифровой фонограммы
6 - дорожечная фонограмма (экспериментальная)
Запись на электрооптическом модуляторе света

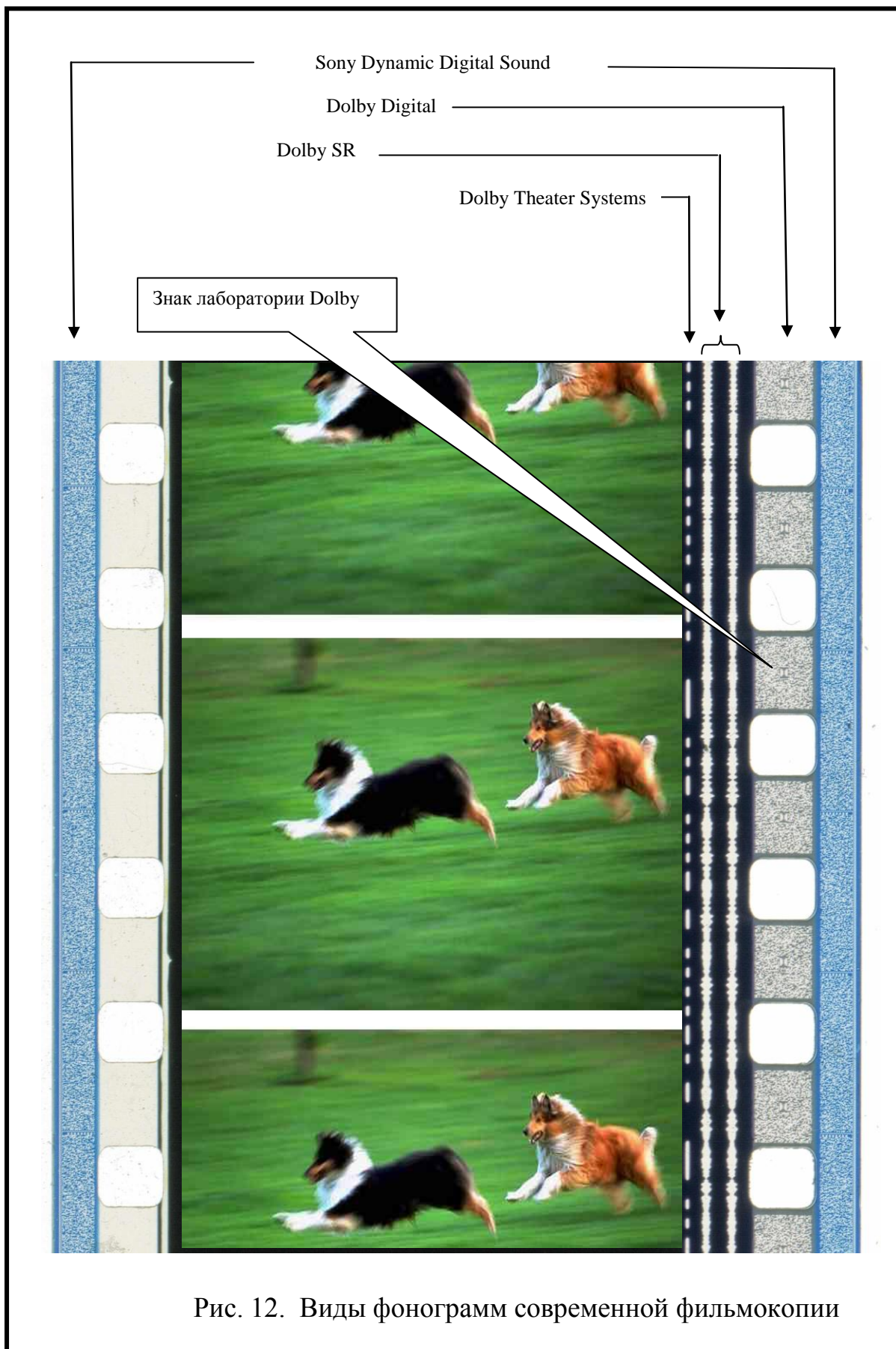


Рис. 12. Виды фонограмм современной фильмокопии

1.2. Магнитная фонограмма фильмокопии

Магнитный слой (табл. 1.1, рис. 1) наносится на позитивную киноплёнку с изображением после ее фотохимической обработки. Затем обычным способом при помощи магнитной головки записывается сама магнитная фонограмма.

Однако качество магнитной фонограммы на фильмокопии значительно хуже, чем качество фонограммы на магнитных лентах. Отслаивание магнитного слоя из-за плохого сцепливания с основой и повышенная шероховатость (что приводит к быстрому износу и засорению магнитных головок воспроизведения, а также значительно увеличивает модуляционный шум фонограммы), влияние внешних магнитных полей, неравномерность покрытия магнитным слоем при нанесении его валиком на киноплёнку, отсутствие определенной ориентации доменов слоя (что присуще изготовлению магнитных лент), в значительной степени снижает качество фонограммы и ухудшает ее эксплуатационные свойства.

Долгое время магнитная фонограмма сохранялась на 70-мм фильмокопиях поскольку обеспечивала стереофоническое звучание при широкоформатном кинопоказе, однако и здесь ее потеснила фотографическая фонограмма. Кроме того, этот вид кинопоказа в настоящее время практически не используется.

1.3. Негативная фонограмма

При записи негатива аналоговой фотографической фонограммы негативная черно-белая пленка экспонируется узким световым штрихом (длина 1,9 мм, ширина 6 мкм для 35-мм киноплёнки), параметры которого изменяются по закону звукового сигнала.

При этом возможна запись, как фонограммы переменной ширины, так и фонограммы переменной плотности.

Фонограмма переменной плотности - ФПП (табл. 1.1, рис.2) получается при модуляции интенсивности светового потока или ширины записывающего штриха. ФПП может иметь в оптимальном режиме меньшую величину нелинейных искажений по сравнению с фонограммой переменной ширины: неточность юстировки системы воспроизведения и заплывание не вызывают в ней нелинейных искажений. Однако из-за малого динамического диапазона (мал линейный участок характеристики передачи – зависимость коэффициента пропускания от экспозиции) и трудности хорошего согласования обработки негатива и позитива этот вид фонограммы для записи звука не используется.

При записи фонограммы переменной ширины – ФПШ на киноплёнку проецируется штрих, перекрытый изображением маски, которое совершает колебательные движения и изменяет длину освещенной части штриха согласно поступающему звуковому сигналу (табл.1.1, рис. 3 – негатив, рис. 4 и далее – позитивы фонограммы).

1.4. Позитивная фонограмма

С негатива фонограммы и с негатива изображения на кинокопировальном аппарате печатается совмещенный позитив кинофильма - фильмокопия. При этом могут быть использованы как черно-белые, так и цветные киноплёнки. Позитивные фонограммы визуально отличаются от негативных, так как имеют по обеим сторонам дорожки записи затемненные участки - допуск на смещение читающего штриха относительно фонограммы. Виды позитивных фонограмм представлены в табл. 1.1 на рис. 4 – рис. 10.

В зависимости от формы маски получаются различного вида фонограммы:

- односторонние одно- или двухсторонние;
- многосторонние (двух-, трех- и более), всегда двухсторонние.

Односторонние двухсторонние фонограммы (табл.1.1, рис 4 и рис. 5) могут быть использованы только как контрольные фонограммы, так как они являются наиболее критичными к искажениям, вносимым трактом звукопередачи фотографической фонограммы, особенно трактом воспроизведения - неравномерная освещенность, смещение штриха и т.п. Односторонние односторонние фонограммы на фильмокопиях не используются.

Многосторонние, но одноканальные фонограммы (табл. 1.1, рис. 6 и рис. 7), имеют ряд существенных преимуществ перед односторонними:

- в значительно меньшей степени сказываются неточности юстировки системы воспроизведения;
- увеличивается чувствительность системы;
- уменьшается влияние эффекта заплывания.

Однако с увеличением числа дорожек растет число пауз (светлых участков) и, следовательно, шум фонограммы, то есть наблюдается уменьшение отношения сигнал/шум. Кроме того, при большом числе дорожек имеет место эффект поперечного заплывания, а также усложняется изготовление многозубчиковой маски. Поэтому фотографическая фонограмма фильмокопии всегда *двухсторонняя* (табл.1.1, рис.6.).

1.5. Обесшумленная фонограмма

Зернистость эмульсионных слоев киноплёнки, царапины, пыль и т.д. вызывают уменьшение отношения сигнал/шум (и, следовательно, динамического диапазона). Наибольший шум возникает на светлых участках фонограммы. Поэтому в фонограмме переменной ширины стараются уменьшить площадь светлых участков фонограммы при малой модуляции сигнала или при ее отсутствии – в паузе сигнала.

Практическое применение получили два способа обесшумливания [1] (табл. 1.1, рис. 8):

- *обесшумливание с помощью заслонок*, которые по огибающей сигнала перекрывают светлые участки фонограммы при малой (или при отсутствии) модуляции;
- *обесшумливание за счет смещения «средней линии»* (т.е. смещение положения маски относительно записывающего штриха по закону огибающей звукового сигнала).

Динамический диапазон обесшумленной фонограммы – $45 \div 50$ дБ (новая фильмокопия).

Наряду с обесшумливанием фонограмм используются электронные способы шумопонижения, которые сжимают динамический диапазон при записи и восстанавливают его при воспроизведении [2].

1.6. Классическая фонограмма фильмокопии

Традиционная (классическая) фотографическая фонограмма (табл. 1.1, рис. 9) является аналоговой фонограммой переменной ширины, двухдорожечной, но монофонической, обесшумленной по способу смещения средней линии. Фонограмма имеет неудовлетворительное качество даже при использовании хороших позитивных мелкозернистых киноплёнок:

- ограниченный частотный диапазон - $40 \text{ Гц} \div 10 \text{ кГц}$;
- ограниченный динамический диапазон – $45 \div 50$ дБ при использовании новой киноплёнки (без механических повреждений и грязи);
- значительные нелинейные искажения - порядка 2% при точном соблюдении режима компенсации и значительно большего порядка при нарушении последнего;
- фонограмма монофоническая.

1.7. Стереофоническая (многоканальная) аналоговая фонограмма

Цель многоканальной передачи звука – передать максимум пространственной информации об источнике звука и достоверно воссоздать специальные эффекты вроде взрывов, землетрясений и тому подобное. Последнее и есть Surround Sound - «окружающий звук».

Современные более или менее распространенные многоканальные системы записи фонограммы кинофильмов различаются в основном по трем позициям:

- *по типу носителя фонограммы* – киноплёнка, магнитный или оптический диск (при записи кода синхронизации на киноплёнке);
- *по форме представления сигнала* - аналоговая или цифровая фонограмма;
- *по количеству каналов записи.*

1.7.1. Многоканальная аналоговая фонограмма на магнитных дорожках, нанесенных на киноплёнку

Разработка технологии нанесения магнитной дорожки на киноплёнку в 50-е годы дала основной толчок к разработке многоканальных форматов на магнитных дорожках для 35- и 70-мм киноплёнок. Были опробованы 2-, 3-, 4-, 6- и 9- канальные системы, а широкоформатный кинематограф (70-мм киноплёнка) практически до настоящего времени неизменно представлял зрителям 6-канальную систему звукопередачи.

Однако сложный и дорогой вид кинопроизводства и плохие эксплуатационные характеристики магнитной фонограммы фильмокопии (см. п. 1.2) приостановили дальнейшее развитие многоканальной системы записи звука кинофильмов с использованием фонограммы на магнитной дорожке. В настоящее время, как уже говорилось, выпуск таких фильмокопий прекращен.

1.7.2. Многоканальная аналоговая фотографическая фонограмма

Второй скачок развития многоканального «кинозвука» был дан в 70-е годы фирмой Dolby Laboratories.

Современная многоканальная аналоговая система звукозаписи на киноплёнку Dolby Stereo (и Dolby-- SR) основана на трех основных разработках фирмы Dolby Laboratories:

- системы шумоподавления,
- системы кодирования матричным способом,

звукового процессора при воспроизведении.

Это позволило улучшить качественные показатели фонограммы: расширить диапазон частот, уменьшить искажения и шум фонограммы по сравнению с фонограммой, записанной традиционным способом, настроить по стандартам стереофоническую систему кинотеатра [1,2].

Dolby Stereo является 4-канальной фонограммой для создания пространственных эффектов - Surround Sound - в профессиональных кинотеатрах.

В процессе окончательной перезаписи магнитных фонограмм кинофильма формируется 4-дорожечный магнитный оригинал перезаписи, у которого на первой (**L**) и третьей (**R**) дорожках – информация соответственно для левого и правого заэкранных громкоговорителей, на второй (**C**) дорожке – для центрального громкоговорителя, на четвертой (**S**) – для канала окружения. Полученный магнитный оригинал подлежит компрессированию и кодированию матричным устройством «Долби стерео -35» (рис. 1.2).

Фронтальный сигнал **C**, уменьшенный по уровню на 3 дБ, подается на сумматоры 1 и 2, где соединяется с фронтальными левым **L** и правым **R** сигналами. Далее сигналы поступают на другую пару сумматоров 5 и 6, где соединяются с сигналом окружения **S**, сдвинутым по фазе соответственно на $+90^\circ$ и на -90° . Канал окружения вводится с уровнем -3 дБ, с ограниченной полосой частот сигнала от 100 Гц до 7 кГц (фильтр 3), и с шумопонижением типа NR (шумоподавитель 4). Сигналы записываются на две аналоговые дорожки, расположенные на месте обычной фонограммы кинофильма (табл. 1.1, рис. 10).

В кинотеатре считывание фонограммы производится воспроизводящим устройством с двумя фотоэлектрическими преобразователями [2], с которых сигналы после усиления поступают на декодирующее устройство (рис 1.3), восстанавливающее четыре исходных канала. Канал окружения поступает к слушателю на 10 – 30 мс позднее, чем основные сигналы (линии задержки 5) [2,5].

Фонограмма Dolby – SR (спектральная запись) аналогична вышеописанной, но обладает более высокими качественными показателями. Использование шумоподавителя Dolby – SR с разделением сигнала на 67 частотных полос и более умеренным сжатием динамического диапазона обеспечило снижение шума фонограммы более чем в два раза, а также расширение частотного диапазона и уменьшение уровня нелинейных искажений [10].

Фонограмма Dolby – SR имеет частотный диапазон до 12,5 кГц, динамический диапазон 60 дБ, нелинейные искажения порядка 1%, 5 каналов (формат 4.1). Дополнительный низкочастотный канал образуется при воспроизведении способом выделения низких частот из основных каналов [2].

Если запись негатива фонограммы производилась лазерным светомодулирующим устройством [3], то возможно расширение частотного диапазона до 16 кГц.

Матричная система кодирования вносит существенное изменение в исходный сигнал – воспроизведенный декодированный сигнал не полностью соответствует исходному четырехканальному сигналу. Кроме того, система передает только ограниченный по частоте моносигнал в канале окружения. Это приводит к тому, что в левые и правые громкоговорители поступает один и тот же сигнал. Расположенный между ними слушатель локализует сигнал как центральный фантомный образ, нарушая тем самым эффект окружения.

Фонограмма Dolby – SR в сочетании с цифровыми фонограммами как резервный вариант.

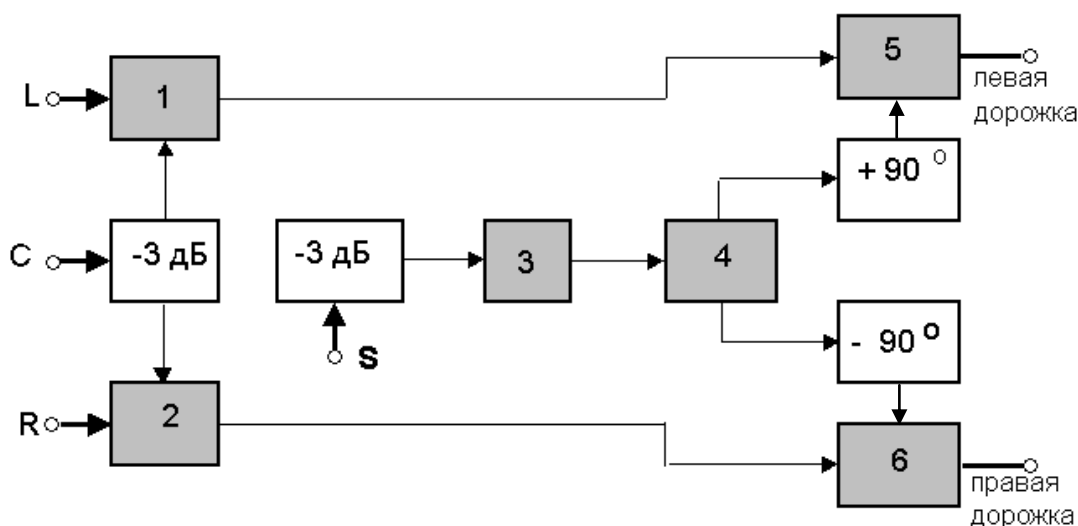


Рис. 1.2. Схема кодирования звуковых сигналов при записи:

- L, R - сигналы соответственно левого и правого каналов;
- C - сигнал центрального канала;
- S - сигнал канала окружения;
- 1, 2, 5, 6 - сумматоры сигналов;
- 3 - фильтр;
- 4 - шумоподавитель.

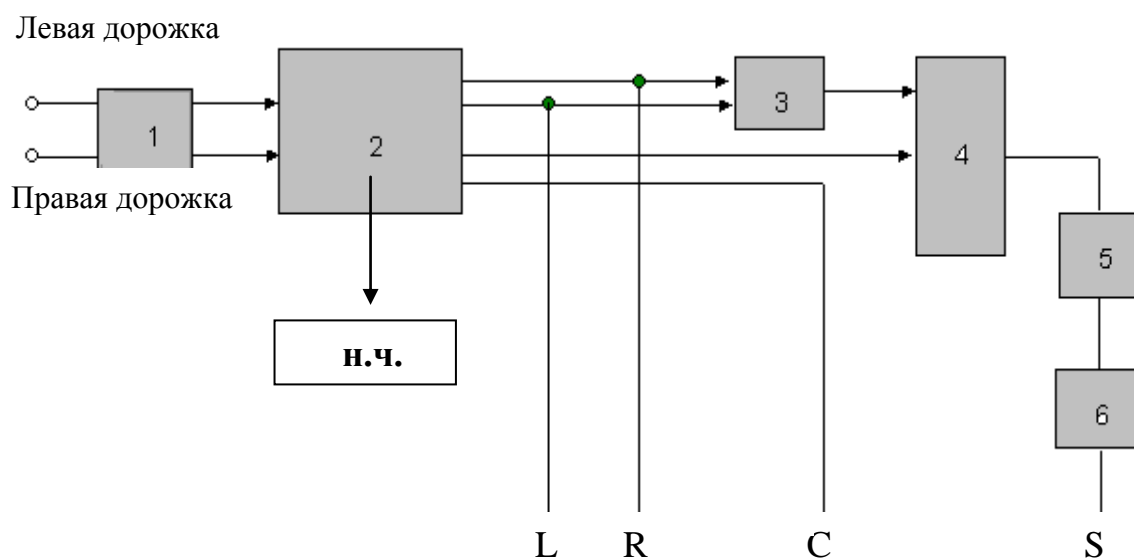


Рис. 1.3. Схема декодирования сигнала при воспроизведении:

- 1 – регулятор баланса левого/правого каналов;
- 2 – декодирующая матрица;
- 3 – дополнительная матрица;
- 4 - фильтр 100 – 7000 Гц;
- 5 – линия задержки;
- 6 – экспандер системы шумоподавления.

1.8. Цифровая фонограмма

Использование цифровой фонограммы позволяет заметно повысить качественные параметры фонограммы: значительно расширить динамический и частотный диапазоны, снизить уровень шума и уровень нелинейных искажений и, что очень важно, позволяет передать 5.1 и более независимых друг от друга канала. Кроме того, при передаче цифровой фонограммы утрачивает свое значение стабильность скорости движения носителя. Однако для передачи сигнала требуется высокая скорость потока данных, что предъявляет повышенные требования к носителю. Для цифровой фонограммы неизбежна некоторая потеря информации - ошибки дискретизации, квантования, потеря информации при использовании алгоритма сжатия информации [2].

Качество цифровой фонограммы определяется выбором частоты дискретизации, разрядности, наличием и степенью сжатия (компрессирования), выбором систем помехозащищенности, качественными возможностями носителя записи.

1.8.1. Цифровая фонограмма, расположенная на аналоговой дорожке

Цифровая фонограмма Cinema Digital Sound (CDS) является первым цифровым звуковым форматом в кино. Фонограмма располагается на месте обычной аналоговой дорожки. Запись сигнала производится без сжатия информации при использовании специальной 12-битовой логарифмической шкалы, обеспечивающей динамический диапазон до 90 дБ. Формат предусматривает систему обнаружения и устранения ошибок в отпечатанной фонограмме для обеспечения помехоустойчивости цифрового сигнала.

Экспериментальная отечественная фонограмма (табл.1.1, рис. 11) записана на аналоговую звуковую дорожку при помощи светомодулирующего устройства, представляющем собой ряд светооптических затворов [3].

Цифровые фонограммы, расположенные на месте аналоговой, критичны к нарушениям юстировки звуковоспроизводящей системы и к всевозможным повреждениям рабочего слоя киноплёнки, что приводит к невозможности их прочтения. Отсутствие резервной фонограммы исключает использование этих фонограмм в массовом производстве.

На современных массовых фильмокопиях используются следующие цифровые фонограммы (табл. 1.1, рис. 12).

1.8.2. Фонограмма Dolby Digital (DD)

Фонограмма Dolby Digital (DD) передает 6 отдельных независимых каналов (формат 5.1) в отличие от фонограммы Dolby Stereo (матричного способа передачи сигналов): левый, правый, центральный, левое окружение, правое окружение и дополнительный низкочастотный канал. Так как здесь не используется смешивание канальных сигналов, формат обладает способностью создавать кажущиеся источники звука в любой точке кинозала. Все пять основных широкополосных каналов передают частотный диапазон от 20 Гц до 20 кГц.

Цифровая фонограмма в виде матрицы пикселей располагается между перфорациями киноплёнки. «Разрывы на перфорацию» цифрового сигнала устраняются временными задержками - накопителями в усилителе воспроизведения.

При возникновении ошибок в процессе декодирования вследствие износа или обрыва плёнки в качестве резерва используется аналоговая фонограмма Dolby SR, записанная на обычном месте аналоговой фонограммы. Поскольку на киностудиях фонограмма с матричным кодированием Dolby SR изготавливается непосредственно из базовой 6-канальной Dolby Digital, эта кратковременная замена почти незаметна.

Качество звучания фонограммы почти как у компакт-диска, но в отличие от него скорость цифрового потока значительно ниже. Кодирующее устройство при записи фонограммы вырабатывает поток данных со скоростью 64 Кбит/с x 6 каналов = 384 Кбит/с (сравните: два цифровых канала компакт-диска без использования системы сжатия создают поток данных со скоростью 1411,2 Кбит/с). Это снижает качество звучания. Однако использование высокоэффективных стандартов сжатия AC-11, а также шумопонижения SR в значительной степени компенсирует этот недостаток. Частота дискретизации 48 кГц.

Параметры фонограммы: как уже говорилось выше, частотный диапазон от 20 Гц до 20 кГц, динамический диапазон - 97 дБ, нелинейные искажения – 0,001%, 6 независимых каналов.

1.8.3. Фонограмма Dolby Digital Surround EX

Фонограмма Dolby Digital Surround EX (формат 6.1) передает шесть независимых каналов, но использует матричную систему кодирования каналов окружения, в результате чего дополняется центральный канал окружения для заднего ряда громкоговорителей. Можно добавить и верхний (потолочный) канал [1].

1.8.4. Фонограмма Sony Dynamic Digital Sound

Фонограмма Sony Dynamic Digital Sound (SDDS) - формат 7.1 (добавлены дополнительные левый и правый каналы) представлена фирмой Sony. Фонограмма записана на циановом слое под тремя эмульсионными слоями киноплёнки, что уменьшает возможность повреждения фонограммы при износе и загрязнении киноплёнки. Кроме того, формат использует уникальную технологию дублирования информации (фонограмма расположена за перфорациями с обеих сторон киноплёнки), позволяя тем самым безошибочно воспроизводить звук. Вероятные повреждения на одной стороне киноплёнки корректируются информацией, дублированной на фонограмме другой стороны, записанной с задержкой в 7 кадров. В системе также предусмотрено использование аналоговой фонограммы Dolby SR в случае повреждения фонограммы с двух сторон (маловероятная ситуация). Для воспроизведения фонограммы используются две звуковоспроизводящие системы.

Не все фильмы записываются в формате 7.1 (восемь независимых каналов), многие записаны в формате 5.1, дополнительные левый и правый каналы не использованы. При воспроизведении декодер создает эти каналы искусственно. И, наоборот, возможно воспроизведение фильмов, записанных в

формате 7.1, в системе 5.1. В отличие от киноформата DD в данном формате предусмотрена коррекция ошибок и используется система сжатия данных АТРАС. Скорость цифрового потока $142 \text{ Кбит/с} \times 8 \text{ каналов} = 1136 \text{ Кбит/с}$; частота дискретизации 44.1 кГц. Качественные показатели фонограммы такие же, как и у фонограммы Dolby Digital.

1.8.5. Фонограмма Digital Theater Systems

Фонограмма Digital Theater Systems (1993 г.) – DTS, формат 5.1 или 7.1 (плюс два дополнительных задних канала окружения) [6,15]. Запись звука ведется на оптический диск, а на киноленту записывается только дорожка канала синхронизации – временной низкочастотный код, который считывается во время демонстрации фильма с помощью специальной оптической головки. Частота синхронизации очень низкая, что позволяет обеспечить синхронность с точностью $\pm 0,3$ кадра ($\pm 14 \text{ мс}$). Имеется, как и в предыдущих случаях, резервная аналоговая дорожка - аналоговая фонограмма Dolby SR.

При кодировании звука создается звуковой поток со скоростью почти такой же, как у компакт-диска: $224 \text{ Кбит/с} \times 6 \text{ каналов} = 1344 \text{ Кбит/с}$. Используется алгоритм сжатия APX-100 для 16-битных звуковых сигналов с частотой дискретизации 44,1 кГц.

Параметры фонограммы: частотный диапазон 20 Гц – 20 кГц, динамический диапазон 110 дБ, нелинейные искажения 0,0001 %, 5.1 (7.1) каналов.

1.9. Фонограммы фильмокопии

В настоящее время выпускаются 35-мм фильмокопии, имеющие или все вышеперечисленные цифровые фонограммы сразу или (чаще) только часть из них, а также аналоговую фонограмму Dolby SR (рис.12 табл. 1.1). У каждого из цифровых фонограмм свои сильные и слабые стороны: разные звуковые характеристики, возможности распространения и экономические затраты на кинопроизводство. Наибольшее распространение на мировом рынке получил цифровой формат Dolby Digital.

70 – мм фильмокопии в настоящее время используются только в кинотеатрах типа IMAX. Объемное изображение создается при одновременной проекции с двух 70-мм киноленок. Кадр изображения повернут на 90 градусов и увеличен до 15 перфораций. Это позволило значительно увеличить качество киноизображения: резкость, яркость, передачу цветов изображения, улучшить передачу двигающихся с большой скоростью объектов – уменьшить шлейф за ними. Площадь кадра увеличена и по ширине из-за отсутствия звуковой

дорожки фонограммы. Звуковая фонограмма записана на отдельном носителе – жестком диске, на одной из киноплёнок прописан синхрокод. Кинематограф IMAX сегодня превосходит все другие системы, предназначенные для кинопоказа.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОНОГРАММЫ ПЕРЕМЕННОЙ ШИРИНЫ

В массовых фильмокопиях цветных и черно-белых кинофильмов, независимо оттого, монофоническая это или стереофоническая система звукопередачи аналогового сигнала, применяется фотографическая фонограмма переменной ширины.

Рассмотрим основные характеристики фонограммы переменной ширины на примере одноканальной двухдорожечной фонограммы.

2.1. Отдача фотографической фонограммы

При движении фонограммы в звуковоспроизводящем устройстве кинопроектора модулируется падающий на нее в форме узкого воспроизводящего штриха световой поток воспроизводящей лампы, который далее проходит на фотоэлектрический элемент и вызывает возникновение в его цепи переменной составляющей фототока [3].

Модуляция светового потока осуществляется за счет изменения «рисунка фонограммы» во времени, т.е. усредненного в пределах воспроизводящего штриха значения коэффициента пропускания данного участка фонограммы, определяемое как:

$$\tau_{\text{усред}} = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{пад}}},$$

где $F_{\text{пр}}$ и $F_{\text{пад}}$ – световые потоки (прошедший через киноленту и падающий на нее, в пределах звуковоспроизводящего штриха) [1].

На рис. 2.1 показаны три участка фонограммы переменной ширины, на которых записаны сигналы разных уровней записи (модуляции).

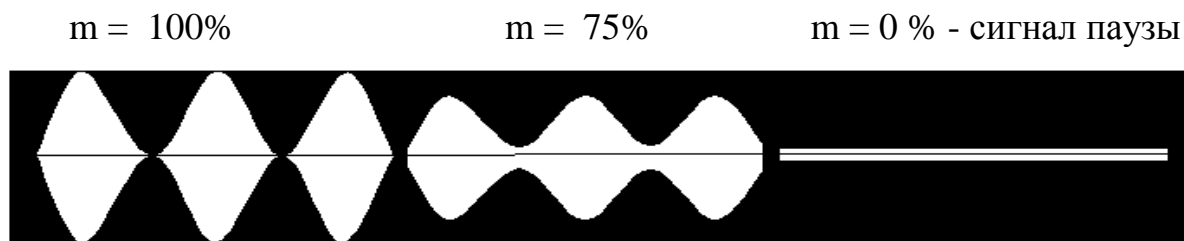


Рис. 2.1. Фонограмма с разными уровнями модуляции

Отдача фонограммы $U_{\text{вых}}$ (соответствующая амплитуде тока фотоэлемента) зависит от интенсивности и спектрального состава излучения воспроизводящей лампы E_λ , величины модуляции записанного на пленку сигнала m , полуразности коэффициентов пропускания прозрачных и темных участков фонограммы $\frac{\tau_{\text{св}} - \tau_{\text{тем}}}{2}$, площади воспроизводящего штриха $v \cdot \ell$, спектральной чувствительности фотоэлектрического преобразователя S_λ [1]:

$$I = E_\lambda \cdot m \cdot \frac{\tau_{\text{св}} - \tau_{\text{тем}}}{2} \cdot (v \cdot \ell) \cdot S_\lambda,$$

где v – ширина, ℓ – длина воспроизводящего штриха.

ℓ – длина воспроизводящего штриха, равна 2,15 мм для 35-мм фильма;
 v – ширина воспроизводящего штриха равна для 35-мм фильма при воспроизведении классической фонограммы 0,016 мм и при воспроизведении фонограммы с расширенным частотным диапазоном Dolby SR 0,006 мм.

2.2. Отношение сигнал/шум фонограммы

Фотографическая аналоговая фонограмма имеет относительно малое отношение сигнал/шум: 45 - 50 дБ для неизношенной фильмокопии на мелкозернистой кинопленке (без использования шумоподавителей). Это связано, с одной стороны, ограничением максимального сигнала U_{max} , который может быть получен при воспроизведении, и высоким уровнем шума фонограммы $U_{\text{шума}}$, с другой стороны:

$$ОСШ = 20 \lg \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{шума}}}.$$

Для повышения уровня отдачи необходимо увеличить $\tau_{\text{св}}$, т.е. уменьшить $D_{\text{св}}$ – оптическую плотность светлых участков фонограммы и уменьшить $\tau_{\text{тем}}$, т.е. увеличить $D_{\text{тем}}$ – оптическую плотность темных участков фонограммы.

$$D = \lg \frac{1}{\tau}$$

Повышение $D_{\text{тем}}$ фонограммы может быть достигнуто за счет увеличения экспозиции при печати позитива фонограммы (с негатива) в копировальном аппарате. Однако при значительных экспозициях в копировальном аппарате возрастает не только плотность темных участков фонограммы, но и увеличивается $D_{\text{св}}$, так как через темные участки негатива также проходит свет на позитивную киноплёнку и, кроме того, увеличивается заплывание фонограммы. Поэтому целесообразно увеличивать плотность темного участка только до определенного предела, соответствующего максимуму отдачи фонограммы. На рис. 2.2 показана типичная зависимость отдачи позитива фонограммы от плотности зачерненных участков.

Кроме того, плотность темных участков позитива (так же как и негатива) оказывает влияние на передачу высоких частот: чем больше плотность, тем должна быть больше экспозиция, тем больше будет рассеяние света в киноплёнке, тем хуже частотная характеристика. Исходя из высказанных соображений, плотность темных участков позитива нормируется:

$$D_{\text{тем}} = 1,3 \pm 0,2 \text{ Б} - \text{ для всех видов фонограмм фильмокопий.}$$

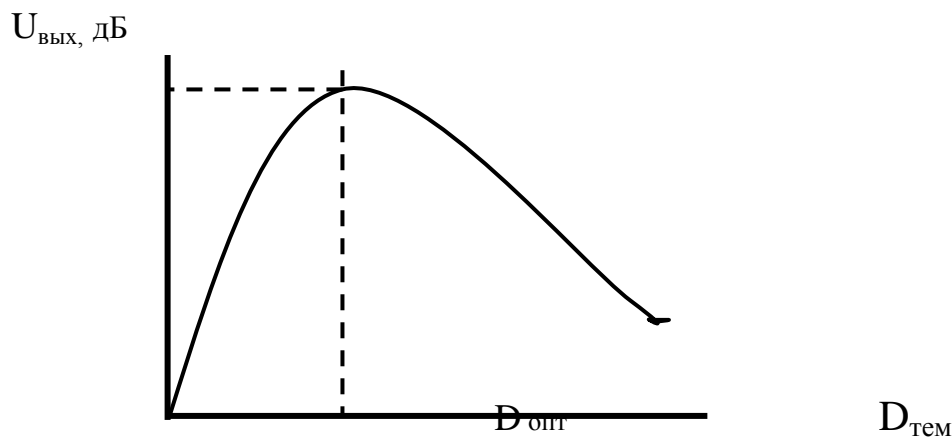


Рис. 2.2. Зависимость отдачи позитива фонограммы от плотности ее темных участков

Шум фонограммы в процессе воспроизведения вызван зернистостью структуры проявленного фотографического изображения и загрязнением прозрачных участков фонограммы: пылинки, царапины и т.п.

Понижение уровня собственного шума фонограммы осуществляется специальными шумопонижающими устройствами, которые уменьшают ширину

светлых зон фонограммы участков, на которых записаны малые уровни сигнала или сигнал «пауза» (рис. 2.3 а, б).

Для необесшумленной паузы ширина светлых участков фонограммы равна ширине темных участков фонограммы, т.е. $\frac{1}{2}$ длины записывающего штриха (1,9 мм): $a_{\text{св}} = a_{\text{тем}} = 0,95$ мм.

Для обесшумленной фонограммы ширина каждого светлого участка зависит от степени обесшумливания и обычно лежит в пределах $0,05 \div 0,1$ мм. Тогда $a_{\text{тем}} = 1,9 - 2(0,05 \div 0,1)$ мм.

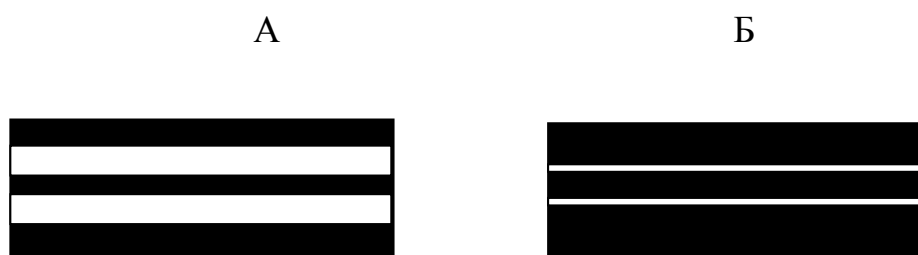


Рис. 2.3. Участки позитива необесшумленной и обесшумленной фонограмм с записью сигнала «пауза»:

А - необесшумленная фонограмма;

Б - обесшумленная фонограмма.

2.3. Амплитудно - частотная характеристика фонограммы

Амплитудно-частотная характеристика воспроизводимого с фонограммы сигнала складывается из амплитудно-частотных характеристик всего фотографического тракта (рис. 2.4):

- амплитудно-частотной характеристики непосредственно самой фонограммы на позитивной киноплёнке - АЧХ_{фф}, включающей процесс записи негатива в звукозаписывающем устройстве и процесс печати позитива в копировальном аппарате;

- процесса воспроизведения фонограммы в звуковоспроизводящем аппарате - АЧХ_{ав} (фонограмма фильмокопии может быть воспроизведена звукоблоком кинопроекторного аппарата при кинопоказе или на специальном звуковоспроизводящем аппарате).

Таким образом, при воспроизведении сигнала с фонограммы можно определить только суммарную характеристику:

$$AЧХ_{\text{суммарная}} = AЧХ_{\text{фф}} + AЧХ_{\text{ав}}$$

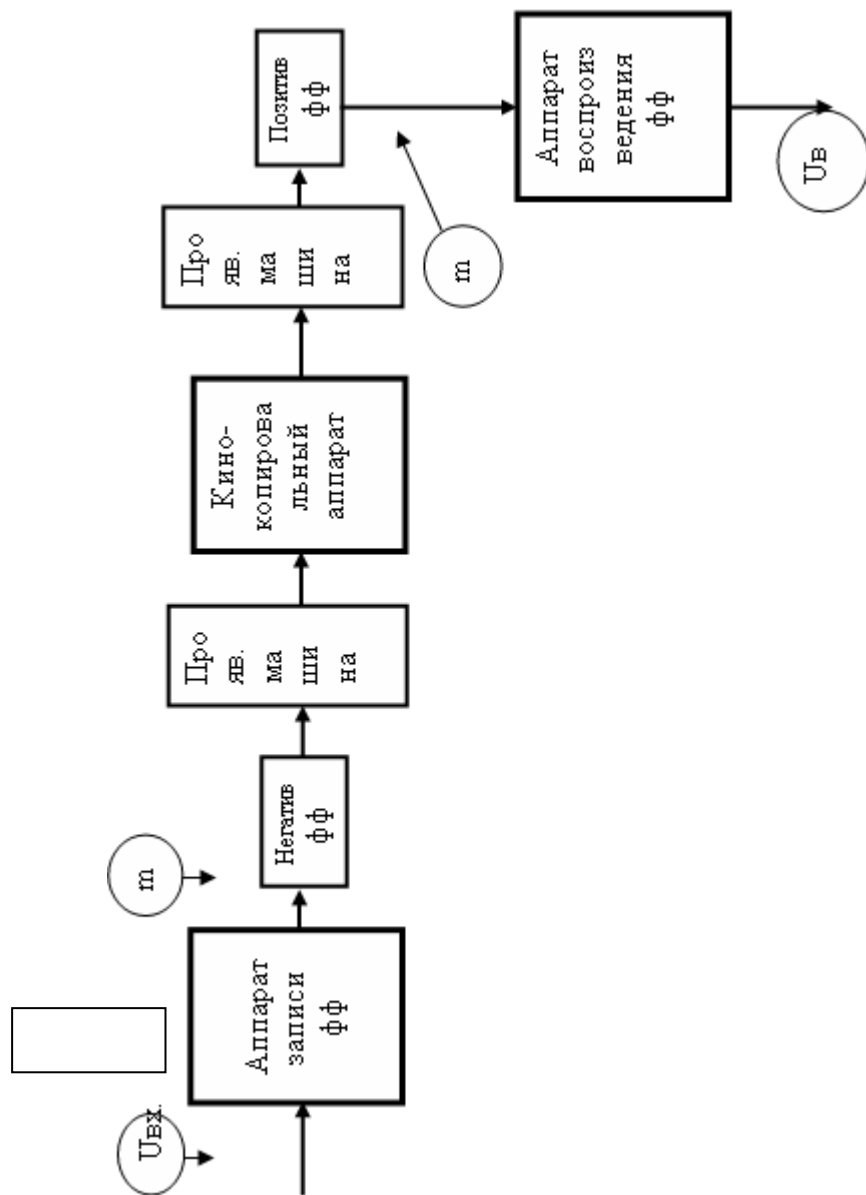


Рис 2.4. Схема сквозного тракта записи-копирования-воспроизведения фотографической фонограммы

Звукозаписывающая аппаратура в зависимости от типа светомодулирующего устройства передает или полный частотный диапазон от 20 до 20 000 Гц (лазерные модуляторы света) или ограниченный частотный диапазон от 40 до 12 кГц (электромеханические модуляторы света) [3].

Рассеяние света как в процессе записи негатива, так и в процессе копирования с негатива на позитив, вызывает заплывание фонограммы на высоких частотах, величина которого определяет частотные потери процессов записи и копирования. В отличие от нелинейных искажений, вызванных также заплыванием (см п.2.4.2), которые компенсируются в процессе записи-копирования, частотные искажения сигнала в негативе и позитиве складываются. Вся «предыстория» получения позитива фонограммы отражена в АЧХ_{фф}.

Звуковоспроизводящая аппаратура также оказывает влияние на частотную характеристику воспроизводимого с фонограммы сигнала:

- ширина воспроизводящего штриха и точность фокусировки и установки (наклон) штриха определяют волновые (щелевые) потери,
- характеристика усилителя воспроизведения определяет частотные потери.

Частотная характеристика канала воспроизведения определяется при помощи специального контрольного фильма с записью сигналов разных частот с одинаковой модуляцией (амплитудой), т.е. при чтении фонограммы с известной - АЧХ_{кф}.

Если измерить частотную характеристику при воспроизведении фонограммы - АЧХ суммарную, то частотная характеристика самой фонограммы может быть определена, если из суммарной характеристики вычислить частотную характеристику канала воспроизведения, измеренную с помощью контрольного ролика.

$$АЧХ_{фф} = АЧХ_{суммарная} - АЧХ_{ав}$$

Нижняя и верхняя границы частотного диапазон фонограммы определяются по спаду АЧХ_{фф} на «-3 дБ».

2.4. Искажения сигнала в сквозном тракте фотографической фонограммы

Искажения сигнала, возникающие в тракте записи-копирования – воспроизведения фотографической фонограммы, можно разделить на следующие:

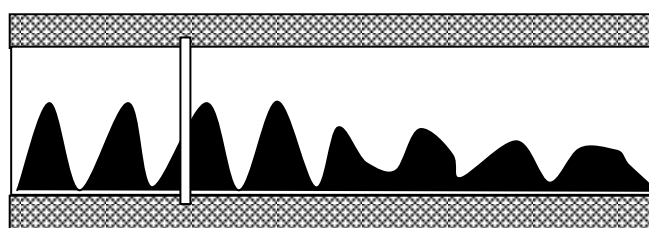
- искажения, возникающие в усилителях записи и воспроизведения;

- искажения, возникающие в оптических системах светомодулирующих устройств записи и воспроизведения;
- искажения, возникающие в процессах записи, копирования и воспроизведения.

Наиболее заметными, значительно ухудшающими качество фотографической фонограммы являются искажения, возникающие в процессах копирования и воспроизведения.

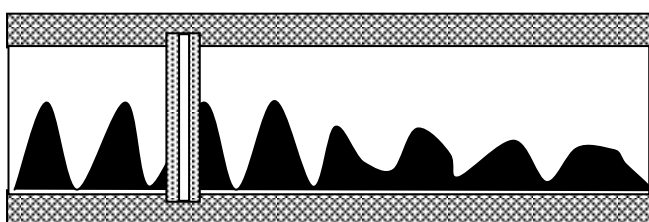
2.4.1. Искажения при воспроизведении фонограммы

Светооптическая система воспроизводящего устройства [3] должна обеспечивать точную фокусировку воспроизводящего штриха в плоскости эмульсионного слоя киноплёнки, его правильное положение по отношению к фонограмме (рис. 2.5, А) и равномерную освещённость. Любое нарушение этого требования приводит к искажениям звукового сигнала, записанного киноплёнку.



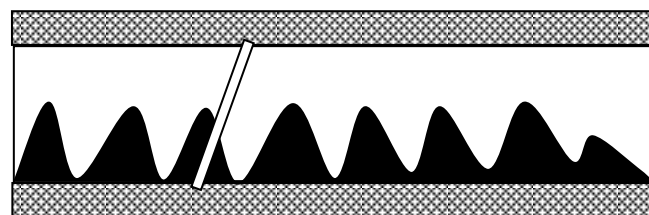
А
Правильное положение

Нет искажений



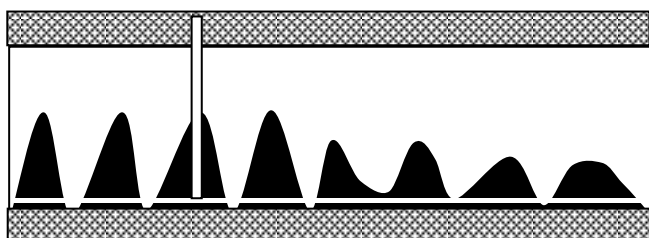
Б
Расфокусировка

Частотные (волновые) и нелинейные искажения



В
Наклон штриха

Частотные и нелинейные искажения



С
Смещение штриха

Нелинейные искажения

2.5. Расположение воспроизводящего штриха относительно края звуковой дорожки (и края киноплёнки). Искажения при неверном относительном расположении

Расфокусировка воспроизводящего штриха

Неточная фокусировка воспроизводящего штриха имеет место в том случае, когда плоскость, в которой микрообъектив изображает механическую щель, не совпадает с плоскостью фонограммы, при этом на фонограмме увеличивается ширина воспроизводящего штриха (рис.2.5, Б). Это существенно сказывается, в первую очередь, на амплитудно-частотной характеристике воспроизводимой фонограммы из-за увеличения величины волновых потерь. Амплитуда переменного светового потока, проходящего через фонограмму, пропорциональна множителю, определяющему волновые щелевые потери:

$$K_{\text{щ}} = 20 \lg. \frac{\sin \frac{\pi \Delta}{\lambda}}{\frac{\pi \Delta}{\lambda}} \quad (\text{дБ}),$$

где Δ - ширина воспроизводящего штриха,
 λ - длина волны записи.

Щелевые потери растут с увеличением частоты сигнала. Чем уже воспроизводящий штрих, тем больший частотный диапазон может быть воспроизведен. Однако при этом уменьшается падающий световой поток на фонограмму и, следовательно, величина отдачи фонограммы.

Ширина воспроизводящего штриха выбирается из соображений передачи всего частотного диапазона воспроизводимой фонограммы и приблизительно составляет:

$$\Delta = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{4}\right) \cdot \lambda.$$

Для традиционной 35-мм фонограммы, имеющей частотный диапазон не более 10 кГц, $\Delta=16$ мкм ($\lambda = \frac{V}{f} = \frac{456 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^3} = 45,6$ мкм), для фонограммы с частотным диапазоном до 20 000 Гц штрих сужен до 6 мкм.

Неточная фокусировка воспроизводящего штриха увеличивает его ширину и ограничивает частотный диапазон передаваемого сигнала фонограммы сверху.

Наклон воспроизводящего штриха

В воспроизводимом с фотографической фонограммы сигнале возникают дополнительные искажения, когда нарушается условие точной параллельности пишущего и воспроизводящего световых штрихов (штрихи устанавливаются перпендикулярно базовому краю киноплёнки) (рис. 2.5, В).

Взаимный перекося воспроизводящего и записывающего штрихов приводит к появлению как частотных (линейных), так и нелинейных искажений, величина которых зависит от угла относительного наклона световых штрихов.

Искажения зависят и от типа фонограммы: уменьшаются с увеличением числа дорожек записи. Из этих соображений фонограмма фильмокопий (одноканальная) была выбрана двухдорожечной. Стереофоническая фонограмма Dolby SR имеет две независимые дорожки, уменьшенные в 2 раза по ширине, что предъявляет к звуковоспроизводящей аппаратуре повышенные требования к точности прочтения дорожек.

Частотные потери, вызванные наклоном штриха, можно определить по формуле:

$$K_{\varphi} = \frac{\sin \frac{\pi l \operatorname{tg} \varphi}{\lambda}}{\frac{\pi l \operatorname{tg} \varphi}{\lambda}} \quad (\text{дБ})$$

Неравномерная освещенность штриха

Неточная юстировка светооптической системы звуковоспроизводящего устройства может вызвать неравномерность освещенности воспроизводящего штриха как по его длине, так и по ширине.

Неравномерная освещенность по ширине штриха изменяет эффективную ширину воспроизводящего штриха, а, следовательно, изменяет частотные волновые потери сигнала.

Неравномерная освещенность по длине воспроизводящего штриха приводит к нелинейным искажениям, величина которых зависит от характера распределения освещенности вдоль штриха (по параболе вогнутой и выпуклой, по трапеции, по треугольнику, по косинусу) и тем больше, чем больше перепад освещенности и уровень записи сигнала.

При использовании лампы накаливания освещенность по длине штриха практически всегда имеет большую или меньшую неравномерность.

Смещение штриха

Смещение воспроизводящего штриха в поперечном направлении относительно звуковой дорожки (рис. 2.5, Г) приводит к появлению помех, сопровождающих воспроизводимый сигнал, и к нелинейным искажениям.

При большом смещении штрих выходит за пределы звуковой дорожки и захватывает перфорацию, прослушивается помеха с частотой следования перфорации (96 Гц для 35-мм киноплёнки). При смещении штриха в другую сторону захватывается межкадровая черта изображения (24 кадра/с). Кроме того, появляются нелинейные искажения, связанные с уменьшением эффективной длины штриха, читающего фонограмму.

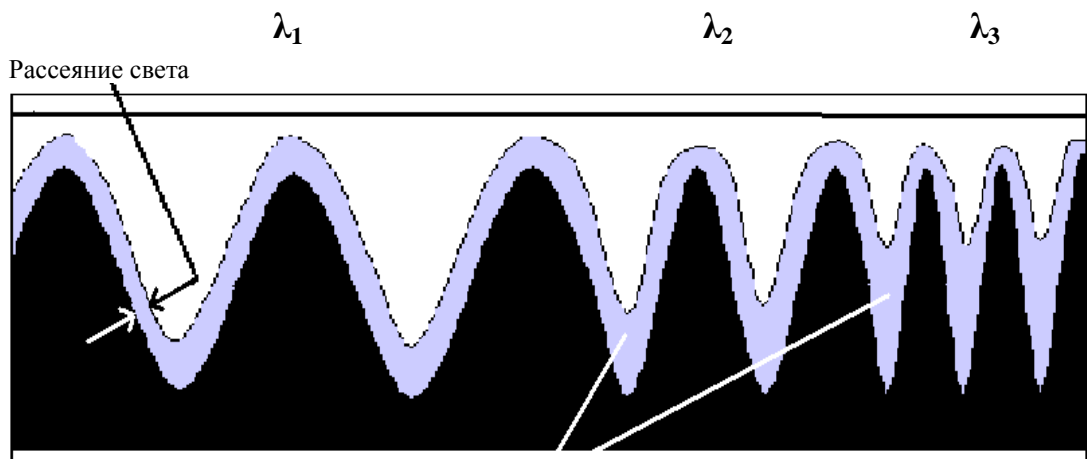
2.4.2. Заплывание фотографических фонограмм

Одним из основных факторов, определяющих качество фотографической фонограммы переменной ширины, является эффект «заплывания», который вызывает почернение неэкспонированных участков фотослоя, прилегающих к экспонированным участкам (для синусоидальных сигналов расширение зубцов и сужение впадин фонограммы на высоких частотах).

Основные причины заплывания:

- рассеяние света в фотослоях негативной и позитивной киноплёнок, вызванное зернистой структурой светочувствительных эмульсий;
- рассеяние света в оптической системе модулятора света при записи;
- рассеяние света из-за плохого контакта между негативной и позитивной киноплёнками при печати.

Заплывание тем больше, чем меньше длина волны записи и чем больше амплитуда записываемого сигнала (рис.2.6). Искажение формы кривой синусоидального сигнала (преимущественно за счет появления его второй гармоники) свидетельствует о нелинейных искажениях, а понижение амплитуды сигнала с уменьшением длины волны записи – о частотных искажениях. Кроме того, происходит изменение постоянной составляющей пропускания фонограммы, что сказывается на величине отдачи сигнала.



Заплывание впадин на изображении сигнала

Рис.2.6. Заплывание фонограммы при записи сигналов с разными длинами волн

В случае записи сложного сигнала с переменной частотой возникают, кроме гармоник, комбинационные низкочастотные (разностные) и высокочастотные (суммарные) продукты нелинейных искажений заплывания.

Такие искажения приобретают особое значение при записи речи, так как некоторые согласные фонемы (шипящие, свистящие, аффрикаты, например, «с», «ч», «ш», «щ», «ф» и др.) имеют шумовой характер, причем максимум спектральной энергии в их спектрах сосредоточен в диапазоне частот 3-8 кГц, для которых эффект заплывания сильно выражен. Результатом заплывания является низкочастотный шум - «шум заплывания» в области частот 0 - 5 кГц, т.е. затрагивается область максимальной восприимчивости слуха (рис. 2.7).

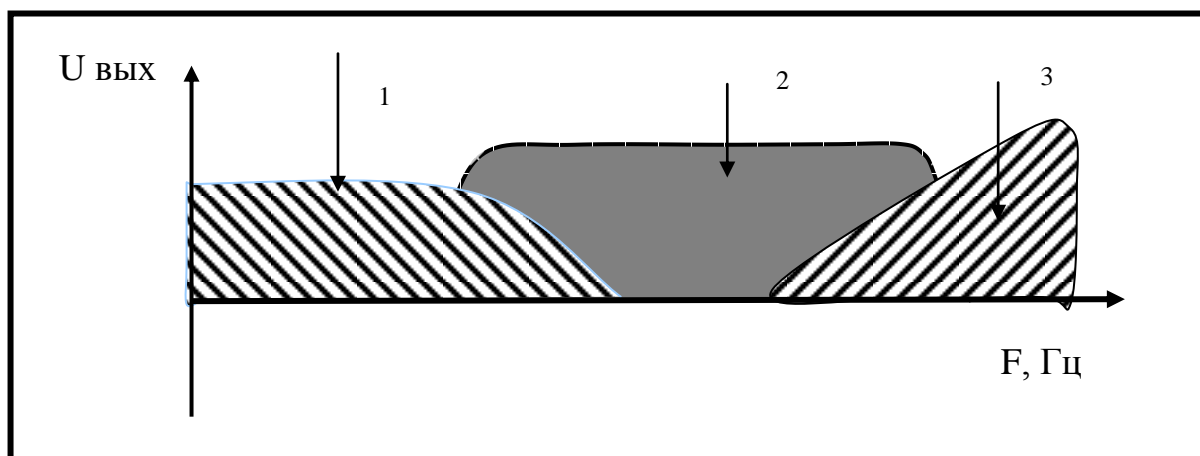


Рис. 2.7. Спектр выходного сигнала

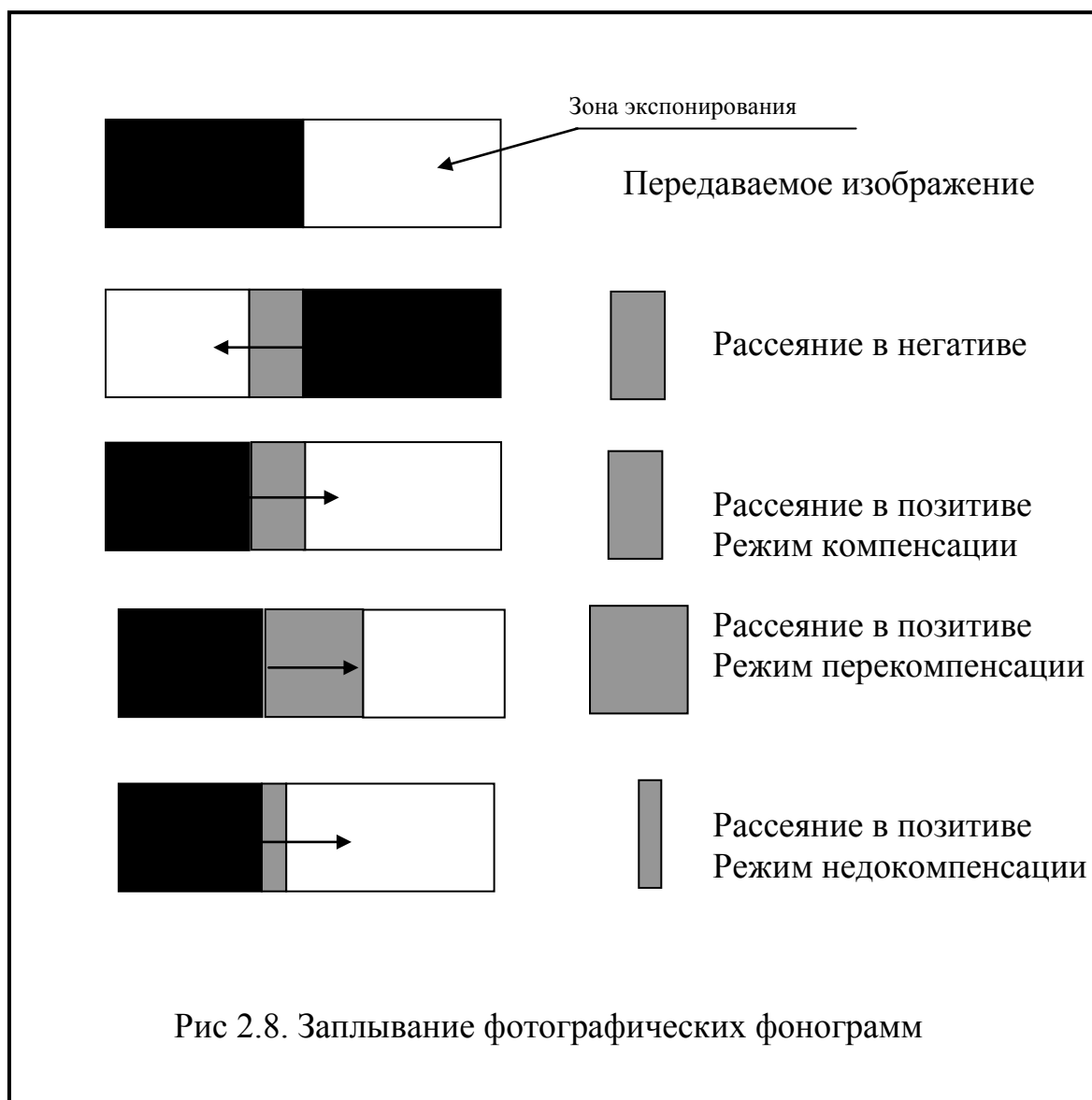
1. Спектр н.ч. сигнала разностного тона ;
2. Спектр записанного сигнала;
3. Спектр в.ч. сигнала (гармоник и суммарных сигналов).

Для уменьшения заплывания в фонограммах фильмокопий применяется компенсационный метод записи-копирования фонограмм. Этот метод заключается в выборе таких экспозиционных режимов при записи и печати (т.е. таких плотностей негатива и позитива), при которых заплывание в негативе $\Delta_{\text{нег}}$ и позитиве $\Delta_{\text{поз}}$ одинаково (рис. 2.8). Поскольку направление рассеяния света в негативе и позитиве противоположно, то изменение постоянной составляющей пропускания позитива при этом в значительной степени компенсируется и сводится к минимуму, а, следовательно, минимален и шум заплывания. Важно отметить, что частотные искажения при этом не компенсируются, а складываются.

Оптическая плотность позитива, как уже отмечалось выше, стандартизована. Поэтому необходимо записать негатив фонограммы с такой экспозицией (т.е. с такой оптической плотностью), чтобы компенсировать

заплывание позитива, печать которого будет вестись со стандартной плотностью. Оптимальная компенсационная плотность негатива должна устанавливаться при любом изменении в технологическом процессе записи-печати фонограмм: смена киноплёнок негатива или позитива, изменение процесса фотохимической обработки киноплёнок, смена или наладка аппарата записи и копираппаратов и т.д.

Особо важное значение приобретает влияние заплывания при записи фонограмм с расширенным частотным диапазоном. Передача высокочастотных составляющих сигнала приводит к увеличению низкочастотного шума заплывания и к расширению его спектра. Запись таких фонограмм обязательно требует использования шумоподавителей (например, шумоподавителя Dolby).



2.4.3. Колебания скорости движения фонограммы

Специфические искажения в воспроизводимом сигнале возникают за счет колебаний скорости движения фонограммы. Причиной колебания скорости являются эксцентриситеты барабанов, непостоянство момента трения в подшипниках валов ведущих барабанов, неравномерность вращения роторов электродвигателей, расхождение между шагом перфораций киноплёнки и шагом зубцов зубчатых барабанов и т.д. Сущность этих искажений заключается в паразитной модуляции сигнала по частоте. Глубина частотной модуляции оценивается коэффициентом колебания скорости и определяется соотношением $\frac{a}{U_0}$ (a - амплитуда переменной составляющей скорости, U_0 - постоянная составляющая скорости), измеряемым в процентах.

Колебания скорости движения носителя вызывают изменение амплитуды основной составляющей сигнала и появление боковых составляющих, отличающихся по частоте друг от друга. Круговые частоты боковых составляющих определяются как $\omega \pm n\Omega$ ($\Omega = 2\pi f_k$).

Субъективным ощущениям колебания скорости соответствует коэффициент детонации K_d , который измеряется при включении в схему прибора для измерения коэффициента колебания скорости $K_{кс}$ частотно-взвешенного фильтра, имеющего нормированную характеристику пропускания $\gamma = \varphi(\Omega)$, построенную в результате соответствующих субъективных испытаний, т.е. $K_d = K_{кс} \gamma(\Omega)$.

3. ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ФОНОГРАММ ЦВЕТНЫХ ФИЛЬМОКОПИЙ

Негативная киноплёнка с записью фотографической фонограммы (в отличие от негатива изображения) всегда только черно-белая. Позитивная киноплёнка фильмокопии может быть как черно-белой (серебряной), так и (в большинстве случаев) цветной.

Цветная многослойная позитивная киноплёнка представляет собою наложенные друг на друга эмульсионные слои, содержащие кроме галогенов серебра красители: соответственно пурпурный, голубой и желтый, которые создают цветное киноизображение. Между этими слоями находятся дополнительные фильтрующие слои. Во время фотохимической обработки киноплёнки на участке киноизображения серебро после стадии отбеливания оседает в раствор. Таким образом, киноизображение на фильмокопии после фотохимической обработки не содержит серебро и является чисто красочным.

Как известно, качество фотографической фонограммы в сильной степени зависит от эффекта заплывания, вызванного рассеянием света в зернистой эмульсии киноплёнок. Для уменьшения этого влияния печать фонограммы на цветных многослойных киноплёнках производят только в одном слое (печать со светофильтром).

Схема тракта воспроизведения фонограммы представлена на рис. 3.1. Модуляция светового потока производится самой фонограммой.

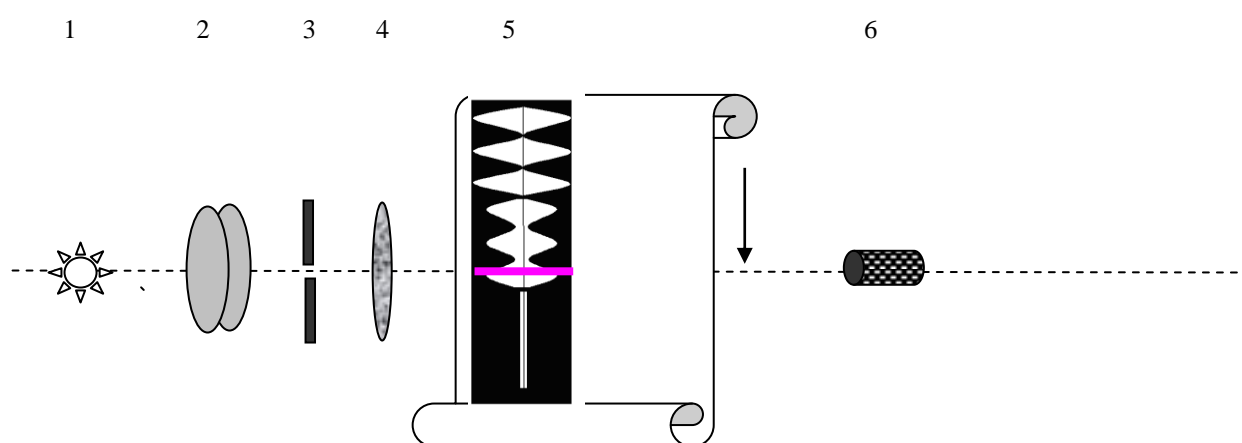


Рис. 3.1. Схема тракта воспроизведения фонограммы:

- 1- источник света;
- 2- конденсор;
- 3- механическая щель;
- 4- линза;
- 5- фотофонограмма;
- 6- фотоприемник

Для получения наибольшей фотоэлектрической отдачи фонограммы необходимо, чтобы источник света 1 излучал максимальную энергию в той спектральной области, которая отвечает максимальной спектральной чувствительности фотоэлектрического преобразователя 6, и чтобы в этой области спектра (рис. 3.2) достигалась максимальная разность коэффициентов спектрального пропускания светлых и темных участков фонограммы 5 (рис.3.3).

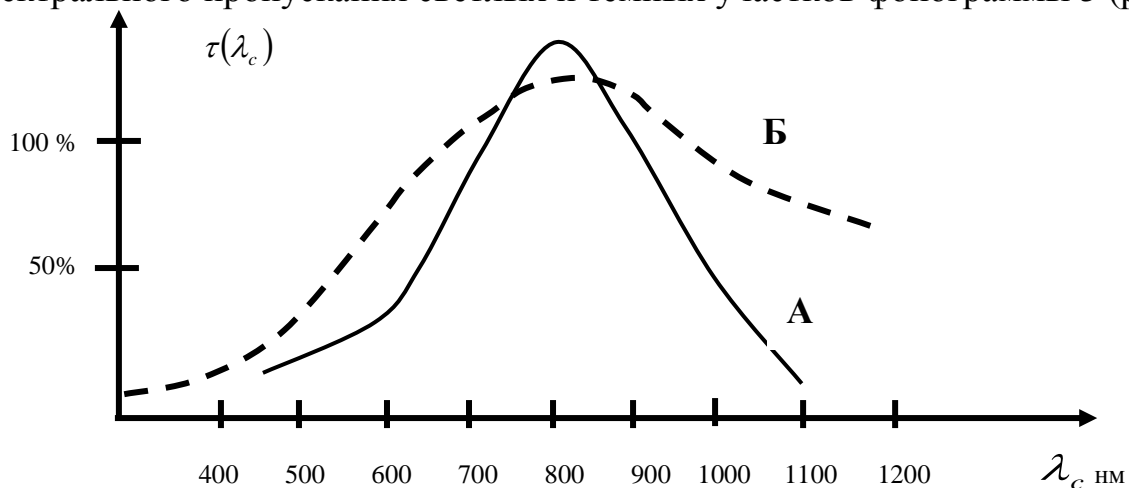
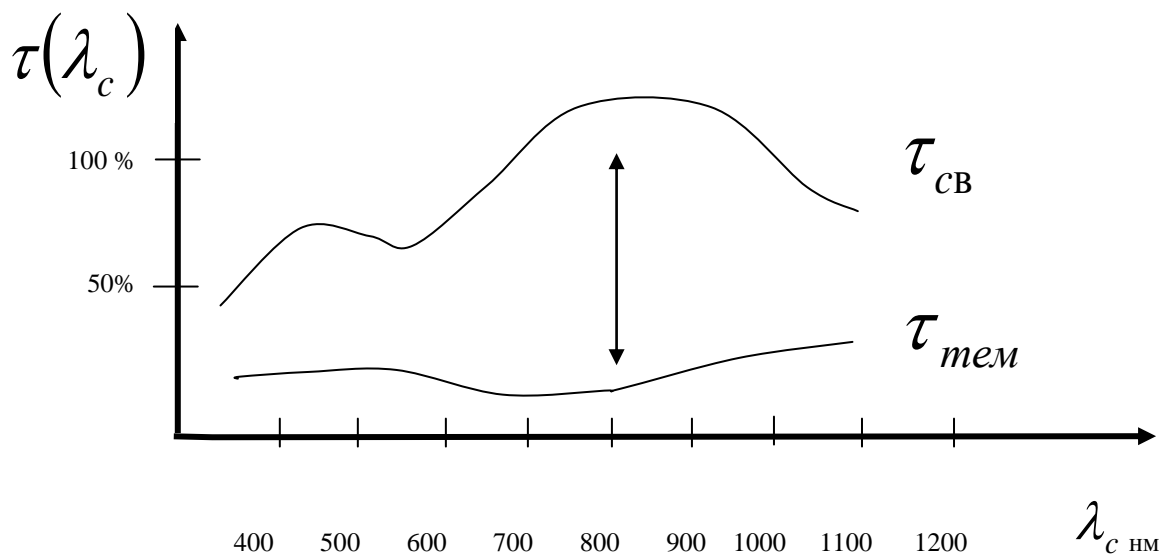


Рис. 3.2. Спектральная чувствительность кремневого фотодиода (А) и мощность излучения источника света (Б)



Такое спектральное согласование возможно при печати фонограммы в голубом слое киноплёнки.

Как видно из рис. 3.4, 1, при воспроизведении «голубой фонограммы» световой поток проходит только через светлые участки фонограммы и, следовательно, ток фотоэлемента и соответственно отдача фонограммы максимальны:

$$I \div E_{\lambda} \cdot \frac{\tau_{св} - \tau_{тем}}{2} \cdot S_{\lambda}.$$

При печати в верхнем (пурпурном слое) световой поток проходит как через прозрачный, так и через темный участки фонограммы: отдача мала (рис. 3.4, 2).

До 2006 г. фонограмма печаталась в верхнем пурпурном слое (для уменьшения заплывания) и требовалась дополнительная черно-белая обработка фонограммы при печати. На участок киноплёнки, содержащий фонограмму, после стадии цветного проявления, валиком наносился черно-белый проявитель. В стадии отбеливания серебро вымывалось с плёнки только на участке изображения, а на участке фонограммы оставалось в киноплёнке. Таким образом получалась красочное изображение и цветосеребряная фонограмма с высокой отдачей из-за уменьшения коэффициента пропускания темного участка (серебро спектрально независимо).

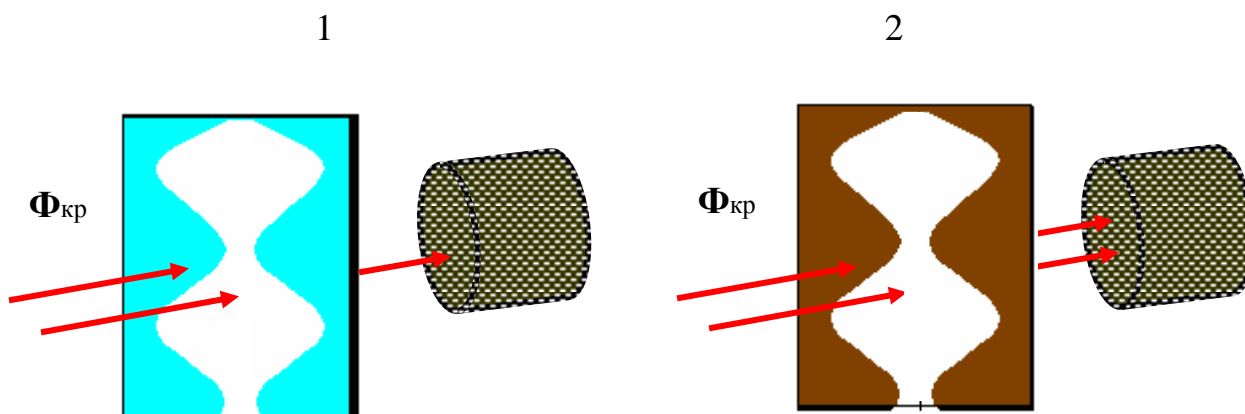


Рис. 3.4. Воспроизведение фонограммы, напечатанной в разных слоях:

1. красный световой поток не проходит через голубой слой с $\tau_{тем}$;
2. красный световой поток проходит через пурпурный слой с $\tau_{тем}$;

Литература

1. Подгорная Е.А. Виды и основные характеристики фотографических фонограмм фильмокопий: Учеб. пособие. – СПб.: Изд. СПбГУКиТ, 2004.- 39 с.
2. Радиовещание и акустика: Учеб. пособие для вузов /Под ред. Ю.А. Ковалгина. -М.: Радио и связь, 1999. – 792 с.
3. Подгорная Е.А. Модуляторы света для записи и воспроизведения фотографических фонограмм фильмокопий: Учеб. пособие. – СПб.: Изд. СПбГУКиТ, 2003.- 33 с.

СХЕМЫ ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ В КИНОТЕАТРАХ

На рис. 1П – 3П изображены схемы расположения громкоговорителей в их подключение в кинозалах для воспроизведения фонограмм разного вида.

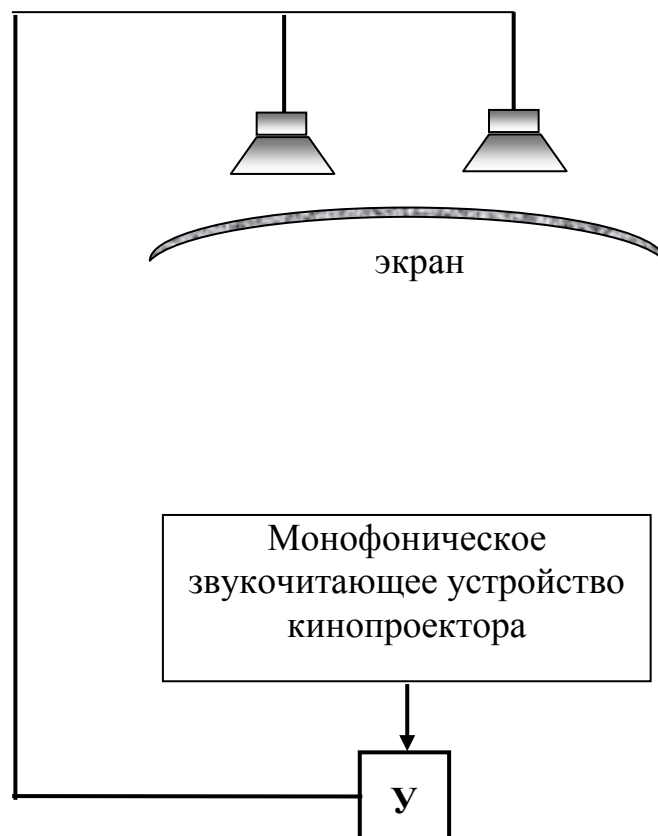


Рис. 1П. Расположение громкоговорителей при воспроизведении монофонической фонограммы

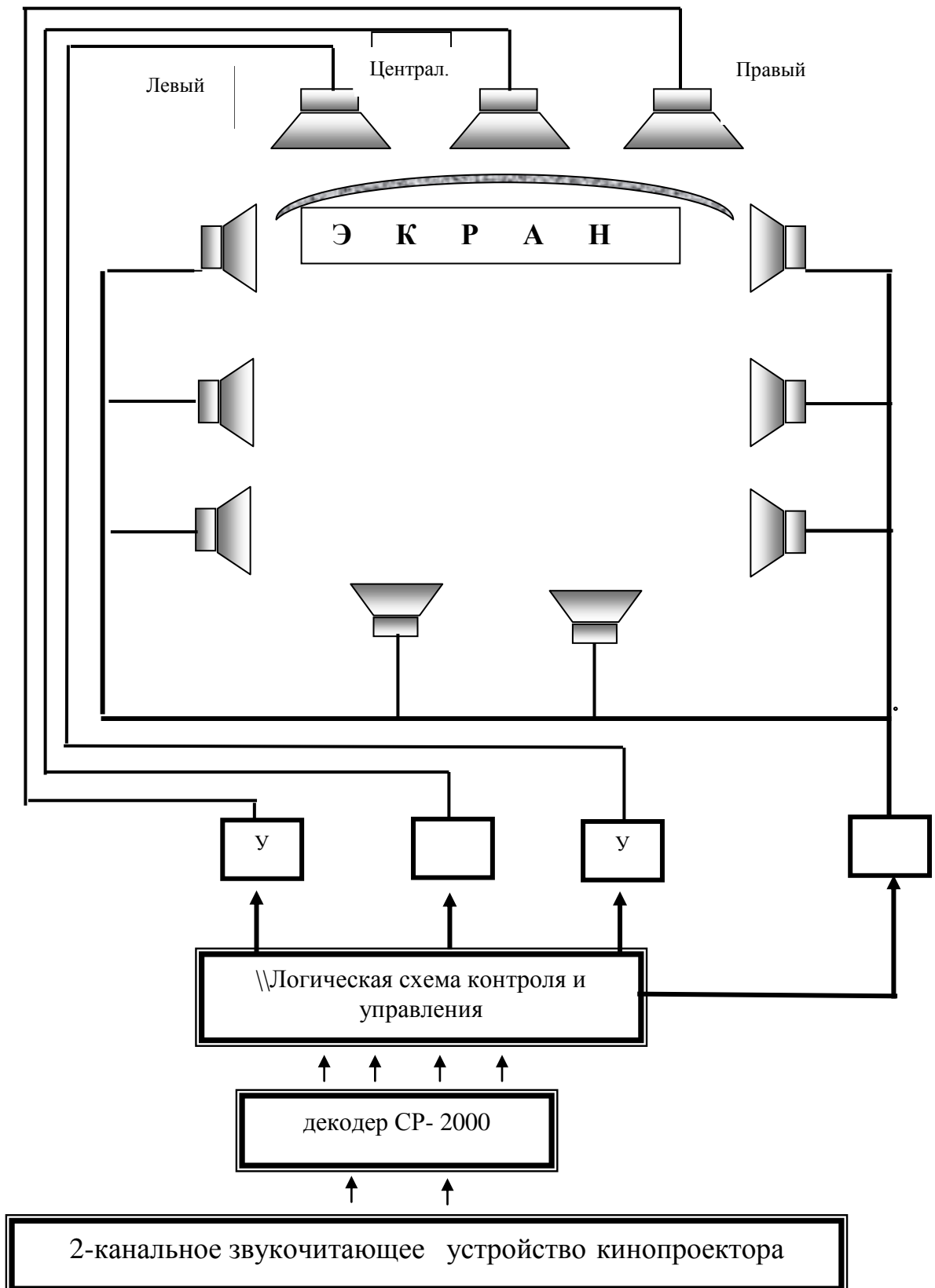


Рис. 2П. Расположение громкоговорителей при воспроизведении фонограммы Dolby Stereo

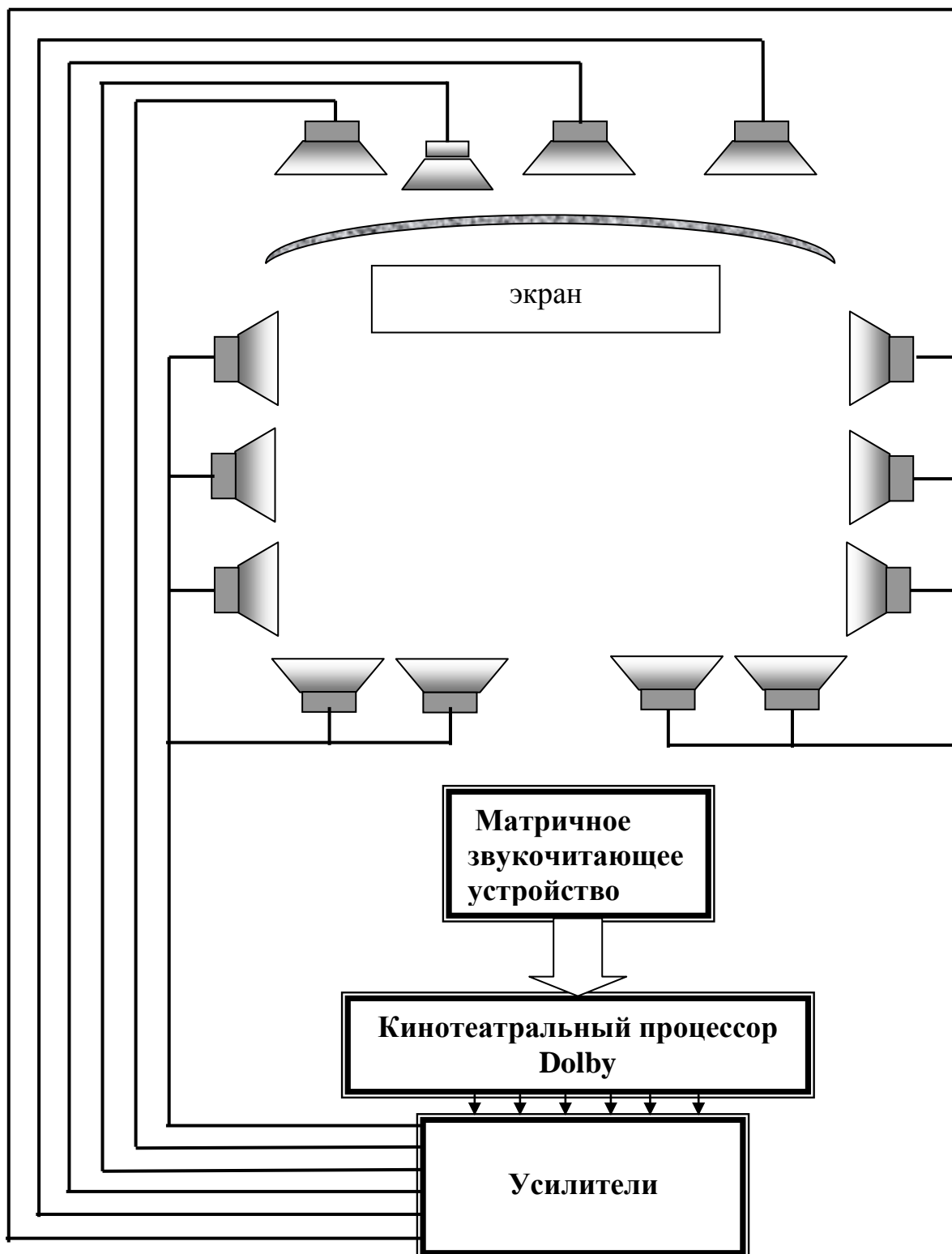


Рис. ПЗ. Расположение громкоговорителей при воспроизведении фонограммы Dolby Digital

