

# Техника кино

## и забытые

10 ОКТЯБРЬ  
1965

## СОДЕРЖАНИЕ

### Научно-технический отдел

<b>И. Н. Денисенко, И. П. Захаров, М. Д. Лебедева.</b> Система цветного телевидения SECAM . . . . .	1
<b>Р. Г. Британишский, А. И. Непомнящий, Л. М. Стрелков, М. Н. Шифрин.</b> Приемник ЦТ SECAM . . . . .	11
<b>Я. А. Рыфтин, Л. Л. Полосин.</b> О наблюдении активной части электронного пучка в трубках с накоплением заряда . . . . .	19
<b>В. Е. Катюхин.</b> Коррекция в видеоусилителе . . . . .	20
<b>Ю. П. Куликовский.</b> Определение информационных характеристик контурных изображений . . . . .	25
<b>Б. Л. Козлов.</b> Телевизионная микроскопия в биологии . . . . .	29
<b>Л. Г. Гольштейн.</b> Новое визирное устройство киносъемочной камеры . . . . .	35
<b>В. В. Новопашин.</b> Соотношения характеристик зрения . . . . .	38
<b>Г. Ю. Просвиригин.</b> Графо-аналитический способ расчета лентопротяжных зубчатых барабанов. . . . .	44
<b>И. М. Килинский.</b> Расчет рецептуры эмульсии по ее характеристической площади . . . . .	54
<b>А. Н. Лазарева, В. Г. Пель.</b> О составе парков осветительной аппаратуры киностудий . . . . .	57
<b>Т. В. Дербишер.</b> О возможных показателях технико-экономической эффективности кинопроекторов с различными источниками света . . . . .	60

### Из производственного опыта

<b>А. Г. Шмаков.</b> Некоторые причины несовмещения изображения на гидротипном позитиве . . . . .	63
---	----

### На телекомпаниях

<b>В. Андреев.</b> Компенсация уменьшения импульсов гашения . . . . .	66
---	----

+

<b>Е. И. Иофис.</b> Изображение на обращающихся кинопленках . . . . .	68
---	----

### Зарубежная техника

<b>А. П. Ангагоров.</b> Приемные трубы для цветного телевидения . . . . .	72
---	----

### Реферативный отдел . . . . .

### Библиография

<b>Б. Т. Иванов.</b> Книга об основах кинотехники . . . . .	88
---	----

### Научно-техническая хроника

<b>А. М. Варбанский.</b> Рассмотрение вопроса о выборе системы цветного телевидения на совещании МККР . . . . .	91
---	----

<b>Contents . . . . .</b>	94
---------------------------	----

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ИСКУССТВО»

Главный редактор **В. И. Ушагина**

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**А. Ф. Баринов, Ю. А. Болтунов, С. А. Бонгард, Г. В. Брауде,  
В. А. Бургов, М. З. Высоцкий, Е. М. Годовский, И. Б. Гордичук,  
Г. О. Жижневский, И. П. Захаров, О. И. Иошин, С. И. Катаев,  
В. Г. Комар, М. И. Кривошеев, С. М. Приворнов, В. Г. Рудаков,  
П. Г. Тагер, В. Л. Трусько, В. Г. Чернов, П. В. Шмаков**

Адрес редакции: Москва, А-57, Ленинградский просп., 47.  
Телефоны: Д 7-00-22, доб. 3-18 и 5-25; Д 7-38-16

# Техника кино и телевидения

ОРГАН  
ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА  
СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР  
ПО КИНЕМАТОГРАФИИ

год издания девятый • ОКТЯБРЬ • 1965

10

И. Н. ДЕНИСЕНКО, И. П. ЗАХАРОВ, М. Д. ЛЕБЕДЕВА

## СИСТЕМА ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ SECAM

621.397.2

Рассмотрены основные принципы построения системы ЦТ SECAM. Приведены ее параметры и блок-схема кодирующего и декодирующего устройств.

### Введение

Как известно, французскими специалистами в течение многих лет разрабатывается оригинальная система ЦТ SECAM, изобретенная Анри де Франсом.

В Париже 22 марта 1965 г. подписано соглашение о сотрудничестве между Францией и Советским Союзом в области ЦТ на основе системы SECAM.

Целью настоящей статьи является ознакомление широкого круга читателей журнала с основами системы ЦТ SECAM. В связи с этим приводятся некоторые параметры систем и описывается подробная блок-схема передающей и приемной аппаратуры системы.

Принцип действия системы SECAM состоит в том, что цветоразностные сигналы последовательно через строку модулируют по частоте цветовую поднесущую, расположенную в спектре частот яркостного видеосигнала (совместимый сигнал). Этот частотно-модулированный сигнал складывается с яркостным сигналом и синхроимпульсами, образуя полный цветовой видеосигнал.

Сигнал цветного телевидения по системе SECAM полностью совместим с существующей системой черно-белого телевидения.

Для передачи используются обычные тракты передачи (радиопередающие станции, радиорелейные линии и т. п.). Сигнал этой системы может приниматься существующим парком приемников в черно-белом виде. В приемнике ЦТ с помощью линии задержки и коммутатора суммарного сигнала получают одновременные цветоразностные сигналы.

Первоначально был предложен вариант этой системы с амплитудной модуляцией поднесущей частоты цветоразностными сигналами. В последующем варианте системы, как уже отмечалось, используется частотная модуляция поднесущей частоты цветоразностными сигналами.

Датчики сигналов являются общими для всех трех рассматриваемых в последнее время систем (NTSC, PAL, SECAM). Никаких специальных требований к датчикам система SECAM не предъявляет.

Формированию цветоразностных и яркостного сигналов на передающей стороне

и созданию из этих сигналов цветного изображения посвящено много печатных работ (см., например, [1, 2]). Поэтому в статье на этом вопросе останавливаться не будем. Скажем только, что из сигналов, получаемых от датчиков цветных телевизионных сигналов (студийные камеры, телекинопроекционная аппаратура и др.) на передающей стороне формируются цветоразностные и яркостный сигналы, а на приемной стороне из этих сигналов получают цветное изображение на цветной приемной трубке.

### Параметры системы цветного телевидения SECAM<sup>1</sup>

Как уже отмечалось, система ЦТ SECAM совместима с системой черно-белого телевидения. Ее основные параметры соответствуют параметрам черно-белого телевидения: число строк разложения 625, частота кадров 25 при чересстрочном разложении 1 : 2, разнос несущих изображения и звука 6,5 Мгц. Формы частотных характеристик, синхроимпульсов и сложного сигнала синхронизации приемников соответствуют ГОСТу 7845—55.

Параметры, одинаковые для всех одновременных систем ЦТ, а именно формирование сигналов цветного телевидения (красного, синего и зеленого), координаты первичных цветов изображения, опорный белый цвет и др. общеизвестны и здесь не рассматриваются. Остановимся на основных параметрах системы ЦТ SECAM, которые отличают ее от одновременных систем NTSC, PAL.

В системе SECAM последовательно через строку передают цветовые сигналы, которые могут быть записаны как

$$E_1 = 1,9(E_R - E_Y) \quad (1)$$

и

$$E_2 = 1,5(E_B - E_Y), \quad (2)$$

где:  $E_R$  — сигнал красного цветоделенного изображения;  $E_G$  — сигнал зеленого цветоделенного изображения;  $E_B$  — сигнал синего цветоделенного изображения.

$$E_Y = 0,3E_R + 0,59E_G + 0,11E_B \quad (3)$$

яркостный сигнал;

$$E_R - E_Y = 0,7E_R - 0,59E_G - 0,11E_B \quad (4)$$

<sup>1</sup> Ниже параметры системы SECAM рассматриваются применительно к черно-белому стандарту Советского Союза ГОСТа 7845—55.

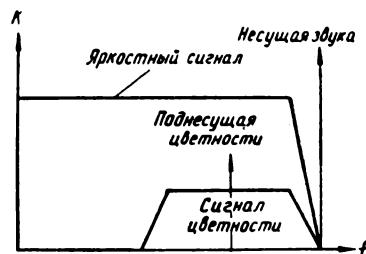


Рис. 1. Спектр совместимого полного цветового сигнала

$$\text{и } E_B - E_Y = -0,3E_R - \\ - 0,59E_G + 0,89E_B \quad (5)$$

цветоразностные сигналы, применяемые в одновременных системах ЦТ.

Сигналы  $E_1$  и  $E_2$  модулируют по частоте поднесущую частоту  $f_p$ . Полоса частот цветовых сигналов равна 1,5 Мгц при ослаблении сигнала на этой частоте, равном 6 дБ.

Частотно-модулированный сигнал складывается с яркостным сигналом  $E_Y$ , образуя тем самым совместимый полный цветной сигнал. Спектр этого сигнала показан на рис. 1.

Частота поднесущей, соответствующая отсутствию модулирующих цветоразностных сигналов (центральная частота), выбирается равной

$$f_p = f_c \pm 2 \text{ кгц}, \quad (6)$$

где  $f_c$  — частота генератора сравнения, равная

$$f_c = 284f_{\text{стр}}, \text{ или } 4437,5 \text{ кгц}. \quad (7)$$

Генератор, формирующий эту частоту, следует за частотой частотно-модулированного генератора.

Как видно из выражения (7), частота  $f_c$  и, следовательно, частота  $f_p$  являются четной кратной половинной частоты строк в отличие от системы NTSC, где поднесущая частота выбрана нечетной кратной половинной частоты строк. Четная кратность выбирается для того, чтобы упростить ведение частотно-модулированного генератора. Однако при этом на экране черно-белых приемников будет отсутствовать точечное переключение поднесущей частоты.

Для уменьшения видности поднесущей в совместимом черно-белом изображении полярность поднесущей частоты переключается от поля к полю и в каждой третьей строке.

## Периодичность смены фазы поднесущей

Номер строки	Номер кадра												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$n$	$R - Y_0$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$
$n + 1$		$B - Y_\pi$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$	
$n + 2$	$B - Y_0$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$		$B - Y_0$
$n + 3$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$	
$n + 4$	$R - Y_\pi$		$B - Y_0$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$
$n + 5$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$		$R - Y_\pi$	
$n + 6$	$B - Y_0$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$
$n + 7$		$R - Y_\pi$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$	
$n + 8$	$R - Y_0$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$		$R - Y_0$
$n + 9$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$	
$n + 10$	$B - Y_\pi$		$R - Y_0$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$
$n + 11$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$		$B - Y_\pi$	
$n + 12$	$R - Y_0$		$B - Y_0$		$R - Y_\pi$		$B - Y_0$		$R - Y_0$		$B - Y_\pi$		$R - Y_0$

В таблице показана периодичность смены фазы поднесущей частоты. Интересно отметить, что кадры 1 и 13 одинаковые.

Поднесущая частота не передается в моменты прохождения сложного сигнала синхронизации приемников и начинает передаваться сразу за задним фронтом импульсов сложного сигнала синхронизации (рис. 2). Это делается для того, чтобы к моменту начала активной части строки закончились бы переходные процессы в ведомом частотно-модулированном генераторе.

Для синхронизации коммутатора в приемнике передается сигнал опознавания

строк. Сигнал опознавания передается в течение шести строк во время кадрового гасящего импульса, а именно на строках 10—15

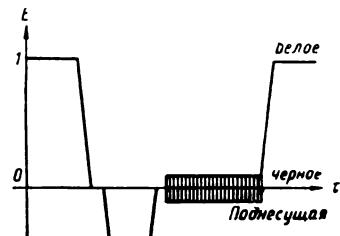


Рис. 2. Положение поднесущей на гасящем импульсе

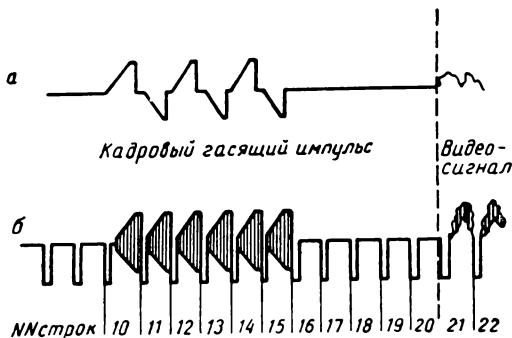


Рис. 3. Положение сигналов опознавания на кадровом гасящем импульсе (1-е полг); а — модулирующий сигнал; б — поднесущая, модулированная сигналом строк опознавания и видеосигналом

(четные кадры) и 323—328 (нечетные кадры). Эти сигналы представляют собой частотно промодулированную поднесущую по пилообразному закону в модуляторах  $E_1$  и  $E_2$  через строку. Сигналы опознавания показаны на рис. 3.

При формировании полного цветного сигнала системы SECAM в цветоразностные сигналы и сигнал цветности вводятся различного рода предыскажения для повышения качества принимаемого изображения. Это отличает систему SECAM от других одновременных систем ЦТ.

Цветоразностные сигналы, которые модулируют поднесущую частоту, предыскажаются при помощи фазовращающей схемы, усиление которой зависит от частоты.

Коэффициент усиления выбран равным

$$K = 10 \log \frac{1 + \frac{f^2}{f_1^2}}{1 + \frac{f^2}{5,6f_1}} \text{ дБ}, \quad (8)$$

где  $f$  — 70 кгц, постоянная частота;  $f_1$  — частота модуляции.

Это предыскажение видеосигналов увеличивает глубину модуляции на верхних частотах, чем достигается большая помехоустойчивость.

Цветовые сигналы по частоте модулируют поднесущую частоту. Номинальная девиация частоты при сигнале, равном единице, принята равной 230 кгц. Максимальная величина девиации (достигаемая во время пиков сигналов, благодаря предыскажению) ограничена  $500 \pm 50$  кгц для обоих сигналов. Допуски на точность величины девиации показаны на рис. 4.

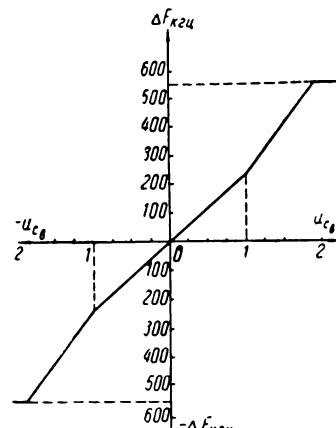


Рис. 4. Допуск на точность величины девиации

Ограничение девиации приводит к ограничению высокочастотных компонентов сигналов, что при резких переходах приводит к некоторой потере четкости.

Перед сложением сигналов цветности с яркостным его подвергают дополнительной обработке («высокочастотные» предыскажения). Обработка суммарного цветового сигнала заключается в том, что сигнал пропускают через фазовращающую схему, усиление которой является функцией частоты. Закон изменения усиления принят следующий:

$$K = 10 \log |\xi(f)|^2, \quad (9)$$

где

$$|\xi(f)|^2 = \frac{1 + 256x^2}{1 + 1,6x^2}, \quad x = \frac{f}{f_c} - \frac{f_c}{f}.$$

При этом поднесущая частота при отсутствии модуляции получает минимальное значение. Характеристика высокочастотного предыскажения показана на рис. 5. Предыскажение создается, во-первых, для того, чтобы ослабить видимость поднесущей в белом в совместном изображении в случае

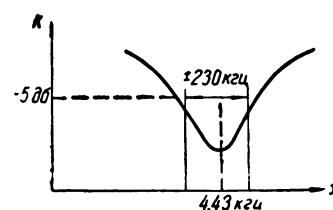


Рис. 5. Характеристика высокочастотного предыскажения

малонасыщенных цветов и, во-вторых, для повышения помехоустойчивости.

Полный цветовой сигнал получается после линейного суммирования суммарного цветового и яркостного сигналов. Размах суммарного сигнала цветности равен 20% от яркостного сигнала (эта амплитуда может меняться благодаря высокочастотной предкоррекции).

В системе SECAM существует еще один вид предыскажений — это добавочная амплитудная модуляция суммарного цветового сигнала. Добавочная амплитудная модуляция в суммарный сигнал вводится тогда, когда амплитуда яркостного сигнала, находящегося в полосе канала суммарного цветового сигнала, достигает 70% номинального размаха суммарного цветового сигнала. Размах этого сигнала увеличивается, чтобы избежать значительного снижения помехоустойчивости в системе SECAM.

На рис. 6,а показаны осциллограммы сигнала изображения при передаче сигналов генератора цветовых полос в последовательности: белый, желтый, сине-зеленый, зеленый, фиолетовый, красный, синий и черный.

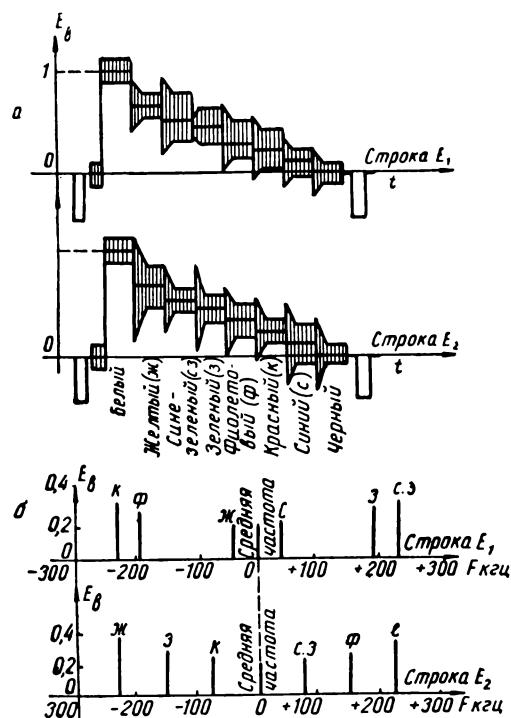


Рис. 6. Осциллограмма полного цветового сигнала при передаче сигнала от генератора цветовых полос

На рис. 6,б показаны частоты и амплитуды суммарного цветового сигнала для соответствующих цветов.

### Кодирующее устройство

Кодирующее устройство состоит из следующих элементов: а) матрицы яркостного сигнала; б) синхросмесителя; в) смесителя; г) матрицы сигналов цветности; д) схемы предыскажений видеосигнала; е) коммутатора видеосигналов; ж) фильтра низких частот; з) частотного модулятора; и) коммутатора фазы поднесущей; к) схемы «сгогие-супле»; л) схемы высокочастотных предыскажений «Anticloche»; м) амплитудного модулятора; н) генератора импульсов коммутации.

Кодирующее устройство преобразует сигналы  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$ , соответствующие трем исходным цветам  $R$ ,  $G$ ,  $B$  в полный сигнал ЦТ, сформированный по системе SECAM. Блок-схема кодирующего устройства изображена на рис. 7.

На вход кодирующего устройства подаются сигналы  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$ . В матрице яркостного канала они пересчитываются в сигнал  $E_Y$ . Этот сигнал привязывается по уровню черного, и в синхросмесителе в него замешиваются импульсы синхронизации. Полученный в матрице яркостного канала сигнал  $E_Y$  подается на матрицу канала цветности, на которую также поступают сигналы первичных цветов  $E_R$  и  $E_B$ . Эти сигналы преобразуются в сигналы  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$ . Далее сигнал  $E_{B-Y}$  меняет знак, преобразуясь в сигнал  $E_{Y-B}$ , и уравниваются максимальные амплитуды сигналов  $E_{R-Y}$  и  $E_{Y-B}$ .

Предыскажение видеосигнала, осуществляемое в фазовращающей схеме, усиление которой возрастает с частотой, позволяет увеличить глубину модуляции в области верхних частот, что дает заметное улучшение отношения сигнал/шум. Форма характеристики показана на рис. 8. Номинальная девиация (без предыскажений) составляет  $\Delta f = 230$  кГц, в то время как максимальная величина отклонения (соответствующая пикам предыскаженного сигнала) равна  $500 \pm 50$  кГц.

Сигналы  $E_{R-Y}$  и  $E_{Y-B}$  подаются на коммутатор, на выходе которого получается последовательность строчных сигналов  $E_{R-Y}$ ,  $E_{Y-B}$ ,  $E_{R-Y}$  и т. д. Этот новый последовательный сигнал цветности пропускается через фильтр низких частот, ограничивающий

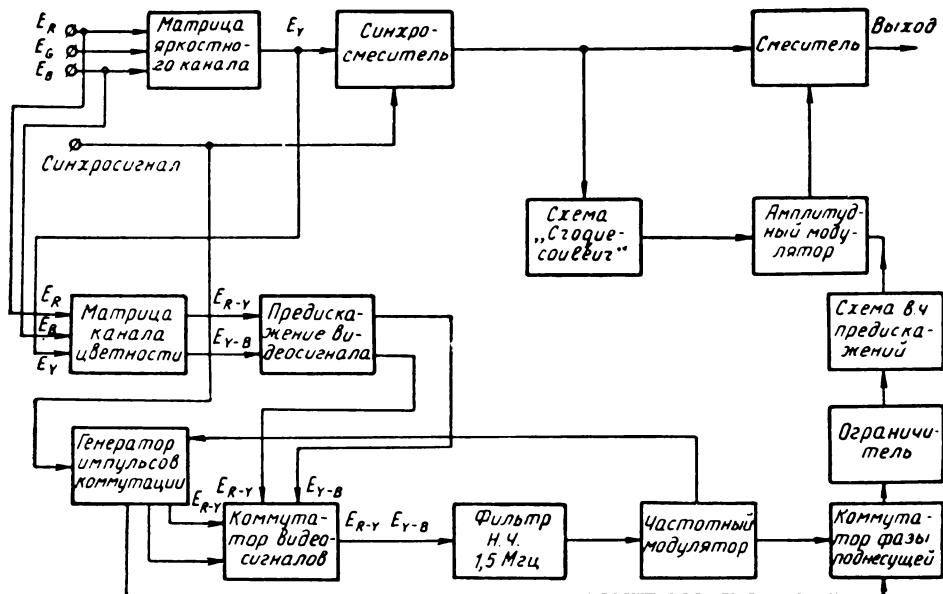


Рис. 7. Блок-схема кодирующего устройства

его полосу до 1,5 Мгц, привязывается и поддается на вход частотного модулятора. Далее производится коммутация фазы поднесущей частоты.

Управляющий импульс вырабатывается в фазовом детекторе, на который подается синусоидальное напряжение от квадрового генератора частоты 4,43 Мгц и частотно-модулированное напряжение от модулятора. Фаза частотно-модулированного генератора меняется в коммутаторе фазы на 180° в последовательности:

по строкам — 2 строки одной фазы;  
1 строка противоположной фазы  
по кадрам — при смене полей.

Этим переключением достигается улучшение совместимости, уменьшение влияния сигнала цветности на сигнал яркости, т. е. уменьшение видности поднесущей в совместном черно-белом сигнале.

Переключение фазы поднесущей осуществляется в момент прихода гасящего импульса, когда выключается частотный мо-

дулятор. На вход канала цветности подается запирающий импульс.

После коммутации фазы частотно-модулированный сигнал проходит через ограничители для устранения паразитной амплитудной модуляции и выбросов, появившихся в сигнале за счет коммутации и при выключении поднесущей.

Для улучшения отношения сигнал/шум и для уменьшения видности поднесущей в совместном изображении при передаче малонасыщенных цветов яркостный сигнал ответвляется в полосовой фильтр, настроенный на среднее значение частоты поднесущей, и детектируется. Этот сигнал позволяет уменьшить составляющие яркостного сигнала, что эквивалентно увеличению амплитуды модулированной поднесущей.

Схема высокочастотной коррекции («Anticloche»), характеристика которой представлена на рис. 5, в сочетании со схемой «сгоque-couleur» дает в амплитудном модуляторе эффект уменьшения цветовых перекрестных искажений, так как цветовая поднесущая, модулированная по частоте, модулируется также по амплитуде определенными компонентами сигнала яркости, прошедшими через схему «сгоque-couleur». Если амплитуда составляющих сигнала яркости, находящихся в полосе канала цветности, превышает 70% от номинальной

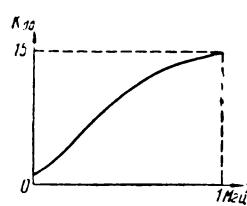


Рис. 8. Форма характеристики предискажения цветовых сигналов

амплитуды поднесущей, то эта поднесущая усиливается. На цветном изображении при этом имеет место некоторое уменьшение шумов, вызванных цветовыми перекрестными искажениями.

Затем сигнал поступает в смеситель, куда подается также яркостный сигнал. Сформированный сигнал ЦТ подается на выходе кодирующего устройства.

Генератор импульсов коммутации вырабатывает управляющие сигналы для коммутации видеосигналов и фазы поднесущей частоты. Этот генератор запускается строчными импульсами, подаваемыми на вход кодирующего устройства.

Для выработки сигнала переключения фазы поднесущей используется мостовая схема, в диагонали которой подаются импульсы строчной частоты, а в одно из плеч — сигнал частоты 4,4375 Мгц от квадрового генератора. На выходе мостовой схемы получается напряжение частоты 4,4375 Мгц, прерываемое с частотой строк. Начальная фаза генератора задается блокинг-генератором. Переход фазы генератора происходит в конце каждой строки (в начале строчного гасящего импульса).

Сигнал синхронизации цветов вырабатывается с помощью строк опознавания, передаваемых в течение 6 строк во время передачи кадровых гасящих импульсов. Строки опознавания представляют собой поднесущую, модулированную по частоте пилообразным сигналом. Детектированный на приемной стороне сигнал опознавания уп-

равляет коммутатором строк. На рис. 3 показана форма сигналов опознавания. Во время передачи кадрового гасящего импульса поднесущая подавляется. Дифференцированный передний фронт кадрового гасящего импульса запускает блокинг-генератор, создающий строб-импульс подавления поднесущей во время кадровых импульсов. Этот импульс суммируется со строчным гасящим импульсом, и полученный сигнал подается на модулятор кодирующего устройства. Задний фронт строб-импульса запускает второй блокинг-генератор, задающий длительность строб-импульса, в течение которого передаются строки опознавания.

### Декодирующее устройство

Декодирующее устройство содержит следующие основные элементы: а) канал яркостного сигнала; б) полосовой фильтр; в) линию задержки на 64 мксек; г) коммутатор импульсов; д) селектор синхроимпульсов; е) блокинг-генераторы; ж) фазовый детектор; з) демодуляторы сигналов цветности; и) матрицы и усилитель.

Блок-схема декодирующего устройства показана на рис. 9. В декодирующем устройстве осуществляются усиление сигналов яркости, выделение синхроимпульсов и формирование импульсов коммутации, используемых при работе декодирующего устройства; производится также декодирование сигналов цветности, матризование

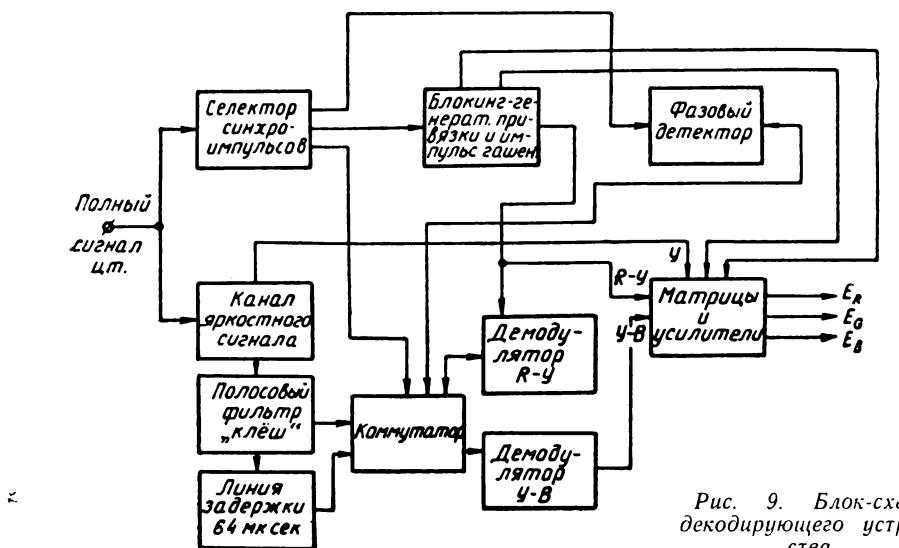


Рис. 9. Блок-схема декодирующего устройства

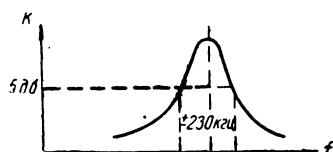


Рис. 10. Форма характеристики схемы «Cloche»

и усиление сигналов, соответствующих исходным цветам.

Полный сигнал ЦТ поступает на вход декодирующего устройства. Яркостный сигнал после усиления подается на матричную схему.

Сигнал цветности выделяется в полосовом фильтре. Обратная коррекция высокочастотных составляющих для уменьшения полосы шумов в канале цветности осуществляется в схеме «Cloche», имеющей форму характеристики, обратную форме характеристики «Anticloche», и показанную на рис. 10.

После схемы «Cloche» сигнал поступает на один из входов коммутатора и линию задержки. На другой вход коммутатора поступает сигнал с выхода линии задержки, в которой производится восстановление одновременности сигналов  $E_{R-Y}$  и  $E_{Y-B}$ .

Линия задержки на 64 мксек (длительность одной строки) представляет собой стальной волновод прямоугольного сечения; на обоих концах волновода находятся пьезоэлектрические преобразователи.

Поднесущая частота, модулированная сигналами цветности, превращаемая входным преобразователем в ультразвуковые колебания, проходит через волновод со скоростью поперечной волны 3,22 км/сек, что соответствует величине задержки 310 нсек/мм. На всей длине волновода задержка составляет 64 мксек. Ослабление сигнала в полосе пропускания — около 20 дБ. Выходной преобразователь вновь превращает ультразвуковые колебания в

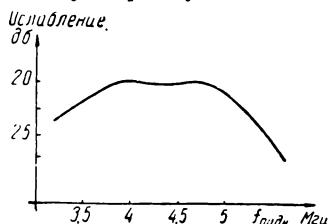


Рис. 11. Частотная характеристика линии задержки

сигналы частоты поднесущей, модулированный составляющими цветности.

Полоса пропускания линии задержки симметрична относительно частоты 4,43 МГц и равна приблизительно 1,8 МГц на уровне 3 дБ. На рис. 11 изображена частотная характеристика линий задержки.

Полоса пропускания корректируется согласующими трансформаторами,ключенными на входе и выходе линии задержки. На частоте поднесущей линия обладает входным сопротивлением около 80 ом и входной емкостью порядка 1000 пФ. На рис. 12 даны габариты линии задержки.

Коммутатор декодирующего устройства восстанавливает одновременность сигналов  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$  и передает их в каналы соответствующих демодуляторов.

На рис. 13 представлена схема работы коммутатора в двух соседних строках.

Последовательность переключения:

в одной строке — вход 1 — выход 1; вход 2 — выход 2;

в следующей строке — вход 1 — выход 2; вход 2 — выход 1.

Импульсы синхронизации коммутатора подаются от бистабильного спускового устройства, которое управляет строчными импульсами. Генератор сигнала, управляющего фазой коммутатора, дает сигнал для опрокидывания триггера Шмидта. Запускается генератор передним фронтом кадровово-

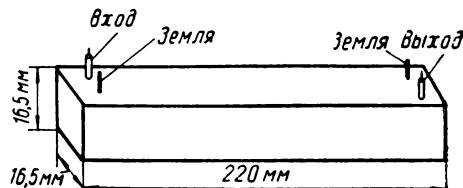


Рис. 12. Габариты линии задержки

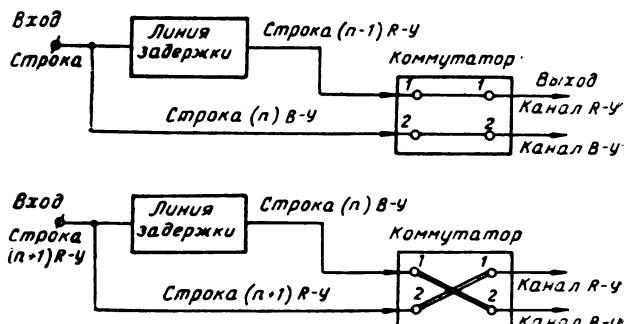


Рис. 13. Схема работы коммутатора

го гасящего импульса. Задний фронт этого импульса совпадает с началом строк опознавания.

Фаза коммутатора контролируется сигналами строк опознавания, передаваемыми, как указывалось выше, во время части кадрового гасящего импульса (в течение 10—11—12—13—14—15 строк). Контроль правильности работы коммутатора заключается в проверке полярности декодированного сигнала.

При неправильной работе его на выходе декодирующего устройства вместо сигналов  $E_{R-Y}$  и  $E_{B-Y}$  появляются сигналы  $-E_{R-Y}$  и  $-E_{B-Y}$ . При этом канал цветности автоматически выключается и на экране трубы наблюдается черно-белое изображение.

Коррекция фазы переключателя производится дополнительным импульсом, подаваемым на коммутатор от триггера Шмидта, реагирующего на полярность декодированных строк опознавания. На рис. 14 изображены импульсы коррекции фазы коммутатора.

Далее модулированная цветовая поднесущая подается на демодуляторы  $R-Y$  и  $B-Y$ . На выходе демодуляторов включена цепь обратной коррекции видеосигнала, поднимающей низкочастотные составляющие сигнала.

Откорректированные сигналы подаются на матричную схему, где осуществляется пересчет сигналов по формулам:

$$E_R = E_{R-Y} + E_Y;$$

$$E_B = E_{B-Y} + E_Y;$$

$$E_G = -0,51E_{R-Y} + 0,19E_{Y-B};$$

$$E_G = E_{G-Y} + E_Y.$$

Таким образом, на выходе матричной схемы имеются восстановленные сигналы  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$ , соответствующие трем исходным цветам  $R$ ,  $G$ ,  $B$ . Эти сигналы подаются на три идентичных канала усиления. Следует отметить, что для обеспечения хорошей линейности сигналов матрицирование производится на малых уровнях.

Для передачи на трубку постоянной составляющей каждого из сигналов (в том числе и яркостного) используются схемы привязки, фиксирующие уровень черного во время строчных гасящих импульсов.

При отсутствии привязки в сигнале появляется не только яркостная ошибка, но

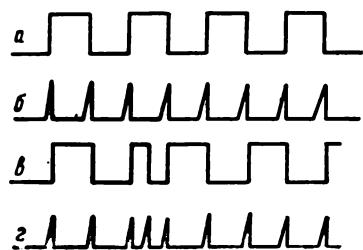


Рис. 14. Коррекция фазы коммутатора:

а — импульсы коммутации;  
б — управляющие импульсы;  
в — корректирующие импульсы коммутации; г — дополнительные корректирующие импульсы

и размытость цветов, особенно на темно-серых участках изображения, так как изменение уровня черного при слабых сигналах вызывает относительные ошибки в соотношениях между сигналами цветности.

В селекторе синхроимпульсов осуществляется выделение импульсов синхронизации из сложного входного сигнала. Выделяется задержанный сигнал, который используется для гашения сигналов цветности перед демодуляцией, а также для синхронизации генератора, управляющего коммутатором, и синхронизации видеоконтрольного устройства. Кроме того, выделяется сигнал для синхронизации генератора импульсов гашения сигналов цветности после демодуляции и импульсы, управляющие схемами привязки. Импульсы гашения формируются в специальных генераторах.

Генератор строчных гасящих импульсов содержит блокинг-генератор и создает импульсы, начало которых совпадает с передним фронтом синхроимпульсов. Длительность их регулируется в небольших пределах.

Генератор кадровых гасящих импульсов также содержит блокинг-генератор. Кадровые гасящие импульсы начинаются одновременно с синхронизирующими импульсами и кончаются вместе со строками опознавания.

Схема инерционной синхронизации содержит фазовый детектор, на который подается синхросигнал и сигнал от несимметричного мультивибратора, работающего со строчной частотой.

Разность между частотами мультивибратора и синхросигнала детектируется фазо-

вым детектором, на выходе которого вырабатывается сигнал ошибки, управляющий частотой мультивибратора, переключающего коммутатор.

С выхода декодирующего устройства сигналы  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$  подаются на трехканальное видеоконтрольное устройство.

### Заключение

Система SECAM обладает рядом достоинств:

- 1) нечувствительность к искажениям типа «дифференциальная фаза» и «дифференциальное усиление»;
- 2) частичное подавление одной боковой не приводит к искажениям цветового тона и уменьшению насыщенности;
- 3) можно использовать существующую систему видеозаписи без применения электрически регулируемых линий задержки;
- 4) в приемнике не нужна ручка регулировки цветового тона.

К недостаткам системы следует отнести:

- 1) меньшую помехоустойчивость по сравнению с другими одновременными системами цветного телевидения NTSC и PAL;
- 2) система SECAM вносит искажения в цветовые сигналы, имеющие резкие границы переходов (теряется четкость). Особенно заметен этот эффект при передаче сигнала цветовых полос;
- 3) система SECAM требует применения сложной системы предкоррекций.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шмаков П. В., Теория и практика цветного телевидения, М., «Советское радио», 1962.
2. Кайвер М. С., Основы цветного телевидения, М., ИЛ, 1957.
3. Шмаков П. В., Техника кино и телевидения, 1962, № 1.
4. Дури Ж., Техника кино и телевидения, 1964, № 10.
5. Захаров И. П., Денисенко И. Н., Певзнер Б. М., Техника кино и телевидения, 1964, № 9.
6. Чичерина Л., Наука и жизнь, 1965, № 6.

## НОВЫЕ ФОТОГРАФИИ НЕВИДИМОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ

18 июля 1965 г. стартовала советская автоматическая межпланетная станция «Зонд-3». Через 33 часа после старта она проходила вблизи Луны. На борту станции была установлена фототелевизионная аппаратура для фотографирования планет и передачи изображений с дальних расстояний, доходящих до сотен миллионов километров. Были получены изображения областей Луны, остававшихся неизвестными до настоящего времени.

Фототелевизионный комплекс позволял многократно передавать каждый кадр с разложением 1100 строк при четкости, равной 860 элементам вдоль строки. Передача одного кадра на Землю продолжалась 34 мин.

Передача изображений Луны осуществлялась на сантиметровых волнах. При этом использовалась установленная на борту узконаправленная параболическая антenna. Во время сеансов связи эта антenna направлялась на Землю с высокой точностью при помощи системы ориентации. Режим передачи изображений определялся командами, поданными с Земли.

Сеанс фотографирования продолжался 1 час 08 мин. Фотографирование началось с расстояния 11,6 тысячи километров от поверхности Луны.

Передача изображений Луны на Землю началась 29 июля с расстояния 2 200 000 км. Были получены четкие фотографии доныне неизвестной части поверхности Луны. Некоторые фотографии имеют перекрытия с фотографиями видимой с Земли поверхности Луны, а другие — со снимками обратной стороны Луны, полученными в 1959 г. с автоматической межпланетной станции «Луна-3». Таким образом, на обратной стороне Луны больше нет «белых пятен».

# ПРИЕМНИК ЦТ SECAM

621.397.62-2

Приведена функциональная схема блока цветности приемника ЦТ SECAM. Рассмотрены особенности построения отдельных узлов схемы. Описана работа цепей коммутации сигналов и схемы опознавания. Проведено сравнение приемников NTSC и SECAM по технико-экономическим показателям.

## Введение

Одной из основных задач при внедрении ЦТ является создание надежного и простого в управлении телевизионного приемника цветного изображения, который обеспечивал бы высокое качество цветопередачи.

В 1963—1964 гг. на Московском телевизионном центре были начаты работы по экспериментальному исследованию предложенной во Франции системы SECAM (последовательная система с запоминанием). В ходе работы французские специалисты изменили параметры системы SECAM и усовершенствовали схемы, что позволило улучшить совместимость (уменьшить видность структуры цветовой поднесущей на черно-белом и цветном изображении) и повысить ее помехоустойчивость.

На заводе им. Козицкого были разработаны и изготовлены лабораторные макеты приемника ЦТ SECAM и проведены сравнительные исследования их и приемников «Радуга» (модель ЦТ-3), выполненных по системе ЦТ с квадратурной модуляцией поднесущей (NTSC), модифицированной применительно к отечественному телевизионному стандарту. Результаты этой работы базируются на собственных исследованиях, а также на работах иностранных специалистов.

## Некоторые характеристики сигнала SECAM

Система SECAM имеет ряд преимуществ перед системой NTSC — фазовые и дифференциальные искажения почти неказываются на качестве цветопередачи, а требования к амплитудной и амплитудно-частотной характеристикам приемо-передающего тракта не отличаются, по существу, от требований обычной системы черно-белого телевидения.

Уменьшение цветовой четкости изображения в вертикальном направлении за счет чересстрочной передачи цветоразностных сигналов не ухудшает заметно качество воспроизведения цветовой инфор-

мации, так как четкость в вертикальном направлении остается выше, чем в горизонтальном, вследствие ограничения полосы частот сигналов цветности. Это ограничение осуществляется с учетом свойств зрения — не различать цветность мелких деталей изображения.

Использование метода ЧМ в системе SECAM дало возможность повысить помехоустойчивость системы путем введения предыскажений амплитуды цветоразностных сигналов, модулирующих поднесущую, аналогично тому, как это принято в ЧМ-радиовещании.

Эти предыскажения, иллюстрируемые рис. 1, обеспечивают подъем верхних частот в модулирующих видеосигналах и соответствующее увеличение девиации частоты при передаче вертикальных цветовых переходов.

Номинальная девиация частоты принята равной  $\pm 230$  кГц. Максимальная девиация, достигаемая во время пиков предыскажений, ограничена величиной  $\pm 500$  кГц.

Амплитуда поднесущей при частотной модуляции не несет информации о модулирующем сигнале. Однако она существенно влияет на помехоустойчивость приема и на качество совместимого изображения. Поэтому появляется возможность улучшить эти параметры, практически не ухудшая качества цветного изображения и не усложняя приемника, путем введения соответствующих предыскажений амплитуды сигнала ЧМ-поднесущей.

Такие дополнительные предыскажения амплитуды ЧМ-сигнала в зависимости от девиации частоты (рис. 2) увеличивают амплитуду поднесущей при больших отклонениях частоты; на неокрашенных и слабоокрашенных участках изображения амплитуда поднесущей минимальна.

Для уменьшения влияния составляющих яркостного сигнала, находящихся в полосе частот сигнала цветности (от 3 до 6 МГц), применяется амплитудная модуляция поднесущей. При этом амплитуда поднесущей

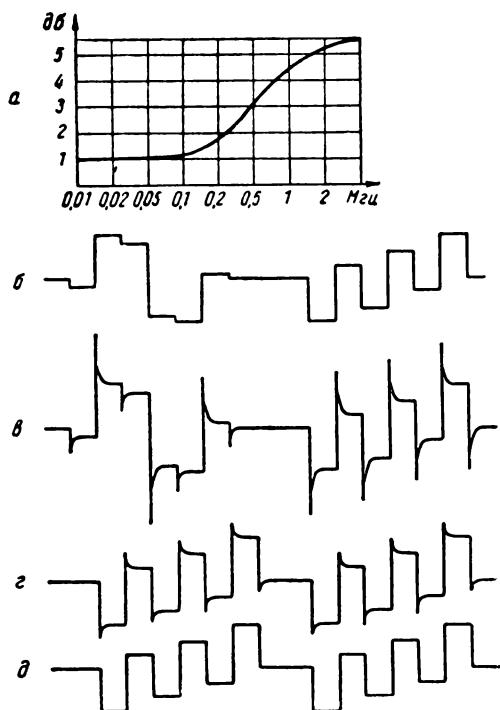


Рис. 1. Характеристика предыскажений и форма цветоразностных сигналов (испытательный сигнал цветных полос):  
а — характеристика предыскажений; б — модулирующий сигнал до введения предыскажений; в — модулирующий сигнал после введения предыскажений; г — сигнал на выходе частотного детектора  $B-Y$  в приемнике SECAM; д — сигнал на выходе канала  $B-Y$  в приемнике SECAM

увеличивается при возрастании энергии указанных составляющих.

Чересстрочная последовательная передача цветоразностных сигналов  $R-Y$  и  $B-Y$  не дает возможности непосредственно получить в приемнике одновременно оба видеосигнала цветности, необходимые для воспроизведения цветного изображения на экране кинескопа. Поэтому в цепях сигнала цветности приемника применяется устройство запоминания сигнала на время, равное длительности одной строки (64 мксек), и чересстрочный коммутатор. Для правильной установки коммутатора используется специальный сигнал, так называемый сигнал идентификации или сигнал опознавания, который передается в течение шести строк в конце кадрового гасящего импульса (строки с 10-й по 15-ю в четных полукадрах и с 323-й по 328-ю в нечетных полукадрах).

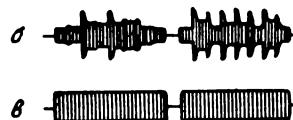
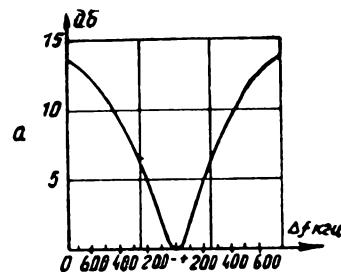
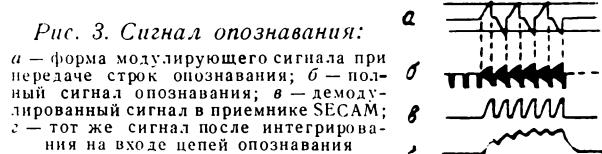


Рис. 2. Характеристика предыскажений и форма сигналов ЧМ-поднесущей (испытательный сигнал цветных полос):  
а — характеристика предыскажений;

б — ЧМ-поднесущая после введения предыскажений; в — ЧМ-поднесущая в приемнике после коррекции предыскажений схемой «клеш»



Этот сигнал представляет собой поднесущую, модулируемую по частоте по пилообразному закону при максимальной девиации; полярность модуляции в каждой строке зависит от того, какому из цветоразностных сигналов соответствует данная строка (рис. 3).

### Основные элементы и особенности приемника SECAM

Основным элементом декодирования являются частотные детекторы цветоразностных сигналов  $R-Y$  и  $B-Y$ . ЧМ-сигналы, переданные соседними строками, после коррекции предыскажений поднесущей и ограничения по амплитуде должны подводиться к детекторам одновременно, причем к одному из них — сигнал текущей строки разложения, а к другому — задер-

жанный в запоминающем устройстве сигнал предыдущей строки. Поскольку каждый из этих сигналов попеременно несет информацию о той или другой цветовой разности, они должны поочередно, с частотой строк, подключаться ко входам частотных детекторов  $R - Y$  и  $B - Y$ . Для работы соответствующего коммутирующего устройства достаточно импульсов строчной развертки телевизора. Необходимо лишь, используя в схеме сигнал опознавания, установить коммутирующее устройство в начале работы в правильное положение, соответственно передаваемому в данный момент цветоразностному сигналу.

Помимо перечисленных блок цветности должен содержать также элементы, аналогичные блоку цветности приемника NTSC. Это полосовые усилители сигналов поднесущей частоты, усилители видеосигналов цветности, схема матрирования для получения сигнала  $G - Y$ .

Однако характерным для усилителей ЧМ-поднесущей и цветоразностных сигналов является использование узкополосных фильтров, частотные характеристики которых подобраны для компенсации соответствующих предыскажений принимаемого сигнала.

Остальные элементы телевизионного приемника, не относящиеся к схеме декодирования сигналов цветности, в принципе же, что и для приемника системы с квадратурной модуляцией, и поэтому они не рассматриваются.

#### Функциональная схема блока цветности

Функциональная схема блока цветности приведена на рис. 4. Полный сигнал с видеодетектора приемника поступает на полосовой усилитель, отделяющий сигнал цветности на поднесущей частоте от сигнала яркости. В этом каскаде также корректируются амплитудно-частотные предыскажения ЧМ-поднесущей. Со следующего полосового усилителя сигнал цветности подается на электронный коммутатор и запоминающее устройство, в качестве которого применяется ультразвуковая линия задержки сигнала ЧМ-поднесущей на период одной строки. Ослабление сигнала, вносимое линией, компенсируется дополнительным усилительным каскадом, соединенным со вторым входом коммутатора.

Коммутатор поочередно подключает прямой и задержанный сигнал ко входам усилителей, работающих на частотные де-

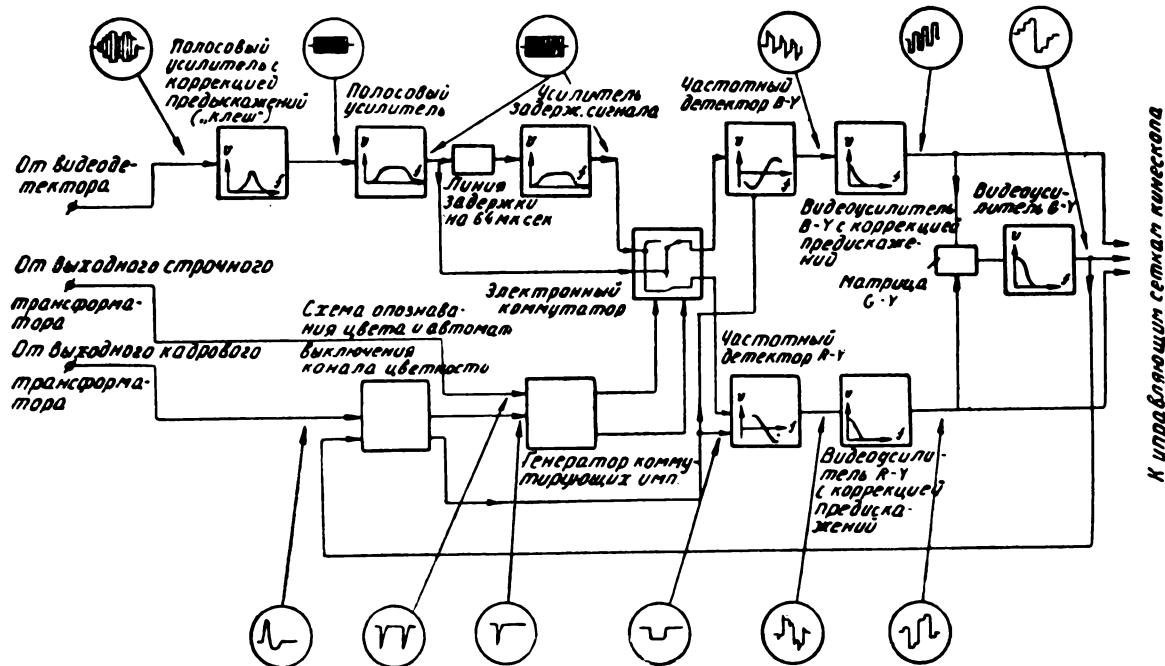


Рис. 4. Функциональная схема блока цветности

текторы соответственно  $R - Y$  и  $B - Y$ . Ограничение ЧМ-сигналов производится в схеме коммутатора.

Цветоразностные видеосигналы  $R - Y$  и  $B - Y$ , получаемые на выходах частотных детекторов, усиливаются однокаскадными видеоусилителями и без потери постоянной составляющей подаются на кинескоп. Сигнал  $G - Y$  формируется обычным образом из сигналов  $R - Y$  и  $B - Y$  при помощи матричной схемы и усилителя.

Частотные характеристики выходных видеоусилителей подбираются для коррекции амплитудно-частотных предыскажений цветоразностных видеосигналов.

Работой электронного коммутатора управляет генератор коммутирующих симметричных П-импульсов, запускаемый импульсами обратного хода строчной развертки.

Правильная полярность коммутирующих импульсов устанавливается схемой опознавания цвета, которая выдает вспомогательный импульс на генератор коммутирующих импульсов. Управляющий схемой опознавания сигнал выделяется из выходного цветоразностного сигнала  $G - Y$  с помощью импульса обратного хода кадровой развертки. Схема опознавания цвета выдает также импульс для автоматического выключения канала цветности.

### Особенности построения отдельных узлов схемы

Представляют интерес особенности построения некоторых узлов блока цветности.

Коррекция амплитудно-частотных предыскажений ЧМ-сигнала — так называемая схема «клеш» — реализуется одиночным настроенным контуром с определенной добротностью. Схема регулируется по получению постоянного по размаху выходного сигнала, показанного на рис. 2.

Частотные детекторы могут быть выполнены по схемам дискриминаторов на расстроенных контурах или по схемам с фазовращательным контуром. Трудности здесь заключаются в получении широкополосного линейного участка характеристики детектирования — до  $\pm(1 \div 1,5)$  Мгц — на относительно низкой несущей частоте 4,43 Мгц (рис. 5).

Выходные видеоусилители цветоразностных сигналов упрощаются благодаря их

узкополосным частотным характеристикам, которые должны быть обратны кривой предыскажений (рис. 1). Цветоразностные сигналы на выходе частотного детектора имеют специфическую форму (подчеркнуты высокие частоты). Сигналы на входе кинескопа имеют обычную форму цветоразностных сигналов (см. рис. 1).

Для задержки сигнала ЧМ-несущей на период одной строки используется ультразвуковая линия задержки, представляющая собой прямоугольный волновод, изготовленный из стекла или мягкой стали (рис. 6). На концах волновода укрепляются пьезоэлектрические преобразователи, параметры которых соответствуют средней частоте сигнала (4,43 Мгц).

При подаче сигнала входной преобразователь возбуждает в линии ультразвуковые волны, достигающие другого конца линии через 64 мксек. Здесь они вновь преобразуются в электрические сигналы. Обычно используются поперечные колебания в линии, преимущества которых перед продольными колебаниями заключаются в меньшей скорости распространения и большей широкополосности. Ослабление сигнала линией задержки составляет около 20 дБ. Линия

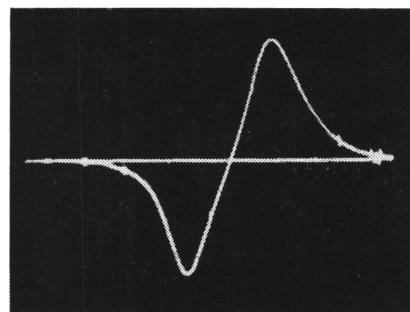


Рис. 5. Характеристика частотного детектора (отметки частоты через 1 Мгц)

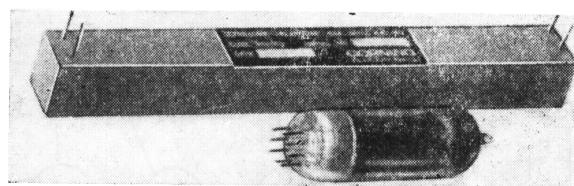


Рис. 6. Линия задержки производства фирмы Corning Glass

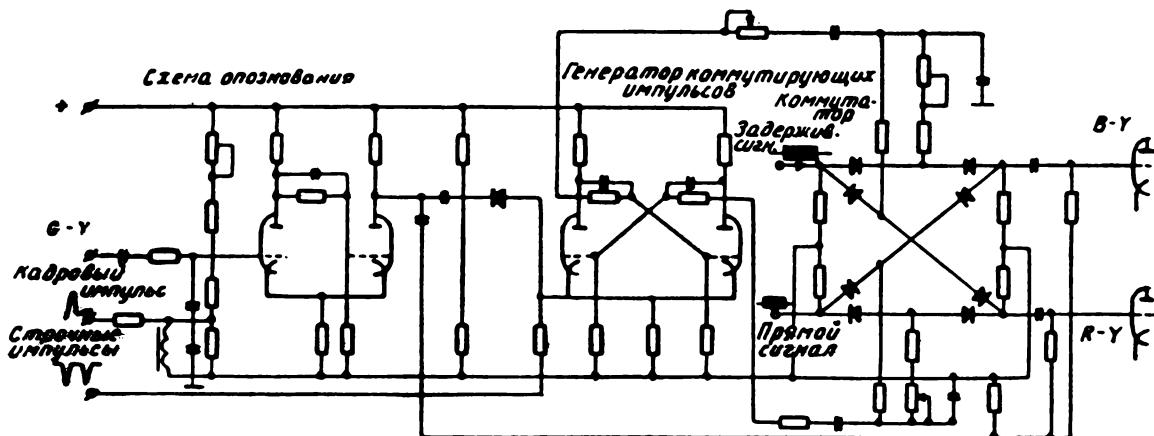


Рис. 7. Принципиальная схема цепей коммутации и опознавания

задержки имеет низкое входное и выходное сопротивления ( $50-100\ \text{ом}$ ), шунтированные большой емкостью (до  $1500-2000\ \text{nF}$ ). Поэтому вход и выход линии подключаются к полосовым усилителям цветности и цепям коммутации через согласующие трансформаторы. Частотные характеристики цепей входа и выхода линии задержки, т. е. на входах каналов прямого, передаваемого в данный момент, и задержанного сигналов, соответствуют полосе частот сигнала цветности ( $3-6\ \text{МГц}$ ).

На рис. 7 приведена схема узлов блока цветности, связанных с коммутацией прямого и задержанного сигналов. Собственно коммутатор собран на восьми полупроводниковых диодах.

На входы схемы коммутатора подаются прямой и задержанный сигналы, а с выходов снимаются сигналы строк соответственно  $R-Y$  и  $B-Y$ . Диоды в горизонтальных и диагональных плечах этого моста попеременно отпираются и запираются симметричными П-образными коммутирующими импульсами, подаваемыми в средние точки каждого плеча. Таким образом, каждый из двух входов схемы поочередно подключается к каждому из двух ее выходов. Диоды схемы коммутатора осуществляют также последовательное двустороннее ограничение сигналов ЧМ-поднесущей.

Генератором коммутирующих импульсов является собранное на двух триодах двухстабильное спусковое устройство — триггер, опрокидываемый импульсами строчного трансформатора. На выходе триггера фор-

мируются симметричные П-импульсы с периодом  $2T_{\text{стр}}$ .

Для того чтобы сигнал данной строки ( $R-Y$ ,  $B-Y$ ) поступал на вход «своего» частотного детектора, необходима правильная начальная установка фазы триггера-генератора коммутирующих импульсов. Этую функцию совместно с функцией автоматического выключения цветности выполняет схема опознавания цвета.

Один из возможных вариантов схемы опознавания выполнен на основе триггера Шмидта — спускового устройства с двумя устойчивыми состояниями, обладающим тем свойством, что переход из одного положения в другое, в зависимости от уровня входного напряжения, осуществляется по своеобразной петле гистерезиса (рис. 8). Одному устойчивому состоянию (1) соответствует запирание канала цветности, другому (2) — нормальное прохождение сигнала. Работа схемы опознавания поясняется рис. 9.

На вход триггера Шмидта подается сумма двух напряжений: напряжение с контура ударно возбуждаемого импульсом обратного хода кадровой развертки и проинтегрированное напряжение с выхода усилителя цветоразностного сигнала  $G-Y$ . Параметры контура выбраны так, что вторая (отрицательная) полуволна его колебаний соответствует во времени прохождению сигнала опознавания. Схема работает следующим образом. Первая полуволна колебаний контура переводит триггер Шмидта в положение (1) независимо от того, в каком положе-

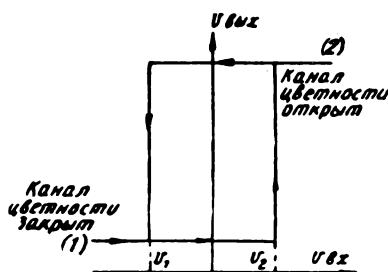


Рис. 8. Динамическая характеристика триггера Шмидта

нии он находился. При этом канал цветности отпирается. Если коммутатор работает в правильной фазе, то сигнал опознавания имеет положительную полярность и компенсирует отрицательный всплеск колебаний контура так, что уровень обратного опрокидывания не достигается. В результате канал цветности остается открытым, и коммутатор продолжает переключать каналы в правильной фазе. Если же фаза переключения неправильна, то сигнал опознавания имеет отрицательную полярность. При этом будет достигнут уровень перехода в положение (2) и канал цветности запирается на время активной части полукадра. Одновременно вырабатывается импульс, вызывающий дополнительный переброс генератора коммутирующих импульсов, в результате чего устанавливается правильная фаза коммутации.

Уровень перехода триггера Шмидта в положение (2) достигается также при отсутствии сигнала идентификации. Таким образом, при приеме черно-белого изображения блок цветности будет автоматически отключаться на период активной части полукадра.

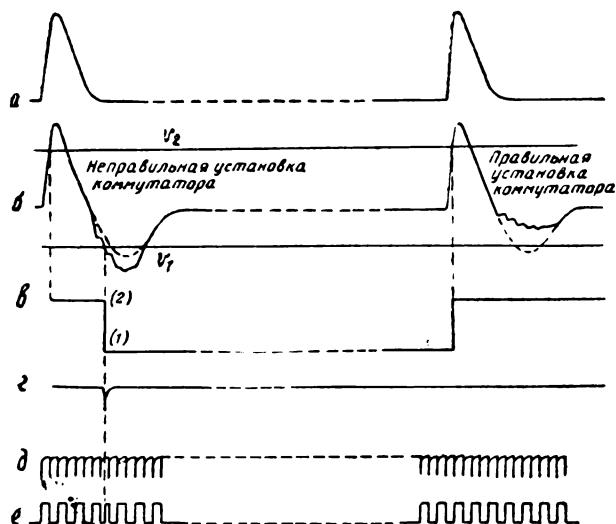


Рис. 9. Форма напряжений в схеме опознавания:  
а — кадровый импульс; б — напряжение на входе триггера Шмидта; в — напряжение на выходе триггера Шмидта; г — импульс корректировки фазы коммутатора; д — строчные импульсы; е — коммутирующие импульсы

Блок цветности описываемого приемника сигналов системы SECAM выполнен на шести однотипных ламповых баллонах — триод-пентодах 6Ф1П. Триодные половины ламп используются в импульсных схемах, в видеоусилителе сигнала  $G - Y$  и в одном из полосовых усилителей ЧМ-сигнала. В остальных полосовых и видеоусилителях используются пентодные части ламп 6Ф1П.

Из рассмотрения схемы блока следует, что собранные на его лампах элементы являются в основном обычными усилительными и импульсными схемами. К этим схемам не предъявляются особо жесткие требования. Так, допуски на нестабильность коэф-

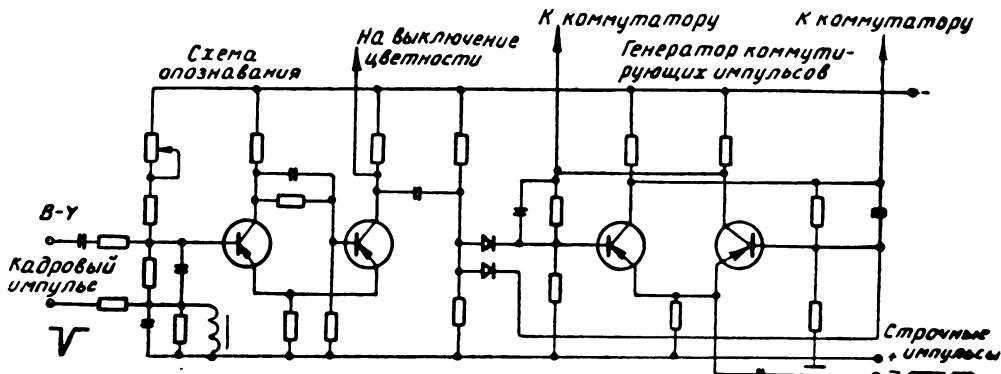


Рис. 10. Схема цепей коммутации и опознавания на транзисторах

фициента усиления, формы частотных и фазовых характеристик усилителей ЧМ-поднесущей, а также на величины искажений типа дифференциальная фаза и дифференциальное усиление могут быть больше, чем для соответствующих элементов приемника системы с квадратурной модуляцией. Требования к частоте срабатывания импульсных схем, крутизне фронтов и размаху импульсов также невелики. Поэтому перспективной представляется замена ламп в блоке цветности SECAM полупроводниковыми триодами, что дает ряд известных преимуществ.

Примеры выполнения некоторых узлов на транзисторах приведены на схеме (рис. 10). Подобные решения есть за рубежом. Так, в блоке цветности одной из моделей приемника фирмы CFT используются 15 транзисторов; выходные видеоусилители, которые должны обеспечивать большой размах выходного напряжения с малыми нелинейными искажениями, выполнены на лампах.

#### **Технико-экономические характеристики**

Изготовленные заводом им. Козицкого на основе изложенных здесь принципов и схем лабораторные макеты приемников системы SECAM проверены по сигналам генератора цветных полос, цветного телекинопроектора, диапроектора и студии.

Опыт просмотров изображений одних и тех же сюжетов на приемниках SECAM и «Радуга» ЦТ-3 по системе с квадратурной модуляцией свидетельствует о том, что оба изображения сравнимы и имеют достаточно высокое качество.

Рассмотрим некоторые сравнительные характеристики приемников.

##### **а) Чувствительность к искажениям и стабильность характеристик**

В приемнике системы с квадратурной модуляцией изменения коэффициента усиления, а также искажение частотных характеристик в области поднесущей и дифференциальное усиление вызывают искажения цветовой насыщенности; искажения сигнала «вспышки» и дифференциальная фаза вызывают искажения тона цвета. Эти искажения и их изменения сказываются на воспроизведении цвета, в том числе на крупных деталях изображения.

Неравномерность частотной и фазовой характеристики, так же как и дифференциальная фаза, вызывают в приемнике NTSC искажения цветового тона. Изображение на приемнике SECAM значительно менее критично к амплитудно-частотным, фазо-частотным и дифференциальным искажениям. Уход нулевой точки частотного детектора в приемнике SECAM практически не ухудшает качества декодирования сигналов цветности, поскольку значение этого параметра ( $10 \div 20 \text{ кГц}$ ) несравненно меньше линейного участка характеристики дискриминатора. Возникающие при этом изменения постоянной составляющей сигнала можно уменьшить повышением стабильности характеристики дискриминатора либо применением обычного способа восстановления постоянной составляющей.

##### **б) Совместимость**

Заметность структуры поднесущей на изображении в системе NTSC меньше, чем в системе SECAM. Однако подбор закона коммутации фазы, уменьшение амплитуды поднесущей на слaboокрашенных участках изображения, уменьшение девиации частоты существенно уменьшают видность мешающей структуры.

Следует отметить, что при просмотре на близком расстоянии изображения на приемнике SECAM заметен эффект «плывущих строк».

##### **в) Помехоустойчивость**

Мешающее действие помех на ЧМ-сигнал проявляется главным образом как паразитная девиация в результате биений помехи с составляющими сигнала. Эта девиация пропорциональна частоте биений, т. е. разности частот помехи и сигнала. Таким образом, наименее помехозащищенными являются высокочастотные области спектра, в которых к тому же составляющие сигнала обычно невелики. Помехоустойчивость приема сигналов системы SECAM значительно повышается, как уже отмечалось ранее, благодаря введению предыскажений. Узкополосный фильтр на входе блока цветности резко ослабляет высокочастотные составляющие шумов.

Высокочастотное напряжение помех, которое все же имеется на выходе частотного детектора, ослабляется далее в узкополос-

ном видеоусилителе. Однако при приеме в условиях сильных флюктуационных шумов помехоустойчивость системы SECAM ниже, чем системы NTSC. Влияние помех и шумов на работу схемы опознавания значительно ослабляется за счет интегрирования сигнала опознавания и выделения его из принимаемого сигнала один раз за полукадр.

#### г) Вопросы производства и эксплуатации

Важным критерием для сравнения приемников обеих систем является сложность их построения, регулировки и управления ими в процессе эксплуатации. Сравнение выпускаемого в настоящее время заводом им. Козицкого приемника «Радуга» ЦТ-3 (NTSC) с макетом приемника системы SECAM, изготовленного на базе того же телевизора «Радуга» ЦТ-3, показывает, что схемы блока цветности того и другого приемника достаточно сложны и содержат большое число схемных элементов.

Сложность изготовления того и другого блока цветности примерно одинакова.

Различие в стоимости обоих вариантов блока цветности определяется главным образом различной стоимостью полуфабрикатов и комплектующих изделий. Оно относительно невелико и в малой степени зависит от тиража выпуска приемника. Поэтому большое значение приобретает соотношение стоимости таких специфических изделий, как кварцевый резонатор в приемнике NTSC и линия задержки в приемнике SECAM.

Можно ожидать, что стоимость линии задержки отечественного производства будет такого же порядка, что и стоимость кварцевого резонатора.

Удорожание блока цветности для системы SECAM составляет единицы рублей, или доли процента общей стоимости приемника.

По зарубежным подсчетам, различие в стоимости того и другого блока цветности, за вычетом различной стоимости кварца и

линии задержки, по абсолютной величине примерно такое же.

Следует отметить, что в радиоканале приемника SECAM могут быть установлены, как и в блоке цветности, более широкие допуски на форму частотных и фазовых характеристик и дифференциальные искажения. Это вызовет некоторое упрощение его схемы и регулировки и, следовательно, уменьшение стоимости. Поэтому удорожание блока цветности может быть скомпенсировано.

Важное преимущество приемника SECAM заключается в отсутствии в нем оперативной регулировки цветового тона изображения, существеннейшим образом влияющей на верность воспроизведения цветного изображения. Пользование этой регулировкой в приемнике NTSC затруднительно и требует от потребителя определенных навыков. В приемнике же SECAM после заводской настройки цветовой тон воспроизводится правильно и оперативная регулировка не требуется. Оперативная регулировка насыщенности в этом приемнике также не является необходимой, поскольку насыщенность в системе SECAM не зависит от размаха принимаемого сигнала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Товбин М. Н., Техника кино и телевидения, 1962, № 5.
2. Cox M., Receiving SECAM, Wireless World, 1963, September.
3. France H., Cassagne P., Melchior G., Characteristics of the SECAM Colour Television System, Electronic Engineering, 1963, September.
4. Cassagne P., Melchior G., Some Aspects of SECAM Colour Television Receiver Design, Electronic Engineering, 1964, 36, № 440, October.
5. Захаров И. П., Денисенко И. Н., Певзнер Б. М., Техника кино и телевидения, 1964, № 9.
6. Варбанский А. М., Исаев А. Н., Техника кино и телевидения, 1964, № 10.
7. Дури Ж., Сравнение систем ЦТ, Техника кино и телевидения, 1964, № 10.

# О НАБЛЮДЕНИИ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В ТРУБКАХ С НАКОПЛЕНИЕМ ЗАРЯДА

621.383.7

Приведены результаты эксперимента, позволяющего наблюдать активную часть считывающего электронного пучка в трубке с накоплением энергии.

Мишень в телевизионных и других трубках с накоплением заряда разряжается преимущественно передней, активной частью коммутирующего пучка (показанной на рис. 1 сплошными линиями), автоматически приспосабливающейся, адаптирующейся к числу строк и способу разложения и

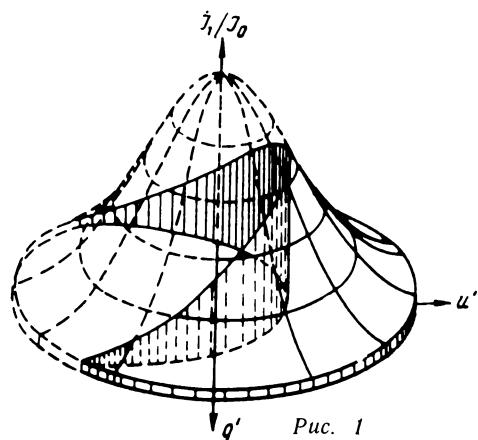


Рис. 1

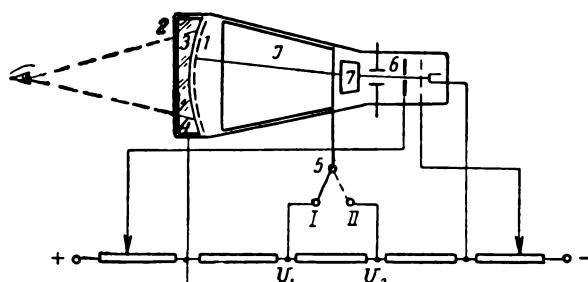


Рис. 2

меняющейся, пульсирующей вместе с изменениями плотности накопленного мишенью заряда [1, 2]. Моделируя процессы накопления и считываивания обычной осциллографической трубкой (рис. 2), можно увидеть активную часть пучка.

В качестве накопителя используется в данном случае светящийся люминофор 1, а в качестве «сигнальной пластины» — внешний кювет с прозрачными окном 2, электролитом 3 и металлическим кольцом 4. Лю-

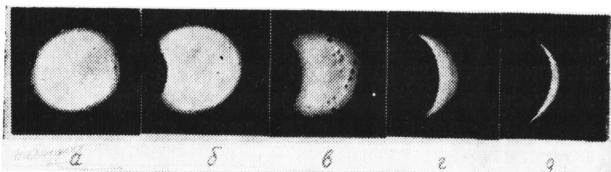


Рис. 3

минофор 1 заряжается положительно развертываемым в растр (отклоняющими пластинами 6 и 7) пучком 1 при скорости электронов  $V_1$ , соответствующей коэффициенту вторичной эмиссии  $\sigma > 1$  (переключатель 5 находится в положении I). Разряжается он тем же, но медленно отклоняемым вдоль строки пучком 1 при скорости электронов  $V_2$ , соответствующей  $\sigma < 1$  (переключатель устанавливается в положение II). При этом активная часть пучка вызывает свечения (рис. 3), которые наблюдаются и фотографируются через окно 2. В случаях больших плотностей накопленного положительного заряда люминофор разряжается всеми электронами пучка, образующими свечение (a), повторяющее распределение плотности электронов в коммутирующем пучке. С уменьшением накопленного заряда люминофор начинает разряжаться только передней, активной частью пятна, вызывающей свечения типа б, в, г<sup>1</sup> и д, величина и форма которых меняются (пульсируют) вместе с изменениями плотности накопленного заряда.

<sup>1</sup> Точки на фотографии г вызваны появлением в электролите 3 воздушных пузырьков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рыфтин Я. А., Переходные процессы в передающих телевизионных трубках с накоплением энергии, Журнал технической физики, 1953, вып. 9.
2. Рыфтин Я. А., Эффект пульсации — адаптации « пятна » на мишени электронно-лучевой трубы с накоплением энергии (заряда). Удостоверение о регистрации № 43277, 1961 г.

Ленинградский электротехнический институт  
имени В. И. Ульянова (Ленина)

# КОРРЕКЦИЯ В ВИДЕОУСИЛИТЕЛЕ

621.375.121

Рассмотрены пути повышения эффективности коррекции с частотно-зависимой обратной связью по катодной цепи. Подробно анализируется одна из конкретных схем. Приведены сравнительные характеристики схемы.

Для усиления видеосигналов часто применяют схему рис. 1. Ее катодная цепь не вносит искажений при усилении медленно меняющихся сигналов низших частот. Кроме того, данная схема дает возможность осуществлять коррекцию на сравнительно высоком уровне видеосигнала, что позволяет получить на выходе каскада видеосигнал сравнительно большого размаха.

## Анализ работы схемы с коррекцией частотно-зависимой обратной связью по катоду

В ряде работ [1, 3] показано, что схема рис. 1 дает выигрыш в выходном напряжении относительно некорректированного резистивного каскада при  $\tau_k > \tau_a$  ( $\tau_k$  и  $\tau_a$  — соответственно постоянные времени катодной и анодной цепи). Выигрыш в добротности получается за счет уменьшения коэффициента частотно-зависимой обратной связи при шунтировании емкостью  $C_k$  катодного сопротивления  $R_k$  (в области высших частот). При этом уменьшается длительность фронта  $t_\phi$  переходной характеристики, определяемой как время, в течение которого выходной сигнал возрастает от 10 до 90% своего конечного значения. Однако существенное уменьшение времени фронта  $t_\phi$  связано с увеличением до недопустимых пределов величин выбросов в переходной характеристике, что приводит к значитель-

ному искажению видеосигнала в области высших частот.

При поступлении ступенчатого сигнала на вход каскада на пентоде выражение для анодного тока будет

$$I_a = \frac{s \dot{V}_{bx}}{1 + sZ_k}.$$

Выражение в знаменателе характеризует действие обратной связи в каскаде. Для схемы рис. 1 полное сопротивление катодной цепи будет

$$Z_k = \frac{R_k}{1 + p\tau_k}.$$

Изменения во времени тока  $I_a$  и напряжения на аноде  $V_a$  при ступенчатом входном сигнале показаны соответственно на рис. 2 и 3 (кривые 1).

Длительность фронта импульса на выходе каскада зависит от времени заряда паразитной емкости  $C_0$  до установившегося значения. Естественно, что время заряда емкости  $C_0$  будет тем меньше, чем больше анодный ток  $I_a$  в момент заряда, т. е. чем меньше величина сопротивления  $Z_k$ .

Величина выбросов зависит от величины комплексной обратной связи, т. е. сопротивления  $Z_k$  в момент выброса. Чем больше коэффициент обратной связи по току, тем меньше будет выброс. Таким образом, при заряде емкости  $C_0$  до установившегося значения напряжения на ней полное сопротивление катодной цепи  $Z_k$  должно иметь минимальное значение, а при появлении выброса — максимальное значение.

Рассмотрим предельный случай: в момент поступления ступенчатого сигнала полное катодное сопротивление  $Z_k = 0$  и сохраняет это значение до момента времени  $t = \tau_a \ln \frac{1 + SR_k}{SR_k}$ .

Выражение для тока  $I_a$  при  $Z_k = 0$  имеет вид:  $I_a = S \dot{V}_{bx}$ .

Емкость  $C_0$  заряжается максимальным значением тока  $I_a = SV_{bx}$  через цепь с постоянной времени  $\tau_a$ . Она стремится заря-

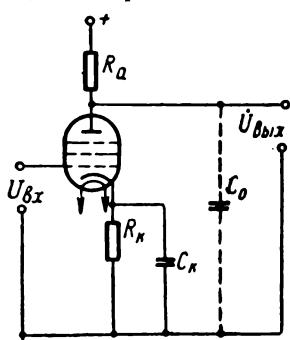


Рис. 1. Усилитель с частотно- зависимой обратной связью в цепи катода

диться до установившегося значения  $\dot{V}_a = -SV_{bx}R_a$  (пунктирная кривая на рис. 3).

В момент времени  $t = \tau_a \ln \frac{1+SR_k}{SR_k}$  со- противление  $Z_k$  принимает значение  $Z_k = R_k$ . При этом ток  $I_a$  скачкообразно уменьшается и в дальнейшем сохраняет значение

$$I_a = \frac{SV_{bx}}{1+SR_k}.$$

Емкость  $C_0$  уже зарядилась до своего установившегося значения (с учетом обратной связи), равного  $V_a = \frac{SV_{bx}R_a}{1+SR_k}$ .

При этом выбросы в переходной характеристике будут отсутствовать, так как начальные условия нового процесса изменения напряжения  $\dot{V}_a$  (с учетом, что  $Z_k = R_k$ ) совпадают с его установившимся значением. Изменение во времени тока  $I_a$  и напряжения  $V_a$  для предельного случая показано соответственно на рис. 2 и 3 (кривые 3).

Для достаточно глубокой обратной связи начальный участок экспоненты (кривая 3, рис. 3) мало отличается от прямой, касательной к ней в точке  $t=0$ . Тогда длительность фронта импульса  $t_\phi$  будет равна:

$$t_\phi = 0,8 \frac{\tau_a}{1+SR_k}.$$

Для добротности каскада получаем:

$$\varDelta = \frac{K}{t_\phi} = \frac{K_0}{0,8\tau_a},$$

где  $K = \frac{K_0}{1+SR_k}$ ;  $K_0 = SR_a$ .

Максимальный выигрыш в добротности относительно некорректированного реостатного каскада при применении коррекции частотно-зависимой обратной связью по току равен:

$$\varphi_{\max c} = \frac{\varDelta}{\varDelta_0} = \frac{K_0 \cdot 2,2\tau_a}{0,8\tau_a K_0} = 2,75,$$

где  $\varDelta_0 = \frac{K_0}{2,2\tau_a}$ .

Подобный максимальный выигрыш в добротности относительно некорректированного каскада имеет место для простой параллельной индуктивной коррекции. Принципиальное различие в том, что коррекция комплексной обратной связью по току дает возможность получить данный выигрыш без выбросов в переходной характеристике.

Из сравнения кривых 1 и 3 (см. рис. 2 и 3) видно, что схема рис. 1 далеко не исполь-

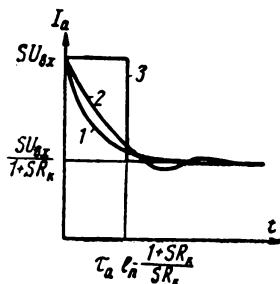


Рис. 2. Зависимость  $I_a$  от  $t$  для различных схем с отрицательной обратной связью в цепи катода

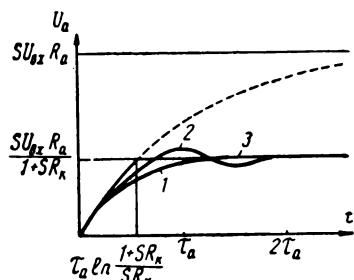


Рис. 3. Зависимость  $V_a$  от  $t$  для различных схем с отрицательной обратной связью в цепи катода

зует всех возможностей частотно-зависимой обратной связи по катодной цепи. Целесообразно поэтому применение более сложных фильтров в катодной цепи, переходная характеристика которых более приближается к скачкообразной, чем переходная характеристика катодной цепи схемы рис. 1

Ниже рассмотрена схема рис. 4. Ее катодная цепь отвечает приведенным выше требованиям (рис. 3, кривая 2).

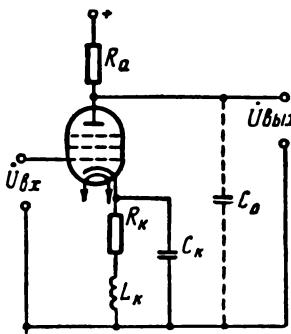


Рис. 4. Усилитель со сложной обратной связью в цепи катода

### Анализ схемы по частотным характеристикам

Комплексный коэффициент усиления схемы рис. 4 равен:

$$\dot{K} = \frac{S\dot{Z}_a}{1 + S\dot{Z}_k}. \quad (1)$$

В данном случае:

$$\dot{Z}_a = \frac{R_a}{1 + j\omega\tau_a},$$

$$\dot{Z}_k = \frac{(R_k + j\omega L_k)}{1 + j\omega R_k C_k + (j\omega)^2 L_k C_k},$$

где:  $\tau_a = R_a C_0$ .

Введем обозначения:

$$m = \frac{L_k}{R_k^2 C_k}; \quad b = \frac{1}{1 + SR_k}; \quad d = \frac{SR_k}{1 + SR_k};$$

$$n = \frac{\tau_k}{\tau_a} \quad \text{и} \quad \Omega = \omega R_a C_0.$$

После подстановки принятых обозначений в (1) комплексный коэффициент частотных искажений определяется выражением:

$$y = \frac{K}{K_0} = \frac{1 + j\Omega n + (j\Omega)^2 mn^2}{1 + j\Omega(1 + bn + dm) + (j\Omega)^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{(bn + dm + bmn^2) + (j\Omega)^2 bmn^2}{(bn + dm + bmn^2) + (j\Omega)^2 bmn^2}, \quad (2)$$

где:  $K_0 = SR_{ab}$ .

Коэффициент  $b$ , характеризующий величину обратной связи, зависит от крутизны характеристики лампы  $S$  и от величины катодного сопротивления  $R_k$ . Величина  $R_k$  выбирается из требования получения необходимого смещения. Для большинства применяемых в видеоусилителях ламп величина коэффициента  $b$  находится в пределах 0,3—0,5. Таким образом, схема рис. 4 имеет только два независимых коэффициента коррекции  $m$  и  $n$ .

Квадрат модуля выражения (2) может быть представлен в виде:

$$y^2 = \frac{1 + a_1\Omega^2 + a_2\Omega^4}{1 + b_1\Omega^2 + b_2\Omega^4 + b_3\Omega^6}.$$

Согласно методу Г. В. Брауде [2], оптимальная частотная характеристика имеет место при  $a_1 = b_1$  и  $a_2 = b_2$ , т. е. при:

$$n^2 - 2mn^2 = 1 + 2bdm - 2bmn^2 +$$

$$+ b^2n^2 + d^2m^2n^2$$

и

$$m^2n^4 = b^2n^2 + 2bdm - 2bmn^2 +$$

$$+ b^2m^2n^4.$$

Для применимых на практике значений коэффициентов коррекции  $m$  и  $n$  решение данной системы уравнений (учитывая, что

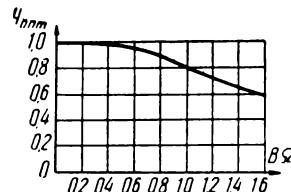


Рис. 5. Оптимальная частотная характеристика схемы рис. 4

$d = 1 - b$ ) дает следующие результаты: для  $b = 0,4$   $n = 1,52$  и  $m = 0,231$ ; для  $b = 0,333$   $n = 1,43$  и  $m = 0,215$ .

На рис. 5 представлены оптимальные частотные характеристики. Для значений коэффициента обратной связи  $b = 0,333$  и  $b = -0,4$  в пределах значений  $b\Omega = 0 \div 1,6$  они практически совпадают. По оси абсцисс отложена величина  $b\Omega$ . При таком масштабе удобно сравнивать эффективность данной схемы с эффективностью других схем [1], так как:

$$K_0 = \frac{Sb\Omega_{rp}}{C_0\omega_{rp}} = bSR_a,$$

где:  $\omega_{rp}$  — граничная частота,  $K_0$  — коэффициент усиления при  $\omega_{rp}$ .

Сравним частотные характеристики схемы рис. 4 и схемы рис. 1. Схема рис. 1 имеет оптимальную частотную характеристику для  $b = 0,373$  при  $n = 1,08$  и 30%-ный спад при  $b_1\Omega_{rp1} = 1,07$  [4].

Выигрыш в коэффициенте усиления при применении анализируемой схемы взамен схемы рис. 1 будет равен:

$$\frac{K}{K_1} = \frac{b\Omega_{rp}}{b_1\Omega_{rp1}} = \frac{1,27}{1,07} = 1,187.$$

Таким образом, рассматриваемая схема дает на 18—19% большее усиление, чем схема рис. 1, т. е. получаются несколько лучшие результаты, чем в случае схемы с анодной индуктивностью и корректирующей емкостью в цепи катода [1, 4].

### Анализ работы схемы по переходным характеристикам

Операторное изображение переходной характеристики схемы рис. 4 имеет вид:

$$f(p) = \frac{1 + p\tau_k + p^2m\tau_k^2}{1 + p[\tau_a + \tau_k(b + dm)] +}$$

$$\rightarrow \frac{}{+ p^2[bm\tau_k^2 + \tau_k\tau_a(b + md)] + p^3bm\tau_k^2\tau_a}.$$

Критический режим данной схемы является монотонным и не имеет выбросов; поэтому он не является оптимальным.

Рассмотрим переходные характеристики анализируемой схемы для коэффициента обратной связи  $b = 0,333$ . Выражение для нормированной переходной характеристики может быть найдено из приложения к [1]. На рис. 6 приведены зависимости  $\delta(m, n)$  и  $\epsilon(m, n)$ . Случай  $m=0$  соответствует схеме рис. 1. Из рис. 6 следует, что с увеличением коэффициента коррекции  $m$  (при постоянном  $n$ ) величина положительного выброса  $\delta$  уменьшается, но, начиная с некоторого граничного значения коэффициента  $m$ , появляется отрицательный выброс  $\epsilon$ , величина которого при дальнейшем увеличении  $m$  возрастает. Кроме того, существуют такие значения коэффициентов  $m$  и  $n$ , при которых переходная характеристика имеет колебательный характер, не достигнув своего установившегося значения. Так, например, при  $n=1,3$  и  $m=0,4$  величина отклонения переходной характеристики от установившегося значения достигает  $\epsilon = 8\%$  при  $\delta=0$ .

Физически влияние изменения коэффициента  $m$  на поведение переходной характеристики объясняется тем, что с увеличением  $m$  напряжение колебательного контура в цепи катода нарастает более круто. Это приводит к уменьшению величины тока, заряжающего паразитную емкость  $C_0$ , что снижает положительный выброс. При дальнейшем увеличении коэффициента  $m$  напряжение на катоде может иметь выброс, чем и объясняется появление отрицательных вы-

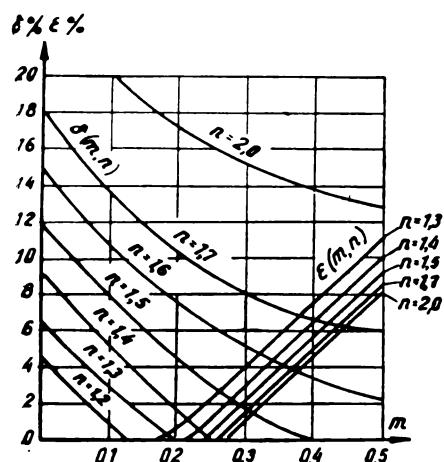


Рис. 6. Зависимость  $\delta(m, n)$  и  $\epsilon(m, n)$  для  $b = 0,333$

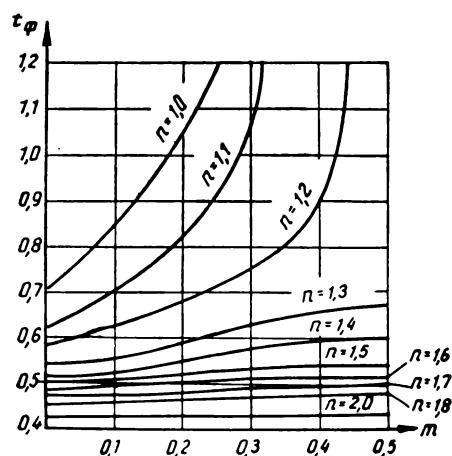


Рис. 7. Зависимость  $t_\Phi(m, n)$  для  $b = 0,333$

бросов на аноде схемы.

Увеличение второго коэффициента коррекции  $n$ , наоборот, приводит к более медленному нарастанию напряжения в цепи обратной связи, что вызывает увеличение положительного выброса и уменьшение отрицательного.

Зависимость времени фронта  $t_\Phi$  от  $m$  и  $n$  показана на рис. 7 (здесь  $t_\Phi = \frac{t}{\tau_a}$ ). Из кривых рис. 7 следует, что с некоторого значения коэффициента  $n$  время фронта  $t_\Phi$  практически не зависит от коэффициента  $m$ .

Таким образом, из анализа зависимостей  $\delta(m, n)$ ,  $\epsilon(m, n)$  и  $t_\Phi(m, n)$  следует вывод: до некоторого значения коэффициента коррекции  $m$  (величина которого определяется допустимым отрицательным выбросом  $\epsilon$ ) положительный выброс  $\delta$  значительно уменьшается сравнительно со схемой рис. 1, в то время как величина фронта  $t_\Phi$  практически не увеличивается. Это дает возможность получить выигрыш в выходном напряжении относительно схемы рис. 1. Так, например, для значений  $n=1,5$  и  $m=0,3$  величина выброса  $\delta$  уменьшается с 11,6 до 1,5%. Величина времени фронта  $t_\Phi$  увеличивается при этом от 0,5 до 0,525.

Анализ схемы показывает, что с увеличением коэффициента обратной связи  $b$  (т. е. с уменьшением глубины обратной связи) величина выбросов  $\delta$  и  $\epsilon$  уменьшается, но длительность фронта  $t_\Phi$  увеличивается для одинаковых значений коэффициентов  $m$  и  $n$ . При увеличении  $b$  от 0,333 до 0,4 положи-

тельный выброс  $\delta$  уменьшается с 4,5 до 2,5%, отрицательный — с 3,5 до 3,0%, а длительность фронта увеличивается от 0,51 до 0,64 при  $n=1,6$  и  $m=0,35$ .

В заключение сравним эффективность анализируемой схемы со схемой рис. 1, исходя из переходных характеристик данных схем. Из рис. 6 следует, что схема рис. 1 ( $m=0$ ) имеет выброс  $\delta=5\%$  и длительность фронта (см. рис. 7)  $t_f=0,59$  при  $n=1,21$ . Расчет показывает, что схема рис. 4 имеет выброс  $\delta=5\%$  при отсутствии отрицательного выброса и длительность фронта  $t_f=0,59$  при значении коэффициента обратной связи  $b=0,4$ .

Тогда:

$$\frac{K}{K_1} = \frac{K_0 \cdot b}{K_{01} \cdot b_1} = \frac{0,4}{0,333} = 1,20,$$

где  $K_{01} = SR_a$ .

Таким образом, схема рис. 4 дает на 20% большее усиление, чем схема рис. 1, что примерно совпадает с результатами, полученными из анализа по частотным характеристикам.

### Заключение

Исследованная в работе схема коррекции с помощью сложной обратной связи по катодной цепи имеет ряд преимуществ перед

известной схемой рис. 1. Включение индуктивности в цепь катода, как показывают исследования, дает несколько лучшие результаты, чем включение индуктивности в цепь анода схемы рис. 1 [1, 4]. Недостатком схемы является появление отрицательного выброса, что в некоторой степени снижает возможности схемы.

Целесообразно применение более сложных фильтров в катодной цепи, что позволяет получить значительный выигрыш в выходном напряжении, но связано со значительными трудностями при анализе и настройке схемы.

Сложная коррекция комплексной обратной связью по току была неоднократно экспериментально проверена. Результаты эксперимента подтверждают теоретические исследования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лурье О. Б., Усилители видеочастоты, «Советское радио», 1961.
2. Брауде Г. В., Журнал технической физики, 1934, 4, вып. 9, 10.
3. Эрглис К. Э., Степаненко И. П., Электронные усилители, Физматгиз, 1961.
4. Лурье О. Б., Сирго А. Д., Техника кино и телевидения, 1958, № 1.

Челябинский политехнический  
институт

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

621.391.1

Предложен метод определения полной информативной емкости, сложности и упорядоченности контуров. Показано, что полная информативная емкость не зависит от содержания конечного изображения. На основе информативной оценки определяется оптимальный масштаб воспроизведения изображения. Изложенный подход иллюстрируется примерами.

Все возрастающий интерес к системам автоматического телевидения заставляет все глубже изучать статистические характеристики изображений. Во многих случаях обычное изображение без сколько-нибудь заметных потерь может быть заменено контурным. В экспериментальных работах кибернетики, бионики, психологии и других наук применяются различные эталонные изображения для измерений скорости, достоверности опознания и других характеристик зрения. Обычно это набор более или менее случайно подобранных фигур-контуров. По-видимому, старейшими среди наборов фигур, применявшихся для экспериментов с человеком, являются карты Зенера. В современных экспериментах (см., например, [1]) применяются наборы изображений самых различных предметов—часов, ладони, портфеля, репы, плаща, утюга и т. п., но всем им придается одинаковое информативное значение. Между тем ясно, что существуют «простые» фигуры и «сложные» фигуры, опознание, счет, распознание среди близких по форме и другие, характеристики которых различны. Бурно развивающаяся наука об опознании зрительных образов так же, очевидно, нуждается в оценке сложности опознаваемых фигур.

Любая автоматическая телевизионная система, по существу, включает в себя опознавающее устройство, однако в связи с элементарностью ситуации опознание часто отождествляется с обнаружением сигнала, превышающего заданный уровень. Построение автоматической опознавающей телевизионной системы, работающей в реальной ситуации (сложный фон и сложные объекты) невозможно без численной оценки характеристик фона и объектов опознания.

Введение определения сложности контура не может быть проведено без учета разрешающей способности системы построения изображения. Любой контур состоит из

прямолинейных участков, закруглений с различными (в том числе переменными) радиусами кривизны и углов. Изменение масштаба воспроизведения, или, точнее, изменение количества разлагающих элементов, приходящихся на единицу длины контура, по-различному оказывается на контурах различного вида. Особенно характерные процессы происходят при построении контуров объектов с «конструктивно острыми» углами. Такими углами целесообразно назвать участки объектов (углы) с радиусами закруглений, несравненно меньшими радиуса разлагающего элемента во всех возможных (в конкретных условиях) масштабах. Очевидно, что радиус закругления при воспроизведении таких углов при изменении масштаба будет оставаться постоянным, и относительное содержание прямолинейных участков в таком контуре будет пропорциональным масштабу.

Другой тип контуров (без «конструктивно острых» углов) в предельном случае при изменении масштаба отличается изменением всех относительных характеристик.

Примером объектов, обладающих контурами первого типа, могут служить геометрические фигуры, примером объекта второго типа — портрет человека.

Используя методы теории информации, можно определить для любого контура масштаб воспроизведения, соответствующий наибольшей удельной информативной емкости, и, наоборот, используя контуры различной сложности, подобрать масштаб воспроизведения, обеспечивающий их одинаковую информативную оценку.

Контур может быть задан (или описан) различными методами. Для решения поставленной задачи признано наиболее целесообразным описание, названное угловым. Простейший способ составления углового описания заключается в разбиении контура на достаточно малые участки  $l_0$  и изме-

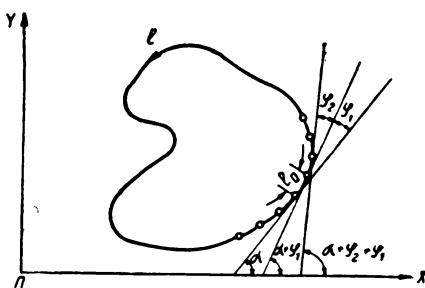


Рис. 1

рении углов  $\varphi$  между прямыми, соединяющими соседние точки попарно в каждой тройке точек (рис. 1). Последовательность значений таких углов для всего контура (угловое описание) однозначно определяет контур с выбранной точностью. Очевидно, что для любого замкнутого контура длиной  $L = l_0 \cdot N$  ( $N$  — число точек на контуре, т. е. число отсчетов  $\varphi$ )

$$\sum_{i=1}^N \varphi_i = 2\pi.$$

В связи с характером поставленной задачи целесообразно выбирать  $l_0$  равным диаметру разлагающего элемента (кружка рассеяния) системы воспроизведения.

Угловое описание отличается инвариантностью относительно ориентации и положения контура на плоскости, в определенных условиях малой зависимостью от масштаба воспроизведения.

Простота инженерного осуществления системы с контурной (следящей) разверткой, позволяющей практически мгновенно получать «фотографию» любого контура в виде его углового описания, является дополнительным соображением в пользу сделанного выбора.

Используя угловое описание, можно определить вероятности прямых отрезков, углов и т. п. Так, например, угловое описание контура квадрата имеет вид функции с двумя уровнями — нулевым, соответствующим прямолинейным участкам, и, например, положительным, соответствующим поворотам контура вправо. Энтропия (разнообразие) такой функции определяется элементарно:

$$H = p_0 \log_2 p_0 + p_+ \log_2 p_+ \frac{\text{д. ед.}}{\text{элемент.}}$$

(Знак энтропии здесь и в дальнейшем для простоты опущен.)

Изменяя масштаб проекции (относительную длину участка  $l_0$ ), можно добиться случая, когда суммарная длина участков контура квадрата на углах будет равна суммарной длине участков контура на прямых; при этом, естественно,  $p_0 = p_+$  и  $H = H_{\max}$ , а избыточность

$$R = 1 - \frac{H_{\text{квадрата}}}{H_0} = 0$$

( $H_0$  для этого случая равно 1).

Изменение вероятностей уровней  $p_0$  и  $p_+$  углового описания квадрата соответствует изменению масштаба проекции квадрата при неизменной разрешающей способности системы воспроизведения. На рис. 2 показана зависимость энтропии квадратного контура и количества информации  $C = H_{\text{кв}} \cdot N$  от относительного масштаба воспроизведения.

Круг любого диаметра с описанных позиций является элементарным контуром и не содержит информации. Фигуры, представляющие собой комбинации нескольких прямоугольников с общими сторонами (невыпуклые многоугольники), характеризуются угловыми описаниями с тремя уровнями; для них  $H_0 = \log_2 3 = 1,58 \text{ д. ед./символ}$ .

Общим случаем, естественно, являются двояковыпуклые контуры сложной формы; угловые описания их квантуются на выбранное число уровней или к ним могут применяться методы обработки непрерывных сообщений.

В связи с тем что в невыпуклых контурах сумма углов положительных (например, поворотов влево при движении по часовой стрелке) больше суммы отрицательных углов на  $2\pi$ , реальные фигуры не мо-

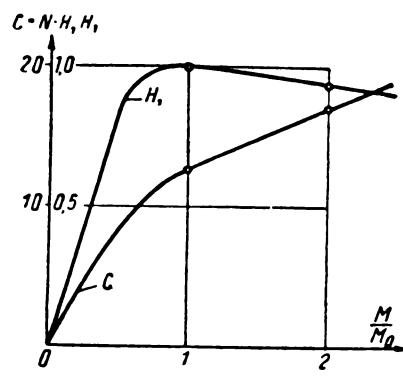


Рис. 2

тут не обладать избыточностью;  $R \rightarrow 0$  только для гипотетических контуров с длиной и числом углов, стремящимися к бесконечности.

Несложно показать, что для объектов с конструктивно-острыми углами

$$\frac{dC}{dN} = \log_2 \frac{N}{N - M}$$

(где  $M$  — число углов в контуре), т. е. при увеличении масштаба проекции информативная емкость контура возрастает по закону логарифма.

Приведенная методика позволяет сравнивать контуры лишь по первому приближению, так как не учитывает корреляционных связей в угловом описании. Такие связи велики, в частности, у контуров, содержащих много прямолинейных участков.

Как известно [2], энтропия второго порядка  $H_2$  может быть определена как прирост информации на символ при замене учета прямых вероятностей учетом переходных вероятностей из-за большего разнообразия переходов с уровня на уровень, чем самих уровней.

Некоторой особенностью расчетов переходных вероятностей является обстоятельство, связанное с тем, что рассматриваемые контуры являются замкнутыми; вследствие этого, например, при расчете вероятностей переходов на «2 элемента» число символов должно остаться равным  $N$ , т. е. следует учитывать вероятность перехода с символа №  $N$  на символ № 1, при расчете переходов на три элемента — с символа  $N - 1$ ;  $N$  на 1 и с  $N$  на 1 и 2 и т. д.

Отличие от единицы избыточности по энтропии второго порядка

$$R_2 = 1 - \frac{H_2}{H_0}$$

свидетельствует о наличии в контуре более «далеких» статистических связей, чем на «расстоянии» в один элемент  $l_0$ . Геометрически это означает, что из ломаных отрезков, соответствующих по форме всем вариантам переходов с элемента  $i$  на элемент  $j$  при  $p_{ij} \neq 0$ , невозможно однозначно «набрать» исходную фигуру.

Если при каком-то значении порядка « $K$ »  $H_K = 0$ , то

$$\begin{aligned} H_1 &= H(n_1); \\ H_2 &= H(n_1 n_2) - H(n_1); \\ H_3 &= H(n_1 n_2 n_3) - H(n_1 n_2); \\ &\dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_i &= H(n_1 n_2 n_3 \dots n_i) - \\ &- H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{i-1}); \\ H_k &= H(n_1 n_2 n_3 \dots n_k) - \\ &- H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-1}) = 0. \end{aligned}$$

Последнее равенство выполняется для несимметричного контура в случае одинаковой вероятности переходов ( $n_1 n_2 n_3 \dots n_k$ ) и ( $n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-1}$ ), равных  $\frac{1}{N}$ .

При этом

$$\begin{aligned} H(n_1 n_2 n_3 \dots n_k) &= \\ &= H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-1}) = \log_2 N. \end{aligned}$$

Но так как

$$\begin{aligned} H(n_1 n_2 n_3 \dots n_k) &= \\ &= H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-1}) = H_{k-1} + \\ &+ H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-2}) = H_{k-1} + H_{k-2} + \\ &\quad \vdots \\ &+ H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-3}) = \sum_{i=1}^k H_i, \end{aligned}$$

то полная энтропия любого несимметричного контура с учетом всех статистических связей

$$H_N = \log_2 N.$$

В выражении для  $H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-1})$  вероятности переходов  $p_{i\dots k-1}$  должны быть равны. Число слагаемых в таком выражении для  $H(n_i)$  равно или меньше числа квантовых уровней  $m$ , для  $H(n_1 n_2) \leq m^2$  для  $H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-1}) \leq m^{k-1}$ . Однако если блок (угловое описание) содержит  $N$  символов, то число различных переходов, т. е. максимальное число слагаемых в формуле для  $H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-1})$  не может быть больше  $\frac{N}{S}$ , где  $S$  — число периодов в угловом описании. (Контур с одной или несколькими осями симметрии имеет угловое описание в виде периодической функции.)

Таким образом, если при каком-то  $j$   $m^j < \frac{N}{S}$ , то в выражении для  $H(n_1 n_2 n_3 \dots n_j)$  есть члены, соответствующие комбинациям переходов, повторяющихся более чем один раз. Если это так, то  $j < K - 1$  и полная энтропия не определена. Порядок  $j$  необходимо увеличить; как только  $m^j \geq \frac{N}{S}$ , то  $j = K - 1$ . Следова-

тельно, при  $m^{K-1} > \frac{N}{S}$  число слагаемых в  $H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-1})$  определяется не числом квантовых уровней  $m$ , а числом символов в блоке  $N$ ; так как понятие порядка  $K - 1$  соответствует равной вероятности переходов, то

$$H(n_1 n_2 n_3 \dots n_{k-1}) = \log_2 \frac{N}{S}.$$

Из приведенного вывода следует, в частности, что гипотетический «шумовой» контур длиной  $N$  символов так же имеет полную энтропию  $H_{\text{ш}} = \log_2 N$ .

Для самого сложного и неупорядоченного контура

$$K - 1 \geq \log_m N = \frac{\log N}{\log m}.$$

Сложные несимметричные контуры одинаковой длины  $N$ , но разной формы имеют одинаковое полное количество информации: отличие их в смысле информативной оценки состоит в различных закономерностях убывания энтропий высших порядков.

Рис. 3 иллюстрирует описанное на примере трех фигур одинаковой длины  $N=16$ .

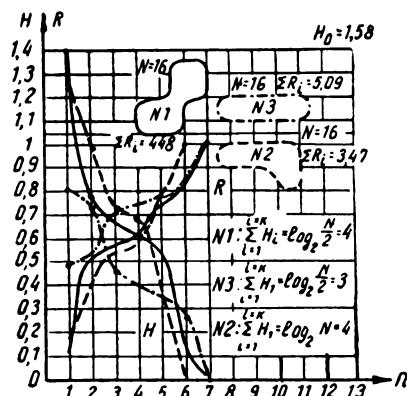


Рис. 3

Фигура 1 (2 соединенных прямоугольника) обладает максимальной  $H_1 = 1.4$  дв. ед./символ.

Для нее  $H_7=0$ ;  $H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6 = \log_2 16 = 4$  дв. ед./символ. Фигура 2 ( $N=16$ ) менее упорядочена, и потому у нее  $H_6=0$ ; сумма условных энтропий также равна 4 дв. ед./символ. Третья фигура ( $N=16$ ) характеризуется наличием осей сим-

метрии; угловое описание ее имеет два периода, и, следовательно, для нее

$$\sum_{i=1}^{K-1} H_i = \log_2 \frac{16}{2} = 3 \text{ дв. ед./символ.}$$

Избыточность  $R$ , рассчитанная относительно  $H_0 = \log_2 3 = 1.58$  дв. ед./символ, естественно максимальна у симметричной

фигуры 3.  $\sum_{i=1}^6 R_i$  (рис. 2)  $< \sum_{i=1}^7 R_i$  (рис. 1)  $< \sum_{i=1}^7 R_i$  (рис. 3).

Максимальный порядок условной энтропии, еще не равной нулю или  $\sum_{i=1}^{K-1} R_i$ ,

можно назвать степенью упорядоченности контура, в отличие от степени сложности, определяющейся избыточностью  $R_1$ .

Изложенная методика представляет возможность выбирать для различных экспериментов контурные изображения объектов близкой сложности и упорядоченности.

В отличие от известных методов измерений энтропий изображений высших порядков, позволивших измерить статистические связи лишь на «расстоянии» 3—5 элементов изображения, изложенная методика позволяет оценить полную информативную емкость в связи с сокращением объема вычислений до вполне реального.

Недостатком метода является его применимость лишь к двухградационным изображениям; использование изофот (или подобных линий) позволит частично уменьшить этот недостаток.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глезер В. Д., Невская А. А., Серединский А. В., Цуккерман И. И., Об опознании образов в зрительной системе, сб. «Биологические аспекты кибернетики», Изд-во АН СССР, 1962.

2. Шенон К., Предсказание и энтропия печатного английского текста, Работы по теории информации и кибернетике, ИЛ, 1963.

Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина)

# ТЕЛЕВИЗИОННАЯ МИКРОСКОПИЯ В БИОЛОГИИ

621.397 : 578

Рассмотрены некоторые вопросы применения телевизионной техники при исследованиях биологических микроструктур в видимой и ультрафиолетовой областях спектра. Произведено сравнение телевизионных систем разных типов с точки зрения обеспечения максимальной чувствительности телевизионного микроскопа.

Характерной особенностью биологического эксперимента, выявившейся за последние годы, является все большее использование в нем новейших достижений химии, физики, прикладной математики и ряда других наук при возрастающем применении самых современных технических средств. Прежде всего это является следствием чрезвычайной сложности структуры биологических объектов, их большой разнотипности в процессе эксперимента и разнообразия протекающих процессов. Особые трудности возникают при изучении живых структур под микроскопом, поскольку условия, в которых находится объект, в давляющем большинстве случаев сильно отличаются от естественных.

Большую помощь в преодолении возникающих трудностей может оказать (и частично уже оказывает) привлечение методов и средств радиотехники и электроники. В частности, современная техника телевидения позволяет резко повысить чувствительность приборов наблюдения по сравнению с обычно применяемыми, увеличить контрастность изображения, регулировать его яркость чисто электронным путем без изменения освещенности препарата под микроскопом, с достаточной точностью производить разнообразные количественные измерения и т. п. При этом телевизионная аппаратура может быть чувствительной и в невидимых человеческим глазом областях спектра — ультрафиолетовой, инфракрасной и рентгеновской.

Несмотря на то что практическое использование телевизионной техники при изучении биологических микроструктур началось сравнительно недавно, с ее помощью уже произведены очень интересные исследования. Следует заметить, что для большинства систем, устройство которых приводилось в печати, материалы, относящиеся к результатам их применения в биологии, не опубликовывались. По-видимому, это объясняется тем, что далеко не всегда принципы, положенные в основу конструирования

ния и расчета, оказывались правильными. Отсутствие необходимого творческого контакта между биологами и техническими специалистами — одна из важнейших причин, способствовавших созданию такого положения. В связи с этим большую важность приобретает рассмотрение вопросов, связанных с некоторыми особенностями биоструктур и возможностями используемых технических средств.

## 1. 06 изучении биологических микроструктур под микроскопом в видимых и ультрафиолетовых лучах

Одной из основных задач, стоящих перед биологией в настоящее время, является изучение структур в процессе их жизнедеятельности. Большинство биологических объектов в видимой области спектра обладает весьма малым поглощением, что приводит к получению малоконтрастных изображений. Использование фазово-контрастных, интерференционных и поляризационных методов позволяет повысить контрастность изображений. Все же часто она остается совершенно недостаточной. Поэтому приходится пользоваться способом окрашивания препаратов различными красителями. Однако введение посторонних химических веществ разрушает изучаемый объект. Экспериментальное изучение основных статистических свойств структуры изображений наиболее распространенных биообъектов показало, что условия наблюдения их телевизионных аналогов менее благоприятны, чем в случае телевизионного вещания. Закон распределения вероятностей появления деталей определенной яркости  $P(B/B_{\max})$  в таких объектах может быть аппроксимирован функцией

$$P\left(\frac{B}{B_{\max}}\right) = 40,6 \left(\frac{B}{B_{\max}}\right)^{2,64} \times \\ \times \exp\left(-9,16 \frac{B}{B_{\max}}\right).$$

При этом наиболее сильно выражены темно-серые и серые детали, занимающие более 75% всей площади поля зрения. Вещества, входящие в состав биологических структур, обладают свойством селективного поглощения лучистой энергии на определенных длинах волн при почти полной прозрачности на других [1, 2]. За пределами видимой области спектра (в основном в ультрафиолетовой его части) обнаружены участки селективного поглощения ряда важнейших органических соединений. Эти особенности органических веществ представляют экспериментатору новые возможности в изучении топографии структур, процессов обмена и т. п.

Поглощение лучистой энергии также не проходит для клеток бесследно, приводя к значительным изменениям их внутренней структуры.

Наблюдение изображений препаратов под микроскопом в ультрафиолетовых лучах обычно осуществляется с помощью люминесцентных экранов или путем фотографирования. Оба эти способа обладают большими недостатками. К. п. д. люминофоров мал и для областей ближнего и среднего ультрафиолета достигает всего лишь 10—30%, что заставляет соответственно увеличивать освещенность изучаемого препарата и тем самым сокращать время его жизни [3]. Фотографирование также сопровождается большими потерями энергии, трудоемко и не позволяет производить спектрометрические измерения с высокой точностью [4, 5].

На основании изложенных выше причин можно считать, что вопросы обеспечения минимальных потерь энергии в оптике и использования аппаратуры, обладающей максимальной чувствительностью, приобретают важнейшее значение.

## 2. Сравнение телевизионных микроскопов

Результаты исследований влияния ультрафиолетовых лучей на некоторые живые биологические структуры позволяют ориентировочно задать максимально допустимые величины лучистой энергии  $L_{\max}$  на входе фотодетектора телевизионной системы микроскопа. При прочих равных условиях значения  $L_{\max}$  окажутся различными для систем с камерными трубками и систем бегущего луча, так как в первом случае придется учесть дополнительные световые потери в оптической системе микроскопа. В системе бегущего луча почти вся оптика расположена до исследуемого препарата и возникающие в ней потери света приводят лишь к необходимости соответствующего увеличения интенсивности источника. В табл. 1 представлены зависимости допустимых доз облучения от рабочей длины волны для систем с камерными трубками и бегущим лучом. Расчеты произведены при следующих предположениях:

- 1) увеличение оптической системы составляет 1000 крат;
- 2) в системах с камерными трубками используются лучшие зеркальные объективы [6];
- 3) поглощение жидкой среды, в которой находится изучаемый препарат, составляет 50% [5];
- 4) коэффициенты пропускания предметного и покровного стекол микроскопа, выполненных из кварца, равны 1 во всем используемом диапазоне длин волн [4];
- 5) диаметр поля зрения оптической системы составляет 0,125 мм, что примерно соответствует параметрам большинства применяющихся в настоящее время ультрафиолетовых микроскопов [7, 8].

Таблица 1

Допустимые дозы облучения для систем с камерными трубками и бегущим лучом

$\lambda_{\text{нм}}$	220	240	260	280	300	310	320	
$L_{\max}$ (фотон)	Бегущий луч	$2,72 \times 10^{10}$	$3,56 \times 10^{10}$	$5,03 \times 10^{10}$	$6,93 \times 10^{10}$	$6,9 \times 10^{11}$	$6,64 \times 10^{12}$	$3,94 \times 10^{11}$
	Камер- ные трубы	$1,25 \times 10^{10}$	$1,74 \times 10^{10}$	$2,72 \times 10^{10}$	$4,1 \times 10^{10}$	$4,42 \times 10^{11}$	$4,29 \times 10^{12}$	$2,52 \times 10^{14}$

Величины световой энергии на входе фотодетектора вычислены для самой прозрачной точки препарата, пропускание которой составляет 80% [6].

Полученные значения лучистой энергии на входе фотодетектора позволяют определить возможные полосы частот видеосигнала при заданной зашумленности изображения на экране кинескопа.

Изучение вопроса о видности шумов в телевизионных системах показало, что степень зашумленности при прочих равных условиях определяется типом преобразователя свет — сигнал. На основании результатов исследований, приведенных в литературе [7], а также учитывая, что телевизионные микроскопы должны использоваться при проведении научных работ, можно считать, что изображение окажется пригодным для наблюдения при величинах отношения амплитуды сигнала от наиболее яркой точки к среднеквадратичному значению флюктуационного шума, примерно равных  $\Psi_{\max} \approx 15$  для суперортиконов,  $\Psi_{\max} \approx 6$  для видиконов и  $\Psi_{\max} \approx 7$  для систем бегущего луча.

Будем считать, что облучение препарата в течение всего эксперимента осуществляется равномерно (от кадра к кадру) и максимальная доза облучения не зависит от суммарного времени проведения эксперимента. Это позволит вычислить зависимость полосы частот видеосигнала от допустимого времени проведения эксперимента для телевизионных систем с разными преобразователями свет — сигнал. Критериями сравнения и оценки телевизионных микроскопов различных типов по этому параметру могли бы служить зависимости отношения полосы частот видеосигнала в системе бегущего луча к полосе видеочастот в сравниваемой системе от  $t_3$ , т. е. функции  $\eta_1 = f_1(t_3)$  и  $\eta_2 = f_2(t_3)$ , где  $\eta_1$  — указанное выше отношение для суперортикона и  $\eta_2$  — для видикона. Результаты расчетов, проделанных при соблюдении указанных выше предположений для  $\lambda = 220—240$  нм, приведены на рис. 1 и 2.

Как следует из этих кривых, система бегущего луча является лучшей в подавляющем большинстве случаев и при полосе видеосигнала около 3 кГц (что соответствует, например, времени смены кадров  $T_k = 10.24$  сек, частоте строк  $f_{\text{стр}} = 25$  Гц и четкости 250—260 лин) позволяет производить

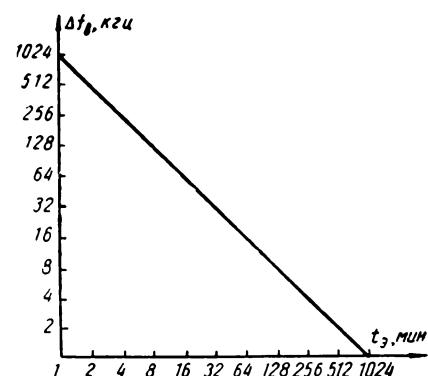


Рис. 1. Зависимость возможной полосы частот видеосигнала от времени проведения эксперимента для систем бегущего луча

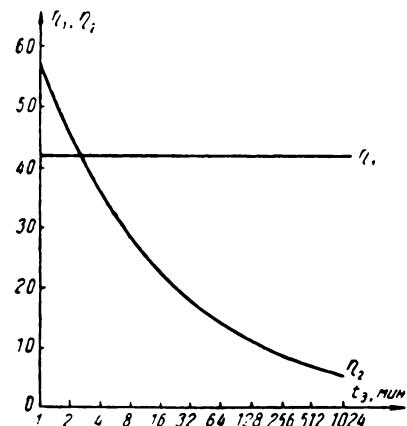


Рис. 2. Зависимости отношения полосы видеочастот в системах с суперортиконом и видиконом

исследования живых структур в наиболее тяжелом случае непрерывно в течение примерно 4—5 часов. Система с суперортиконом обеспечивает получение видеосигнала с полосой примерно в 42 раза меньше, чем бегущий луч, причем величина проигрыша постоянна и не зависит от времени проведения эксперимента. Зависимость  $\eta_2$  от  $t_3$  нелинейна, и по мере увеличения  $t_3$   $\eta_2$  падает. Физически это объясняется двумя причинами — достаточно высокой квантовой эффективностью видиконов и значительным уменьшением шумов видеоусилителя при сокращении полосы его пропускания. Сравнение систем с суперортиконом и видиконом показывает, что в случае облучения препарата энергией относительно

большой мощности, что соответствует  $t_0 < 2,5$  мин, лучшими свойствами обладает суперортикон, при  $t_0 = 2,5$  мин системы равнозначны, а при  $t_0 > 2,5$  мин лучше система с видиконом.

Таким образом, во всех рассмотренных случаях вплоть до  $t_0 \approx 10^5$  мин микроскоп бегущего луча оказывается наилучшим, причем при  $t_0 = 1-2$  мин выигрыш достигает 40—60 раз.

### 3. Краткое техническое описание макета экспериментального телевизионного микроскопа ТМ-1

Экспериментальный телевизионный микроскоп ТМ-1, разработанный и изготовленный в Институте биологической физики АН СССР, предназначен для изучения биологических структур в проходящих лучах в видимой и ультрафиолетовой областях спектра (650 нм — 248 нм). В основу построения телевизионной системы микроскопа положен принцип бегущего луча. Упрощенная блок-схема устройства приведена на рис. 3.

В качестве источника света используется шаровая ртутная лампа сверхвысокого

давления типа ДРШ-100. Свет от лампы, пройдя через систему линз, попадает в монохроматор, на выходе которого установлена диафрагма, выполненная из двух оптических щелей типа УФ-11. Так как щели повернуты одна относительно другой на угол, равный 90°, выходное отверстие имеет форму квадрата с регулируемыми длинами сторон.

После диафрагмы луч монохроматичного света попадает в кварцево-флюоритовый фотообъектив, формирующий уменьшенное изображение выходной щели монохроматора.

На некотором расстоянии до точки пересечения лучей расположен блок разверток. Отклонение по строкам и по кадрам осуществляется с помощью электромагнитных вибраторов с подвижными зеркалами, причем луч света попадает на зеркало сначала строчного вибратора, а затем — кадрового. Питание вибраторов осуществляется от специальных устройств, генерирующих пилообразные электрические сигналы. Угол отклонения зеркала строчного вибратора составляет примерно 3°. Угол отклонения зеркала кадрового вибратора несколько боль-

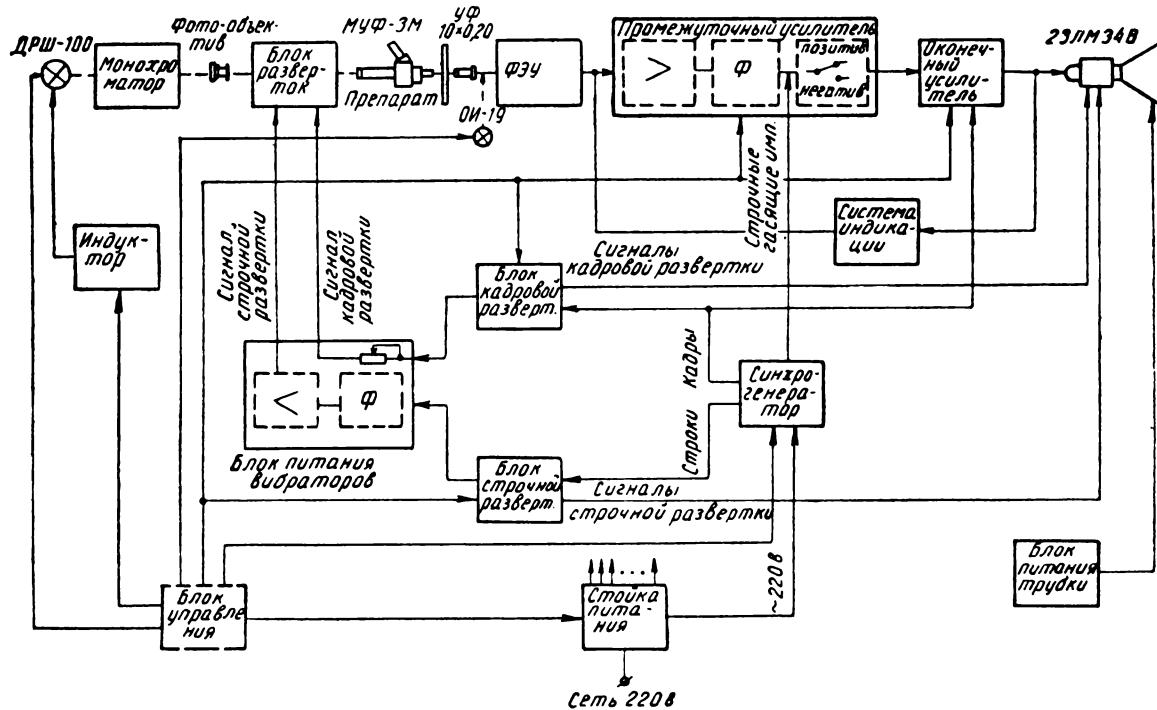


Рис. 3. Упрощенная блок-схема телевизионного микроскопа ТМ-1

ше и подбирается таким, чтобы на препарате получить квадратный растр.

За вибраторами на пути луча света установлена оптическая система ультрафиолетового микроскопа МУФ-ЗМ, производящая дальнейшее уменьшение размеров растра и проектирующая его на исследуемый препарат. Таким образом, в каждый данный момент времени освещается одна какая-либо точка объекта в пределах поля зрения микроскопа и луч света, прошедший через препарат, оказывается промодулированным по интенсивности.

После этого свет попадает на коллекторные линзы и далее на фотокатод фотоэлектронного умножителя. Вырабатываемый ФЭУ видеосигнал подается на вход промежуточного усилителя. В целях повышения помехоустойчивости в этом усилителе установлены фильтры верхних частот. Далее видеосигнал поступает на оконечный усилитель и на катод электронно-лучевой трубы.

Синхронизация различных процессов, протекающих в блоках микроскопа, осуществляется с помощью импульсов, вырабатываемых синхрогенератором. Сюда следует отнести формирование сигналов отключения зеркал вибраторов и электронного луча кинескопа, а также импульсов гашения обратного хода луча по строкам и по кадрам.

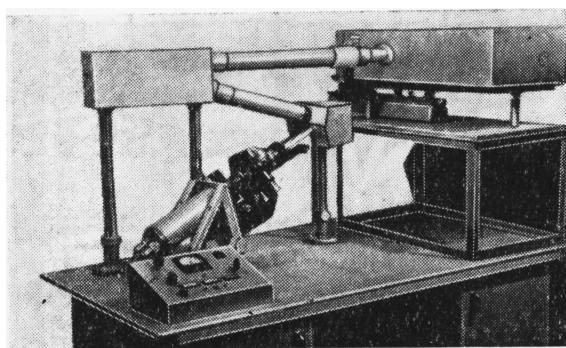
В целях облегчения регулировки прибора, а также выбора наиболее интересной области исследуемого объекта предусмотрена возможность наблюдения препарата в видимом свете от второго источника — лампы накаливания (осветитель типа ОИ-19). При этом аппаратура работает в

качестве обычного оптического микроскопа. Грубая настройка монохроматора на выбранную рабочую длину волны производится с помощью микрометрического винта со специальной шкалой. Точная подстройка осуществляется электронно-световым индикатором настройки типа 6Е1П, подключенным к выходу оконечного видеоусилителя. В этом режиме производится преобразование постоянной составляющей на выходе ФЭУ и АИМ с помощью реле постоянного тока, установленного на входе предварительного видеоусилителя и работающего от силовой сети с частотой 100 гц. Это повышает чувствительность органов управления и дает возможность настраивать микроскоп на заданную длину волны при отсутствии препарата, что позволяет в необходимых случаях уменьшить общую дозу облучения изучаемого объекта и тем самым продлить время его жизни.

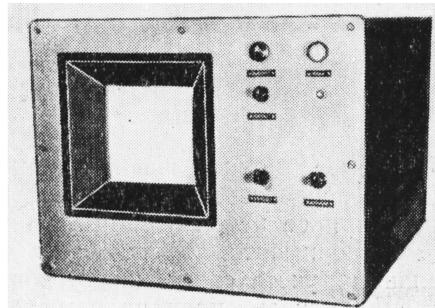
Питание микроскопа стабилизировано и осуществляется от отдельной выпрямительной стойки. ТМ-1 рассчитан для работы в трех режимах развертки при разложении изображения на 256 строк. Параметры разверток и полосы частот видеоканала приведены в табл. 2.

Управление микроскопом производится централизованно со специального пульта, находящегося на рабочем столе.

Телевизионный микроскоп предназначен для проведения исследований в условиях лаборатории. Однако в целях повышения надежности его работы все узлы и блоки, содержащие полупроводниковые приборы, рассчитаны и проверены на функционирование при изменениях температуры окру-



а



б

Рис. 4. Внешний вид рабочего стола и видеоконтрольного устройства телевизионного микроскопа ТМ-1

Таблица 2  
Режимы работы микроскопа ТМ-1

№	Период строчной развертки, сек	Период кадровой развертки, сек	Полоса частот видеосигнала, кгц
1	0,01	2,56	12,8
2	0,02	5,12	6,4
3	0,04	10,24	3,2

жающей среды в пределах 15° С ÷ 50° С. Фотографии рабочего стола и видеоконтрольного устройства приведены на рис. 4.



Рис. 5. Фотография мазка куриной крови, полученная с экрана видеоконтрольного устройства

В качестве иллюстрации на рис. 5 приведена фотография неокрашенного мазка крови курицы, полученная с экрана видеоконтрольного устройства ТМ-1. Согласно указаниям в литературе, размеры куриных эритроцитов обычно лежат в пределах (8 ÷ 10) мкм × (10 ÷ 12) мкм.

### Выводы

1. Наиболее полное использование преимуществ, предоставляемых телевизионной техникой при ее использовании в биологическом эксперименте, возможно только при правильном учете специфики условий работы аппарата, предъявляемых к ней

требований и желательных технических показателей.

2. Способность различных органических соединений селективно поглощать излучение определенных длин волн делает особенно желательным проектирование аппаратуры, работающей в монохроматических лучах и чувствительной как в видимой, так и в ультрафиолетовой областях спектра.

3. Резко повышенная радиоместность биоструктур при их облучении приводит к необходимости проведения экспериментов при минимально возможных дозах.

4. Основным критерием оценки качества работы телевизионного микроскопа является световая нагрузка на препарат. Улучшение соотношения сигнал/шум сверх определенной, минимально необходимой для данного эксперимента величины за счет повышения освещенности препарата можно считать неоправданным.

5. Вопрос выбора принципа оптимального построения телевизионной системы не может быть однозначно решен для всех возможных случаев применения микроскопа.

В проведении экспериментов по данной работе принимали участие А. С. Завринев, В. Б. Емельянов, А. С. Куницкий, В. П. Чистов и Г. И. Каминир.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Zellie M. R., Biological Effects of Ultraviolet Radiation, IRE Trans. Med. Electr., July, 1960.
2. Блум В., Реакция клещей на внешние воздействия, сб. «Современные проблемы биофизики», т. 1, ИЛ, 1961.
3. Эккарт Ф., Электронно-оптические преобразователи изображений и усилители рентгеновского изображения, Госэнергоиздат, 1961.
4. Майер А. и Зейтц Э., Ультрафиолетовое излучение, ИЛ, 1952.
5. Davies H. G., Ultra-violet Microspectrography of Living Tissue Culture Cells, Discussion of the Faraday Soc., 1950, № 9.
6. Mellors R. C., Studies with a Reflecting Microscope: Microspectroscopy of Living and Fixed Cells. Discussion of the Faraday Soc., 1950, № 9.
7. Фефилов Б. В., Прикладная оптика, Геодезиздат, 1947.
8. «Микроскоп ультрафиолетовый, упрощенный, МУФ-ЗМ», описание и инструкция по эксплуатации.
9. Красильников Н. Н., Помехоустойчивость телевизионных устройств, Госэнергоиздат, 1961.

Институт биологической  
физики АН СССР

# НОВОЕ ВИЗИРНОЕ УСТРОЙСТВО КИНОСЪЕМОЧНОЙ КАМЕРЫ

778.533 : 535.8 : 666.189

Рассматриваются некоторые возможные схемы визирных устройств киносъемочных камер с использованием волоконной оптики. Приведено краткое описание опытного образца гибкого визирного устройства, разработанного и изготовленного на киностудии «Ленфильм».

Существующие визирные устройства киносъемочных камер, предназначенные для контроля снимаемого кадра, требуют, чтобы при перемещении камеры вместе с ней перемещался и глаз оператора.

Визирные устройства «привязывают» оператора к съемочной камере, ограничивают пределы и характер ее перемещения в пространстве, стесняют движение при съемке сложных панорам. Так, например, при работе с ручной камерой, снабженной визир-лупой, верхняя и нижняя точки съемки при движении камеры ограничиваются уровнем глаз стоящего или присевшего на корточки оператора.

Достигнутые успехи в развитии волоконной оптики дают возможность применить ее в качестве элемента гибкого визира съемочной камеры.

Камера с гибким визирным устройством значительно расширяет возможности оператора, позволяя выполнять сложные перемещения, наклоны и повороты съемочной камеры.

На рис. 1, 2 и 3 приведены некоторые схемы визирных устройств с гибким волоконным светопроводом.

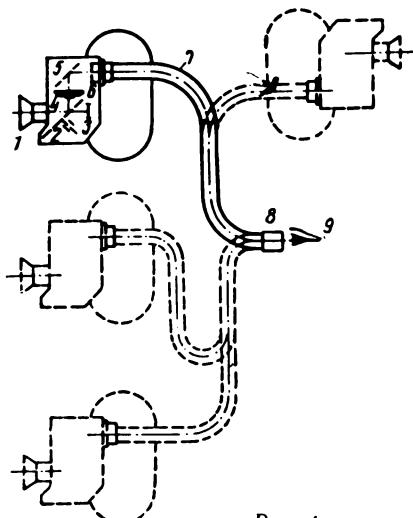


Рис. 1

В схеме рис. 1 объектив 1 съемочной камеры, при вращающемся зеркальном обтюраторе 2, строит изображение объекта съемки в фильковом канале 3 и на матированной поверхности линзы 4. Изображение, полученное в плоскости матированной поверхности этой линзы, отбрасывается зеркалом 5 в объектив визирного устройства 6; между ними (с целью оборачивания изображения и по конструктивным соображениям) могут помещаться дополнительно зеркала или призмы.

Объектив 6 строит изображение на входном торце волоконного светопровода 7, которое рассматривается на его выходном торце глазом 9 через окуляр 8.

Во время съемки окуляр 8 прикрепляется к голове или удерживается перед глазом специальной конструкцией, опирающейся на плечи и грудь оператора.

Пунктиром на рисунке показаны отдельные положения камеры в процессе панорамирования с рук или с кран-стрелы,

На рис. 2 показана другая схема устройства с гибким визиром, в которой изображение объекта съемки при вращающемся зеркальном обтюраторе 2 строится объективом 1 в фильковом канале 3 и на входном торце светопровода 4.

Изображение, полученное на выходном торце этого светопровода, рассматривается глазом 9 через линзу 8 и оборачивающую систему (например, из зеркал 5, 6 и 7, повернутых на 90° к плоскости чертежа), которая поворачивает изображение справа налево.

Рис. 2

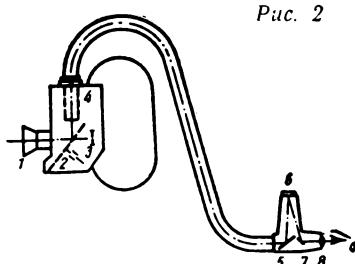
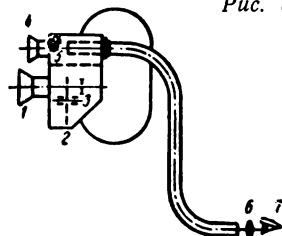


Рис. 3



К достоинствам первой схемы следует отнести сравнительную простоту изготовления съемного визирного устройства.

Изготовление съемного визирного устройства по второй схеме требует в некоторых камерах серьезных конструктивных изменений, однако схема эта более светосильна, что весьма существенно, особенно при проведении режимных съемок.

В отличие от описанных схем, изложенная на рис. 3, дает возможность применить гибкий визир и со съемочной камерой, не имеющей зеркального обтюратора.

Как видно из рисунка, объектив 1 строит изображение объекта в фильковом канале 3, а объектив 4 — на входном торце светопровода 5.

Глаз 7 рассматривает изображение на выходном торце светопровода через линзу 6.

Для получения прямого изображения между выходным торцом светопровода и глазом должна быть введена оборачивающая система. Гибкий волоконный светопровод в этой схеме позволяет получить прямое изображение и простым поворотом его выходного конца на 180° вокруг оптической оси.

При хорошем качестве светопровода его сечение может быть здесь меньше размера кадра. В этом случае фокусное расстояние объектива 4 должно быть соответственно меньше фокусного расстояния объектива 1.

Исправление параллакса производится известными способами, а при небольшом расстоянии между объективами 1 и 4 им в ряде случаев можно пренебречь.

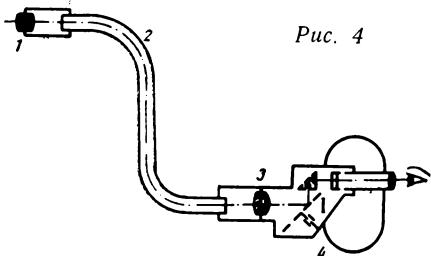


Рис. 4

На рис. 4 изображена схема иного сочетания гибкого волоконного светопровода со съемочной камерой. Эта схема не имеет непосредственного отношения к визирным устройствам, однако представляет некоторый интерес.

Здесь объектив 1 строит изображение снимаемого объекта на входном торце гибкого волоконного светопровода 2, а объектив 3 проецирует изображение, полученное на выходном торце этого светопровода, в фильмовый канал съемочной камеры 4 и ее визир-лупу.

В отличие от схем рис. 1, 2, 3 панорамирование производится здесь не съемочной камерой, а объективом 1, вес которого значительно меньше веса камеры. Иногда это очень удобно, однако следует учитывать, что качество изображения в фильмовом канале (на пленке) зависит в этом случае от качества светопровода. В схемах, изображенных на рис. 1, 2, 3, качество изображения в фильмовом канале от качества светопровода не зависит, следовательно, к волоконному светопроводу могут быть предъявлены менее строгие требования.

Опытный образец гибкого визирного устройства к киносъемочной камере «Конвас-автомат» выполнен на киностудии «Ленфильм»<sup>1</sup> по схеме, изображенной на рис. 2.

Общий вид съемочной камеры с гибким визирным устройством показан на рис. 5. Здесь 1 — съемочная камера; 2 — волоконный светопровод в гибком защитном шланге; 3 — коробка с линзой и оборачивающей системой; 4 — шлем для крепления наглазника; 5 — фиксатор байонетного соединения гибкого шланга со шлемом.

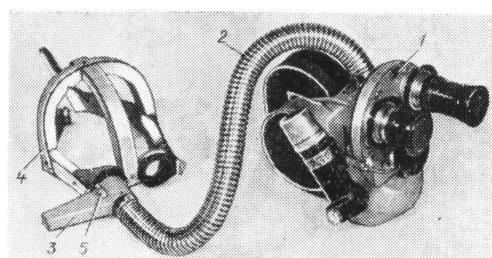


Рис. 5

<sup>1</sup> Устройство разработано по предложению и под руководством Л. Г. Гольштейна. Опытный образец сконструирован и изготовлен мастером по точной аппаратуре Л. И. Шалаевым.

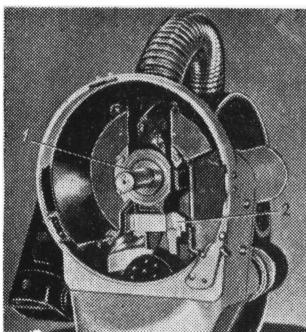


Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

На рис. 6 виден светопровод, проходящий через П-образный вырез в основании оси 1 турели. Здесь он надежно крепится при помощи прокладки. Входной торец светопровода юстируется относительно фильмо-вого канала при помощи юстировочной скобы 2 и фиксируется.

Рис. 7 и 8 показывают камеру с гибким визиром в работе.

На рис. 7 виден момент съемки с верхней точки. При этом оператор может снимать, держа камеру выше головы стоящих впереди него людей. Он может снимать и с нижней точки, опустив камеру до самой земли (см. рис. 8).

Кроме значительного расширения пределов и характера движения камеры, гибкое визирное устройство делает безопасным визирование при съемках, когда камера подвергается сильным толчкам или тряске, на-

пример при съемках с автомашины, движущейся по неровной дороге.

Гибкий светопровод защищает глаз от возможных ушибов.

Широкое применение может найти гибкий визир длиной в несколько метров в сочетании с дистанционно управляемой (электрическими или механическими средствами) киносъемочной аппаратурой.

Такое сочетание позволяет управлять на небольшом расстоянии съемочной камерой, размещенной за пределами кабины самолета, вертолета, кузова автомашины и т. д., а также проводить съемки «из-под колес» поезда, автомашины, танка, «из-под копыт» лошадей, проводя при этом вертикальное и горизонтальное панорамирование в широких пределах.

*Киностудия «Ленфильм»*

# СООТНОШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРЕНИЯ

621.391.192

В статье обобщены материалы экспериментальных исследований соотношения характеристик зрения ряда отечественных и зарубежных авторов; приведены формулы их аппроксимации.

Для выполнения расчетов по дальности видения объектов требуется знание зависимости разрешающей способности глаза от яркости поля адаптации, контраста между объектом и фоном (или их изображениями), а также зависимости ее от формы объекта. Опубликованные в литературе формулы аппроксимации результатов экспериментальных исследований соотношения отдельных характеристик зрения не имеют общей связи; поэтому их использование представляет большие трудности и может приводить к ошибкам, выходящим за пределы допустимого.

Зрительное восприятие попадающих в поле зрения глаза объектов происходит в процессе сложного взаимодействия элементов аппарата зрения. Функциональные связи действия рецепторов (палочек и колбочек), усложняемые неодинакостью их чувствительности и густоты распределения на сетчатке, разным расположением мест сгущения, разной степенью группирования с нервными волокнами, разной приспособленностью к восприятию яркостей фона и объектов и т. п., как показывает практика, не могут быть изучены с такой степенью точности, чтобы установленные частные соотношения, будучи просуммированы по их значимости в зрительном процессе, могли дать возможность нахождения функций зрения для различных видов и размеров объектов, их контрастов с фоном и яркостей фона.

Задачу можно решить с необходимым приближением только при аппроксимации данных наблюдения конкретных объектов, т. е. данных, в которых отражается суммарное действие факторов зрения.

Публикуемые в данной работе соотношения установлены на основе изучения и сопоставления экспериментальных данных различных авторов по исследованию функциональной связи характеристик зрения при наблюдении разных видов тестов.

Как показал анализ, одной из определяющих характеристик зрения служит контрастная чувствительность глаза [1], являющаяся мерой способности глаза к ощуще-

нию контрастов в зависимости от уровня яркости поля адаптации. Работа по определению контрастной чувствительности глаза в функции от яркости была выполнена Кёнигом, а результаты исследований обработаны Блэнчардом [2].

Эти данные с исчерпывающей для практики точностью (рис. 1) аппроксимируются подобранный нами формулой:

$$\begin{aligned} \lg A = \lg \frac{1}{K_{\pi}} &= 1,432 + 0,25 \lg \pi B - \\ &- 0,04 (\lg \pi B)^2 - 0,0018 (\lg \pi B)^3 - \\ &- \frac{0,1}{1 + 10 (\lg 314 B)^4} - \frac{0,015}{1 + 10 \left( \lg \frac{B}{314} \right)^6} - \\ &- 3 \lg \frac{B_{\text{сл}}}{B_{\text{сл}} - B}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь:  $A$  — контрастная чувствительность глаза;  $K_{\pi}$  — пороговый контраст полей сравнения, при котором глаз еще в состоянии различить границу между ними;  $B$  — средняя яркость поля адаптации ( $\text{нт}$ );  $B_{\text{сл}}$  — слепящая яркость.

Приведенная формула действительна в диапазоне яркостей  $B = B_0 \approx 1 \cdot 10^{-5} \text{ нт}$  до  $B = B_{\text{сл}} \approx 10^5 \text{ нт}$ , где  $B_0$  — «собственный свет сетчатки», создаваемый спонтанным процессом распада и восстановления светочувствительного вещества, создающего впечатление светлого фона при полной темновой адаптации глаза.

Как будет показано ниже, более удобно пользоваться величиной, обратной контрастной чувствительности, т. е. пороговым контрастом

$$K_{\pi} = \frac{1}{A}. \quad (2)$$

Исследованиями экспериментальных данных зависимости разрешающей способности глаза от яркости фона (поля адаптации), контраста между фоном и объектом, а также от формы объекта наблюдения установлено, что контрастная чувствительность глаза может быть принята в качестве управляющей функции зрения. Введение обратной ей величины  $K_{\pi}$  в формулы для определения разрешающей способности глаза дает возможность получать соотно-

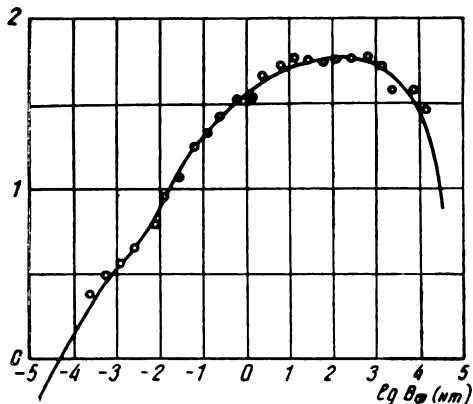


Рис. 1

шения для  $\alpha = f(B, K)$ , находящиеся в хорошем согласии с экспериментальными данными.

Сопоставление данных Блэнчарда по контрастной чувствительности глаза и результатов обработки [3] экспериментальных исследований остроты зрения, проведенных рядом авторов с помощью колец Ландольта, показало, что между предельным углом разрешения и  $K_{\pi}$  существует простая зависимость (рис. 2), а именно:

$$\alpha'_{\text{л.о.}} = 40,5 K_{\pi}. \quad (3)$$

Здесь  $\alpha'_{\text{л.о.}}$  — угол (в минутах), под которым наблюдатель видит на пределе разрешения промежуток в разрыве кольца Ландольта.

Упомянутые исследования проводились с кольцами, имевшими контраст с фоном, близким к единице. Исследования разрешения промежутка в кольце Ландольта при изменении его контраста с фоном выполнены авторами [2]. Анализом результатов этих исследований установлено, что они хорошо аппроксимируются (рис. 3) формулой

$$\alpha'_{\text{л.о.}} = 40,5 K_{\pi} \sqrt{\left( \frac{1 - 0,3K_{\pi}}{K_{\pi} - 0,3K_{\pi}} \right)^2}, \quad (4)$$

где  $\alpha'_{\text{л.о.}}$  — угол (в мин) предела разрешения промежутка в кольце Ландольта при разных контрастах кольца с фоном и разных яркостях фона.

Формула (3) дает исчерпывающую для практики точность совпадения результатов эксперимента (см. рис. 2), тогда как формула (4) и обобщенные данные [2] по отдельным измерениям имеют отступления до 50% от вычисленных. Однако, как следует

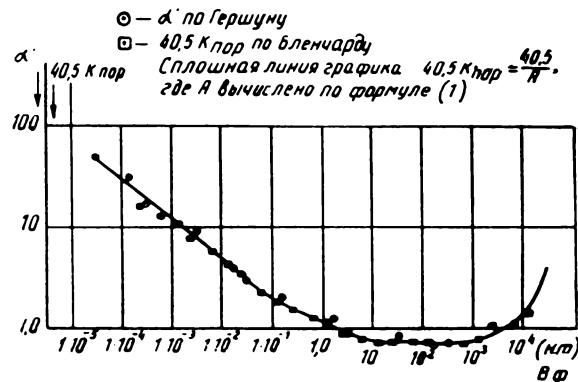


Рис. 2

из рис. 3, вычисленные значения приближаются к средним из измеренных.

Формула (4) подобрана так, что отношение среднего из вычисленных значений  $\alpha$  к среднему из измеренных для  $\alpha = f(K)$  не превышает  $\frac{\alpha_{\text{ср. выч}}}{\alpha_{\text{ср. изм}}} \leq 120\%$ , а для  $\alpha = f(B)$  — соответственно  $\leq 110\%$ . Это отношение не удовлетворяется только для  $K = 0,0177$ , при котором отношение средних равно  $\sim 145\%$  и для  $B = 0,151 \text{ нм}$  получено около 120%.

С достаточной для решения многих практических задач точностью выражение (4) может быть заменено выражением

$$\alpha'_{\text{л.о.}} = \frac{40,5 K_{\pi}}{\sqrt{K^3}}, \quad (4')$$

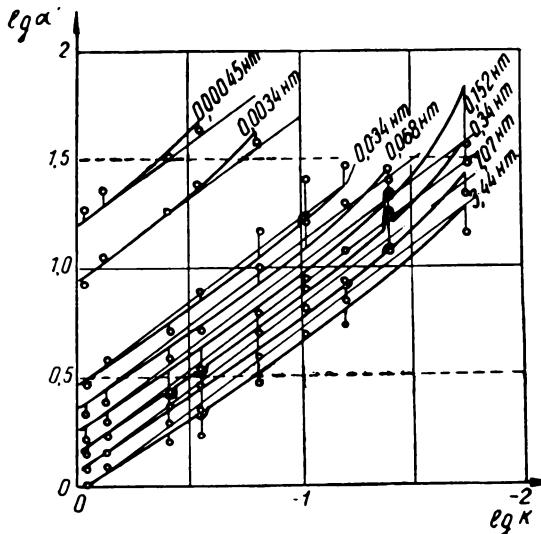


Рис. 3

которое действительно до значений  $K \leq 0,5 K_{\text{п}}$ . При этом максимальное отступление значений  $a'_{\text{л}}$ , полученные из вычислений по формуле (4') от их значений, вычисленных по формуле (4), не превышает  $+20\%$  в интервале средних значений и  $-30\%$  для максимальных. На рис. 3 данные расчета по формуле (4') графически представлены тонкими прямыми линиями. Экспериментальные данные изображены точками в кружках, соединенных линиями привязки с расчетными кривыми.

Вторым, также часто применяемым тестом, является тест в форме светлого диска на темном фоне или темного диска на светлом фоне.

Изучение порога разрешения глазом такого теста в функции от его контраста и яркости фона было выполнено Блекуэллом [4] при весьма тщательной организации опыта. Опыт включал три серии наблюдений, из которых две выполнялись при длительности наблюдения глазом теста в течение 6 сек. В одной из этих серий наблюдались светлые диски на темном фоне, а во второй — темные диски на светлом фоне.

На рис. 4 приведены усредненные данные из этих серий измерений (простые точки и пунктирные линии относятся к черным дискам, а точки в кружках и сплошные линии — к светлым дискам). Из анализа приведенных данных следует, что

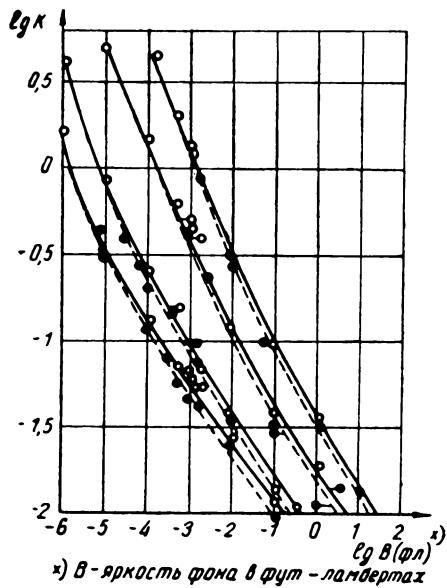


Рис. 4

при значениях  $K \rightarrow 1$  для разрешения тестов одинаковых угловых размеров требуются примерно одинаковые контрасты с фоном светлых ( $K_+ = \frac{B_{\text{д}} - B_{\phi}}{B_{\phi}}$ ) и темных ( $K_- = \frac{B_{\phi} - B_{\text{д}}}{B_{\phi}}$ ) дисков. С уменьшением контраста проявляется тенденция к повышению требований к значениям  $K_+$  по сравнению с  $K_-$ , доходящая до соотношения

$$K_+ \approx (1,2 - 1,3) K_- . \quad (5)$$

Хотя наличие упомянутого явления выявляется из измерений Блекуэлла с достаточной достоверностью, его количественная характеристика неопределенна. Вероятно, с ошибкой, не превышающей 10%, можно для значений  $K > 0,05$  принять для практики соотношение

$$K_+ = 1,1 K_- . \quad (6)$$

В третьей серии выполненных Блекуэллом измерений, с целью повышения стабильности их результатов, длительность каждого наблюдения была увеличена до 15 сек. Эта серия, как и предыдущие, обработана Блекуэллом и отражена в графике  $K = f(a, B)$ . Анализ данных этой серии измерений и графической их интерпретации показал, что они аппроксимируются ниже-приводимой формулой до значений  $a \approx 2^\circ$  в пределах всех яркостей фона.

$$a'_{\text{д}} = \left( 40,5 \frac{K_{\text{п}}}{1 + 0,5K_{\text{п}}} - 0,2 \right) \frac{\sqrt{K}}{K - yK_{\text{п}}} , \quad (7)$$

где

$$y = 0,14 - 0,003 \lg B + \frac{0,03}{1 + 3(1 + \lg B)^2} . \quad (8)$$

Сравнение данных, получаемых по формуле (7), и данных Блекуэлла показало, что для любой яркости фона и значений

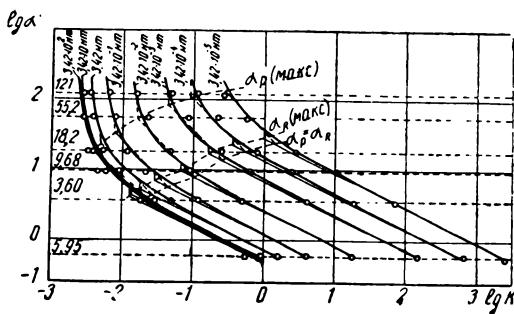


Рис. 5

$\alpha \ll 2^\circ$  требуемые значения контрастов не расходятся с экспериментом более чем на  $\pm 10\%$  (на рис. 5 данные Блекуэлла представлены точками в кружках, а данные вычисления по формуле (7) — в виде сплошных кривых).

Третий вид теста, который иногда используется при исследовании характеристик видения, есть прямоугольник.

Как показала практика, порог различения теста в форме квадрата одинаков с порогом различия равновеликого ему по площади диска [5], поэтому соотношение (7) применимо и для квадратов.

Пороговая яркость прямоугольника увеличивается с ростом отношения его сторон. Эта зависимость выражается эмпирическим уравнением

$$B_{ln} = B_a \left( 1 + b \lg \frac{l}{n} \right), \quad (9)$$

где:  $b \approx 0,45$ ;  $B_a$  — пороговая яркость квадрата.

Согласно формуле (9), при отношении  $\frac{l}{n} = 10 \frac{B_{ln}}{B_a} = 1,45$ . Если пренебречь этим отношением пороговых яркостей для квадрата и прямоугольника и вычислить для заданной яркости фона пороговое значение телесного угла прямоугольника, исходя из соотношения (7), то относительная ошибка при самых неблагоприятных (для результатов вычисления) яркостях не будет превышать отношения  $\frac{B_{ln}}{B_a}$ . Области названных «неблагоприятных яркостей» лежат ниже  $0,1 \text{ нт}$  и выше  $3 \cdot 10^3 \text{ нт}$ . Внутри этих значений пренебрежение соотношением (9) приводит к меньшим ошибкам и потому в расчетах до значений  $\frac{l}{n} = 10$  во многих случаях практики допустимо пользоваться формулой (7).

Формула (7) дает возможность найти границы областей действия «законов» Рикко и Пипера.

При значениях  $yK_n \ll K$  действует «закон Рикко», т. е. выделяется область значений  $\alpha$  и  $K$ , связанных соотношением

$$\alpha_R^2 K = C_R = \text{const} \quad (10)$$

при любой постоянной яркости поля адаптации. В самом деле, если возвести правую и левую части формулы (7) в квадрат

и умножить их на  $K$ , то получим, что в некоторых пределах

$$\begin{aligned} \alpha_R^2 K &= \left( 40,5 \frac{K_n}{1+0,5K_n} - 0,2 \right)^2 \times \\ &\times \left( \frac{K}{K-yK_n} \right)^2 \approx C_R = \text{const}. \end{aligned} \quad (11)$$

Первый множитель правой части формулы, не содержащей  $K$ , есть постоянная величина при постоянной яркости поля адаптации, так как зависит только от неизменной (при постоянной яркости) величины  $K_n$ , тогда как второй ее множитель, включающий значение контраста, изменяется в зависимости от разности  $K - yK_n$ . Следовательно, соотношение (10) верно только условно и именно в том смысле, что действие «закона Рикко» распространяется на область, для которой имеют место малые вариации значений  $C$ .

Введя обозначение

$$40,5 \frac{K_n}{1+0,5K_n} - 0,2 = C_0 \quad (12)$$

и исходя из формулы (11) напишем

$$C_0^2 \left( \frac{K}{K-yK_n} \right)^2 = C. \quad (13)$$

Анализируя это соотношение, замечаем, что при  $K \rightarrow \infty$  значение  $C \rightarrow C_0^2$ , где  $C_0$  — действительно неизменная величина, поэтому вариации  $C$  полностью вызываются вторым множителем левой части формулы (13).

Предположим, что увеличением  $C$  против  $C_R = C_0^2 = \text{const}$  на некоторую величину  $\Delta$  можно пренебречь, т. е. допустить, что «закону Рикко» отвечает равенство

$$C_R \left( \frac{K_R(\min)}{K_R(\min)-yK_n} \right)^2 = C_R (1 + \Delta),$$

где  $K_R(\min)$  — минимальное значение контраста в области действия «закона Рикко».

Сокращая на  $C_R$ , находим

$$\left( \frac{K_R(\min)}{K_R(\min)-yK_n} \right)^2 = 1 + \Delta,$$

откуда

$$K_R(\min) = yK_n \frac{\sqrt{1+\Delta}}{\sqrt{1+\Delta}-1}. \quad (14)$$

Формула (14) дает возможность для заданной величины диапазона вариаций  $C$  {от  $C = C_R$  до  $C = C_R (1 + \Delta)$ } найти для любых значений яркости поля адаптации ( $B_\Phi$ ) границы действия «закона Рикко» по  $K_R(\min)$ , а затем и по  $\alpha$ , которое находят

по формуле (7). Например, если допустимы вариации  $C$  в пределах от  $C_R$  до  $C = 1,5 C_R$ , то

$$\begin{aligned} K_R(\text{мин}) &= yK_{\text{n}} \frac{\sqrt{1+\Delta}}{\sqrt{1+\Delta}-1} = \\ &= yK_{\text{n}} \frac{\sqrt{1,5}}{\sqrt{1,5}-1} = 5,52yK_{\text{n}}. \end{aligned} \quad (15)$$

Принято считать, что при неизменной яркости (любой заданной) и больших значениях контраста действует «закон Рикко», характеризуемый соотношением

$$\alpha_R^2 K = C_R = \text{const},$$

а при малых контрастах вступает в действие «закон Пипера», выражаемый соотношением

$$\alpha_p K = C_p = \text{const}. \quad (16)$$

В действительности же с уменьшением контраста конечным является соотношение

$$K = \text{const}, \quad (17)$$

отражающее тот факт, что для любой яркости фона существует пороговый контраст, ниже которого глаз не в состоянии отличить объект от фона, независимо от его угловых размеров.

Вследствие нелинейного хода функции  $\alpha = f(K)$  соотношение  $\alpha K = \text{const}$ , строго говоря, не имеет места и может быть принято для практики только при допущении некоторых отклонений от этого равенства.

Если в качестве минимальных значений  $\alpha_p$  брать  $\alpha$ , вычисленные по формуле (7) при  $K_R(\text{мин})$ , а значение постоянной соотношения (16) вычислять по формуле

$$\begin{aligned} C_p &= \alpha K_R(\text{мин}) = \\ &= \alpha_R(\text{макс}) K_R(\text{мин}) \sqrt{1+\Delta} \end{aligned} \quad (18)$$

и положить, что минимальное значение контрастов, ограничивающих область действия «закона Пипера»

$$K_p(\text{мин}) = 0,22K_{\text{n}}, \quad (19)$$

то расхождение значений  $\alpha_p(\text{макс})$  и  $\alpha$  не будет превышать 40% от  $\alpha$ .

Таким образом могут быть определены границы действия «закона Пипера» для разных яркостей поля адаптации.

Для всех значений контрастов, меньших  $K_p(\text{мин}) = 0,22 K_{\text{n}}$ , можно полагать действующим «закон»

$$K = \text{const},$$

так как значения  $\alpha$  в этой области могут колебаться в пределах от  $\alpha_p(\text{макс})$  до  $\alpha =$

$= \infty$ ; получение первого из них возможно опытным наблюдателем с малой степенью вероятности и то только в лабораторных условиях при тщательной подготовке эксперимента. Пользование соотношениями, установленными Рикко и Пипером, в ряде случаев упрощает расчеты, но при этом требуется знание исходных параметров, нахождение которых, как это следует из вышеизложенного, по сложности не уступает прямому расчету по точной формуле. Чтобы упростить нахождение этих параметров, можно ввести пользование графиками. Например, вместо вычисления значений  $C_R = f(B)$ , знание которых требуется при пользовании формулой (10), можно брать их из графика, изображенного на рис. 6, на котором представлен график функции

$$\sqrt{C_R} = \varphi(B),$$

используемой при вычислении  $\alpha_R$  по формуле

$$\alpha_R = \sqrt{\frac{C_R}{K}}. \quad (20)$$

Далее с достаточной для практики точностью границу действия формул (10) и (20) можно определять по  $\alpha_R(\text{макс})$  и  $\alpha_R = \alpha_p$  из графиков, изображенных на рис. 7.

На рис. 6 и 7 показаны графики  $C_p$  и  $\alpha_p$  (макс), которые упрощают пользование формулой (16).

На рис. 5 приведен сводный график расчета  $\alpha = \psi(K)$  по формулам (7), (16) и (20) для нескольких значений  $B$  фона; на нем же отмечены границы действия «законов» Рикко и Пипера.

Наиболее распространенным применяемым для оценки разрешающей способнос-

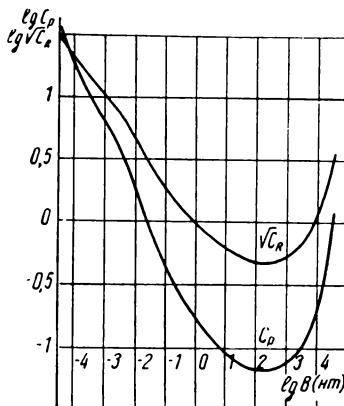


Рис. 6

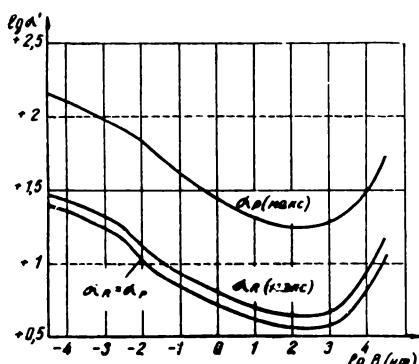


Рис. 7

ти визуальных приборов является тест типа миры Фуко.

Каждая решетка этой миры составлена из равных по ширине светлых и темных полос.

В качестве меры разрешения по такой мире принимается угловой размер интервала между началом одной и началом другой, следующей за первой, темной полосы (миры могут изготавляться как в виде темных полос на светлом фоне, так и наоборот), т. е. за интервал принимается ширина темной плюс светлой полосы. Наиболее часто эти миры именуются штриховыми, и разрешающая способность оценивается, как сказано, в угловой мере в пространстве предметов или в штрихах на 1 мм (штр/мм) в плоскости действительного изображения миры прибором. При этом за штрих принимается упомянутый интервал, но уже в изображении миры.

Соотношение между пределом разрешения глазом промежутков между темными штрихами миры и разрыва в кольце Ландольта исследовано в [5] как  $\alpha = f(B)$  при контрастах тестов, близких к единице. Влияние формы теста на порог разрешения отражено в графике, приведенном на рис. 8, и характеризуется соотношением

$$\alpha'_{шо} = 0,9(\alpha_{л.о} + 1). \quad (21)$$

Для миры с контрастом не равным единице

$$\alpha'_{шо} = 0,9(\alpha_{л.о} + 1) \sqrt{\left(\frac{1-0,3K_p}{K-0,3K_p}\right)^2}. \quad (22)$$

Из графика и формулы (21) следует, что при больших яркостях лучше разрешается разрыв в кольце Ландольта, а при малых

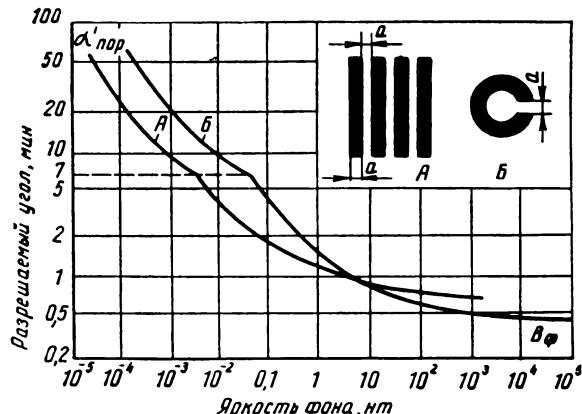


Рис. 8

яркостях лучше разрешаются штриховые миры. Это относится к мирам, исполненным в виде темных полос на светлом фоне, наблюдаемым в отраженном свете. Когда миры наблюдаются на просвет в виде светлых штрихов на темном фоне, то при оптимальной их яркости.

$$\alpha'_{шо} |_{B_{опт}} \approx \alpha'_{л.о} |_{B_{опт}; k=1}; \quad (23)$$

при этом контраст миры оказывается очень большим и предел разрешения будет ограничиваться почти исключительно дифракцией на зрачке и структурой сетчатки глаза.

#### Выходы

1. Показано, что использование  $K_p = \frac{1}{A}$  (где  $A$  — контрастная чувствительность глаза) в качестве общего параметра упрощает формулы аппроксимации экспериментальных данных по изучению соотношений характеристик зрения.

2. Получены формулы аппроксимации экспериментальных данных по четырем типовым тестам.

3. Предложен метод определения границ действия «законов» Рикко и Пипера.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Новопашин В. В., Техника кино и телевидения, 1964, № 3.
- Тудоровский А. И., Теория оптических приборов, ч. II, изд. АН СССР, 1952.
- Гершун А. А., Принципы и приемы светомаскировки, изд. АН СССР, 1943.
- Backwell H. R., J. Opt. Soc. Am., 1946, 36, № 11, 624.
- Мешков В. В., Основы светотехники, ч. II, Госэнергоиздат, 1961.

# ГРАФО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАСЧЕТА ЛЕНТОПРОТЯЖНЫХ ЗУБЧАТЫХ БАРАБАНОВ

778.533.1

Предложен графо-аналитический способ расчета лентопротяжных зубчатых барабанов с помощью номограмм. Излагается методика, и дается таблица определения основных параметров барабанов с эвольвентным профилем зуба.

Вопросам расчета и анализа работы барабанов посвящен ряд работ [1, 2, 4, 5 и др.]. Предлагаемый графо-аналитический способ, являющийся дальнейшим развитием графического способа [1, 2], дает возможность сравнительно просто и быстро осуществлять расчеты различных зубчатых барабанов с эвольвентным профилем зуба.

При графическом анализе зубчатого барабана в большом масштабе вычерчивается профиль зуба и часть опорной окружности, что довольно затруднительно. Обычно масштаб построения выбирается произвольно. Если чертеж профиля зуба и части делительной окружности барабана, число зубьев которого  $Z_1$  и угол зацепления  $\gamma$ , выполнен в масштабе  $m_1$ , то этот же чертеж может быть использован для другого зубчатого барабана с иным числом зубьев  $Z_2$ , но таким же углом зацепления  $\gamma$  при условии, что будет определен масштаб построения для этого барабана  $m_2 = m_1 \frac{Z_1}{Z_2}$ .

Таким образом, один и тот же чертеж можно применять для ряда барабанов одинакового функционального назначения, имеющих одинаковый угол зацепления  $\gamma$  при условии определения масштабов построения для каждого из барабанов. Если на такой чертеж нанести несколько эвольвент, построенных с различными углами зацепления, то он станет универсальным для анализа зубчатых барабанов.

Ниже приводится изложение методики построения таких номограмм и сами номограммы. Кроме того, найдены соотношения, по которым построены номограммы для определения скачка скорости ленты  $V_{ск}$  при смене ведущего зуба, для построения кинематической характеристики барабана, а также для нахождения углов давления киноленты на различных участках профиля зуба.

## Основные положения

Известно [1], что при зацеплении киноленты с зубчатым барабаном, профиль зубьев которого выполнен по эвольвенте де-

ливательной окружности, лента будет двигаться с равномерной скоростью до тех пор, пока кромка ее перфорации не сойдет с профилем ведущего зуба. В этот момент, если шаг перфораций киноленты отличается от шага зубьев барабана, произойдет значительный скачок скорости киноленты.

Такой скачок скорости нежелателен, и поэтому, чтобы свести его к минимуму, зубья выполняются более пологими и профилируются по эвольвенте окружности меньшей, чем делительная. При скольжении кромки перфорации киноленты по профилю такого зуба лента смещается относительно барабана до тех пор, пока это смещение не станет равным величине разности в шагах зубьев барабана и перфораций киноленты. В этот момент рабочая кромка перфораций ленты придет в контакт с очередным ведущим зубом и цикл начнется сначала.

На рис. 1 схематически изображено зацепление тянувшего зубчатого барабана с кинолентой при условии, что шаг зубьев барабана больше шага перфорации, т. е.  $t_b > t_p$ , а на рис. 2 — зацепление задерживающего зубчатого барабана с кинолентой при условии, что шаг зубьев барабана меньше шага перфораций, т. е.  $t_b < t_p$ . (Так как на рис. 1 и 2 проставлены одинаковые обозначения, последующие рассуждения будут относиться одновременно к обеим схемам.) Пунктирной кривой 1 на рисунках изображен профиль зуба, выполненный по эвольвенте делительной окружности радиусом  $R$ , а кривой 2 — реальный профиль зуба, выполняемый как эвольвента основной окружности (радиусом  $r$ ), меньшей, чем делительная.

В первом случае угол зацепления  $\gamma$  равен нулю, во втором он больше нуля.

При повороте барабана на угол  $\alpha$  кромка перфорации ленты сместится по профилю зуба из точки  $M_0$  в точку  $N$  в случае, если профиль выполнен по эвольвенте делительной окружности, обращенной своей вогнутой частью к точке схода  $A$ , либо в точку

Рис. 1. Схема зацепления тянувшегося зубчатого барабана с кинолентой при условии  $t_b > t_n$

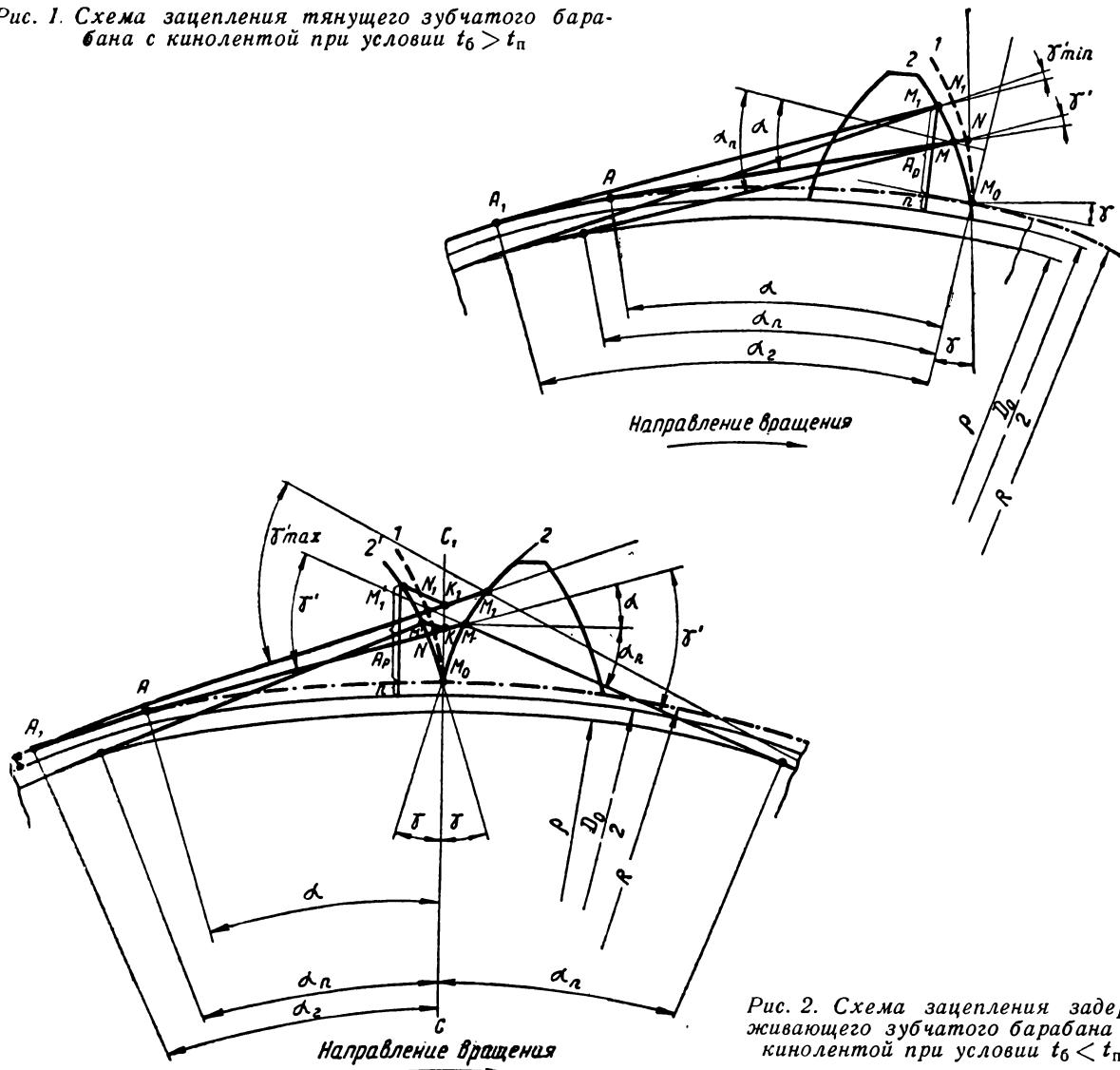


Рис. 2. Схема зацепления задерживающего зубчатого барабана с кинолентой при условии  $t_b < t_n$

$M$ , если профиль зуба выполнен по кривой, отличной от эвольвенты. Отрезок  $NM$  есть величина смещения ленты относительно барабана при его повороте на угол  $\alpha$  в случае движения кромки перфорации по кривой 2.

При повороте на угол скольжения  $\alpha_2$  лента будет занимать положение  $A_1M_1N_1$ . Отрезок  $N_1M_1$  есть величина, на которую лента смещается относительно барабана при повороте его на угловой шаг  $\alpha_b$ , или, иными словами,— разность шагов зубьев барабана и ленты, выражаемая соотношением

$$a = |t_b - t_n|,$$

где:  $t_b$  — шаг зубьев барабана,  $t_n$  — шаг перфораций киноленты.

Длина нормали к опорной окружности барабана, проведенной из точки  $M_1$ , представляет собой рабочую высоту зуба  $h$ , складывающуюся из высоты головки  $A_p$  и корня  $n$ , т. е.  $h = A_p + n$ . Напомним, что высота корня зуба равна половине толщины киноленты, т. е.

$$n = \frac{\delta}{2}.$$

На основании изложенного выше и из рис. 1 заключаем, что можно выполнить в

определенном масштабе номограмму, на которой будут изображены эвольвента делительной окружности и ряд эвольвент окружностей, меньших, чем делительная, т. е. проведенные из одной точки на делительной окружности профили зубьев с различными значениями углов зацепления  $\gamma$ ; может быть проведен ряд касательных к делительной окружности, пересекающих эвольвенты, и, кроме того, опущен ряд нормалей к делительной окружности.

Имея такую номограмму, можно производить графические расчеты основных параметров различных тянувших зубчатых барабанов, а именно: определять угол зацепления  $\gamma$  или угол скольжения  $\alpha_2$ , рабочую высоту головки зuba  $A_p$ , а также толщину зuba на вершине. Чтобы номограмма была универсальной и подходила для графических расчетов как тянувших, так и задерживающих барабанов, в нее следует ввести ряд дополнений. Обращаясь к рис. 2, можно заметить, что если провести эвольвенту  $2'$ , являющуюся зеркальным изображением образующей профиля зuba 2, то по характеру расположения эвольвент рис. 2 станет подобен рис. 1.

Радиус  $C_1C$ , проведенный через точку пересечения профиля зuba делительной окружности, будет «отражающей поверхностью». Для того чтобы определять по номограмме величины смещения ленты относительно задерживающего барабана, необходимо касательные к делительной окружности, пересекающие эвольвенты, довести до «отражающей поверхности»  $C_1C$  и, отразив их от этой поверхности под теми же углами, под которыми они пересекают «поверхность», довести эти отражения до эвольвент.

Как уже отмечалось, при повороте барабана на угол скольжения  $\alpha_2$  лента смещается на величину  $N_1M_1$ . В «отраженном» виде это смещение составит сумму отрезков  $N_1K_1$  и  $K_1M_1'$ .

### Построение номограмм и их анализ

Для того чтобы номограмма была достаточно точна, целесообразно определять координаты точек делительной окружности и эвольвента аналитически в прямоугольной системе координат и затем соединять соответствующие точки между собой.

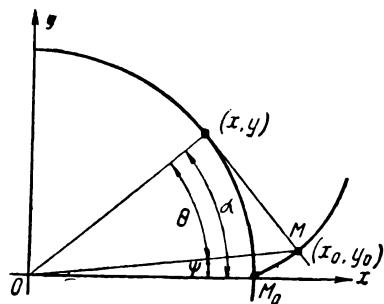


Рис. 3

Параметрические уравнения окружности с центром в точке  $O$  (рис. 3):

$$x = R \cos \alpha; \quad y = R \sin \alpha, \quad (1)$$

где:  $\alpha$  — угол поворота,  $R$  — радиус делительной окружности.

Уравнения эвольвенты делительной окружности в системе  $XOY$  (рис. 3):

$$x_0 = R \sec \theta \cos \psi; \quad y_0 = R \sec \theta \sin \psi, \quad (2)$$

где

$$\psi = \operatorname{tg} \theta (\theta — эвольвентная функция). \quad (3)$$

Из рис. 3 очевидно, что

$$\alpha = \theta + \psi.$$

Подставляя вместо  $\psi$  его значение из эвольвентной функции (3), получим

$$\alpha = \operatorname{tg} \theta. \quad (4)$$

Для того чтобы получить уравнения эвольвент, проходящих через точку  $M_0$  и являющихся развертками окружностей, меньших, чем делительная, обратимся к рис. 4.

Чтобы эвольвента, построенная с заданным углом зацепления  $\gamma$  (см. пунктирную кривую на рис. 4), прошла через точку  $M_0$ ,

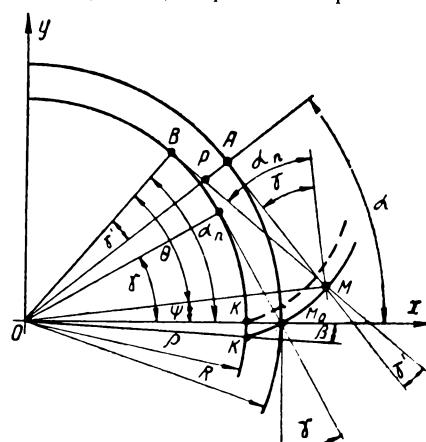


Рис. 4

этую эвольвенту необходимо повернуть вокруг центра окружности на угол  $\beta$ .

Уравнения такой эвольвенты в системе координат  $XOY$

$$x = \rho \sec \theta \cos \psi + \rho \beta \sin \alpha_n,$$

$$y = \rho \sec \theta \sin \psi - \rho \beta \cos \alpha_n,$$

где:  $\beta$  — угол поворота эвольвенты,  $\alpha_n$  — профилирующий угол.

Профилирующим углом  $\alpha_n$  (рис. 1, 2 и 4) назван угол  $M_0OB$ , расположенный между осью  $x$  и радиусом, проведенным через точку касания нормали к профилю зуба с основной окружностью. Причем эта нормаль проходит через точку  $M$  на профиле, через которую проходит касательная к делительной окружности барабана при повороте последнего на угол  $\alpha$ .

Заметим, что, когда профиль выполнен по эвольвенте делительной окружности, профилирующий угол равен углу поворота барабана, т. е.  $\alpha_n = \alpha$ .

Между радиусом профилирующей окружности  $\rho$  и радиусом делительной окружности  $R$  существует зависимость [1]

$$\rho = R \cos \gamma. \quad (5)$$

Подставив значение  $\rho$  в уравнения, получим

$$\left. \begin{aligned} x &= (R \sec \theta \cos \psi + R \beta \sin \alpha_n) \cos \gamma; \\ y &= (R \sec \theta \sin \psi - R \beta \cos \alpha_n) \cos \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Левые члены соотношений, находящихся в скобках, суть не что иное, как уравнения эвольвенты делительной окружности (см. (2)). Произведя замену, получим

$$\left. \begin{aligned} x &= (x_0 + R \beta \sin \alpha_n) \cos \gamma; \\ y &= (y_0 - R \beta \cos \alpha_n) \cos \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Как видно из рис. 4 (по аналогии с рис. 3), связь между углом поворота эвольвенты  $\beta$  (аналогично углу  $\psi$  на рис. 3) и углом зацепления  $\gamma$  (аналогично углу  $\theta$  на рис. 3) представляет собой эвольвентную функцию

$$\beta = \operatorname{tg} \gamma - \gamma. \quad (8)$$

На рис. 1, 2 и 4 через  $\gamma'$  обозначен угол давления.

Найдем соотношения, связывающие между собой профилирующий угол  $\alpha_n$ , угол поворота барабана  $\alpha$  и угол давления  $\gamma'$  при заданном значении угла зацепления  $\gamma$ .

Из рис. 1 и 4 видно, что угол поворота тянутого барабана  $\alpha$  является разностью углов  $\alpha_n$  и  $\gamma'$ , т. е.

$$\alpha = \alpha_n - \gamma'. \quad (9)$$

Угол поворота задерживающего барабана находится из соотношения

$$\alpha = \gamma' - \alpha_n. \quad (10)$$

Разбив профилирующий угол  $\alpha_n$  на углы  $\theta$  и  $\psi$  (см. рис. 4) и проведя рассуждения, аналогичные проведенными при рассмотрении эвольвенты делительной окружности, получим

$$\alpha_n = \operatorname{tg} \theta. \quad (11)$$

Соотношение (4) является частным случаем соотношения (11). Из  $\triangle OBM$  и  $\triangle OAM$  (рис. 4) находим:

$$OM = \frac{OB}{\cos \theta} \quad \text{и} \quad OM = \frac{OA}{\cos(\theta - \gamma')}.$$

Приравнивая эти соотношения и учитывая, что  $OB = \rho = R \cos \gamma$  и  $OA = R$ , получим

$$\cos \gamma = \frac{\cos \theta}{\cos(\theta - \gamma')}.$$

Проведя тригонометрические преобразования и заменив  $\operatorname{tg} \theta$  на  $\alpha_n$  на основании соотношения (11), придем к квадратному уравнению

$$\sin \gamma'(1 + \alpha_n^2) - \frac{2\alpha_n}{\cos \gamma} \sin \gamma' - 1 + \frac{1}{\cos^2 \gamma} = 0.$$

Решая это уравнение, получим

$$\gamma' = \arcsin \left( \frac{\alpha_n \pm \sqrt{\cos^2 \gamma (1 + \alpha_n^2) - 1}}{(1 + \alpha_n^2) \cos \gamma} \right). \quad (12)$$

На основании соотношений (9) и (10) можем заключить, что положительный знак в формуле (12) относится к задерживающим, а отрицательный — к тянутым зубчатым барабанам (см. рис. 1 и 2).

Соотношения (9), (10) и (12) позволяют определять углы поворота  $\alpha$  и углы давления  $\gamma'$  тянутых и задерживающих барабанов при различных значениях профилирующего угла  $\alpha_n$  и заданном угле зацепления  $\gamma$ .

Найдем соотношения для определения текущих значений скорости кинолент.

Мгновенная скорость движения ленты выражается [1]:

$$V = (R \pm q) \omega, \quad (13)$$

где:  $\omega$  — угловая скорость вращения барабана;  $q$  — отрезок  $AP$  на рис. 4.

Положительный знак относится к задерживающему барабану, а отрицательный — к тянутому.

Из  $\triangle BOP$  (рис. 4) находим для тянутого барабана:

$$OP = \frac{OB}{\cos \gamma'}.$$

Величина  $q$  определяется как разность.

$$AO - OP = q = R - \frac{OB}{\cos \gamma'},$$

но  $OB = \rho$ , откуда

$$q = R - \frac{\rho}{\cos \gamma'}.$$

Подставив значение  $\rho$  из (5), получим

$$q = R \left( 1 - \frac{\cos \gamma}{\cos \gamma'} \right),$$

где  $\gamma$  — угол зацепления.

Введя значение  $q$  в соотношение (13), найдем

$$V = R\omega \frac{\cos \gamma}{\cos \gamma'}. \quad (14)$$

Проведя подобный анализ для задерживающего барабана, можно убедиться, что формула (14) справедлива как для тянувших, так и для задерживающих барабанов.

Периферическая скорость на делительной окружности барабана  $V_b$  определяется как произведение

$$V_b = \omega R,$$

где:  $\omega$  — угловая скорость вращения барабана;  $R$  — радиус делительной окружности.

Принимая периферическую скорость на делительной окружности барабана за 100%, найдем текущее значение относительной скорости киноленты в процентах

$$V_0 = 100 \frac{\cos \gamma}{\cos \gamma'} \%. \quad (15)$$

Чтобы определить величину скачка скорости в момент схода ленты с очередного зуба, найдем разность между мгновенной скоростью движения ленты в этот момент и периферической скоростью на делительной окружности барабана

$$V_{ck} = \pm (V - V_b).$$

Положительный знак относится к задерживающему барабану, а отрицательный — к тянувшему.

Подставляя вместо  $V$  ее значение из соотношения (14), вместо  $V_b$  произведение  $R\omega$  и взамен  $\gamma'$  величину значения угла давления  $\gamma'_{кон}$ , в конце периода зацепления киноленты с очередным ведущим зубом получим

$$V_{ck} = \pm R\omega \left( \frac{\cos \gamma}{\cos \gamma'_{кон}} - 1 \right). \quad (16)$$

Величина относительного скачка скорости, отнесенное к скорости  $V_b$ , в процентах определяется

$$V_{0 ck} = \pm 100 \left( \frac{\cos \gamma}{\cos \gamma'_{кон}} - 1 \right) %. \quad (17)$$

По соотношениям, приведенным выше, построено три вида номограмм для расчета зубчатых барабанов с зубьями, выполненными по эвольвенте.

1. Номограммы  $\gamma - a_2$  для нахождения угла зацепления  $\gamma$  по заданному углу скольжения  $a_2$  или угла скольжения по известному значению угла зацепления.

По этим же номограммам определяются рабочая высота зуба и толщина зуба на вершине.

2. Номограммы  $V_0 = f(a_2)$  для нахождения относительной скорости, относительно скакка скорости киноленты  $V_{0 ck}$  при смене ведущего зуба, а также для построения кинематической характеристики барабана.

3. Номограмма  $\gamma' = f(a_2)$  для определения углов давления киноленты при сходе кромки перфорации с зуба, а также угла давления  $\gamma'_{кон}$  при смене ведущего зуба.

Координаты точек номограмм вычислялись при значениях угла зацепления  $\gamma = 0^\circ, 6^\circ, 12^\circ, 18^\circ, 24^\circ, 28^\circ$  через  $2^\circ$ .

Ввиду ограниченности объема статьи таблицы координат точек не приводятся.

На рис. 5, 6, 7 и 8 представлены номограм-

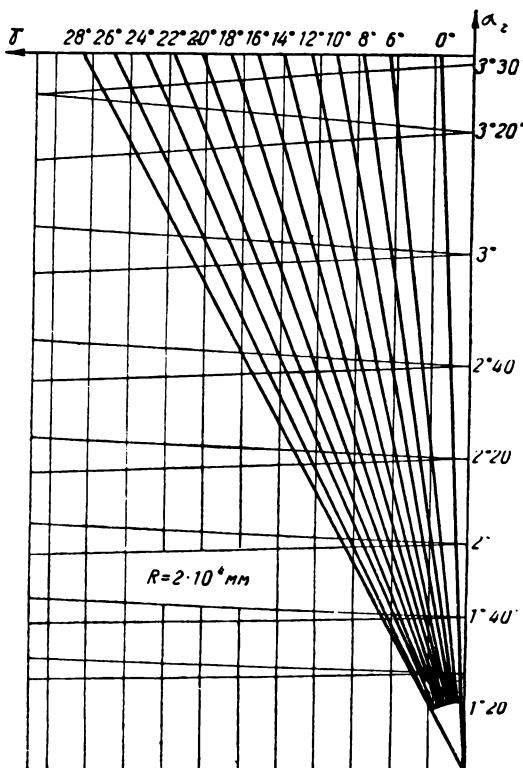


Рис. 5. Номограмма 1  $\gamma - a_2$

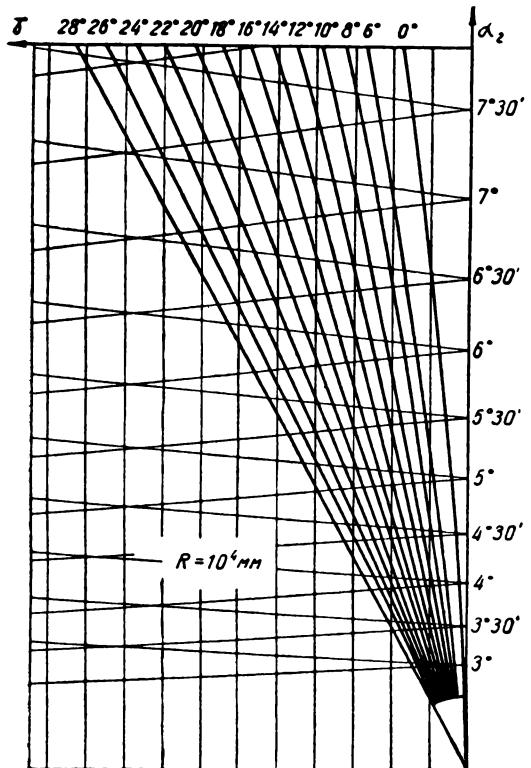


Рис. 6. Номограмма 2  $\gamma - \alpha_2$

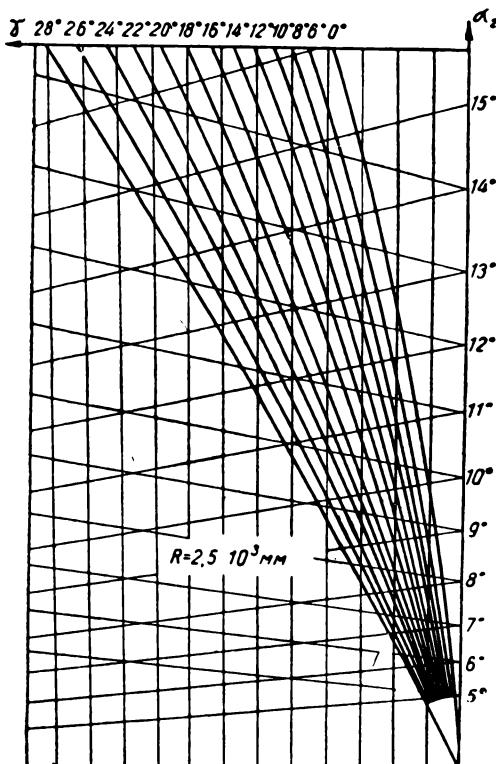


Рис. 7. Номограмма 3  $\gamma - \alpha_2$

мы  $\gamma - \alpha_2$ , построенные при различных значениях радиуса делительной окружности  $R$ .

Чтобы работа с этими номограммами была удобной, последние повернуты на  $90^\circ$  по сравнению с рис. 3 и 4. Делительная окружность находится в нижней части, а профиль зуба расположен по вертикали. Этим достигается соответствие номограмм рис. 1 и 2.

Кривые, выходящие из одной точки в правой части номограмм и идущие влево вверх,— ряд эвольвент, построенных при различных углах зацепления, значения которых приведены в верхней части у соответствующих им эвольвент. Кривая линия, расположенная по горизонтали в нижней части,— часть делительной окружности. Наклонные прямые линии, идущие слева вверх направо,— касательные к делительной окружности, проведенные через точку схода киноленты с тянувшего барабана при различных углах поворота. Эти углы поворота  $\alpha_2$  приведены у пересечения касательными осями ординат. Наклонные линии, идущие справа вверх налево,— касательные к делительной окружности, проведенные че-

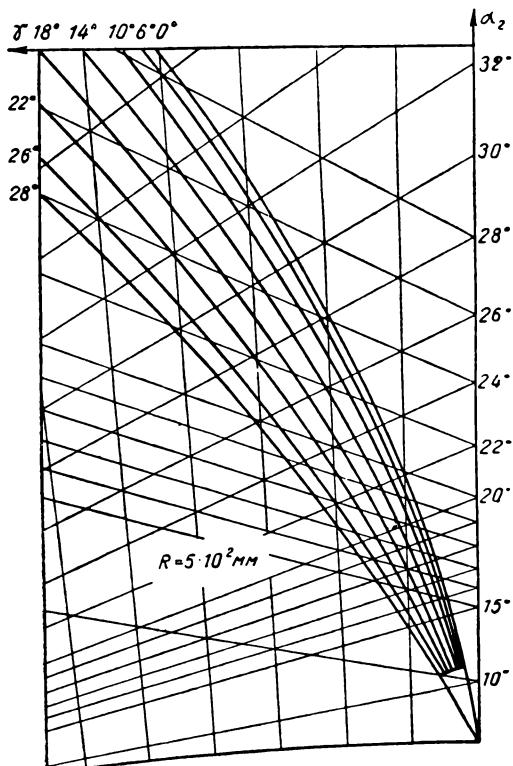


Рис. 8. Номограмма 4  $\gamma - \alpha_2$

рез точку схода ленты с задерживающего барабана.

Вертикальные прямые — нормали к делительной окружности.

С помощью этих четырех номограмм можно производить расчеты зубчатых барабанов с числами зубьев от 6 до 64 и более.

Номограммы 1 и 2 (рис. 5 и 6) предназначены для барабанов с большим числом зубьев и соответственно малыми значениями углов скольжения  $\alpha_2$ , а номограммы 3 и 4 (рис. 7 и 8) — для барабанов с малым числом зубьев, причем последняя номограмма предназначена также для определения ширины зуза на его вершине.

На рис. 9 и 10 приводятся номограммы  $V_0 = f(\alpha)$  для определения относительного скачка скорости киноленты при смене ведущего зуза и построения кинематической характеристики соответственно тянувших и задерживающих зубчатых барабанов.

Возле кривых приведены значения углов зацепления.

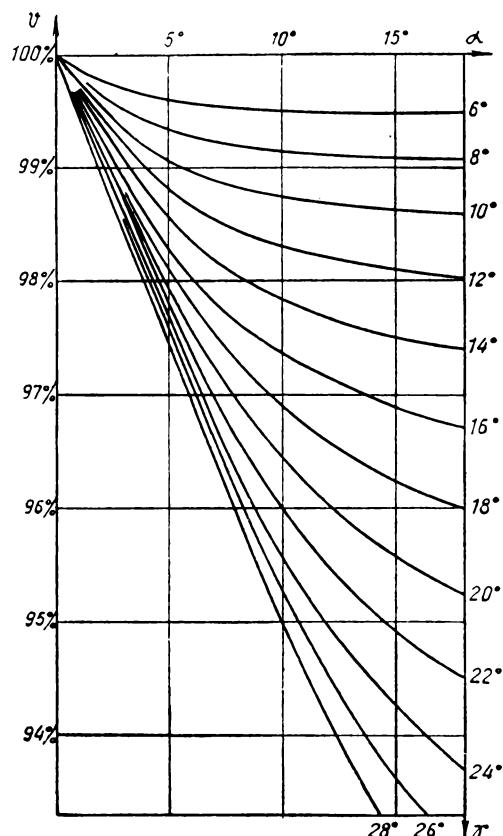


Рис. 9. Номограмма  $V_0 = f(\alpha)$  для тянувших барабанов

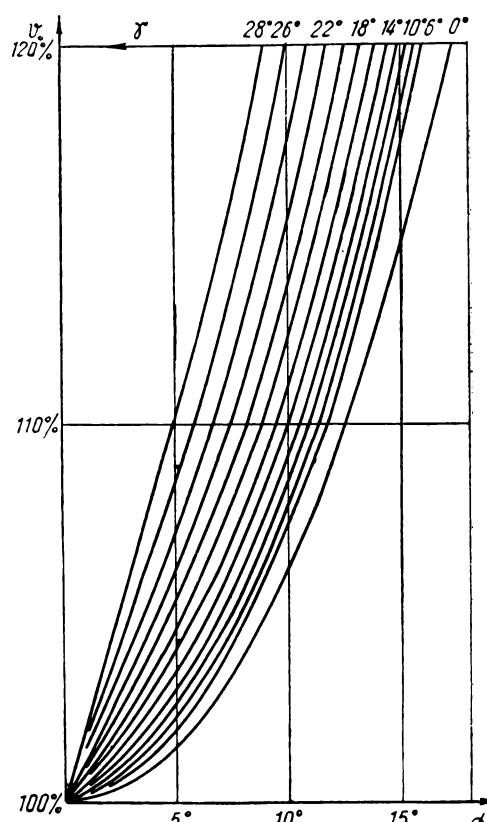


Рис. 10. Номограмма  $V_0 = f(\alpha)$  для задерживающих барабанов

На рис. 11 изображена номограмма  $\gamma' = f(\alpha_2)$ , служащая для определения угла давления  $\gamma'_{\text{кон}}$  при смене ведущего зуза по известному углу зацепления  $\gamma$  и углу скольжения  $\alpha_2$ .

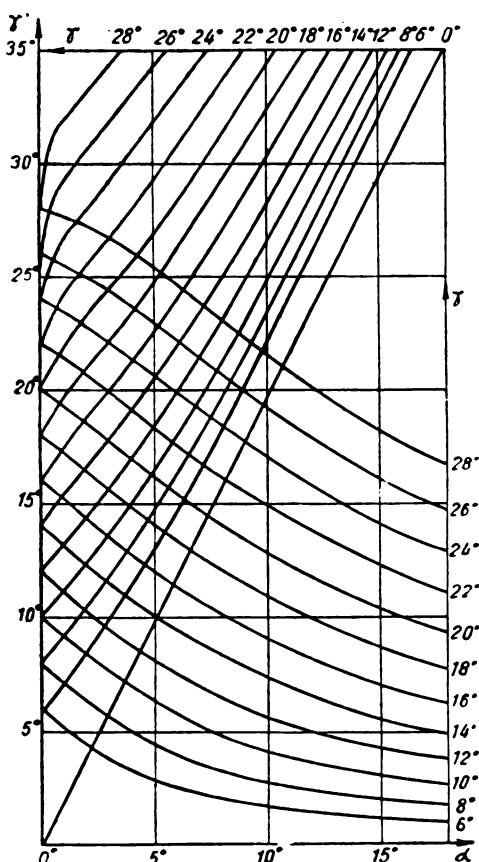
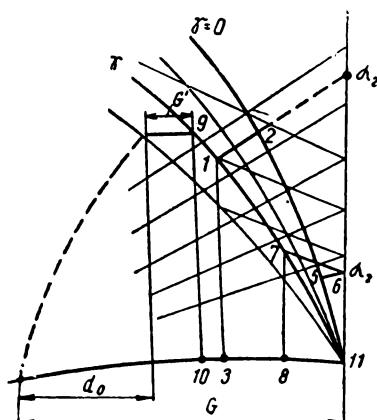
Кривые, идущие вниз от оси ординат, относятся к тянувшим барабанам, а идущие вверх — к задерживающим.

#### Расчет зубчатых барабанов

Расчет барабанов целесообразно выполнять в соответствии с приводимой ниже таблицей.

Очевидно, прежде чем приступить к расчету, необходимо установить формат киноленты, для которой предназначен барабан, а также режим его работы (тянущий, задерживающий или комбинированный).

Как видно из таблицы, многие параметры определяются аналитическим путем по известным [1 и 2] соотношениям.

Рис. 11. Номограмма  $\gamma' = f(\alpha_2)$ Рис. 12. Примеры пользования номограммой  $\gamma - \alpha_2$  и определения толщины зуба при вершине

Перед началом расчета необходимо задать конструктивно угол зацепления, либо угол скольжения, тогда второй определяется из номограммы  $\gamma - \alpha_2$  (рис. 5, 6, 7 и 8)

Угол скольжения  $\alpha_2$  при заданном угле зацепления для тянувших барабанов определяется следующим образом (рис. 12): перемещая измеритель со взятым на нем значением  $a_{max} \cdot t$  в промежутке между эвольвентой — делительной окружности ( $\gamma = 0$ ) и эвольвентой с заданным углом зацепле-

#### Расчет лентопротяжных зубчатых барабанов

Наименование	Обозначение	Размерность	Расчетные формулы
Диапазон усадок кинолент:			
а) наименьшая усадка	$S_{min}$	%	
б) наибольшая усадка	$S_{max}$	%	Задается при конструировании
Диапазон шагов перфораций кинолент:			
а) наибольший шаг	$t_{n max}$	мм	$t_{n max} = t_n \left(1 - \frac{S_{min}}{100}\right);$
б) наименьший шаг	$t_{n min}$	мм	$t_{n min} = t_n \left(1 - \frac{S_{max}}{100}\right)$
Количество зубьев	$Z$		Задается при конструировании
Угол охвата барабана кинолентой	$\varphi^0$		Обусловлено конструкцией
Рабочее число зубьев	$Z_p$		$Z_p = Z \frac{\varphi^0}{360^0}$
Угол зацепления	$\tau$		
Угол скольжения	$d_2$		Один из этих углов задается при конструировании, а второй находится при помощи номограмм (рис. 5, 6, 7, 8)

Продолжение

Наименование	Обозначение	Размерность	Расчетные формулы
Шаг зубьев барабана: а) тянувшего б) задерживающего	$t_{6\tau}$ $t_{6z}$	мм мм	$t_6 = \frac{\pi D_d}{Z}$ ; $t_{6\tau} \geq t_{n \max}$ ; $t_{6z} \leq t_{n \min}$
Наибольшая разность шагов зубьев барабана и перфораций пленки: а) для тянувшего барабана б) для задерживающего барабана	$a_{max}$	мм	$a_{max} = t_{6\tau \max} - t_{n \min}$ $a_{max} = t_{n \max} - t_{6z \min}$
Диаметр делительной окружности	$D_d$	мм	$D_d = \frac{Z t_6}{\pi}$
Диаметр опорной окружности	$D_0$	мм	$D_0 = D_d - \delta$
Угловой шаг	$\alpha_6$		$\alpha_6 = \frac{360^\circ}{Z}$
Толщина зуба по делительной окружности	$G$	мм	$G \leq b_{min} - a_{max} (Z_p - 1)$
Масштабы для расчетов с помощью номограмм $\Upsilon - \alpha_2$	$m_1$ $m_2$ $m_3$ $m_4$		$m_1 = \frac{10^5}{D_d}$ ; $m_2 = \frac{2 \cdot 10^4}{D_d}$ ; $m_3 = \frac{5 \cdot 10^3}{D_d}$ ; $m_4 = \frac{10^3}{D_d}$
Наибольшая разность шагов зубьев барабана и перфораций пленки в масштабе номограмм	$a_{max \cdot m}$	мм	$a_{max \cdot m}$
Рабочая высота головки зуба в масштабе номограммы	$A_p \cdot m$	мм	Находится из номограммы $\Upsilon - \alpha_2$ по известным значениям $\Upsilon$ , $\alpha_2$ и $a_{max \cdot m}$
Рабочая высота головки зуба	$A_p$	мм	$A_p = \frac{A_p \cdot m}{m}$
Высота зуба (от опорной окружности)	$A$	мм	Задается при расчете и проверяется с помощью номограмм $\Upsilon - \alpha_2$
Высота головки зуба (от делительной окружности)	$A_0$	мм	$A_0 = A - \frac{\delta}{2}$ ; $A_0 \geq A_p$
Диаметр наружной окружности	$D_H$	мм	$D_H = D_0 + 2A$ ; $D_H = D_d + 2A_0$
Высота головки зуба в масштабе номограммы	$A_0 m$	мм	$A_0 m$
Часть толщины зуба, занимаемая эвольвентой в масштабе номограммы	$d_0 m$	мм	Находится из номограммы $\Upsilon - \alpha_2$ по известным значениям $\Upsilon$ и $A_0 m$
Часть толщины зуба, занимаемая эвольвентой	$d_0$	мм	$d_0 = \frac{d_0 m}{m}$
Толщина зуба при его вершине	$G'$	мм	$G' = G - 2d_0$
Относительный скачок скорости ленты при смене ведущего зуба	$V_{osc}$	%	Находится из номограммы $V_0 = f(\alpha)$ по известным значениям $\Upsilon$ и $\alpha_2$
Угол давления при смене ведущего зуба	$\Upsilon'_{кон}$		Находится из номограммы $\Upsilon' = f(\alpha_2)$ по известным значениям $\Upsilon$ и $\alpha_2$

ния  $\gamma$  находится положение, при котором размер, взятый измерителем, оказывается равным кратчайшему расстоянию между эвольвентами.

По отложенному отрезку (1—2 на рис. 12) определяется значение  $a_2$  продолжением этого отрезка до оси ординат и снятием отсчета.

Если задан угол скольжения  $a_2$ , то задача решается несколько проще: от эвольвенты делительной окружности ( $\gamma = 0$ ) по нормали к ней, соответствующей  $a_2$ , влево откладывается отрезок  $a_{max}m$ . Конец этого отрезка укажет значение угла зацепления  $\gamma$  (точка 1 на рис. 12).

Для определения рабочей высоты головки зуба на номограмме измеряется кратчайшее расстояние от конца отложенного отрезка на профиле с углом зацепления  $\gamma$  до делительной окружности (отрезок 1—3). Полученное значение делится на масштаб  $m$ .

Угол скольжения  $a_2$  для задерживающих барабанов определяется подобным образом, но несколько сложнее, так как значение произведения  $a_{max}m$  откладывается по ломаной линии от эвольвенты делительной окружности до оси ординат (отрезок 5—6 на рис. 12) и от оси ординат до эвольвенты со значением угла зацепления рассчитываемого барабана (отрезок 6—7).

Рабочая высота головки зуба (отрезок 7—8) находится так же, как и в предыдущем случае.

Для нахождения толщины зуба  $G'$  при его вершине на номограмме от эвольвенты с углом зацепления  $\gamma$  опускается нормаль к делительной окружности, равная произведению  $A_0m$  (отрезок 9—10 на рис. 12), и на делительной окружности определяется расстояние от точки пересечения нормалью делительной окружности барабана до оси ординат (отрезок 10—11).

Разделив полученное значение на масштаб, находим  $d_0$  — часть толщины зуба, занимаемую эвольвентой (см. рис. 12). Вычитанием двух значений  $d_0$  из толщины зуба  $G$  определяется толщина зуба при его вершине  $G'$ .

Скачок скорости ленты  $V_{ск}$  при смене ведущего зуба находится из номограммы  $V = f(a)$  (см. рис. 9 или 10) по известным значениям  $\gamma$  и  $a_2$ .

Характеристика барабана строится также на основании одной из этих номограмм путем выкопировки соответствующего участка графика скорости.

Пределы изменения угла давления и угол давления при смене ведущего зуба определяются из номограммы  $\gamma' = f(a_2)$  (см. рис. 11) по известным значениям  $\gamma$  и  $a_2$ , причем по кривым, идущим слева вниз направо, находится угол давления для тянувших барабанов, а по кривым, идущим слева вверх направо, — для задерживающих.

Увязка допусков на шаг зубьев барабана, диаметр делительной окружности и угловой шаг производятся по известной [1] методике. Ширина зуба и поперечный шаг также находятся по аналитическим соотношениям [1].

### Выводы

Графо-аналитический способ позволяет производить расчет лентопротяжных зубчатых барабанов с эвольвентным профилем зуба более просто, чем аналитический или графический способы, однако, оставаясь все же достаточно точным для инженерных расчетов, он несколько уступает по точности аналитическому способу.

Применяя аналогичные методы, можно производить расчеты зубчатых барабанов и с неэвольвентным профилем зубьев, например с окружностным.

Данный способ расчета был применен в Ленинградском институте киноинженеров. В процессе работы было проанализировано около ста отечественных и зарубежных барабанов, а также осуществлен расчет барабанов.

### ЛИТЕРАТУРА

- Мелик-Степанян А. М., Лентопротяжные зубчатые барабаны киноаппаратуры, М., Госкиноиздат, 1947.
- Мелик-Степанян А. М., Проворнов С. М., Детали и механизмы киноаппаратуры, М., «Искусство», 1959.
- «Справочник машиностроителя», т. I. Под ред. проф. Н. С. Ачеркана, изд. 3., М., 1960.
- Мелик-Степанян А. М., К вопросу о построении печатного зубчатого барабана, Труды ЛИКИ, вып. V, 1959.
- Воскресенский Л. Л., Аналитический метод расчета кинематических характеристик зубчатых барабанов с окружностным и эвольвентным профилем зуба, Оптико-механическая промышленность, 1963, № 7.

# РАСЧЕТ РЕЦЕПТУРЫ ЭМУЛЬСИИ ПО ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ПЛОЩАДИ

77.021.121 : 66.014

Приведено описание характеристической площади эмульсии. Дан вывод формул для расчета рецептуры исходных растворов эмульсии по заданной площади.

В одной из предыдущих работ [1] (см. также [2] и [3]) было показано, что между «характеристической площадью» и светочувствительностью эмульсии существует функциональная зависимость. Под термином «характеристическая площадь» следует понимать величину, равную (или пропорциональную) сумме произведений значений избыточных количеств растворимой соли галогенида на время, в продолжение которого данный избыток галогенида реально существует в смеси.

Было показано, что характеристическая площадь может служить основанием деления эмульсионной рецептуры на определенные группы. К одной из них были отнесены эмульсии, «площадь» которых представляет собой более или менее длинный узкий прямоугольник; к другой группе — эмульсии с «площадями», одна часть которых имеет форму трапеции, а другая — прямоугольника; к третьей — эмульсии с площадями, состоящими из попеременно расположенных двух трапеций и двух прямоугольников. В пределах каждой группы эмульсий, одинаковых по форме площади, увеличение последней приводит к возрастанию светочувствительности. С увеличением числа ступеней общий уровень светочувствительности возрастает. Отсюда следует, что эмульсии, принадлежащие к третьей группе, обладают более высокой светочувствительностью, чем эмульсии второй, а тем более первой группы.

Указывалось также, что при прочих равных условиях прямоугольная форма площади позволяет получить более высокую светочувствительность, чем треугольная. Этот вывод был экспериментально подтвержден также в работе [4].

Важно отметить, что изменение содержания йодистого серебра по отношению к бромистому в бромоидистых эмульсиях несколько изменяет уровень светочувствительности эмульсии, но не влияет на характер вышеуказанных закономерностей.

Таким образом, по форме и размеру ха-

рактеристической площади можно в известной мере предугадать уровень светочувствительности, который может быть достигнут при оптимальных условиях химической сенсибилизации.

Вышеперечисленные группы охватывают большинство эмульсий, применяемых на практике. Однако ими не исчерпывается все разнообразие эмульсий, могущих быть синтезированными по форме и размеру характеристических площадей. Исследование новых групп эмульсий является весьма заманчивым. В частности, представляет большой интерес изучение зависимости фотографических свойств эмульсий от «расстояния» характеристической площади от оси абсцисс, связанного, очевидно, с концентрацией исходных растворов.

Подобное исследование наталкивается, однако, на трудности чисто расчетного порядка, если хотят по рецептурным данным получить характеристическую площадь определенной формы и размера. Поэтому предпочтение следует отдать решению более легкой задачи, обратной первой, — рассчитать эмульсионную рецептуру по характеристической площади заданной формы и размера. Такой расчет может быть произведен по формулам, которые приводятся ниже.

Пусть  $\Pi$  — заданная характеристическая площадь эмульсии,  $C_{B_0}, C_{B_1}, C_{B_2}, C_{B_3}, \dots, C_{A_0}, C_{A_1}, C_{A_2}, C_{A_3}, \dots$  — концентрации солей галогенида и серебра (в мол/л) до смешения растворов и после соответственно 1-й, 2-й, 3-й... эмульсификации<sup>1</sup> (рис. 1).

<sup>1</sup> Концентрация  $C_B$  и  $C_A$  определяются в предположение, что имеет место простое разбавление растворов по мере их смешения. Именно при таком способе построения площади разности между ординатами кривых  $(t, C_B)$  и  $(t, C_A)$  выражают избыточные количества галогенида. При расчете характеристической площади бромоидосеребряных эмульсий можно не принимать во внимание йодид, так как ввиду относительно незначительного количества его это практически не влияет на форму и размер площади.

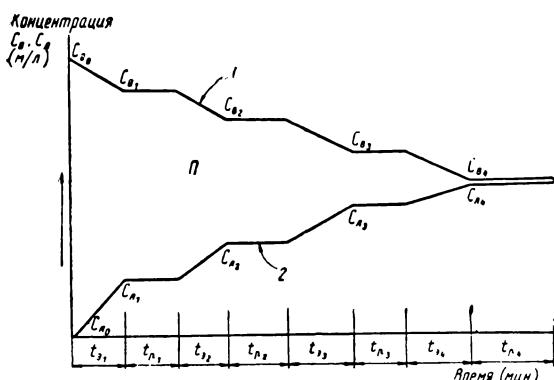


Рис. 1. Характеристическая площадь эмульсии:  
1 — кривая изменения концентрации растворимого галогенида; 2 — кривая изменения концентрации соли серебра

В начальный момент в растворе соли галогенида нет серебра и, следовательно,  $C_{A_0} = 0$ . По мере добавления раствора соли серебра концентрация соли галогенида уменьшается, а серебра возрастает, что и выражается ходом кривых  $(t, C_B)$  и  $(t, C_A)$ , ограничивающих характеристическую площадь.

Для составления рецептуры исходных растворов галогенида и серебра необходимо определить:

- количество галогенида  $B_0$  в его растворе;
- объемы растворов соли серебра  $V_1, V_2, V_3 \dots$ ;
- количества соли серебра  $A_1, A_2, A_3 \dots$  в растворах 1, 2, 3 ...

#### Определение $B_0$

Начальный объем раствора галогенида принимаем равным  $V_0$ . Тогда из определения концентрации соли находим:

$$B_0 = \frac{C_{B_0} \cdot M_B \cdot V_0}{1000}, \quad (1)$$

где  $M_B$  — молекулярный вес соли галогенида.

#### Определение $V_n$ — объема $n$ -го раствора соли серебра

Концентрация раствора соли галогенида после добавления  $n$ -го раствора соли серебра равна

$$C_{B_n} = \frac{1000 \cdot B_0}{M_B (V_0 + V'_n)}, \quad (A)$$

$$V'_n = V_1 + V_2 + \dots + V_{n-1} + V_n$$

и, следовательно,

$$V'_{n-1} = V_1 + V_2 + \dots + V_{n-1},$$

откуда

$$V_n = V'_n - V'_{n-1}.$$

Из (A) получаем:

$$V'_n = \frac{1000 \cdot B_0}{C_{B_n} \cdot M_B} - V_0 \quad (B)$$

и, следовательно,

$$V'_{n-1} = \frac{1000 \cdot B_0}{C_{B_{n-1}} \cdot M_B} - V_0. \quad (B)$$

Вычитая (B) из (B), получаем

$$V_n = \frac{1000 \cdot B_0}{M_B} \left( \frac{1}{C_{B_n}} - \frac{1}{C_{B_{n-1}}} \right). \quad (2)$$

Определение  $A_n$  — количества соли серебра в его  $n$ -м растворе

Концентрация раствора соли серебра после добавления  $n$ -го раствора серебра равна

$$C_{A_n} = \frac{1000 \cdot A'_n}{M_A \cdot (V_0 + V'_n)}, \quad (A')$$

где  $M_A$  — молекулярный вес соли серебра.

$$A'_n = A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1} + A_n$$

и, следовательно,

$$A'_{n-1} = A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1},$$

откуда

$$A_n = A'_n - A'_{n-1}.$$

Из (A') находим

$$A'_n = \frac{C_{A_n} \cdot M_A \cdot (V_0 + V'_n)}{1000} \quad (B')$$

и, следовательно,

$$A'_{n-1} = \frac{C_{A_{n-1}} \cdot M_A \cdot (V_0 + V'_{n-1})}{1000}. \quad (B')$$

Вычитая (B') из (B') и подставляя вместо  $V'_n$  и  $V'_{n-1}$  равные им выражения из (B) и (B), получим окончательно:

$$A_n = \frac{M_A \cdot B_0}{M_B} \left( \frac{C_{A_n}}{C_{B_n}} - \frac{C_{A_{n-1}}}{C_{B_{n-1}}} \right). \quad (3)$$

Продолжительности эмульсификаций и пауз ( $t_{s_1}, t_{p_1}, t_{s_2}, t_{p_2}, \dots$ ) находим непосредственно на графике. Остальные рецептурные данные — эмульсификационная и добавочная желатина, молярный процент йодида, — если они сами по себе не являются

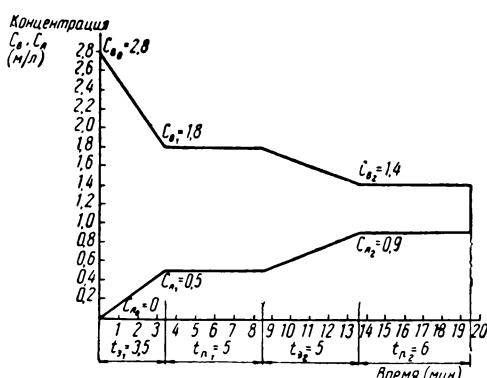


Рис. 2. Характеристическая площадь эмульсии (заданная)

объектом изучения, выбираются исходя из общепринятых норм.

В качестве примера приводим расчет рецептуры бромоидосеребряной эмульсии по заданной характеристической площади (рис. 2).

Пусть  $C_{B_0} = 2,8 \text{ м/л}$ ;  $C_{B_1} = 1,8 \text{ м/л}$ ;  $C_{B_2} = 1,4 \text{ м/л}$ ;  $C_{A_0} = 0$ ;  $C_{A_1} = 0,5 \text{ м/л}$ ;  $C_{A_2} = 0,9$ .

Принимаем  $V_0 = 1000 \text{ мл}$ ;  $M_B = 119$ ;  $M_A = 170$ .

Согласно формуле (1), количество бромида калия равно

$$B_0 = \frac{C_{B_0} \cdot M_B \cdot V_0}{1000} = 333,2 \text{ г.}$$

Согласно формуле (2), объем первого раствора соли серебра

$$V_1 = \frac{1000 \cdot B_0}{M_B} \left( \frac{1}{C_{B_1}} - \frac{1}{C_{B_0}} \right) = 555 \text{ мл};$$

объем второго раствора соли серебра

$$V_2 = \frac{1000 \cdot B_0}{M_B} \left( \frac{1}{C_{B_2}} - \frac{1}{C_{B_1}} \right) = 445 \text{ мл.}$$

Согласно формуле (3), количество азотнокислого серебра в растворе 1 равно

$$A_1 = \frac{M_A \cdot B_0}{M_B} \left( \frac{C_{A_1}}{C_{B_1}} - \frac{C_{A_0}}{C_{B_0}} \right) = 132,3 \text{ г.}$$

Количество соли серебра в растворе 2 равно

$$A_2 = \frac{M_A \cdot B_0}{M_B} \left( \frac{C_{A_2}}{C_{B_2}} - \frac{C_{A_1}}{C_{B_1}} \right) = 173,5 \text{ г.}$$

Принимаем процент эмульсификационной желатины равным 2, а молярный процент йодида (по отношению к соли серебра) равным 3. Тогда получаются следующие исходные растворы.

#### Раствор бромида

Бромистый калий . . . . .	333,2 г
Подистый калий . . . . .	8,90 г
Желатина . . . . .	40 г
Вода . . . . .	до 1000 мл

#### Раствор серебра 1

Азотнокислое серебро . . . . .	132,3 г
Вода . . . . .	до 555 мл

#### Раствор серебра 2

Азотнокислое серебро . . . . .	173,5 г
Вода . . . . .	до 445 мл

Величины  $t_3$ ,  $t_{\infty}$ ,  $t_{p_1}$ ,  $t_{p_2}$  определяются непосредственно из графика. Если эмульсия аммиачная, к растворам соли серебра добавляют аммиак в обычных количествах. Последующие стадии синтеза проводят таким образом, чтобы был достигнут максимальный уровень светочувствительности, заложенный в эмульсии условиями физического созревания, выраженным в заданной характеристической площаади.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Килинский И. М., Труды НИКФИ, вып. 29, 1959, 62.
- Килинский И. М., Виленский Ю. Б., Иорданский А. Н., Успехи научной фотографии, 1962, VIII, 3.
- Зеликман В. Л., Леви С. М., Основы синтеза и полива фотографических эмульсий, «Искусство», 1960.
- Васильев В. В., Диссертация, 1963, стр. 93 (Шостка — Ленинград).

Всесоюзный научно-исследовательский  
киноФотоИнститут

# СОСТАВ ПАРКОВ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ КИНОСТУДИЙ

771.44 : 771.29

Техника киносъемочного освещения на киностудиях Советского Союза находится на высоком уровне. Этим она обязана работам, давно и систематически проводящимся в НИКФИ, светотехнических лабораториях ведущих киностудий страны и на заводах — изготовителях аппаратуры, источников света и линз Френеля.

Цель настоящей статьи — рассмотрение современного состава парков осветительных приборов киностудий и некоторых тенденций его развития.

Для получения картины состава парков осветительной аппаратуры киностудий были собраны материалы по 28 киностудиям страны (в их числе 17 студий художественных фильмов, 4 — научно-популярных и 7 студий хроникальных и документальных фильмов).

Анализ собранных материалов показал, что на киностудиях художественных фильмов мощность осветительных приборов с лампами накаливания составляет в среднем 54% от мощности всей осветительной аппаратуры, а число приборов с лампами накаливания — 80% от общего числа приборов студий.

На киностудиях научно-популярных и хроникально-документальных фильмов преобладание осветительной аппаратуры с лампами накаливания выявляется еще резче (табл. 1).

В табл. 2 и 3 приведены процентные соотношения количеств имеющихся в настоящее время на киностудиях различных типов приборов из числа приборов с дуговыми

Таблица 1

**Мощность и число имеющихся на киностудиях осветительных приборов с лампами накаливания**

Киностудии	Мощность приборов с лампами накаливания в % от мощности всех осветительных приборов	Число приборов с лампами накаливания в % от общего числа всех осветительных приборов
Художественных фильмов . . . . .	54	80
Научно-популярных фильмов . . . . .	78	91
Хроникальных и документальных фильмов	92	95

ми источниками света и из числа приборов с лампами накаливания.

Из табл. 2 видно, что приблизительно половину общего числа дуговых приборов составляют прожекторы КПД-50. Следующим по количеству является прибор рассеянного света РД-5 (около 20%). Приборы других типов, несмотря на наличие их в парках осветительной аппаратуры киностудий, на съемках применяются мало. Начала снижаться и роль приборов РД-5, что можно объяснить большим удельным весом

Таблица 2  
Процентное соотношение количеств дуговых приборов разных типов

Тип прибора	Процент от общего числа дуговых приборов		
	киностудии художественных фильмов	киностудии научно-популярных фильмов	большие киностудии хроникально-документальных фильмов*
КПД-90 . . . . .	4,5	2	2,5
КПД-50 . . . . .	53	46	56
КПД-35 . . . . .	14	13	2
КПД-25 . . . . .	4	14	17
КПД-15 . . . . .	5,5	8	2,5
РД-5 . . . . .	18	17	20
Прочие . . . . .	1**	—	—

\* Малые студии хроникально-документальных фильмов дуговых приборов не имеют вообще.

\*\* Сюда относятся отдельные уникальные приборы типа, например, КПД-150 и приборы для создания световых эффектов, изготавляемые мастерскими студий.

съемок на черно-белых пленках и повсеместным массовым использованием в павильонах цветных пленок типа ЛН, сбалансированных для цветовой температуры около  $3200^{\circ}\text{K}$ . Использование в приборах РД-5 желтопламенных углей, как это делается у прожекторов КПД-50 при применении их на цветных съемках на пленках типа ЛН, нецелесообразно, так как они уступают аналогичным приборам с лампами накаливания. Сохраняется возможность использования этих приборов для подсветки на солнечной натуре при съемках на цветных пленках обоих основных типов. Однако и в этом случае применение приборов РД-5 ограничено вследствие необходимости установки их на малых расстояниях от объектов съемки для создания требуемых относительно высоких освещеностей (порядка 10 000 — 30 000 лк), что обусловлено небольшой (около 15 000 св) силой света прибора.

Как видно из табл. 3, наиболее распространенным прибором с лампой накаливания является прожектор типа КПЛ-35. Количество этих приборов составляет 29% (от числа приборов с лампами накаливания) на киностудиях художественных и научно-популярных фильмов и 22% на киностудиях хроникально-документальных фильмов. В несколько меньших количествах используется прожектор КПЛ-25; количество этих прожекторов колеблется от 19 до 22% на всех трех типах студий.

Следующее место на киностудиях художественных и научно-популярных фильмов занимают прожекторы КПЛ-50 и КПЛ-15 (11,5—14% каждого из типов), а на хроникально-документальных студиях — приборы с зеркальными лампами типа ОПЗ-2 и ОПЗ-4.

В отличие от дуговых приборов среди приборов с лампами накаливания практически неиспользуемых нет.

Проведенное исследование показывает, что в настоящее время на киностудиях наибольшее распространение имеют осветительные приборы с лампами накаливания. Применительно к съемкам черно-белых фильмов это является совершенно естественным и определяется в основном чисто эксплуатационными преимуществами этих приборов по сравнению с приборами с дуговыми лампами. Для съемок цветных фильмов в помещениях все в большей и

Таблица 3  
Процентное соотношение количеств приборов с лампами накаливания разных типов

Тип прибора	Процент от общего числа приборов с лампами накаливания		
	киностудии художественных фильмов	киностудии научно-популярных фильмов	киностудии хроникально-документальных фильмов
КПЛ-50 . .	11,5	13	4
КПЛ-35 . .	29	28,5	22
КПЛ-25 . .	22	19	21
КПЛ-15 . .	14	13	8
КПЛ-10 . .	4	6	1
ПР-60 . .	8	9	5
ОПЗ-4 . .	3,5	4	16
ОПЗ-2 . .	3	7	9
Прочие *	5	0,5	14

\* В это число входят самостоятельно изготовленные студиями маломощные приборы рассеянного света и главным образом некоторые приборы с зеркальными лампами накаливания, пока отсутствующие в ассортименте приборов, выпускаемых промышленностью.

большей степени применяются пленки типа ЛН, используемые при освещении в основном лампами накаливания. Роль дуговых осветительных приборов постепенно снижается и начинает ограничиваться подсветкой при съемках дневных натурных сцен, освещением при павильонных съемках с больших расстояний и так называемым эффектным освещением. Для этих случаев дуговые осветительные приборы пока незаменимы.

На киностудиях художественных и частично научно-популярных фильмов среди приборов с лампами накаливания в наибольшей степени используются прожекторы

типа КПЛ с линзами Френеля. Это объясняется высоким качеством светового пятна и большим диапазоном возможной расфокусировки этих прожекторов, что позволяет кинооператору без затруднений решать самые сложные задачи художественного освещения. Относительно большой вес и невысокий коэффициент полезного действия этих прожекторов, а также практическая невозможность полного использования благоприятных характеристик прожекторов с линзами Френеля в условиях событийных киносъемок приводят к тому, что в киностудиях хроникально-документальных фильмов начинают приобретать большое значение осветительные приборы с зеркальными лампами накаливания; их число, как видно из табл. 3, сейчас достигает уже 39% (с учетом «прочих» осветительных приборов) от общего числа осветительных приборов с лампами накаливания.

Собранные и проанализированные нами данные о составе парков осветительной аппаратуры киностудий позволяют сделать некоторые выводы о тенденции его развития.

Наблюдается стремление к увеличению использования осветительных приборов с зеркальными лампами накаливания. Это стремление характерно не только для киностудий хроникально-документальных фильмов, но проявляется также на киностудиях художественных и научно-популярных фильмов. Зеркальные лампы имеют более высокий коэффициент полезного действия, чем кинопрожекторы с линзами Френеля, и будучи к тому же значительно более легкими и портативными, они оказываются выгодными для использования в условиях маломощных электрических установок, т. е. при выездных съемках в неприспособленных помещениях. Эти съемки в последние годы стали часто практиковаться и в художественной кинематографии.

Наблюдается тенденция и к своего рода миниатюризации осветительной аппарату-

ры при сохранении довольно высоких световых мощностей единицы оборудования. Эта тенденция характерна также в основном для киностудий хроникально-документальных и до некоторой степени научно-популярных фильмов. Выражается она и в попытках самостоятельного изготовления новых осветительных приборов рассеянного света и в большом интересе, проявляемом к осветительным приборам с лампами накаливания с юным циклом.

Не все эксперименты и замыслы светотехников и кинооператоров студий кажутся нам одинаково рациональными, равно как не всегда рациональны и некоторые новые образцы аппаратуры иностранных фирм, выпуск которых часто диктуется соображениями рекламы и жесткой конкуренции. Вопрос о разработке необходимого ассортимента и о характеристиках отдельных новых осветительных приборов должен, по нашему мнению, решаться на базе возможно более точного предварительного учета потребных характеристик освещения объектов съемки в различных условиях. Это позволит избежать лишних расходов на разработку и изготовление источников света и приборов, близких по характеристикам, но различной конструкции, позволит нормализовать необходимое и достаточное количество типов осветительных приборов, причем, вероятно, не только для профессиональной кинематографии, но также для телевидения и для полупрофессиональной кинематографии и даже кинолюбительства.

Можно констатировать, что значительная часть самостоятельных разработок таких киностудий, как, например, «Мосфильм», ЦСДФ, выполнена на очень высоком уровне и с учетом требований заводской технологии изготовления и может быть прямо рекомендована к внедрению на всех студиях нашей страны. Эти приборы найдут себе место в любом технологически обоснованном ассортименте новых приборов.

# О ВОЗМОЖНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КИНОПРОЕКТОРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ СВЕТА

778.23

В статье делается попытка оценить технико-экономическую эффективность осветительных систем с различными источниками света. Показаны преимущества осветителей с ксеноновыми лампами в отношении технико-экономической эффективности.

В настоящее время у нас в стране выпущено и продолжает выпускаться большое количество кинопроекторов разных типов. Некоторые из этих кинопроекторов имеют одинаковый световой поток при различных видах источника света. Создан ряд кинопроекторов с новым источником света — ксеноновой лампой. В то же время широко распространены и кинопроекторы с лампами накаливания, простыми в обращении и удобными в эксплуатации.

Представляет интерес сравнение выпускаемых кинопроекторов по технико-экономическим показателям эффективности применяемой в них осветительной системы. В этих целях могут быть использованы два основных показателя.

Первым из них является стоимость 1000 лм за 1 час работы кинопроектора. Введение такого показателя позволяет сравнивать между собой осветительные системы с различными световыми потоками, а также оценивать, на каком техническом уровне находится разработка данной осветительной системы в отношении использования светового потока источника света.

Вторым предлагаемым показателем является стоимость одного часа работы осветителя с данным источником света. Этот критерий характеризует затраты на эксплуатацию только осветительной системы.

В отдельных случаях может представлять интерес принять за показатель стоимость одного часа работы кинопроектора на каждые 100 мест зрительного зала. Этот показатель до некоторой степени связан с первым, поскольку в зависимости от вместимости кинотеатра устанавливается аппаратура с соответствующим световым потоком. Однако связь эта неоднозначна, так как в зависимости от формы зала и наличия в нем балконов один и тот же кинопроектор может обслуживать кинотеатры различной вместимости.

Стоимость одного часа работы осветителя включает:

1. Затраты на один час работы собственного источника света. Для осветителей с ксеноновыми лампами и лампами накаливания этот показатель определяется как частное от деления стоимости лампы на продолжительность (в часах) ее горения. Для осветителей с угольными дугами этот показатель равен затратам на положительные и отрицательные угли, израсходованные в течение 1 часа работы. Это количество углей для каждого кинопроектора подсчитывается в соответствии со скоростью горения углей и средней продолжительностью кинопрограммы, выраженной числом частей (поскольку длина углей кратна числу частей фильма).

2. Затраты на один час работы отражателя, которые определяются как частное от деления стоимости отражателя на продолжительность его работы в осветителе, т. е. на срок службы в часах. Этот срок службы зависит от типа отражателя и от применяемого в нем источника света.

3. Расходы на электроэнергию, затрачиваемую на питание источника света. При этом следует учитывать энергию, потребляемую из сети, т. е. принимать во внимание коэффициент полезного действия источника питания.

4. Стоимость электроэнергии, затрачиваемой на питание различных вспомогательных устройств, имеющихся в осветителе.

По сумме всех приведенных затрат, отнесенных к световому потоку кинопроектора (в тысячах люмен), определяется основной показатель технико-экономической эффективности осветительной системы.

В табл. 1 приведены данные, характеризующие структуру указанных выше затрат (источник света, электроэнергия, отражатель) на 1 час работы осветительной си-

**Таблица 1**  
**Структура затрат на один час работы осветительной системы кинопроектора (в процентах)**

№ п/п	Тип (марка) кинопроектора	Вид источника света	Мощность источника света, квт	Себестоимость работы осветительной системы за 1 час работы. Всего	В том числе по элементам затрат на			
					источник света	электроэнергию для питания источника света	электроэнергию для питания вспомогательных устройств	отражатель
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	«Украина»	Лампа накаливания К-22	0,44	100,0	47,4	52,6	—	—
2	КН-11	То же . . . . .	0,44	100,0	47,4	52,5	—	—
3	«Колос»	« « . . . . .	0,44	100,0	47,4	52,6	—	—
4	«Юг»	Ксеноновая лампа . . .	0,5	100,0	50,1	47,6	0,8	1,5
5	35СКПШ	То же . . . . .	1,0	100,0	65,6	32	0,6	1,8
6	КПТ-2	Дуга высокой интенсивности с углами 8-60 . . .	2,6	100,0	74,1*	22,8	0,2	2,9
7	КПТ-3	Дуга высокой интенсивности с углами 9-90 . . .	5,2	100,0	61,0**	18,9	0,1	20
8	КПТ-3	Ксеноновая лампа . . .	3,0	100,0	84,4	14,4	0,23	0,97
9	КПТ-3	То же . . . . .	5,0	100,0	85,1	13,85	0,15	0,90
10	КП-15	Дуга высокой интенсивности с углами 11-120 . . .	7,8	100,0	80,4	9,85	0,25	9,5
11	КП-15/5	Ксеноновая лампа . . .	5,0	100,0	85,1	13,85	0,15	0,90
12	КП-30	Дуга высокой интенсивности с углами КП-30	14,4	100,0	83,57	7,37	0,18	8,88
13	КПС-16	Ксеноновая лампа переменного тока . . . .	1,0	100,0	96,4	3,24	—	0,32

\* С отражателем из стекла СВВ.

\*\* С термостойким отражателем.

стемы (в процентах от полной стоимости 1 часа работы).

Основной вывод, который можно сделать из табл. 1, заключается в том, что затраты на 1 час работы собственно источника света преобладают над другими расходами по эксплуатации осветителя. У стационарных кинопроекторов как с угольной дугой, так и с ксеноновой лампой, стоимость 1 часа работы источника света составляет 50—85% всех расходов.

У кинопроекторов с лампами накаливания затраты по источнику света составляют примерно половину эксплуатационных расходов по осветителю. С повышением мощности кинопроектора снижается доля расходов на электроэнергию в основном за счет повышения затрат на эксплуатацию источника света. Расход электроэнергии, затрачиваемой на питание вспомогательных устройств, крайне незначителен, по-

этому его можно не учитывать. По той же причине можно не принимать во внимание расход воды на охлаждение кинопроектора (при питании от водопроводной сети).

Удельный вес расходов на отражатели кинопроекторов с ксеноновыми лампами не превышает 2% для кинопроекторов со световым потоком ниже 3000 лм и около 1% для мощных кинопроекторов.

У кинопроекторов с дуговыми источниками света доля затрат на отражатели возрастает с увеличением светового потока кинопроектора, что обусловлено большой стоимостью интерференционных отражателей, применяемых в мощных кинопроекторах. Следует, однако, подчеркнуть, что и для дуговых осветителей затраты на отражатели не превышают 10% всех эксплуатационных расходов. Таким образом, при нормальном среднем сроке службы отражателей расходы на них невелики.

В строке 6 табл. 1 структура эксплуатационных расходов приведена для двух видов применяемых отражателей: из стекла СВВ и из термостойкого стекла ЛК-5. При этом можно видеть, что применение термостойких отражателей в кинопроекторе КПТ-2 экономически не оправдано<sup>1</sup>, так как в этом случае доля расходов на отражатель возрастает с 2,9 (при стекле СВВ) до 20 процентов.

В то же время в кинопроекторе КПТ-3 применение термостойких отражателей не вызывает заметного увеличения затрат, так как расходы на отражатель составляют всего лишь 6,3%.

В табл. 2 даны технико-экономические показатели эффективности ряда кинопроекторов. Из таблицы видно, что замена угольной дуги ксеноновой лампой в кинопроекторе одного типа снижает стоимость эксплуатации осветителя вдвое. У кинопроекторов с ксеноновыми лампами практически вдвое ниже также затраты на 1000 люмен светового потока за один час работы, если сравнивать кинопроекторы с одинаковым световым потоком. Если же рассмотреть случай использования в кинопроекторе КПТ-3 ксеноновой лампы мощностью 5 квт (т. е. при мощности, равной мощности дуги с углами 9-90, используемой в кинопроекторе КПТ-3), то стоимость 1000 лм светового потока за 1 час работы снизится по сравнению с дугой в 2,5 раза.

Можно видеть также, что, несмотря на большую стоимость 1 часа эксплуатации, осветительная система кинопроектора КП-15 построена более эффективно, чем у кинопроектора КПТ-3.

В ряде случаев полезна оценка эффективности кинопроекторов с учетом вместимости зрительного зала. Сравнительные данные кинопроекторов КП-15 и КП-30 показывают как раз, что с учетом вместимости зрительного зала технико-экономические показатели осветительных систем этих кинопроекторов одинаковы, в то время как без учета числа зрительских мест эффективность кинопроектора КП-30 в 1,45 раза ниже.

В приведенных в табл. 2 показателях не учитываются отчисления на амортизацию и капитальный ремонт оборудования. По-

Таблица 2  
Технико-экономические показатели  
эффективности осветительных систем  
кинопроекторов

№ п/п	Кинопроектор	Источник света	Стоимость 1 часа работы, руб.	Стоимость 1000 лм за 1 час работы, руб.	Стоимость 1 часа работы в расчете на 100 мест зрительного зала, руб.
1	КПТ-3	Угольная дуга 5,2 квт	1,37	0,29	0,23
2	КПТ-3	Ксеноновая лампа 3,0 квт	0,66	0,09	0,11
3	КП-15	Угольная дуга 7,8 квт	2,15	0,18	0,18
4	КП-30	Угольная дуга 14,4 квт	4,64	0,26	0,19
5	КП-15/5	Ксеноновая лампа 5 квт	0,98	0,08	0,08

скольку затраты на эти цели соизмеримы с эксплуатационными расходами киноустановок, их целесообразно учитывать при общей оценке экономической эффективности, а не одних осветительных систем.

Для маломощных передвижных и стационарных кинопроекторов отчисления на амортизацию и капитальный ремонт значительно превышают стоимость эксплуатации. Для стационарных кинопроекторов средней мощности, выпускаемых промышленностью в течение многих лет и поэтому имеющих небольшую стоимость, и для наиболее мощных кинопроекторов с большой стоимостью эксплуатации отчисления на амортизацию, отнесенные к 1 часу работы, не превышают 10% от полной стоимости эксплуатации.

При этом правомерно учитывать экономическую эффективность кинопроекторов с учетом амортизационных отчислений лишь для кинопроекторов, в равной мере освоенных в производстве. Вполне понятно, что если сравнивать новую аппаратуру, внедряемую в производство, с выпускаемой серийно, то ввиду большей стоимости первой поверхность сравнение создало бы неправильное представление об экономических показателях новой аппаратуры.

<sup>1</sup> По удельной тепловой нагрузке на отражатель также нет необходимости использовать в кинопроекторе КПТ-2 термостойкие отражатели.

## Некоторые причины несовмещения изображения на гидротипном позитиве

777.51

Цель настоящей статьи — определение причин, вызывающих несовмещение изображения и некоторые другие дефекты на гидротипных позитивах. Более всего этот вопрос касается работников фабрик, выпускающих цветные фильмы гидротипным способом; после просмотра фильма на экране, а в некоторых случаях при промежуточном контроле они смогут определять причину несовмещения изображения и, следовательно, принять меры к устранению того или иного дефекта.

Технологический процесс производства цветных фильмов гидротипным способом построен на точном расположении изображения по отношению к перфорациям при печати исходных и промежуточных материалов и дальнейшем их совмещении на прецизионном узле гидротипной машины.

Матрица и бланкфильм, имеющие разные шаги перфорации, в процессе насадки на зубцы колеса совмещения подвергаются растягиванию до заданного шага, и благодаря этому обеспечивается продольное совмещение изображения.

При одинаковом масштабе изображения на матрице и бланкфильме боковое совмещение по ширине пленки обеспечивается заполняющими по ширине перфорации зубцами колеса совмещения, расположенными со стороны звуковой дорожки.

Наиболее часто встречающееся боковое несовмещение изображения бланкфильма с изображением на матрице происходит из-за разной величины усадки по ширине совмещенного контратипа (размер  $m_2$ ), с которого печатается бланкфильм, а также цветоделенных контратипов, с которых печатаются матрицы.

Изображение на бланкфильме зачастую имеет меньший по масштабу размер, чем на матрице, так как с совмещенного кон-

тратипа печатается большое количество бланкфильмов и в процессе многократного использования его происходит усадка по ширине на большую величину, чем на цветоделенных контратипах.

В этом случае несовмещение изображений имеет вид, показанный на рис. 1. Реже наблюдается явление, когда цветоделенные контратипы из-за разной склонности основы к усадке усаживаются по размеру  $m_2$ .

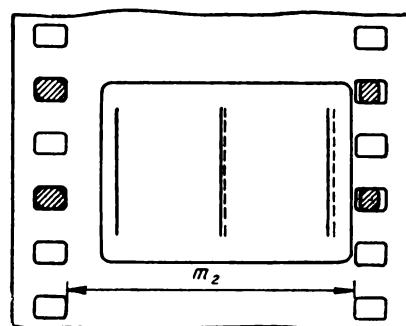


Рис. 1. Масштабное несовмещение бланкфильма с матрицей:  
— матрица; — бланкфильм

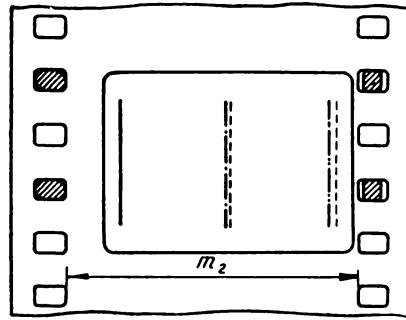


Рис. 2. Масштабное несовмещение бланкфильма с матрицей:  
— матрица; — бланкфильм

больше, чем совмещенный контратип. Здесь положение усугубляется еще и тем, что у бланкфильма, прошедшего размочку перед контактом с матрицей, основа набухает, и размер  $m_2$  увеличивается на значительную величину. Масштабное несовмещение матричного изображения с изображением на бланкфильме будет иметь вид, показанный на рис. 2.

Матрицы в процессе многократного использования также подвергаются усадке как по шагу перфорации, так и по ширине пленки (размер  $m_2$ ).

Если выходит из строя одна из матриц (например, пурпурная) комплекта, прошедшего некоторое количество переносов, в этот комплект вводится вновь отпечатанная матрица; здесь может произойти масштабное несовмещение цветных изображений, так как изображение свежей матрицы, еще не имеющей такой усадки, как две другие, будет большим и несовмещающимся с остальными изображениями (рис. 3). Из рисунка видно, что изображение в левой части кадра, находящееся близко к заполняющим зубцам колеса совмещения, будет совмещено, а изображения в правой части кадра не будут совмещаться пропорционально разнице в величине усадки и расстоянию от ведущего ряда перфораций.

Аналогичное масштабное несовмещение цветных изображений может возникать при одинаковых размерах изображения на цветоделенных контратипах в случае, когда бланкфильм изготовлен на усаживающейся основе и после первого прохождения гидротипной машины подвергается значительной усадке. Этот дефект особенно заметен,

когда первой переносится пурпурная матрица (см. рис. 3), поэтому при использовании бланкфильма, имеющего повышенный процент усадки основы, рекомендуется сначала делать перенос с желтой матрицы, а затем — с пурпурной и голубой.

При боковом несовмещении матричного изображения с изображением бланкфильма по всему полю кадра причиной несовмещения может быть неправильная установка колеса совмещения по отношению к 64-зубым барабанам на гидротипной машине или нарушение насадки пленки при печати бланкфильма на копировальном аппарате непрерывной печати типа УКА-Ц (рис. 4).

Продольное несовмещение изображений по всему полю кадра между матрицей и бланкфильмом может происходить по нескольким причинам.

При скользящей печати бланкфильма на зубчатом барабане совмещение контратипа

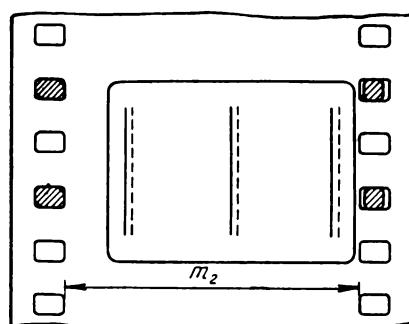


Рис. 4. Боковое несовмещение матрицы с бланкфильмом:  
— бланкфильм; - - - - матрица

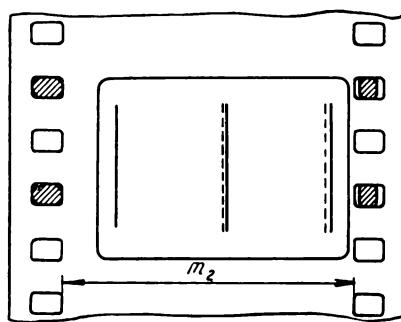


Рис. 3. Масштабное несовмещение цветных изображений:  
— - - - - голубая матрица;  
- - - - - пурпурная матрица

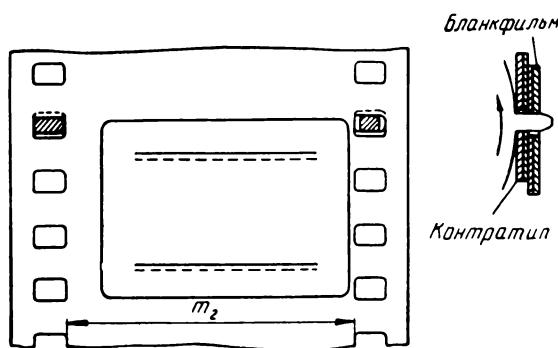


Рис. 5. Продольное несовмещение бланкфильма с матричным изображением:  
— бланкфильм; - - - - матрица

и позитива осуществляется по трем сторонам перфорации. Боковое совмещение обеспечивается заполняющими зубцами по ширине перфорации. Продольное совмещение обеспечивается прилеганием одноименных кромок перфорации к одной стороне зуба, достигаемым соответствующим натяжением обеих пленок во время экспозиции.

Для обеспечения надежного проскальзывания пленок по отношению к барабану и друг к другу установлено натяжение: на контратипе 800 г, а на бланкфильме 350 г.

При уменьшении натяжения контратипа (недостаточный груз) или полном его ослаблении (неправильная зарядка) получится продольное несовмещение изображения (рис. 5).

При недостаточном или полном отсутствии натяжения на бланкфильме несовмещение изображения будет иметь аналогичный характер (рис. 6).

Кроме указанных причин, продольное несовмещение может происходить и при нормальном натяжении пленок на аппарате; причиной несовмещения является увеличенный размер  $m_2$  на бланкфильме.

Больше, чем допускается по ГОСТу, увеличение размера  $m_2$  получается при перфорировании пленки, имеющей коробление желобом при положении пленки в перфораторе выпуклой стороной вверх (эмульсией вниз).

При перфорировании триацетатных пленок наибольшая чистота перфорационных кромок достигается при положении пленки эмульсией вниз (выпуклостью вверх). В этом случае при зажиме пленки боковыми полозками в процессе вырубки перфора-

ции пленка не выправляется по плоскости и поэтому размер  $m_2$  выходит за пределы допуска в плюс.

При прохождении такой пленки через блок печати изображения на аппарате УКА-Ц создается трение между перфорационными кромками и внутренними сторонами зубцов зубчатого барабана; оно затрудняет скольжение бланкфильма по барабану. Бланкфильм фиксируется не по передней ведущей стороне зуба, а по задней, и поэтому изображение на бланкфильме получается сдвинутым на величину, равную разнице размеров между высотой перфорационного окна и зубом барабана. Характер несовмещения здесь аналогичен предыдущему (см. рис. 6).

Подобный характер несовмещения изображения может быть вызван неправильной настройкой узла совмещения гидротипной машины, т. е. когда одна из контактируемых пленок перетянута или недотянута до заданного шага перфорации за счет неправильного углового смещения растягивающих 64-зубых барабанов.

При шахматном расположении перфораций на одной из пленок, участвующих в получении гидротипного изображения, образуется диагональное или угловое несовмещение изображения.

При печати матриц на копировальном аппарате прерывистой печати пленка фиксируется на контргрейферах соответствен-но расположению перфораций.

В случае шахматного смещения одного ряда перфораций по отношению к другому один край пленки будет смешен вверх или вниз и в сторону — на величину, равную шахматности  $\langle q \rangle$ .

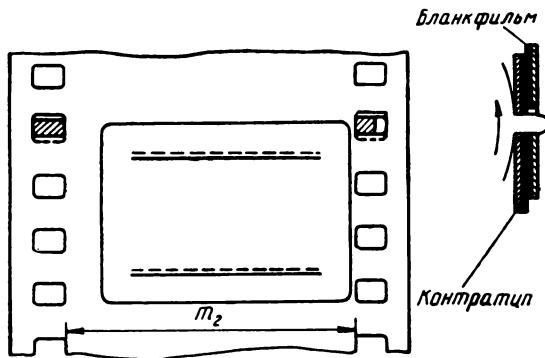


Рис. 6. Продольное несовмещение бланкфильма с матричным изображением:  
— бланкфильм; - - - - матрица

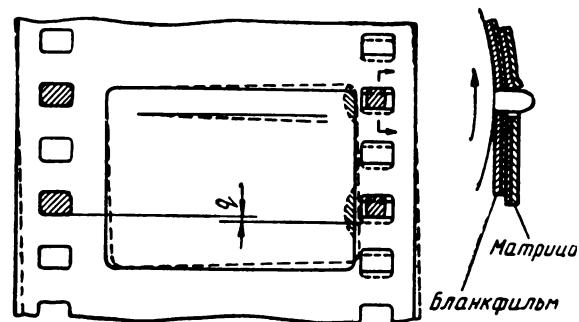


Рис. 7. Угловое несовмещение. Шахматное расположение перфораций на матрице:  
— бланкфильм; - - - - матрица

При контактировании пленок на гидротипной машине, где они в процессе насадки на зубцы колеса совмещения подвергаются значительному натяжению, кромки перфораций, имеющие шахматное смещение, будут деформироваться на зубцах и изображение будет несовмещенным (рис. 7), когда шахматность перфорации имеется на матричной пленке.

Кроме несовмещения, вызываемого шахматным расположением перфораций, наблюдается другой вид брака, называемый неотдачей красителя.

При совмещении матрицы и бланкфильма на колесе совмещения происходит прикатка резиновыми роликами одной пленки к другой и склеивание эмульсионных слоев, достигаемое соответствующей степенью задублиивания этих слоев с тем, чтобы пленки после схода с колеса совмещения находились в контакте друг с другом, необходимым для диффузии красителя из матрицы в бланкфильм.

При шахматности перфорации на одной из контактируемых пленок перфорации, несовпадающие с зубцами колеса совмещения, деформируются, и на участках, прилегающих к этим перфорациям, нарушается контакт между пленками; из-за этого краситель не может диффундировать из матрицы в бланкфильм.

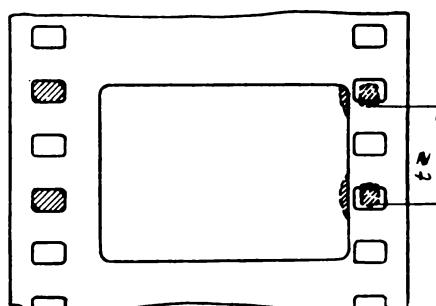


Рис. 8. Неотдача красителя по краю кадра. Неточное расположение зубцов на грейферной ленте гидротипной машины

Со стороны звуковой дорожки этот дефект незаметен, а с противоположной стороны, где изображение подходит близко к перфорации, при просмотре позитива на экране по правому краю кадра мелькают светлые пятна разного цвета, как показано на рис. 7.

Такой же дефект на позитиве может происходить из-за неточного расположения зубцов на грейферной ленте, допущенного при изготовлении ленты (рис. 8).

**А. Г. ШМАКОВ**  
Лаборатория обработки цветных фильмов

## НА ТЕЛЕЦЕНТРАХ

### Компенсация уменьшения импульсов гашения

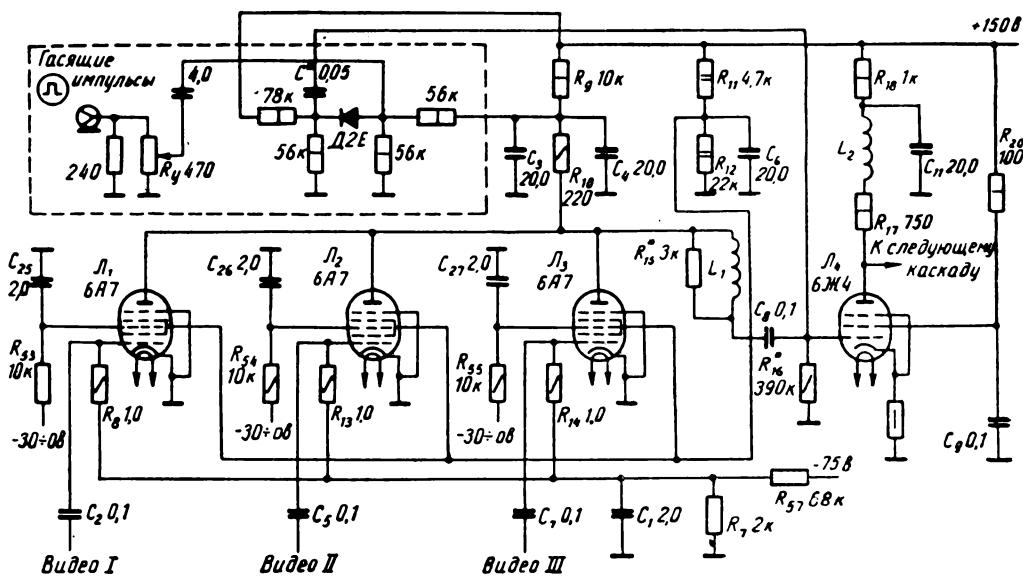
021.397.618

Микшерный потенциометр, установленный в положении выведенного канала, оставляет на выходе модулятора передатчиков лишь импульсы синхронизации.

По нормам ГОСТа 7845—55 уровень гашащих импульсов должен составлять 75% от размаха полного телевизионного сигнала. Уменьшение этой составляющей вплоть до нулевого значения приводит к ряду нежелательных явлений. Изменяется яркость

экранов телевизоров, в образцах старой разработки становится видимым обратный ход луча. Имеются также приемники, в которых из-за плохой настройки, заводских недоработок и других причин происходит срыв синхронизации.

Уменьшение уровня импульсов гашения микшерным управлением можно компенсировать дополнительным введением в это время в тракт немодулированных гашащих



импульсов. Такая схема (с автоматическим управлением уровня вводимых в тракт импульсов) представлена на рисунке (она выделена пунктиром). На этом же рисунке показано включение ее в микшерный усилитель УМ-403. Принципиальная схема УМ-403 приведена не полностью.

Номиналы сопротивлений подобраны так, что уменьшению видеосигнала микшерным управлением до нуля соответствует увеличение размаха немодулированных импульсов гашения до максимума. Во время такого замещения суммарный уровень сигналов не превышает установленного уровня импульсов с канала. Чтобы исключить влияние немодулированных импульсов на постоянную составляющую сигнала изображения, диод запирается несколько раньше, чем ток смесителя станет наибольшим.

В блок-схеме телецентра схема включена на правах самостоятельного канала и в соответствующих моментах передачи сигналы ее могут быть использованы в качестве «заставки» с белым полем.

Функцию микшерного каскада выполняет диод, работающий в режиме ограничения. Автоматическое управление уровнем ограничения (уровнем вводимых в тракт немодулированных гасящих импульсов) осуществляется напряжением, снимаемым с сопротивления, включенного в анодную цепь общей нагрузки смесительных каскадов.

Настройка схемы после предварительной проверки тока смесителя от положения движка микшера (зависимость должна быть пропорциональной) сводится к выбору режима диода, определяющего начало ввода в тракт немодулированных импульсов, к подбору постоянной времени переходной цепи и незначительной высокочастотной корректировке видеоусилителя.

Правильность настройки проверяется медленным перемещением ручки микшерного потенциометра из одного крайнего положения до другого, при этом уровень гасящих импульсов практически остается постоянным.

Незначительное количество деталей позволяет установить схему в микшерном усилителе. К блоку подводятся немодулированные импульсы гашения. Максимальный уровень автоматически вводимых в тракт гасящих импульсов регулируется потенциометром. Эта операция производится обычно во время подготовки к передаче.

Данная схема разработана применительно к микшерному усилителю УМ-403 ТЦ-2, но принципиально ее можно применить и в другой аппаратуре.

Схема эксплуатируется на телецентре с начала года и показала удовлетворительные результаты.

**В. АНДРЕЕВ:**  
Барнаульский телецентр

# ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ОБРАЩАЕМЫХ КИНОПЛЕНКАХ

771.531.351.51

Фотографический процесс, с помощью которого можно получить позитивное изображение объекта съемки на кинопленке, на которую производили съемку, называют процессом обращения. Позитивное обращенное изображение можно получить на любой кинопленке, однако предпочтение отдают обращаемым кинопленкам, отличающимся от негативных материалов рядом специальных свойств: контрастом светочувствительного слоя, толщиной его и расположением на подложке и т.п.

Вследствие того что обращаемые кинопленки значительно контрастнее негативных, позитивное обращенное изображение способно хорошо воспроизводить объекты съемки на экране. Однако повышенный контраст обращаемых кинопленок обязывает при съемке устанавливать экспозицию весьма точно. Также из-за высокого контраста пленки уменьшается воспроизводимый интервал яркостей объекта съемки.

Чтобы детали объекта четко передавались малым форматом кадра, необходима большая разрешающая способность кинопленок, в значительной мере зависящая от вида противоореольного слоя и его местоположения. Чем больше противоореольный слой поглощает лучей, образующих ореолы отражения, тем выше разрешающая способность кинопленки.

Противоореольная защита у большинства негативных кинопленок вполне доброкачественна и осуществляется покраской подложки или нанесением окрашенного лака на сторону подложки, свободную от светочувствительного слоя. Эта окраска сохраняется на кинопленке и после ее фотографической обработки. Поэтому на такой кинопленке обра-

щенное позитивное изображение всегда оказывается окрашенным, что снижает его качество. У большинства обращаемых кинопленок непосредственно под светочувствительной эмульсией нанесен противоореольный слой из металлического серебра темно-коричневой окраски. Такой слой хорошо «тушит» лучи, создающие ореолы отражения от подложки. Противоореольный слой разрушается во время фотографической обработки кинопленки, проведенной по процессу обращения. Если же обращаемую пленку обработать по негативному процессу, в котором нет отбеливающего раствора, противоореольный слой сохранится на подложке и как бы завуалирует негативное изображение, снижая различимость его деталей.

Существуют обращаемые кинопленки, противоореольный слой у которых изготовлен из красителя, марганцевокислого калия, сажи и других светопоглощающих материалов. Лучшим из них является сажевый слой, нанесенный со стороны подложки. Эти противоореольные слои разрушаются при фотографической обработке, проведенной по обращаемому или негативному процессам. Поэтому на таких кинопленках можно получить позитивное обращенное или негативное изображение. Кинопленки, одинаково пригодные для любого процесса, называют универсальными или негативно-обращаемыми.

По светочувствительности обращаемые кинопленки для съемки изготавливают двух типов: среднечувствительные, в равной степени годные для съемки при дневном свете и при лампах накаливания, однако эти пленки требуют большого освещения во время съемки; высокочувствительные — для

съемки при освещении лампами накаливания или при малом освещении объекта съемки.

Промышленность в настоящее время налаживает выпуск обращаемой кинопленки для печатания копий фильма с оригинально-позитивного обращенного изображения. На этой кинопленке можно будет получить любое количество копий фильма, выравненное по плотности изображение и без склеек в рулоне. Фотографическая обработка обращаемой кинопленки для печатания аналогична процессу, которым пользуются при обычной обработке обращаемой кинопленки. Чтобы не получилось зеркального изображения, печатание фильма следует производить с конца рулона.

Число светочувствительности кинопленки, по которому определяют экспозицию при съемке, для обращаемых материалов является весьма приблизительным, так как до сих пор нет сенситометрической системы, рассчитанной на эти кинопленки, а также потому, что это число может очень сильно изменяться в зависимости от применяемого процесса фотографической обработки. Здесь же следует еще раз напомнить, что при работе на обращаемых кинопленках экспозиция во время съемки должна быть значительно точнее, чем при пользовании негативными материалами вследствие малой фотографической широты из-за высокого контраста у обращаемых кинопленок и невозможности исправления экспозиционных ошибок во время фотографической обработки материала.

Упрощенно процесс обращения можно представить так: правильная экспозиция обеспечивает восстановление по 50% галогенидов серебра в металлическое серебро

в каждой из двух операций проявления кинопленки. Недостаточная экспозиция (недодержка) будет причиной восстановления во время первого проявления в металлическое серебро меньше 50% галогенидов серебра. Из-за этого в процессе второго проявления будет восстановлено больше 50% металлического серебра, что приведет к повышенной плотности позитивного обращенного изображения, причем его плотность будет тем выше, чем больше была недодержка при съемке. Наоборот, избыточная экспозиция (перодержка) позволит при первом проявлении восстановить свыше 50% металлического серебра, следовательно, второе проявление даст меньше 50% восстановленного серебра, что приведет к недостаточной плотности позитивного обращенного изображения. Это изображение будет тем про-

зрачнее, чем больше была перодержка при съемке. Следовательно, экспозиционные ошибки во время съемки являются причиной появления различной плотности изображений в фильме, что снижает его восприятие (см. рисунок).

Обращаемые кинопленки должны быть обработаны при строго определенном технологическом процессе, так как качество позитивного обращенного изображения в очень большой степени зависит от фотографической обработки кинопленки. Поэтому многие зарубежные фирмы включают в стоимость кинопленки и

стоимость ее обработки (чтобы покупатель передавал пленку в обработку лабораториям фирмы или предприятиям, контролируемым этой фирмой). У нас в стране также есть несколько лабораторий по обработке обращаемых кинопленок. Эти лаборатории согласуют режимы обработки с режимами отечественных кинопленочных заводов.

Для самостоятельной обработки обращаемых кинопленок можно воспользоваться режимами (табл. 1) и рецептами растворов (табл. 2), рекомендованными отечественными кинопленочными заводами.

Таблица 1

Последовательность	Название операции	Продолжительность, мин	Температура, °С растворов
1	Первое проявление . . . . .	8—10	20±0,5
2	Водная промывка . . . . .	5	15±5
3	Отбеливание . . .	6	19±1
4	Водная промывка . . . . .	8	15±5
5	Осветление . . .	7	19±1
6	Водная промывка . . . . .	6	15±5
7	Засветка (лампа 75 вт на расстоянии 1 м)	4	—
8	Второе проявление . . . . .	7	19±1
9	Водная промывка . . . . .	2	15±5
10	Фиксирование . . .	5	17±2
11	Водная промывка . . . . .	15	15±5

Таблица 2

Вещество	Количество, (г/мл)
<b>Первый проявляющий раствор</b>	
<b>Раствор А</b>	
Вода дистиллированная * (около 35 °С)	750
Метол . . . . .	2
Сульфит натрия безводный . . . . .	25
Гидрохинон . . . . .	14
Калий бромистый . . . . .	2
Калий углекислый (поташ) . . . . .	40
Сульфат натрия безводный . . . . .	10
<b>Раствор Б</b>	
Вода дистиллированная (около 20° С)	125
Едкий натр . . . . .	2
Раствор Б вливается в раствор А, после чего в нем растворяется:	
Роданистый калий . . . . .	2,5
Вода дистиллированная до общего объема . . . . .	1000
<b>Отбеливающий раствор</b>	
Вода . . . . .	1000
Калий двухромовокислый . . . . .	5
Кислота серная, уд. в. 1,84 . . . . .	5
<b>Осветляющий раствор</b>	
Вода . . . . .	750
Сульфит натрия безводный . . . . .	50
Вода до общего объема . . . . .	1000
<b>Второй проявляющий раствор</b>	
Вода дистиллированная (около 35° С)	750
Метол . . . . .	5
Сульфит натрия безводный . . . . .	40
Гидрохинон . . . . .	6
Калий углекислый (поташ) . . . . .	40
Калий бромистый . . . . .	2
Вода дистиллированная до общего объема . . . . .	1000
<b>Ф一样化剂</b>	
Вода . . . . .	750
Тиосульфат натрия кристаллический . . . . .	200
Калий метабисульфит . . . . .	40
Вода до общего объема . . . . .	1000

\* Дистиллированную воду во всех растворах можно заменить обычной водой (лучше кипяченой), добавив по 2 г трилона Б на каждый литр раствора.

После операции освещения всю последующую обработку кинопленки можно производить при белом освещении.

Режимы обработки в зависимости от свойств обращаемых кинопленок и их экспонирования могут несколько отклоняться от рекомендованных заводом. Обычно регулируют лишь первое проявление, так как оно в основном определяет плотность и контрастность позитивного обращенного изображения. Когда нет возможности пользоваться специальной аппаратурой, позволяющей установить точный режим обработки материала, этот режим определяют с помощью экспонограмм, представляющих собой отрезок кинопленки, содержащий ряд кадров какого-либо объекта, экспонированного с несколькими различными диафрагмами объектива. Таких одинаковых экспонограмм должно быть три. Если в процессе рекомендовано обрабатывать кинопленку 10 мин в первом проявителе для уточнения режима, в этом растворе первую экспонограмму проявляют 8 мин, вторую — 10 мин, третью — 12 мин. Остальные операции для всех экспонограмм должны быть стандартными. В обработанных экспонограммах выбирают кадры, наилучшим образом воспроизводящие объект съемки. Изображение должно быть достаточно плотным, контрастным и без какого-либо почернения на светлых деталях объекта. Отсутствие прозрачных участков в кадре (изображение как бы завуалировано) свидетельствует о недостаточном времени обработки кинопленки в первом проявляющем растворе. Наоборот, при завышенном времени обработки в этом растворе участки, воспроизводящие темные детали объекта, будут недостаточно плотными (черными). Все изображение в кадре окажется малой плотности и без проработки деталей.

Таблица 3

Последовательность	Название операции	Продолжительность, сек
1	Первое проявление	120
2	Душевая водная промывка . . . . .	60
3	Отбеливание . . . . .	180
4	Душевая водная промывка . . . . .	15
5	Освещение . . . . .	60
6	Душевая водная промывка . . . . .	15
7	Засветка (2 лампы по 500 вт на расстоянии 0,4 м) . . .	30
8	Второе проявление	90
9	Душевая водная промывка . . . . .	15
10	Фиксирование . . . . .	60
11	Душевая водная промывка . . . . .	120

Помимо нормальных процессов обработки обращаемых кинопленок, существуют ускоренные и упрощенные процессы.

Ускорения обработки можно добиться подбором специальных растворов и повышением их температуры. Например, широкое применение находит процесс (табл. 3), при котором, за исключением первого проявителя и фиксажа, пользуются растворами, рекомендованными для нормального процесса. В зависимости от обрабатываемой кинопленки температура всех растворов и воды для энергичной промывки подбирается в пределах 22—25° С.

Для ускоренного процесса проявляющий и фиксирующий растворы состоят из веществ, перечисленных в табл. 4.

Режим обработки обращаемой кинопленки в каждом из растворов определяют по обработанным в них экспонограммам.

В упрощенных процессах обычно одна операция — чернение — заменяет: засветку кинопленки, второе проявление, фиксирование и водные промывки между этими операциями (табл. 5).

Таблица 4

Назначение вещества	Количество, г или мл
<b>Первый проявляющий раствор</b>	
Раствор А	
Вода дистиллированная (около 35° С) . . . . .	750
Метол . . . . .	2
Сульфит натрия безводный . . . . .	37,5
Гидрохинон . . . . .	15
Калий бромистый . . . . .	6
<b>Раствор Б</b>	
Вода дистиллированная (около 20° С) . . . . .	125
Едкий натр (раствор Б сливаются в раствор А, после их перемешивания растворяют):	20
Роданистый калий . . . . .	6
Формалин (40%) . . . . .	5
Вода дистиллированная до общего объема . . . . .	1000
<b>Фиксирующий раствор</b>	
Вода . . . . .	750
Тиосульфат натрия кристаллический . . . . .	200
Аммоний хлористый . . . . .	50
Бисульфит калия (кислый сернокислый калий) . . . . .	20
Вода до общего объема . . . . .	1000

Таблица 5

Последовательность	Название операции	Продолжительность, мин
1	Первое проявление	5—14
2	Водная промывка . . .	5
3	Отбеливание . . . . .	6—10
4	Водная промывка . . .	5
5	Осветление . . . . .	5—7
6	Водная промывка . . .	5
7	Чернение . . . . .	3—6
8	Водная промывка . . .	15—20

Для чернения можно воспользоваться следующими растворами.

#### Раствор с гидросульфитом натрия

Вода (около 20° С) . . . . . 1000 мл  
Гидросульфит натрия . . . . . 20 г  
Раствор приготавляют не ранее чем за 1 час до употребления. Раствор годен лишь для одноразового применения. Изображение получается черного тона.

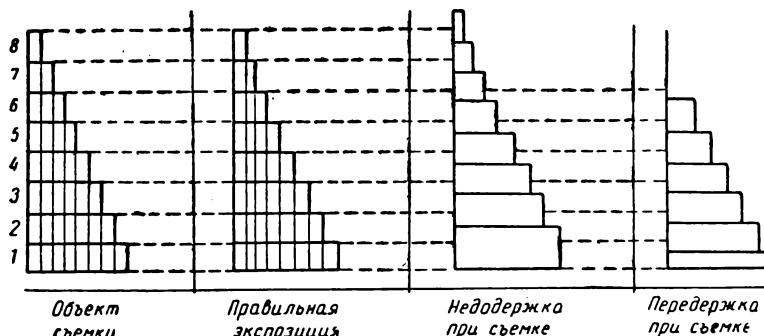
#### Раствор с тиомочевиной

Вода (около 20° С) . . . . . 1000 мл  
Тиомочевина . . . . . 8 г  
Едкий натр . . . . . 20—35 г  
Раствор пригоден для многоразового применения, хорошо сохраняется. Чем выше концентрация едкого натра в растворе, тем изображение ближе от темно-коричневого тона к черному.

#### Раствор с сернистым натрием

Вода . . . . . 1000 мл  
Сернистый натрий . . . . . 25—35 г  
Раствор пригоден для многоразового применения, хорошо сохраняется. Изображение получается коричневого тона.

Все остальные растворы могут быть составлены по нормальному или какому-либо другому процессу. Режимы обработки кинопленки в проявляющем и чернящем растворах устанавливают по обработанным в них экспонограммам.



Кинопленки, подлежащие долгосрочному хранению, перед окончательной водной промывкой рекомендуется обработать в любом фиксажном растворе.

Фотографические растворы во время хранения изменяют свои свойства, поэтому их следует проверять не только после приготовления, но и перед использованием, если они долго хранились или многократно применялись. Растворы хорошо контролировать с помощью специальной сенситометрической аппаратуры и путем химического анализа. Когда невозможно применить эти способы, растворы можно проверять обработкой в них кинопленки.

Для проверки свежих проявляющих растворов в каждом из них следует обработать по отрезку засвеченной кинопленки, в течение  $\frac{2}{3}$  времени, необходимого для нормального процесса, например, пробу кинопленки вместо 9 мин проявить за 6 мин. За это время кинопленка должна стать совершенно черной. В дальнейшем перед каждой обработкой материала необходимо в проявляющих растворах проявить пробы от той же кинопленки и при тех же режимах. В доброкачественных растворах почернения на первых и последующих пробах кинопленки должны совпадать.

Отбеливающий раствор проверяют обработкой в нем в течение  $\frac{2}{3}$  времени нормального процесса

отрезка проявленной и промытой кинопленки. За то время, пока кинопленка находится в отбеливающем растворе, почернение должно полностью обесцветиться.

Осветляющий раствор контролируют обработкой отбеленного отрезка кинопленки. За  $\frac{2}{3}$  времени нормального желтая окраска пленки должна исчезнуть.

Пригодность фиксажного раствора определяют по скорости осветления непроявленной кинопленки.

Если позитивное обращенное изображение, полученное при нормальном процессе, имеет зеленоватую окраску, необходимо второй проявляющий раствор разбавить водой 1:1. В зависимости от свойств кинопленки иногда необходимо регулировать время обработки в отбеливающем, осветляющем и втором проявляющем растворах. Продолжительность обработки в каждом из этих растворов можно установить с помощью экспонограмм.

Чтобы на кинопленке после ее сушки не было следов от капель воды, кинопленку после окончательной водной промывки нужно обработать в течение 1—2 мин раствором ОП-7 (1 мл на 1 л воды).

Высушенную кинопленку сохраняют в металлических или пластмассовых коробках в прохладном и сухом помещении намотанной эмульсионным слоем наружу.

# ЗАРУБЕЖНАЯ Техника

А. П. АНГАФОРОВ

## ПРИЕМНЫЕ ТРУБКИ ДЛЯ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

621.385.832.72

Приведены данные основных типов приемных трубок для цветного телевидения, выпускаемых и разрабатываемых в настоящее время за рубежом. Отмечены основные особенности этих трубок, преимущества и недостатки, а также перспективы дальнейшего усовершенствования. Настоящая статья является продолжением предыдущей [1], охватывающей период до 1962 г.

### Введение

В 1962—1965 гг. наблюдается значительный прогресс в области цветного телевидения. Помимо научных исследований и экспериментальных разработок систем и устройств цветного телевидения, ведущихся во многих странах (СССР, США, Япония, Англия, Франция, ФРГ, ГДР и др.), создается и расширяется сеть вещания телевизионных программ. Этот рост цветного телевидения обусловлен появлением коммерческих типов приемников; при этом увеличение выпуска приемников и уменьшение их стоимости, с одной стороны, и улучшение качества и увеличение количества программ цветного телевидения, с другой стороны, положительно и взаимосвязано стимулируют дальнейшее развитие цветного телевидения.

Основным фактором, определяющим развитие современного цветного телевидения, является состояние разработок кинескопов.

Период 1962—1965 гг. характеризуется следующими явлениями:

а) наблюдается значительный прогресс в области разработки и выпуска трехлучевых масочных кинескопов (США и Япония); при этом удалось добиться заметного увеличения яркости экрана благодаря применению сульфидных люминофоров и увеличить угол отклонения от 70 до 90° при уменьшении диаметра горловины от 50 до 36 мм;

б) повышается интерес к трехлучевым трубкам с фокусирующей сеткой (США, Франция), позволяющим значительно (в 5÷10 раз) увеличить яркость экрана по сравнению с масочными трубками;

в) в странах, ориентирующихся на систему SEKAM (Франция, СССР), несколько ослабился интерес к однолучевым трубкам типа «зебра» и «хроматрон».

Действительно, применение этих однолучевых кинескопов в системе SEKAM требует дополнительного усложнения схемы приемного устройства по сравнению с приемниками систем NTSC;

г) в странах, использующих систему NTSC (США, Япония), отмечается значительный прогресс в области разработки и использования однолучевых трубок типа «хроматрон», особенно в малогабаритных триисторных приемниках цветного телевидения. В то же время в этих странах несколько ослаблен интерес к индексным трубкам типа «эппл» или «зебра», во всяком случае, коммерческие образцы таких трубок и соответствующих приемников пока отсутствуют.

Следовательно, основными типами современных кинескопов цветного телевидения, как и ранее [1], являются:

1) трехлучевые трубы с маской и точечным экраном;

2) трехлучевые трубы с фокусирующей сеткой и штриховым экраном;

3) однолучевые трубы с цветоуправляющей сеткой и штриховым экраном (типа «хроматрон»);

4) однолучевые индексные трубы со штриховым экраном (типа «эппл» или «зебра»).

Принципиально новые устройства для непосредственного воспроизведения цветных телевизионных изображений, выходящие за рамки вышеуказанных четырех типов кинескопов, пока неизвестны, хотя работа по поиску новых возможностей продолжается в ряде стран (Япония, Англия и др.).

### 1. Трехлучевые трубы с маской и точечным экраном

Трубы масочного типа продолжают оставаться основными и практически единственными (не считая однолучевых трубок типа «хроматрон» японского

Таблица 1

Основные данные современных масочных кинескопов (все размеры в миллиметрах)

Основные данные	США		Япония		
	25AP22	21FJP22	430CB22	360CB22	
Общая длина . . . . .	532	642	545	490	
Длина горловины . . . . .	170	245	245	245	
Диаметр горловины . . . . .	37	51	51	51	
Баллон	Диагональ . . . . .	625	Ø534	422	356
	Ширина . . . . .	546		390	332
	Высота . . . . .	438		312	268
Изображение	Диагональ . . . . .	585	489	397	320
	Ширина . . . . .	505	489	354	301
	Высота ( $H$ ) . . . . .	394	394	268	232
Углы отклонения	по диагонали . . . . .	89°	70°	70°	70°
	по горизонтали . . . . .	78°	70°	65°	65°
	по вертикали . . . . .	63°	55°	50°	50°
Экран	Шаг точек ( $A$ ) . . . . .	0,737	0,737	0,518	0,518
	Диаметр точек . . . . .	0,425	0,425	0,300	0,300
Маска	Шаг отверстий . . . . .	0,711	0,711	0,500	0,500
	Диаметр отверстий в центре . . . . .	0,330	0,330	0,221	0,221
	Диаметр отверстий на краю . . . . .	0,254	0,254	0,183	0,183
Вертикальная четкость ( $H/A$ ) . . . . .	535	535	520	450	
Анодное напряжение, кв . . . . .	20÷27,5	20÷27,5	18÷20	16÷20	
Вес, кг . . . . .	18	17	8	5	

производства), используемыми в современных приемниках цветного телевидения массового выпуска.

Данные о наиболее интересных и характерных масочных трубках США и Японии приведены в табл. 1 и на рисунках.

#### Трубка типа 25AP22 с углом отклонения 90° фирмы RCA (США)

Наиболее современной масочной трубкой является трубка типа 25AP22 фирмы RCA [2]. Характерной особенностью трубы является увеличение угла отклонения по диагонали до 90° при уменьшении диаметра горловины до 36,5 мм и прямоугольном экране с диагональю 62,5 см (25'') со спрямленными углами (рис. 1). Общая длина кинескопа 532 мм, т. е. он на 110 мм короче, чем стандартный круглый масочный кинескоп типа 21CYP22 или 21FJP22. Уменьшение

диаметра горловины от 51 до 37 мм позволило сохранить практически неизменной мощность развертки, несмотря на увеличение угла отклонения от 70 до 90°.

В трубке 25AP22 используется новая конструкция электронного прожектора со стеклянными держателями катода и других электродов, что обеспечивает высокую стабильность параметров и большой срок службы. Переднее стекло кинескопа имеет взрывозащитный колпак, который одновременно служит светофильтром для повышения контрастности и цветовой насыщенности. Передняя поверхность взрывозащитного стекла обработана для уменьшения бликов от внешних источников засветки.

Применяются стандартные люминофоры сульфидной группы (как в кинескопах 21FJP22 или 22FBP22). Спектральная характеристика экрана показана на рис. 2.

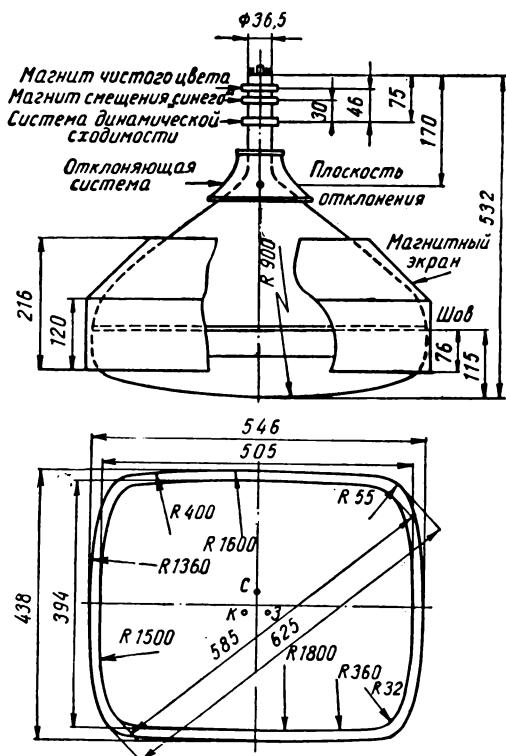


Рис. 1. Внешний вид и габариты трубки 25AP22

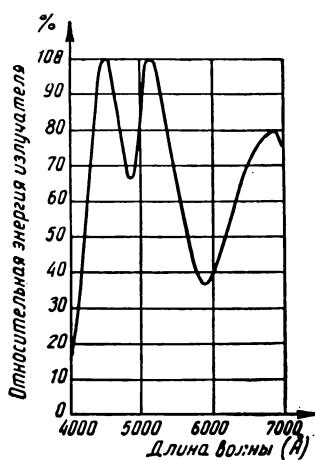


Рис. 2. Типовая спектральная характеристика трубок с сульфидными люминофорами

Анодное напряжение может устанавливаться в пределах от 20 до 27,5 кв. Напряжение фокусирующего электрода от 16,8 до 20% анодного напряжения. Для

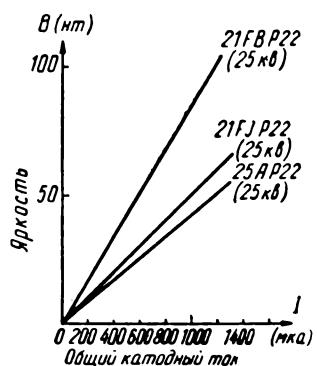


Рис. 3. Зависимость яркости экрана от общего катодного тока

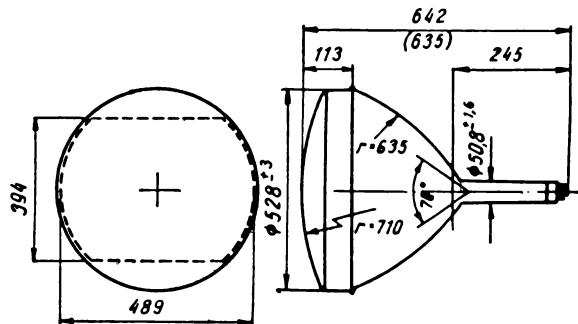


Рис. 4. Габариты трубок 21FJP22 и 21FP22

получения белого свечения с цветовой температурой 9300° К типовое токораспределение между прожекторами К : С : З соответственно 0,42 : 0,28 : 0,30.

Зависимость яркости экрана от суммарного анодного тока при номинальном анодном напряжении 25 кв показана на рис. 3.

Несмотря на то, что прозрачность переднего и защитного стекла в центральной зоне экрана составляет сколько 41%, яркость экрана при максимальном общем анодном токе 1000 мка и анодном напряжении 25 кв достигает 41 нт. Расположение наружных элементов см. на рис. 1. Отклоняющая система должна находиться на расстоянии 12,7 мм от переднего крайнего положения. В случае необходимости коррекция дисторсии растра типа «подушка» производится добавлением соответствующих корректирующих сигналов к пилообразному току разверток. Радиус кривизны наружной поверхности экрана около 900 мм, т. е. кривизна экрана сравнительно невелика (у стандартных круглых масочных кинескопов типа 21FJP22 радиус кривизны экрана около 710 мм (рис. 4)). Уменьшение кривизны экрана способствует более равномерному распределению точечных элементов экрана, что существенно при больших углах отклонения.

Позади отклоняющей системы расположена система динамической сходимости (СДС), обеспечивающая радиальное смещение каждого из трех пучков в пределах  $\pm 9,4$  мм. Статическая сходимость обеспечивается регулировкой постоянных составляющих токов обмоток СДС или регулировкой постоянных магнитов. Далее расположен магнит попечерного смещения «синего» пучка, обеспечивающий смещение в пределах  $\pm 6,4$  мм в направлении, противоположном смещению двух других пучков.

Магнит «чистоты цвета» служит для компенсации производственных неточностей и влияния внешних магнитных полей, приводящих к равномерному смещению следов пучков на экране. Пределы смещения следов пучков на экране около 0,13 мм.

Для защиты от влияния магнитного поля Земли и других внешних магнитных полей, приводящих к неравномерному смещению следов пучков на экране, трубка снабжена магнитным экраном из холоднокатаной стали толщиной 0,76 мм.

Трубка имеет бесцокольное оформление выводов прожектора, что также способствует уменьшению ее общей длины.

Соединение переднего стекла с конусной частью баллона производится при помощи специальной эмали типа 7576 фирмы Corning Glass; соединительный фланец отсутствует. Мaska крепится к баллону специальными пружинами в четырех точках, расположенных посередине каждой стороны рамки маски. Рамка маски изготавливается из холоднокатаной стали и имеет неплоскую форму. Для предотвращения попадания паразитных рассеянных электронов зазор между рамкой маски и боковыми стенками стеклянного баллона закрыт специальной упругой алюминиевой фольгой, обеспечивающей плотный контакт со стеклом.

Уменьшение диаметра горловины уменьшает эксцентричность прожекторов, что облегчает проблему сведения пучков. С другой стороны, это приводит к увеличению aberrаций прожектора и требует более высокой точности его изготовления.

При нанесении экрана фотоспособом применяется новая система оптической коррекции. Усложнение технологии нанесения экрана и сборки прожектора, а также применение более дорогих деталей баллона повлияло на стоимость трубки, которая ориентировано равна 150 долларам, — вдвое больше стоимости стандартных круглых кинескопов типа 21FJP22.

### Трубы 21FJP22 и 21FBP22 с круглым экраном фирмы RCA

Эти трубы являются типовыми американскими кинескопами, используемыми в современных приемниках цветного телевидения. Благодаря сравнительно невысокой стоимости подобных кинескопов (око-

ло 75 долларов) стоимость приемников на этих трубках удалось снизить до 400—500 долларов, что в 2—2,5 раза превышает стоимость черно-белых приемников с аналогичным размером экрана.

Трубка 21FBP22 аналогична хорошо известной трубке 21CYP22 [1] в отношении габаритов, конструкции и технологии изготовления и отличается применением люминофоров сульфидной группы, что позволило повысить яркость экрана почти на 50%.

Трубка 21FJP22 отличается от трубы 21FBP22 наличием взрывозащитной оболочки, что несколько уменьшает яркость экрана (см. рис. 3) и увеличивает длину на 7 мм (см. рис. 4). (Основные данные трубок 21FJP22 и 21FBP22 приведены в табл. 1.) Для этих трубок также характерно постепенное уменьшение диаметра отверстий маски от центра к краю (рис. 5), что позволяет увеличить яркость в центральной части экрана.

Выпускаемая в Европе трубка AX53-14 является точной аналогией 21FBP22 [3].

Применение сульфидных люминофоров красного и зеленого свечения (вместо силикатных) позволяет заметно повысить яркость экрана и уравнять послесвечение люминофоров, так как различие длительности послесвечения приводит к искажениям цветов при воспроизведении изображений движущихся предметов.

Вместе с тем применение сульфидных люминофоров красного и зеленого свечения приводит к уменьшению насыщенности красного и особенно зеленого цвета. Однако это уменьшение насыщенности практически незаметно, и диапазон цветностей кинескопов по-прежнему превышает возможности цветного кино или фотографии [4].

В табл. 2 приведены данные люминофоров силикатной группы, применявшимися в трубках типа 21AXP22 или 21CYP22, и люминофоров сульфидной группы, применяемых в современных кинескопах.

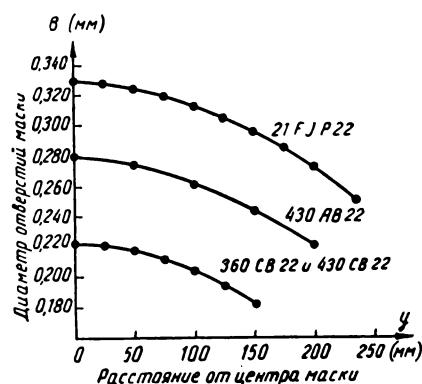


Рис. 5. Изменение диаметра отверстий маски от центра к краю для масочных трубок США и Японии

Таблица 2  
Данные люминофоров, применяемых в масочных кинескопах

Цвет свечения	Тип люминофора и химический состав	Координаты МКО		Светоотдача (лм/вт)	Применение
		x	y		
K	Фосфат цинка ZnS (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> : Mn	0,674	0,326	7,0	В трубках 21AXP22 и 21CYP22
K	Сульфид цинка и кадмия ZnCdS : Ag (87% CdS)	0,663	0,337	9,5	В трубках 21FBP22, 21FJP22, 25APP22
Z	Виллемит ZnSiO <sub>4</sub> : Mn	0,218	0,712	31,1	В трубках 21AXP22 и 21CYP22
Z	Сульфид цинка и кадмия ZnCdS : Ag (32% CdS)	0,255	0,600	46,0	В трубках 21FBP22, 21FJP22, 25APP22
C	Сульфид цинка ZnS : Ag	0,146	0,052	8,1	В трубках 21AXP22 и 21CYP22 В трубках 21FBP22, 21FJP22, 25APP22

Из табл. 2 видно, что люминофоры сульфидной группы красного и особенно зеленого свечения имеют более высокую светоотдачу по сравнению с соответствующими люминофорами силикатной группы.

Особенности технологии нанесения точечных экранов фотоспособом при использовании сульфидных люминофоров описаны в [4].

#### Японские масочные кинескопы с прямоугольным экраном и углом отклонения 70°

В отличие от масочных кинескопов США со сравнительно большим размером экрана японские масочные кинескопы имеют прямоугольные экраны с диагональю 43 или 36 см. Уменьшение размеров экрана приводит к заметному снижению стоимости кинескопа и значительно уменьшает его вес. Однако уменьшение экрана приводит к уменьшению разрешающей способности, если оно не сопровождается соответствующим уменьшением шага и диаметра отверстий маски. Последние образцы японских кинескопов типа 430CB22 и 360CB22 имеют шаг отверстий маски, равный 0,5 мм, что позволяет по-

лучить разрешающую способность по вертикали порядка 520 и 450 лин. соответственно (см. табл. 1).

Основные данные и габариты японских кинескопов типа 430CB22 и 360CB22 приведены в табл. 1 и на рис. 6 и 7. Эти кинескопы используют люминофоры сульфидной группы, обеспечивающие более высокую яркость и аналогичные тем, данные которых приводились в табл. 2. По сравнению с силикатными люминофорами сульфидные люминофоры красного и зеленого свечения имеют светоотдачу соответственно в 2,2 и 1,5 раза больше; это обеспечивает увеличение яркости белого цвета в 1,8 раза при цветовой температуре 9300° К [5].

Маска кинескопов 430CB22 и 360CB22 имеет отверстия, диаметр которых постепенно уменьшается от центра к краю (см. рис. 5); она изготовлена из холоднокатаной стали толщиной 0,152 мм.

Более ранним типом является 430ABP22, где шаг отверстий маски был равен 0,65 мм при шаге точек экрана 0,673 мм. Диаметр отверстий маски в центре 0,280 мм, на краю 0,221 мм (см. рис. 5). В кинескопе 430AB22 был использован прожектор от американского кинескопа 21CYP22 с эксцентриком диафрагмы 8,76 мм. При этом эксцентрик центра отклонения составлял 6,4 мм и угол сходимости был сравнительно большим и равным  $\gamma = 1^{\circ}12'$  ( $\operatorname{tg} \gamma = 0,0220$ ). В дальнейшем был разработан прожектор с эксцентриком диафраг-

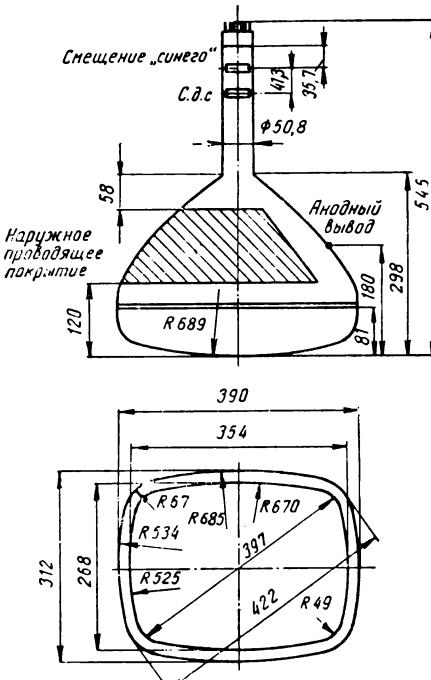


Рис. 6. Внешний вид и габариты трубки 430CB22

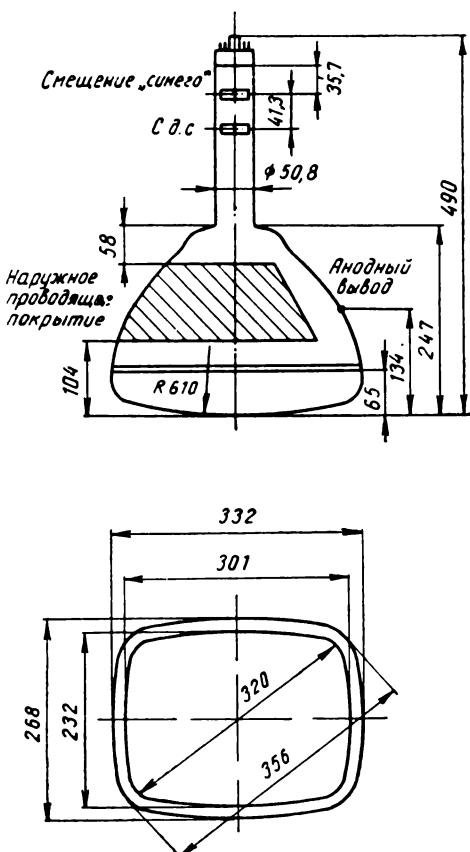


Рис. 7. Внешний вид и габариты трубы 360CB22

мы 7,00 мм, что позволило уменьшить эксцентрикитет центра отклонения до 5,05 мм и соответственно уменьшить угол сходимости до  $\gamma = 57'$  ( $\operatorname{tg}\gamma = 0,0168$ ). Этот «узкий» прожектор и используется в современных японских кинескопах.

Еще более ранним прототипом кинескопа 360CB22 был кинескоп 360FB22 с шагом отверстий маски 0,56 мм и шагом точек экрана 0,58 мм. Здесь вначале тоже использовался прожектор от 21CY P22. В дальнейшем был разработан кинескоп 400KB22, который от 360FB22 отличался только спрятанными углами экрана при диагонали 40 см и размере изображения 313 × 247 мм [6].

Кинескоп 360CB22 является наиболее современным. Габариты его ясны из рис. 7. Для нанесения экрана фотоспособом применяется специальная линза, одновременно корректирующая продольное и поперечное смещение центра отклонения. Описание и принципы расчета такой линзы приводятся в [7].

Следует отметить, что оптимальный размер экрана современных масочных трубок США и Японии, представляющий наилучший компромисс между ка-

чеством изображения и стоимостью, еще не установлен. Отдельные фирмы США предполагают в 1965 г. выпустить масочные кинескопы с прямоугольным экраном, имеющим диагональ 48 см (19") и 59 см (23"). Пока наиболее распространенными являются круглые кинескопы с диаметром экрана 53 см (21"). Фирма Sylvanіa предполагает выпускать приемники с круглым кинескопом 21FKP22, где яркость экрана увеличена на 40% по сравнению с предыдущими сульфидными экранами благодаря применению европия в люминофоре красного свечения [8].

## 2. Трехлучевые трубы с фокусирующей сеткой

Большим преимуществом трубок с фокусирующими сетками по сравнению с масочными трубками является весьма высокая яркость, обусловленная высокой прозрачностью сетки (порядка 80—90%), в то время как прозрачность маски около 15%), и возможность размещения трех электронных пучков в одной плоскости. Последнее обстоятельство позволяет упростить систему динамической сводимости и полностью устраняет проблему астигматизма. Поэтому трехлучевые трубы с фокусирующей сеткой усиленно разрабатываются в лабораториях крупнейших фирм США и европейских стран.

Примером может служить трехлучевая трубка, разработанная в США Paramount Pictures [9]. Эта трубка изображена на рис. 8.

Трубка имеет прямоугольный стеклянный баллон с диагональю экрана около 64 см, угол отклонения по диагонали 90°. Максимальная яркость достигает 1000 нт, т. е. более чем в 10 раз превышает яркость трубок масочного типа. Это позволяет наблюдать цветные изображения при высоком уровне наружного освещения, что значительно расширяет возможности применения такой трубы. Трехцветный штриховой экран состоит из вертикальных полосок люминофоров синего, зеленого и красного свечения. Промежутки между соседними полосками люминофоров заполнены тонкими темными полосками, что способствует увеличению контрастности. В отличие от индексных трубок типа «эппл» или «зебра» применение этих темных полосок не уменьшает яркости экрана, так как в трубках с фокусирующей сеткой электроны не попадают на промежутки между соседними полосками экрана.

Экран нанесен на внутренней цилиндрической поверхности переднего стекла. Поверхность фокусирующей сетки также цилиндрическая, что обеспечивается соответствующей формой траверса сетки.

Расстояние между сеткой и экраном 12,7 мм. Три электронных пучка расположены в горизонтальной плоскости. Оси двух крайних электронных прожекторов имеют небольшой наклон относительно

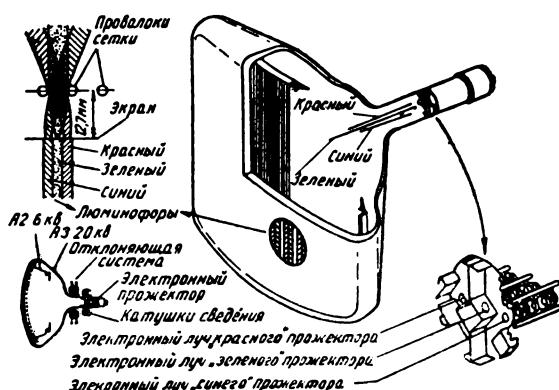


Рис. 8. Трехлучевая трубка с фокусирующей сеткой

оси среднего прожектора, совпадающей с осью трубы, этим обеспечивается статическая сходимость трех пучков в центре сетки. Совмещение трех растров достигается соответствующим распределением витков отклоняющих катушек и при помощи двух систем динамической сходимости, расположенных у крайних прожекторов.

Электрический режим трубы отличается тем, что экран и внутреннее покрытие баллона имеют одинаковый потенциал — около 20 кв. Потенциал фокусирующей сетки около 6 кв (т. е. составляет 30% от потенциала экрана и баллона). Такой режим способствует лучшему отбору вторичных электронов с сетки на баллон и обеспечивает более равномерное распределение следов пучка на экране. Однако недостатком такого режима является отсутствие послеускорения, что приводит к расходованию большой мощности на отклонение пучков. Более рациональным представляется режим, при котором потенциалы баллона (аквадага)  $U_a$ , фокусирующей сетки  $U_c$  и экрана  $U_s$  связаны соотношением  $U_a = \sqrt{U_c U_s}$ . Такой режим особенно эффективен при наличии дополнительной сетки, электрически соединенной с проводящим покрытием конуса баллона [10].

Одной из сложных проблем при разработке трубок с фокусирующими сетками является создание простой и надежной конструкции и технологии экранного узла.

На рис. 9 изображен описанный в патенте [11] возможный вариант экранного узла образующего единое целое с передней частью разъемного стеклянного баллона в виде прямоугольной чаши. Помимо фланца для соединения с конусной частью баллона имеется внутренний буртик для крепления проволочек сетки специальным проводящим цементом.

Нанесение штрихового экрана непосредственно на переднее стекло представляет известные оптические преимущества, так как число стеклянных поверхностей, расположенных между зрителем и экраном, уменьшается. Кроме того, цилиндрическая поверхность экрана позволяет увеличить угол отклонения и упростить динамическую сходимость пучков по сравнению с плоской конструкцией, где сетка и экран являются плоскими параллельными поверхностями. С другой стороны, плоская конструкция является более простой и упрощает технологию изготовления и сборки экрана и сетки.

Трехлучевая трубка с экранным узлом плоской конструкции описана во французском патенте [12]. Интересно отметить, что для получения равномерности следов пучка на экране и осуществления динамической сходимости здесь предлагается подавать на расположенный перед сеткой дополнительный электрод в виде рамки или кольца, параболические сигналы строчной и кадровой частоты. В другом французском патенте [13] предлагается метод изготовления фокусирующей сетки путем непрерывной намотки проволоки сетки на два траверса, имеющих риски с двойным шагом. Затем при помощи двух дополнительных траверсов, имеющих риски с требуемым шагом, проволочки сетки подтягиваются и сближаются до тех пор, пока все витки сетки не окажутся в одной плоскости. После этого проволочки сетки крепятся цементом к рамке сетки и концы их обрезаются.

Помимо технологии и конструкции экранного узла, основными проблемами при разработке трубок с фокусирующими сетками являются: обеспечение виброустойчивости сетки, подавление паразитной второй эмиссии, технология изготовления штрихового экрана и получение простой динамической сходимости.

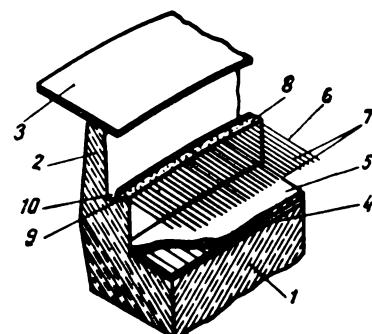


Рис. 9. Конструкция экранного узла трехлучевой трубы с фокусирующей сеткой:  
1 — переднее стекло; 2 — боковая стенка; 3 — фланец; 4 — штриховой экран; 5 — слой алюминия; 6, 7 — сетка; 8 — слой цемента; 9 — буртик; 10 — канавка

### 3. Однолучевые трубы типа «хроматрон»

За последнее время в трубках типа «хроматрон» можно отметить ряд характерных усовершенствований. В старых образцах трубок «хроматрон» (даные этих трубок приведены в [14]) применялся экранный узел плоской конструкции, чередование цветов штрихового экрана СЗКЗ и электрический режим, при котором потенциал конуса баллона  $U_a$  был близок к потенциальному сетки  $U_c$  (см. а на рис. 10).

Для новых образцов трубок типа «хроматрон» характерны следующие особенности. Прежде всего штриховой экран наносится непосредственно на внутренней цилиндрической поверхности переднего стекла, т. е. экранный узел имеет цилиндрическую конструкцию. Технология изготовления такого экранного узла подробно описана в патенте [15].

Далее, вместо чередования цветов СЗКЗ применяется СКЗК, т. е. в качестве центральных выбираются полоски красного свечения. Это облегчает баланс цветов для получения белого цвета и улучшает воспроизведение черно-белых изображений. Наконец, для улучшения отбора вторичных электронов с сетки на баллон применяют режим, при котором  $U_a > U_c$ . Обычно применяют режим, при котором  $U_a = U_a$ , хотя при этом отсутствует послескорение.

Иногда индуктивность, включаемую параллельно емкости сетки, помещают внутрь баллона для улучшения добротности контура, резонирующего на частоте поднесущей в системе NTSC [16]. Эскиз трубы «хроматрон» нового типа показан на рис. 10, б.

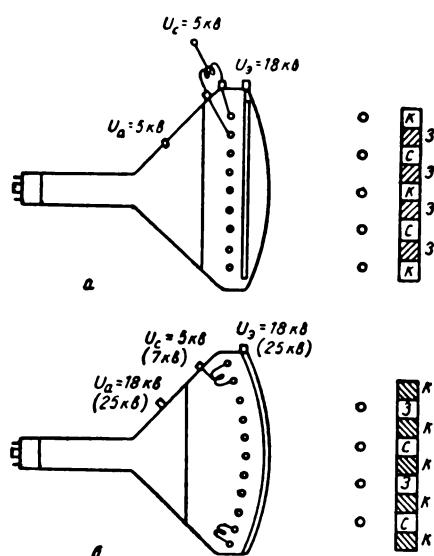


Рис. 10. Трубы «хроматрон» старого (а) и нового (б) типов

Примером такого «хроматрона» может служить трубка типа С1018, разработанная фирмой Autometrics (США) [17]. Трубка имеет прямоугольный экран с диагональю 56 см (22"). Угол отклонения 90°. Проволочки сетки имеют шаг 0,45 мм и расположены вертикально. Всего проволочек сетки 1000 шт.; штриховой экран имеет 1000 полосок красного свечения, 500 зеленого и 500 синего. Номинальное напряжение экрана  $U_a = 20$  кв, напряжение сетки  $U_c = 5,4 \div 6$  кв. Для переключения цветов между четными и нечетными витками сетки подается напряжение  $\pm 185$  в. Прозрачность сетки около 90%. При нанесении экрана применялся метод электронной экспозиции, позволяющий наносить экран в строгом соответствии со следами электронных пучков. Один из возможных методов электронной экспозиции описан в патенте [18].

В Японии продолжаются разработки трубок типа «хроматрон» и соответствующих приемников. Подробная принципиальная схема приемника с трубкой «хроматрон» приводится в [19]. Приемник использует всего 22 лампы, т. е. на 7—8 ламп больше, чем в обычном черно-белом телевизоре. Для коммутации цветов в системе NTSC используется синусоидальный сигнал частоты поднесущей (3,58 Мгц), стробируемый третьей гармоникой.

Японская фирма Sony приступила к массовому выпуску приемников на трубке типа «хроматрон» с прямоугольным экраном, имеющим диагональ 48 см (19"). Трубка имеет угол отклонения 90°. На внутренней цилиндрической поверхности экрана нанесены вертикальные полоски люминофоров красного (K), зеленого (Z) и синего (C) свечения, всего 800 полосок (400 K + 200 Z + 200 C). При потенциале экрана  $U_a = 22$  кв достигается максимальная яркость около 300 нт. Контрастность порядка 30 при наблюдении в темном помещении. Коммутация цвета производится на частоте поднесущей 3,58 Мгц при приеме по системе NTSC. Приемник содержит всего 27 ламп и потребляет от сети 290 вт.

Габариты настольного варианта приемника: ширина 81 см, высота 40, глубина 41 см. Вес 47 кг. Выпуск первых приемников ожидался в конце марта 1965 г.; предполагается также экспорт за границу [20, 21].

Большой интерес представляет малогабаритный вариант трубы «хроматрон» для транзисторных приемников цветного телевидения, выпускаемых японской фирмой Yaou для сбыта в США [22]. Такая трубка (так называемый «колорнет») имеет диагональ экрана 20 см (8") при диаметре горловины 20 мм. Экранный узел помещен внутри баллона с диагональю 23 см (9"). Эскиз трубы показан на рис. 11. Трубка имеет электростатическую фокусировку и электромагнитное отклонение. Основной

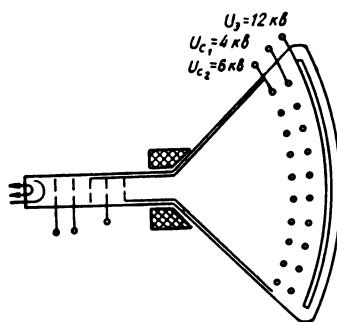


Рис. 11. Малогабаритный «хроматрон» типа «кодорнет» с дополнительной сеткой

особенностью трубы является наличие дополнительной сетки, расположенной позади цветокоммутирующей сетки и электрически соединенной с конусом баллона. Такая сетка способствует отбору вторичных электронов и позволяет регулировать шаг следов пучка в широких пределах [1, 10].

Полоски экрана располагались вертикально для уменьшения влияния магнитного поля Земли.

Коммутация цветов производилась при помощи трехступенчатого сигнала, повторяющегося с частотой 5250 гц, что равно  $\frac{1}{3}$  строчной частоты 15 750 гц. При этом полный цветовой элемент включал три соседние строки, поэтому вертикальная четкость была уменьшена в три раза, хотя при малых размерах изображения это не очень сильно заметно. Такой метод коммутации позволяет упростить схему приемника. Всего в приемнике применяется 47 транзисторов. Предполагается, что при массовом производстве стоимость переносного транзисторного приемника от 375 до 275 долларов.

По-видимому, если малогабаритные транзисторные приемники будут иметь достаточный сбыт, то малогабаритные трубы типа «хроматрон» найдут в них широкое применение.

## Выводы

Основным типом кинескопа для цветного телевидения продолжает оставаться трехлучевая масочная трубка. Наиболее употребительным вариантом этой трубы являются круглые кинескопы типа 21FJP22, используемые в большинстве современных приемников цветного телевидения. Дальнейшее усовершенствование масочных трубок идет по линии увеличения яркости экрана благодаря применению новых люминофоров, а также по линии увеличения угла отклонения от  $70^\circ$  до  $90^\circ$  при уменьшении диаметра горловины от 50 до 36 мм, как в трубке 25AP22.

Наиболее перспективными представляются трехлучевые трубы с фокусирующей сеткой, так как они позволяют значительно увеличить яркость изображения при некотором упрощении сходимости пучков и применимы в любой системе цветного телевидения.

Однако конструкция и технология этих трубок пока мало разработаны.

Однолучевые трубы типа «хроматрон» могут найти широкое применение в удешевленных вариантах приемников цветного телевидения, особенно в малогабаритных транзисторных приемниках. Такие приемники уже разработаны для системы NTSC, возможность применения трубок «хроматрон» в приемниках системы SEKAM требует исследования.

В области индексных трубок типа «эппл» или «зебра» за последние три года ничего нового не появилось по сравнению с материалами, опубликованными в 1962 г. [23], если не считать кратких сообщений о так называемой «трубке Гудмана» с индикацией за счет мягкого рентгеновского излучения [24, 25].

Как и ранее, проблема создания недорогой и высококачественной приемной трубы для цветного телевидения продолжает оставаться нерешенной.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ангагоров А. П., Техника кино и телевидения, 1962, № 2, 67–78.
- Development of the RCA 25-inch 90° Rectangular Color Picture Tube, IEEE Trans. Broadcast. and Telev. Receivers, 1964, 10, № 3, 15–22.
- AX53-14, Electron. Profess., 1964, 33, № 335, 56–60.
- Bathelt R., Vergemelen G., Philips Techn. Review, 1961/62, 23, № 5, 133–141.
- Ямадзаки Э., 14-дюймовая трубка 360CB22, Хитати Херон, 1963, 45, № 7, 81–84 (японск.).
- Tsuneda Asahide, Picture Tubes for Color TV, Electro (Japan), 1964, 7, № 1, 24–28 (японск.).
- Сакура Т. Такэмаро и др., Коррекция искажений чистоты цвета в трехлучевой приемной трубке с теневой маской, Хитати Херон, 1963, 45, № 12, 2004–2007 (японск.).
- Picture Tubes Black and Color, Electron Technican, 1964, 80, № 5, 49–50.
- Solomon L., Electronics, 1963, 36, № 1, 116–118.
- Ангагоров А. П., О трехпотенциальном режиме работы приемных трубок типа «хроматрон», Техника телевидения, вып. 24, 1957, 3–17.
- Патент США № 2 842696 от 08.07.58.
- Франц, патент № 1325772 от 25.03.63.
- Франц, патент № 1289618 от 26.02.62.
- Справочник по телевизионной технике (под ред. проф. С. И. Катаева), т. 1, Госэнергоиздат, 1962, стр. 243.
- Патент США № 2999300 от 12.09.61.
- Loughlin B. D., IRE Trans., 1962, BTR-8, April, № 1, 55–69.
- Накамура Т., Цветные приемные трубы, Тэрэбидзэн, 1963, 17, № 6, 24–27 (японск.).
- Патент США № 3067349 от 04.12.62.
- Омори Хисасти, Разработка приемника цветного телевидения на трубке хроматрон, Мусен то дзиккен, 1963, 50, № 10, 80–87 (японск.).
- Japan Electron., 1964, 5, № 11, 20–25.
- Willems H., Chromatron, Funkschau, 1965, 37, № 2, 27–28.
- Electronics, 1964, 37, № 17, 86–89.
- Постернак Ч. Г., Техника кино и телевидения, 1962, № 12, 34–40.
- Solomon L., Electronics World, 1964, 71, № 1, 34–38.
- Патент США № 2897388 от 20.07.59.

## Съемка и проекция кинофильмов

791.450.76 + 792

**Интеграция театра и кинематографа,** Джон Халас, British Kinematography, 1965, 46, № 5, 124—133.

Указывается, что в современном кинематографе тенденционным является такое расположение мест в зрительном зале, когда зрители располагаются в центре аудитории, а киноизображение — вокруг них. В театре же существует обратная тенденция — расположить сцену в центре аудитории, а зрителей — вокруг нее.

Анализируются возможности интеграции (объединения) театрального представления с кинопоказом. Рассматриваются различные предложения в этой области, в частности схемы так называемого «Всеобщего театра», предложенные еще в 1926 г. в Германии Вальтером Гропиусом. Так, например, Гропиусом был предложен проект зрелищного помещения, включающего в себя кинопроекцию и театральные постановки с управляемыми освещением и перекрытиями зрительного зала.

Как видно из рисунка (вид сверху), «Всеобщий театр» Гропиуса предполагает сцену в виде небольшой арены, расположенной в самом зрительном зале со зрительскими местами, размещенными в виде амфитеатра. Имеются просценium и «задняя сцена», также предназначенные для представлений. Кино-проекция, сочетающаяся с игрой живых актеров,

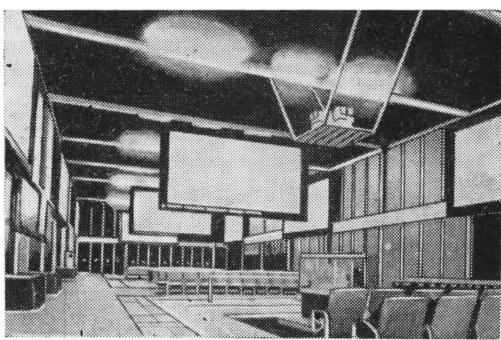
осуществляется на 12 экранах, поддерживаемых колоннами, которые расположены по периметру аудитории.

Рассматриваются другие предложения: «Живой экран», «Латерна магика» и т. д.

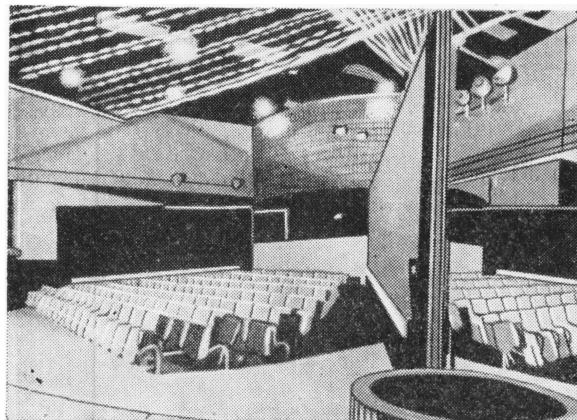
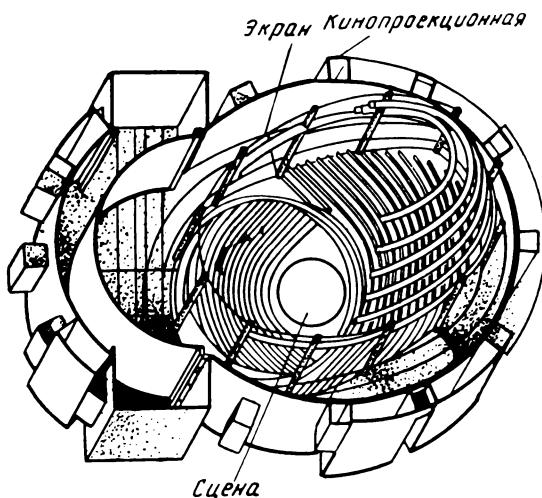
г. и.

778.2

**Проекционная техника на Швейцарской выставке,** Томас Ганз, British Kinematography, 1965, 46, № 5, 134—144.



а



б

Дано краткое описание диа- и кинопроекционных устройств в павильонах Швейцарской национальной выставки 1964 г. («EXPO-64»).

Демонстрирующаяся на выставке проекционная техника популяризирует экспонаты и процессы, представляемые отдельными фирмами и министерствами (департаментами) Швейцарии, а также иллюстрирует новые модели кино- и диапроекционного оборудования для обычного и специального применения.

Объяснение ведется на нескольких языках с помощью магнитной звукозаписи и системы автоматического управления.

На рис. а показано использование диапроекции в павильоне Департамента просвещения и исследований. Изображения проецируются на 26 экранов типа «Перлюкс» размером  $6 \times 3$  м каждый, размещенные на стенах и посредине павильона. Сгруппированные по 2—3 штуки диапроекторы установлены на платформах, подвешенных к потолку павильона.

Интерес представляет кинопроекция по системе Роторама в павильоне почты и телеграфа. Здесь кино- и диапроекция управляются автоматически с помощью программирующего устройства, действие которого распространяется также на управление освещением, поворотом движущейся зрительской платформы и комментариями на трех языках.

В системе Роторама зрители сидят в креслах, расположенных на вращающейся платформе диаметром 20 м, разделенной на четыре секции по  $90^\circ$  каждая. Секции оптически и акустически изолированы друг от друга стенами (рис. б). Зрительские места каждой секции поворачиваются на  $90^\circ$  по кругу вращающейся платформой каждые 6 мин.

Трехъярусная башня киноаппаратной размещена в центре.

Г. И.

77.058.2 + 778.5

**Новые подводные боксы. Некоторые вопросы подводной съемки при естественном освещении,** М. Д. Штыкан, Оптико-механическая промышленность, 1965, № 3, 20—25.

Рассмотрены конструктивные особенности некоторых водонепроницаемых боксов фото- и кинокамер для подводной съемки.

Даны рекомендации для съемки под водой с использованием ряда фотографических и киносъемочных аппаратов.

Г. И.

771.3

**Новый автоматический фотоаппарат для одноступенного процесса,** А. А. Сыров, Оптико-механическая промышленность, 1965, № 5, 21—26.

Дано краткое описание автоматического фотоаппарата J-100, использующего материалы одноступенного процесса в виде фильмпаков.

Аппарат J-100 может быть использован фотолюбителями для решения различных технических задач и для получения цветных снимков на материалах одноступенного процесса типа «Полаколор».

Изложена сущность работы автоматики и затвора, управляемых электронной схемой на транзисторах.

Г. И.

791.41

**Типовые летние кинотеатры,** Н. Скавронский, М. Крылова, Киномеханик, 1965, № 5, 30—37.

Рассмотрены выполненные проектным институтом Киев-ЗНИЭП типовые проекты летних киноплощадок на 400, 600 и 800 мест.

Дано описание тентовых покрытий для летних киноплощадок.

Г. И.

791.41

**Новые типовые проекты широкоэкранных и широкоформатных кинотеатров,** Н. Скавронский, М. Крылова, Киномеханик, 1965, № 6, 24—31.

Дано описание новых типовых проектов кинотеатров на 400, 600, 800 и 1200 мест.

Кинотеатры на 400 и 600 мест предназначены для демонстрации обычных и широкоэкраных фильмов, однако в проекте кинотеатра на 600 мест предусмотрена возможность переоборудования его для демонстрации и широкоформатных фильмов.

В кинотеатрах на 800 и 1200 мест, предназначенных для крупных городов, предусмотрен показ обычных, широкоэкраных и широкоформатных фильмов.

В кинопроекционных кинотеатров на 800 и 1200 мест предусмотрены установки кондиционирования воздуха.

Г. И.

778.2

**Эксплуатация электрооборудования кинопроектора КП-15А,** А. Симановский, Киномеханик, 1965, № 5, 24—29.

Даны описание электрической схемы универсального кинопроектора КП-15 и рекомендации по обеспечению безаварийной работы проектора на основе опыта эксплуатации его.

Рассмотрены: схема участка А — контроль нормальной петли и закрытие филькового канала; схема участка Б — удержание рукоятки филькового канала в пазу при работающем двигателе; схема участка В — выдержка времени открытия филькового канала после полной остановки механизма проектора; схема включения, выключения и экстренной остановки основного электродвигателя ЭДП; схема работы противопожарной заслонки.

Г. И.

## Запись и воспроизведение звука

621.395.61

### Новый конденсаторный микрофон, Audio, 1965, 49, № 5, 6.

Сообщается о выпуске конденсаторного микрофона с предварительным усилителем на кремниевых полевых транзисторах. Высокое входное сопротивление полевых транзисторов хорошо согласуется с импедансом капсуля конденсаторного микрофона, обеспечивая малый уровень собственных шумов. Микрофон имеет кардиоидную характеристику направленности, обладает высокой чувствительностью.

Предварительный усилитель микрофона питается от встроенных ртутных элементов с длительным сроком службы. Предварительный усилитель потребляет малую мощность. Малое количество деталей обеспечивает надежность работы и стабильность параметров микрофона.

О. Х.

681.84

### Запись без микрофонов, Audio, 1965, 59, № 5, 24, 25, 55.

На одной из студий грамзаписи в США для улучшения качества музыкальных фонограмм запись музыкальных инструментов ведется при помощи звукоснимателей. Разработаны специальные музыкальные инструменты, которые вообще не могут использоваться без применения усилительной аппаратуры. Так, например, адаптеризованная скрипка не имеет обычного корпуса, адаптеризованный рояль не имеет резонатора. Сами по себе эти инструменты звучат очень тихо, исполнитель на рояле контролирует себя по контрольному громкоговорителю. Адаптеризованные музыкальные инструменты присоединяются к микшерскому пульту, на выходе которого включены магнитофон и контрольный усилитель с громкоговорителем. Отмечено высокое качество записей, получаемых описываемым методом. Кратко излагаются методы адаптеризации различных музыкальных инструментов.

О. Х.

778.534.42

### Шумопонижающее устройство, Film-Technikum, 1965, XVI, № 3, 74, 75.

Фирма ЕМТ (Швейцария) выпустила устройство записи, в котором записываемый сигнал компрессируется по определенному закону и при воспроизведении экспандируется по такому же закону. Применение компрессии — экспандирования снижает относительный уровень шумов и уменьшает копирефлекс. Устройство особенно целесообразно применять при многократной перезаписи сигнала. В устройстве использованы транзисторные усилители; основные технические данные его:

Входной импеданс . . . . .	10 к $\Omega$
чувствительность . . . . .	1,4—6 в
выходное сопротивление:	
при выходном напряжении . . . . .	1,55 в — 30 ом
при выходном напряжении . . . . .	до 4,4 в — 600 ом
частотный диапазон . . . . .	60 гц $\div$ 12 кгц
	при $\pm 0,5$ дБ
	30 гц $\div$ 15 кгц
	при $\pm 1$ дБ
коэффициент гармоник . . . . .	менее 0,4%
уровень шумов . . . . .	76 дБ
габариты . . . . .	483 $\times$ 884 $\times$ 325 мм
вес . . . . .	12,3 кг

О. Х.

621.318.5

### Конструкция и свойства реле с газовой защищенной контактами, И. Шуберт, Elektronik, 1965, 14, № 1, 13, 14.

В США и ФРГ выпущены реле, в которых контакты помещены в герметически запаянных стеклянных трубках, заполненных водородноазотной смесью. Контакты перемещаются при помощи магнитного поля, создаваемого катушкой реле. Эскиз одной из конструкций реле показан на рисунке, где обмотка реле 1 окружает две трубки с контактами 2. Поверх обмотки реле помещен магнитный экран 3 для защиты от внешних магнитных полей. В стеклянной трубке могут быть помещены и три контакта для получения переключающей схемы. В реле, выпускаемых фирмой Сименс, обмотка имеет около 120 ампервитков, при этом возможно число контактов от двух до восьми. Указывается, что реле с газовой защищенной контактами допускают миллионы срабатываний. Их применение особенно целесообразно в устройствах с высокой надежностью работы, там, где нужна постоянная готовность к включению.

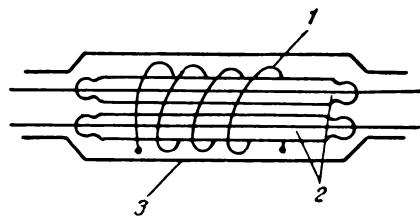
О. Х.

621.375.446

### Транзисторные усилители для студийных магнитофонов, З. Вайдя, Радио и телевидение, OIRT, 1965, № 2, 29—34.

Приведены технические данные транзисторных электронных блоков, созданных отделом разработок Венгерского радио для нового студийного магнитофона. Указано, что разработка основывалась на данных Рекомендации OIRT № 24, в которой определены записываемый диапазон частот, допуски частотной характеристики и постоянные времена предыскажения. Описаны: I. Усилитель воспроизведения, состоящий из: 1) предусилителя (с прямолинейной характеристикой с усилением 30 дБ; 2) блока выравнивания (с постоянной времени 35 или 70 мсек и переменной верхней границей частот; усиление 0 дБ при 1000 гц); 3) фильтра высоких частот (частота среза 30 гц, крутизна 18 дБ на октаву), усиление —2 дБ при 1000 гц и 4) линейного усилителя (с прямолинейной характеристикой), усиление +36 дБ.

II. Усилитель записи, состоящий из разделительного усилителя, каскада выравнивания и усилителя головки. Вход разделительного усилителя — симмет-



ричный, незаземленный; его полное входное сопротивление — 5000 ом. Выравнивание при записи осуществляется пассивными элементами. Максимальное подчеркивание высоких частот составляет около 19 дБ для обеих скоростей протягивания (38,1 см/сек и 19,05 см/сек) на верхних пределах диапазонов частот. Усилитель головки состоит из двух непосредственно связанных каскадов с сильной обратной свя-

зью. В обоих усилителях применены высокочастотные транзисторы.

III. Генератор стирания и магнитного смещения, состоящий из собственно генератора, мощного каскада стирания и двух мощных каскадов магнитного смещения. Имеется возможность отдельного регулирования токов стирания и магнитного смещения.

В. В.

621.375.446

**Транзисторные разделительные усилители для современного студийного оборудования**, М. Попеску, Радио и телевидение, OIRT, 1965, № 2, 35—39.

Отмечено значение применения низкочастотных разделительных усилителей для студийного оборудования, и приведены технические характеристики, которыми должна обладать подобная аппаратура. Дано описание трех типов транзисторных разделительных усилителей: первый усилитель фирмы Маркони, второй австрийской фирмы WSW; последний из усилителей разработан автором статьи на транзисторах румынского производства. Приведены принципиальные схемы и некоторые расчетные формулы.

В. В.

778.534.4

**Новый комплект звукоспроизвольющей аппаратуры**, Э. Мебель, Киномеханик, 1965, № 6, 36—37.

Приведены краткие сведения об опытных образцах шестиканальной звукоспроизвольющей аппаратуры, входящей в состав нового унифицированного ряда.

Сообщается о трех новых комплектах аппаратуры мощностью:  $6 \times 100$  вт (для кинотеатров на 1000—2000 мест);  $6 \times 50$  вт (для кинотеатров на 600—1000 мест) и  $6 \times 25$  вт.

Г. И.

778.554.9

**Юстировка звуковых блоков проекторов КП-30А и КП-15А**, Н. Смирнов, Киномеханик, 1965, № 4, 26—29.

Даны рекомендации по юстировке и регулировке звуковых блоков универсальных кинопроекторов КП-30А и КП-15А, в основном относящиеся к воспроизведению 6-канальных фонограмм на 70-мм пленке и 4-канальных фонограмм на 35-мм пленке.

Г. И.

## Оптика и светотехника

778.23 : 621.326

**Фтористая лампа — новый источник света с повышенной светоотдачей и яркостью**, И. Шредер, Kino-Technik, 1965, 19, № 2, 29—30.

Сообщается о работах Центральной лаборатории фирмы Филипс в Аахене по применению фтора для повышения световой отдачи и яркости ламп накаливания.

Фтор как отдельный элемент уже при комнатной температуре вступает в реакцию с вольфрамом или с углеродом, превращаясь в газообразный фторид  $WF_6$  или  $CF_4$ .

Благодаря термической диссоциации при наличии в газовом наполнении колбы фтора, испаряющееся вещество тела накала, в частности вольфрама, пре-

вращается в газообразный фторид, а затем снова выделяется на самом теле накала. Этот циклический (круговой) процесс поддерживается при любой температуре колбы (причем не требуется, чтобы она была изготовлена из кварца), что создает преимущество фтора по сравнению с другими галогенами, например йодом, и препятствует ее покрепнению вследствие испарения вещества тела накала.

На рисунке дана температурная зависимость диссоционного равновесия  $WF_6 \rightleftharpoons 6F + W$  и равновесия испарения  $W_{\text{тверд}} \rightleftharpoons W_{\text{газ}}$ . Здесь:  $\lg K_p$  — логарифм констант равновесия диссоциации  $WF_6$ ;  $\lg P$  — логарифм давления паров вольфрама;  $T$  — абсолютная температура.

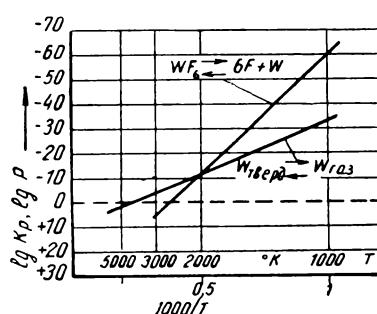
Указывается, что реакция с фтором препятствует разрушению тел накала вследствие испарения, поэтому фтористая лампа может быть использована при температуре тела накала, близкой к его точке плавления. Повышение рабочей температуры нити при современном уровне техники позволяет получить 50%-ное улучшение светоотдачи и 3-кратное увеличение яркости.

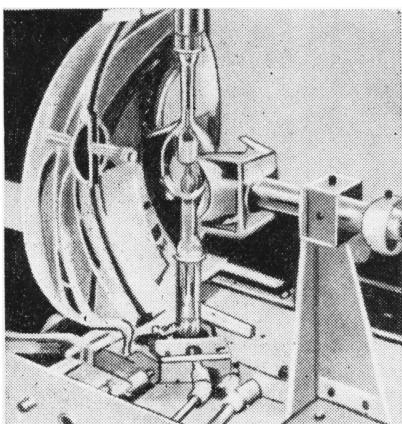
Г. И.

778.23 : 621.327.52 : 546.295

**Осветительная система с ксеноновой лампой**, JSMPTЕ, 1965, 74, № 5, 389.

Сообщается о разработанной осветительной системе с шаровой ксеноновой лампой для использования в кино- и диапроекции, имитаторах солнца, репродукционных устройствах и т. п.





В этой оптической осветительной системе применяется отражатель, состоящий из двух частей (см. рисунок), и двойная релейная линза для проецирования на плоскость фильма двух пучков света. Осветительная система в целом включает в себя фонарь, зажигающее устройство и осветительную оптику.

Указывается, что данная оптическая система по сравнению с обычной позволяет повысить световую эффективность осветителя на 25% и улучшить равномерность освещенности без применения поглощающих диффузионных фильтров.

Г. И.

535.24

**Фотоэлемент для импульсных измерений**, В. А. Гаванин, Р. А. Хасанова, Светотехника, 1965, № 7, 12—16.

Приведены результаты работ по созданию для видимой области спектра измерительного ФЭ с диапазоном линейности световой (люкс-амперной) характеристики более 10  $\text{ма}$  при длительности светового импульса порядка  $10^{-5}$  сек и анодном напряжении не более 300 в. Обращено внимание на достаточно хорошую стабильность ФЭ при засветке одиночными световыми импульсами.

Г. И.

771.534 : 778.662

**О сенситометрии многослойных цветных материалов**, Я. Бучек, Э. Буреш, М. Ягод, ЖНиПФК, 1965, 10, вып. 3, 161—169.

Приведены результаты исследования по рациональному выбору системы оптических плотностей цветовых полей. Изучены различные типы монохроматических плотностей. Найден тип, который дает наиболее наглядные результаты и может служить наиболее простым средством работы на крупных кинокопировальных фабриках и других подобных предприятиях.

В. Б.

771.534.5 : 773.92

**Сенситометрия светочувствительных полимеров**, К. С. Ляликов, Ю. Э. Кирш, К. А. Ковалева, Н. П. Августинович, ЖНиПФК, 1965, 10, вып. 3, 200—206.

Предложен метод сенситометрии, позволяющий определять светочувствительность слоя полимера с точностью от 10 до 20%. Метод характеризуется следующими особенностями: слой достаточной толщины наносится на кварцевую пластинку, пропускающую УФ-лучи; экспонирование производится через подложку (кварц); измеряются толщины всех полей сенситограммы, и строится полная характеристическая кривая полимера в координатах, толщина слоя —  $\lg H$ . Обсуждены особенности образования рельефа светочувствительных полимеров.

В. Б.

771.534.531 : 778.317

**Определение физических параметров микрообъектов по распределению оптических плотностей на электронных фотографиях**, Ю. А. Трохин, ЖНиПФК, 1965, 10, вып. 3, 182—185.

Отмечено, что метод количественной электронной микроскопии позволяет определить толщину, вес, массу на единице площади, плотность и химический состав микрообъектов. Описан метод, позволяющий определить массу и плотность микрообъектов по характеру рассеяния ими электронов в электронном микроскопе. Дано описание аппаратуры и приспособлений для регистрации контраста электромикроскопического изображения фотографическим способом. Изложен метод математической обработки результатов.

В. Б.

## Кинопленка и ее фотографическая обработка

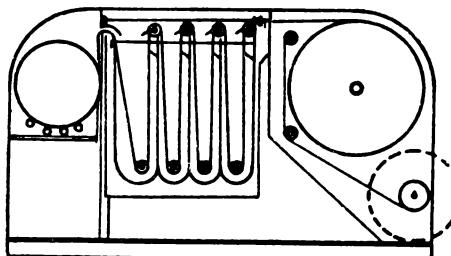
534.441

**Цветная фотографическая запись осциллограмм и их обработка**, Ф. А. Ромерой, К. Л. Рислей, Г. Д. ж. Фассбендер, Photogr. Sci. and Eng., 1964, 8, № 5, 296—298.

При осциллографической фотозаписи происходит непрерывная запись с помощью луча света, отраженно-

го от зеркала гальванометра. В тех случаях, когда отдельные записи взаимно перекрываются, их использование затрудняется. Для устранения этого можно производить запись соседних следов в контрастирующих цветах, используя цветную двухцветную бумагу, применяя соответствующие светофильтры.

Экспонирование цветовыми лучами производится с помощью рамки с фильтрами. Свет с постоянной



интенсивностью проходит через фильтр и не понижается при двойной фильтрации. Калибровка следа сигналов производится в нефильтрованном свете и не вызывает трудностей.

На рисунке приведена схема прибора для обработки черно-белой фоторегистрирующей бумаги. Обработка осциллографических записей осуществляется в приборе, состоящем из отделений без применения промывки. Время обработки менее 2 мин при 38° С. Обработанная бумага должна иметь низкую вуаль даже в тех случаях, когда сушка производится при 150° С. Запись изображения должна быть весьма стабильной. Операции обработки цветной фоторегистрирующей бумаги следующие: проявитель, останавливающая ванна, отбеливание, стабилизация.

Проявитель содержит обычное проявляющее вещество — производное парафенилендиамина; pH проявителя 11,0. Проявитель должен иметь очень небольшой индукционный период и давать высокие плотности изображения по отношению к вуали. Приведены сенситометрические характеристики процесса.

В. А.

77.021.174

**Предложения по нормализации перфораций 35-мм пленки, основанные на анализе механических напряжений, Документ BNIC. Французские материалы по конгрессу ISO, 1964 г.**

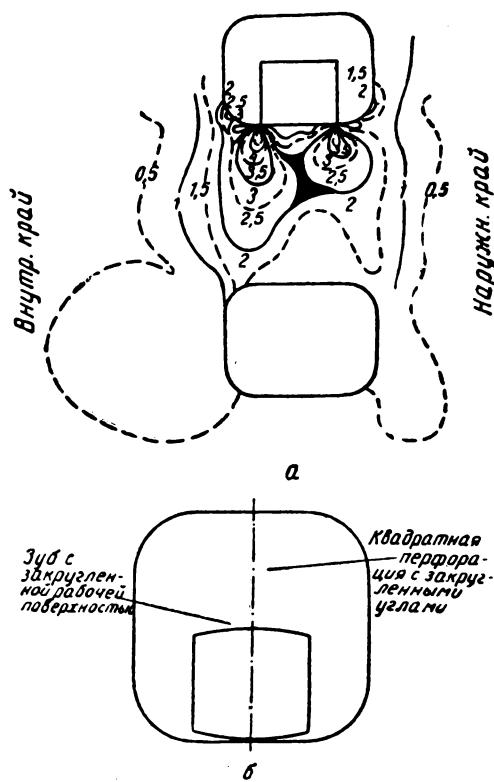
Исследование повреждений фильмокопий, произведенное Комиссией технического контроля французских кинотеатров (CST), показало, что приблизительно в 60% случаев причиной выхода копий из строя являются чрезмерные напряжения, возникающие при воздействии зубцов скакового барабана на перфорационные отверстия.

Было проведено экспериментальное исследование вопроса о выборе оптимальной формы зубцов барабана и формы перфорационного отверстия. Для исследования изготавливались макеты «фильмокопий» из эпоксидной смолы в масштабе 5 : 1, которые изучались в поляризованном свете с фотографированием на цветную пленку.

На рис. а для примера показано распределение напряжений в основе, построенное на базе изохром для фильма с позитивной перфорацией, протягиваемого барабаном с зубцами нормальной ширины.

Изучение напряжений при помощи измерительного микроскопа позволило установить следующее.

А. По поводу контакта зубца с краем перфорации. Отмечается очень высокая концентрация напряжений у краев зубца. В общем случае по формуле Тимошенко при бесконечной жесткости зубца величина этих напряжений должна быть бесконечно большой; в действительности происходит своего рода приспособление, но величина напряжений остается очень значительной. Теоретический анализ напряжений чрезвычайно сложен; можно лишь констатировать, что



величины напряжений увеличиваются с уменьшением ширины зубца. Средством устранения этих напряжений является применение зубца с криволинейной поверхностью с очень большим радиусом. Величина этого радиуса должна составлять 10-кратную ширину зубца — это соотношение взято из опыта других отраслей промышленности.

Б. По поводу формы перфорационного отверстия. Отмечаются значительные усилия у нижних закругленных углов.

Опыты производились для трех случаев: позитивная перфорация, нормальный зубец, расположенный на оси отверстия; позитивная перфорация, зубец уменьшенной ширины, смещенный по направлению к внешнему краю фильма; уменьшенное перфорационное отверстие, суженный зубец, расположенный на оси отверстия.

В первом случае напряжения у углов перфорации почти одинаковы, наблюдается некоторое их уменьшение с внешней стороны, что обвязано большей упругостью основы с этой стороны. Во втором случае наблюдается обратная картина, связанная с тем, что зубец смещен по направлению к краю фильма.

В третьем случае наблюдается значительное повышение напряжения с внутренней стороны отверстия; это повышение связано с тем, что зубец оказывается ближе к краю отверстия и что радиус закругления угла отверстия меньше.

Существенным выводом из этого исследования является то, что решающее значение имеет точное расположение зубца на оси перфорационного отверстия.

В заключение указывается, что из рассмотрения всего вопроса могут быть сделаны выводы:

1. Выгодно добиваться максимально возможного удаления краев зубца от закругленных углов перфорационного отверстия. В этом случае практически наблюданное смещение зубца с оси отверстия скажется в наименьшей степени. С этой точки зрения наилучшим решением является использование позитивной перфорации и зубцов уменьшенной ширины, расположенных на оси отверстий.

2. Следует рекомендовать использование максимально возможного радиуса закруглений углов перфораций. Наихудшим решением является использование перфорационных отверстий малого размера, что вытекает также и из п. 1.

3. Из исследований вытекает, что наилучшей формой перфораций является круглая — такая же, какая была предложена братьями Люмьер еще в 1895 г.; в этом случае барабан имеет круглые зубцы. В свое время пришло от этой схемы отказаться вследствие большой усадки нитроцеллюлозной основы, однако сейчас, когда применяется триацетатная основа с малой усадкой, можно было бы к круглым перфорационным отверстиям вернуться.

4. Возврат к круглым отверстиям был бы весьма затруднен, поэтому можно рекомендовать рациональное решение, схема которого показана на рис. б.

Здесь перфорационные отверстия — квадратной формы с высотой, такой же, какая используется у современной позитивной перфорации; закругления углов имеют такие же радиусы, как у этой последней перфорации.

Зубцы барабана имеют уменьшенные размеры, рабочая поверхность зубца закруглена, ее радиус кривизны  $R$  равен  $10 l$ , где  $l$  — ширина зубца.

В. П.

771.531.352.3

**Новая 16-мм цветная контратипная кинопленка,**  
А. Ф. С. Хёрст, British Kinematography, 1965, 46,  
№ 4, 105, 108—111.

Новая обратимая цветная 16-мм контратипная пленка «Кодахром» типа 7387 обладает рядом преимуществ перед существующей аналогичной пленкой типа 5269. В частности, у нее более мелкое зерно, лучшее разрешение и цветовоспроизведение, особенно в зеленой и красной зоне, а чувствительность ее почти вдвое выше. При получении позитива на новой пленке через контратип 7270 воспроизведение оказывается лучшим, чем на пленке 5269. Это важно при печати большого числа копий.

Пленка имеет обычное строение. Верхний синечувствительный слой с желтым красителем защищен слоем желатины. Желтый фильтровый слой отделяет его от среднего зеленочувствительного слоя с пурпурным красителем. Нижний красночувствительный слой (сине-зеленый) отделен от среднего слоем желатины. Безопасная основа имеет противоореольное покрытие. Приведены характеристические кривые пленки.

Кривые спектральной чувствительности показывают более высокую чувствительность по синей и зеленой зоне, а также смещение пика по красной с 690  $\text{нм}$  на 670  $\text{нм}$  по сравнению с пленкой 5269. Это весьма важно, так как для этой длины волны кривые спектральной чувствительности негативных пленок «Эктахром» и «Кодахром II» совпадают (при длине волны 690  $\text{нм}$  они существенно расходятся).

Качество фонограммы на новой пленке также несколько выше. Плотность фонограммы в двух верхних слоях на новой пленке выше, чем в трех на пленке типа 5269. Печать фонограммы производится под фильтром «Раттен-42» или 38A. Частотная характеристика у новой пленки имеет спад на частоте 8000  $\text{гц}$  примерно 10  $\text{дБ}$  против 16—17  $\text{дБ}$  на пленке типа 5269.

Новый процесс RCP-2 обработки пленки существенно отличается от RCP-1 для типа 5269. Раздельная обработка фонограммы аналогична прежней, но несколько повышена надежность нанесения растворов.

Е. Н.

771

**Сообщение с Лейпцигской ярмарки 1965 г.** Bild und Ton, 1965, 18, № 5, 149—150.

Приведены краткие сведения о фотографических материалах ORWO: 1) обращаемая цветная пленка UT-21, очень высокой (рекордной) чувствительности в сочетании с высокой резкостью и бриллиантностью цветов; выпускается 35-мм и роликовая 6 см; 2) негативная «NC17 Mask» для съемки при дневном и искусственном освещении без применения светофильтра (отклонения, связанные с использованием дневного или искусственного освещения, компенсируются при печати) содержит цветные окрашенные компоненты: в зеленочувствительном слое — желтую, в красночувствительном — оранжевую; выпускается размером 6 × 9 см, как роликовая, а также плоская; 3) обращаемая цветная узкая UK-18 с чувствительностью, увеличенной на 4DIN, по сравнению с прежней пленкой мелкозернистая, с хорошей цветопередачей деталей; выпускается шириной 16; 9,5 и 8 мм; 4) бумага цветная СР-6, специально предназначенная для маскированных негативов; при применении с немаскированными требуется большая коррекция светофильтрами; 5) универсальная пленка для телевидения UP-52, преимущество ее состоит в том, что она может применяться как негативная и с обращением; чувствительность 27DIN; 6) дубль-фильм DC-2 — цветная обратимая пленка для получения контратипов с оригинальных кинонегативов; позволяет получить более резкие и с лучшим цветовоспроизведением изображения, чем при обычном процессе с изготовлением промежуточного позитива, выпускается шириной 35, 32 и 16 мм; 7) астрономические специальные пластины ZP3 различных форматов от 6,5 × 9 см до 30 × 30 см, панхроматические, 22DIN (в четыре раза чувствительнее прежних), с очень незначительным эффектом Шварцшильда; 8) рентгеновские пленки с повышенной в четыре раза чувствительностью.

В. А.

772.93 : 777

**Фотоэлектрохимический способ получения биметаллических изображений и печатных офсетных форм,**  
В. И. Гинзбург, ЖНиПФК, 1965, 10, вып. 3, 174—178.

Дано описание фотоэлектрохимического способа получения видимого изображения «металлическая медь — окись меди» с последующим превращением видимого изображения в биметаллическую офсетную печатную форму «меди — никель».

В. В.

# БИБЛИОГРАФИЯ



## КНИГА ОБ ОСНОВАХ КИНОТЕХНИКИ

За последние годы в Советском Союзе появился ряд обстоятельных работ по различным вопросам кинотехники. К этим работам можно отнести книги по фотографической и магнитной записи звука, киносъемочной, кинокопировальной, проявлочной, кинопрекционной аппаратуре, оптике и светотехнике, системам кинематографа, технологиям киносъемочных процессов и специальным вопросам использования и применения кинотехники в различных областях науки и техники.

В то же время еще не было в СССР работы, в которой полно и всесторонне излагались бы основы кинотехники. Новая книга Е. М. Голдовского «Основы кинотехники»<sup>1</sup>, в которой изложены теоретические основы кинотехники и рассматриваются технические средства кинематографа, восполняет этот пробел.

Книга представляет собой весьма ценное пособие для специалистов кинотехники, работников киноискусства и кинолюбителей, а также для специалистов, применяющих кинотехнические процессы в смежных отраслях науки.

В книге отражены и систематизированы результаты научно-исследовательских работ, проведенных автором за последние годы.

Сложных расчетов в книге нет, а рассмотрение ряда вопросов преподано в форме, доступной для весьма широкого круга читателей — от инженеров и техников до лиц, имеющих образование в объеме средней школы; такое изложение материала не сказалось отрицательно на научной ценности работы.

Книга состоит из двух частей: «Кинотехнические процессы» и «Кинематографические системы».

В первой части восемь глав, в которых изложены методы фиксации и воспроизведения изображения и звука в кинотехнике и основы процессов киносъемки, записи и воспроизведения звука, кинопроекции, печати на кинопленке, цветного кинематографа, производства кинокартин и демонстрирования кинофильмов.

Во второй части шесть глав; здесь описываются различные системы кинематографа: обычного, панорамного, широкоэкранного, широкоформатного, стереоскопического, а также киноаттракционы.

В отдельных главах изложен ряд проблем, которые должны быть разрешены в ближайшее время, и намечены пути дальнейшего развития технических средств кинематографа.

В краткой рецензии нет возможности детально разобрать все четырнадцать глав книги; здесь нам

кажется целесообразным подробно остановиться на вопросах, представляющих наибольший интерес.

Весьма ценным в книге является изложение не только основ современных кинотехнических процессов, но и раскрытие дальнейших тенденций развития кинотехники (к сожалению, в ряде глав книги последнее не нашло своего полного отражения). Так, например, в главе VIII при описании способов проекции с импульсными источниками света (стр. 174) автор, положительно оценивая использование импульсных калиллярных ламп, обеспечивающих световой поток в проекторе в несколько раз больше, чем при применении источников света непрерывного горения, делает вывод о том, что использование импульсных ламп — это будущее техники кинопроекции.

В то же время, сравнивая принципы бескадрового метода с принципами электронной записи изображения, автор, перечисляя преимущества и недостатки бескадрового метода и отмечая, что в настоящее время подобные способы записи сигналов находятся еще в стадии разработки (стр. 25), не только не делает выводов о целесообразности их дальнейшего развития, но даже не указывает сферы применения этих методов при устранении отмеченных недостатков путем использования фотопроводящих термопластических материалов.

Подобные несоответствия при изложении и некоторых других вопросов современного развития кинотехники встречаются и в других главах книги.

Практический интерес представляют приведенные в книге параметры и характеристики технических средств различных видов кинематографа. Например, на основе характеристик применяемых при производстве фильмов кинопленок (табл. IX-3, стр. 384) можно не только разобраться в схеме строения, например, цветной многослойной пленки, но и выбрать нужную кинопленку для конкретного случая.

Большое внимание в работе удалено психофизиологическим исследованиям восприятия киноизображений.

В этой связи необходимо особо остановиться на вопросе природы кинематографических явлений.

Надо сказать, что в настоящее время нет полноценной теории восприятия киноизображений. И хотя в книге приводится ряд положений, объясняющих до некоторой степени природу такого восприятия, однако они основываются только на уже известных материалах, а не на результатах специальных экспериментальных исследований; на это справедливо указывает сам автор (стр. 28).

<sup>1</sup> Е. М. Голдовский. Основы кинотехники, М., «Искусство», 1965, 635 стр., тираж 8000 экз.

Что же касается справедливости приведенных положений, то даже с учетом оговорок автора наибольшее сомнение вызывает первое положение, в котором утверждается, что «зрительное восприятие движения на экране не отличается от того, что и при наблюдении реальных предметов» (стр. 28), поскольку известно, что на экране зритель видит не сам объект, а только его изображение, а для правильного восприятия этих изображений от зрителя требуется определенный навык. Надо помнить, что при воспроизведении изображений на экране на глаз человека действуют не сами объекты, а их изображения. Это одно из существенных отличительных условий восприятия объектов на экране по сравнению с восприятием их в натуре.

Следовательно, восприятие объектов зависит не только от определенного устройства зрительного аппарата человека.

Автор и сам подчеркивает (стр. 28), что решающее значение в объяснении природы кинематографического эффекта имеет глаз как живой организм, а не просто оптический прибор, и что зрительный процесс непосредственно связан с работой человеческого мозга.

Вот почему только с учетом результатов исследования сходства и различия восприятия объектов природы и их изображений на экране можно правильно установить и наметить пути дальнейшего совершенствования технических средств обычного кинематографа и создания новых его видов, которые позволили бы воспринимать киноизображение с большой естественностью и реалистичностью. Поэтому при воспроизведении изображений на экране следует не просто копировать естественные условия восприятия объектов природы, а учитывать специфику их восприятия на экране. В связи с этим вряд ли можно согласиться с автором в том, что, как он утверждает, зрительное восприятие движения на экране не отличается от восприятия при наблюдении реальных предметов, и этим, в частности, обосновывать природу восприятия киноизображений.

К решению вопросов о психофизиологических исследованиях восприятия киноизображений, раскрытию природы кинематографических явлений и созданию на этой основе полноценной теории восприятия кинематографических движений должно быть привлечено внимание исследователей и ученых, так как только на основе результатов этих специальных исследований можно правильно объяснить все явления, сопутствующие обоснованию природы кинематографического эффекта. Отсюда и так называемый «эффект участия» надо рассматривать не как действительно какой-то особый эффект (например, когда зритель отклоняется в сторону при резком повороте съемочного аппарата), а как элемент усиления естественности восприятия киноизображения (стр. 62 и др.).

Есть в книге неудачные выражения при описании природы восприятия киноизображений: «кинематографическое движение», «кинематографическое восприятие» (стр. 28) и др.

Большое место (и вполне оправданно) отведено в книге автоматизации процесса изготовления фильмокопий, проведения киносеансов и других процессов производства и показа кинофильмов.

Автор правильно указывает, что в первую очередь работы по автоматизации кинопоказа начались с автоматизации подачи углей в дуговой лампе, перехода с поста на пост и др. Для обеспечения в дальнейшем работ по осуществлению полной автоматиза-

ции всего процесса кинопоказа параллельно этим работам, указывается далее, необходимо принципиальное изменение системы протягивания фильма в кинопроекционных аппаратах, создание новых скаковых механизмов для проекторов с увеличенным коэффициентом рациональности и т. п.

Можно было бы только сделать упрек автору: работы лаборатории электроники НИКФИ, занимающейся в течение ряда лет автоматизацией кинопоказа и добившейся определенных положительных результатов в этом направлении (они уже реализованы в московском кинотеатре «Ленинград»), недостаточно отражены в книге; не упоминаются работы лаборатории кинопроекционной техники НИКФИ по разработке и внедрению кассеты без перемотки, а также другие работы института.

В то же время некоторые разделы изложены слишком подробно. Например, без ущерба для научной ценности работы раздел книги, посвященный киносъемочным объективам, их характеристикам, масштабу изображения при киносъемке и пр. (стр. 47—73), можно было бы несколько сократить, а за счет этого несколько расширить описание и сферу применения объективов с переменным фокусным расстоянием, которые освещены в книге (стр. 53) очень скучно.

Не менее подробно изложены принципы магнитной записи звука (стр. 111—124), и в то же время недостаточно удалено внимания многоканальной записи.

Подобные примеры можно было бы привести и по другим разделам книги.

В главе XIII (стр. 564—594), посвященной стереоскопическому кинематографу, изложены различные системы и технические средства этого вида кинематографа. Достаточно подробно автор знакомит читателя с основами стереоскопического кинематографа, в том числе и с историей развития различных его систем.

Наряду с отдельными погрешностями, допущенными автором при изложении некоторых систем стереоскопического кинематографа: «ритм» вместо «шага» (стр. 577); «световые пластины» (стр. 580, без оговорки на условность такой терминологии), вряд ли удачным является также отнесение стереоскопа к наиболее простым разделительным устройствам (стр. 570); имеются неточности в рисунках: XIII—28 (стр. 578), XIII—31 (стр. 579) и в таблице XIII—1 (стр. 584) и др. Наиболее же существенным недостатком является неакцентирование внимания на преимуществах и недостатках отдельных систем стереоскопического кинематографа, чрезмерная лаконичность изложения отдельных систем, отсутствие описания ряда систем и — самое главное — отсутствие изложения современных тенденций развития технических средств и некоторых систем стереоскопического кинематографа, тогда как техника широкоформатного кинематографа раскрывает широкие возможности для их осуществления.

В книге есть неудачные выражения и неточности.

Так, на стр. 367 автор, принимая разрешающую способность глаза около 1', после ряда подсчетов приходит к выводу, что для определенного конкретного случая четкость позитивного изображения фильмокопии изменяется на практике от 80 до 95% той, которую зритель воспринимает при наблюдении реальных объектов. С этими выводами вряд ли можно согласиться. По данным С. Кравкова («Глаз и его

работа», М.—Л., изд. АН СССР, 1950), разрешающая способность глаза значительно выше.

На стр. 218 и далее при описании принципов цветного кинематографа автор ссылается на теорию трехцветного зрения. Следовало бы здесь хотя бы упомянуть и о двухцветной теории зрения Э. Лэнда.

Нельзя полностью согласиться с автором (стр. 300 и др.) в освещении вопроса природы ощущения эффекта глубины и пространства за счет периферического зрения, которое, конечно, помогает ощущать эффект глубины и пространства, однако не является единственной причиной усиления объемности.

Как известно, в естественных условиях мы почти всегда воспринимаем объекты натуры, пространство широким углом зрения, в результате чего нагрузка на зрительный анализатор распределяется равномерно или — в некоторых случаях — попеременно на разные его участки. При этом надо также учитывать участие других органов чувств и всего организма в этом процессе. Следовательно, сложным приемником зрительных возбуждений, которые поступают из внешнего мира, является вся совокупность разнолабильных аппаратов центра и периферии сетчатки и их проекция в коре головного мозга. Если же преимущественная нагрузка будет падать только на центральный макулярный аппарат (как, например, при наблюдении обычных фильмов с малыми угловыми размерами изображений), то нормальный баланс возбуждения и торможения в зрительном анализаторе (в коре головного мозга) может быть нарушен и появится утомление и снижение зрительных функций.

Таким образом, для увеличения естественности восприятия киноизображений совершенно необходимо увеличить угловые размеры киноизображения.

В некоторых случаях, когда тот или иной объект изображения, перемещаясь по экрану, скрывается где-то сбоку за пределами ясного видения (пусть даже в виде промелькнувшей тени), этого бывает достаточно зрителю, чтобы ощутить естественность воспроизведенного изображения. Наоборот, при незначительных угловых размерах изображения восприятие естественности снижается. Если основное

действие фильма сосредоточено только в пределах определенного центрального угла, то и в этом случае боковые части изображения будут усиливать естественность указанной центральной части изображения.

Все эти положения относятся и к уточнениям явления усталости (стр. 290 и др.) при просмотре киноизображений.

На стр. 289 дано определение кинодемонстрирования как проекции на экран изображений кадров фильма, сопровождаемых воспроизведением фонограммы. Ну, а если фильм немой?

На стр. 94 дан заголовок: «Динамический диапазон фотографической фонограммы», а на стр. 101 — снова тот же заголовок.

На стр. 250 говорится о возможности получения копий с негатива как на многослойную цветную позитивную пленку, так и по гидротипному способу. А почему употребляется гидротипный способ при наличии многослойной цветной пленки, не объяснено.

Имеются и другие погрешности, однако они не умаляют ценности книги.

В целом книга Е. М. Голдовского «Основы кинотехники», представляющая значительный интерес, найдет большое распространение среди широкого круга читателей.

Заслуживают внимания помещенные в конце книги некоторые встречающиеся в тексте определения и величины.

Следует, к сожалению, отметить (это упрек в первую очередь, в адрес издательства «Искусство»), что в книге нет ни одной цветной иллюстрации. Это обедняет, в частности, раздел о многослойных цветных пленках.

В конце книги приведен перечень основных книг по различным разделам кинотехники, вышедших в СССР начиная с 1950 г. Пожалуй, более целесообразно было бы поместить список использованной литературы в конце каждой главы книги.

В заключение хочется сказать, что издательство «Искусство» создало работу, в которой полно и всесторонне изложены основы кинотехники.

**Б. Т. И ВАНОВ**

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ

*Хроника*

## РАССМОТРЕНИЕ ВОПРОСА О ВЫБОРЕ СИСТЕМЫ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ НА СОВЕЩАНИИ МККР

С 25 марта по 7 апреля 1965 г. в Вене проходило промежуточное совещание XI Исследовательской комиссии Международного консультативного комитета по радио (МККР). В числе многих проблем, рассмотренных на этом заседании, в повестке дня был вопрос о выборе системы цветного телевидения для применения в Европейской зоне радиовещания и в других странах, использующих один из телевизионных стандартов 625 строк 25 кадров<sup>1</sup>.

Вопрос о системе цветного телевидения включен в число изучаемых МККР проблем уже много лет назад. Однако только в 1963 г. было высказано мнение о том, что настало время для его решений. Тогда же был принят отчет № 309, призывающий страны усилить работы в области цветного телевидения и представить в МККР материалы по системам NTSC и SECAM и их возможным вариантам.

Последующий период 1963 г. и особенно 1964 г. характеризовался значительным усилением исследовательских работ в области цветного телевидения, в том числе по испытанию трех известных систем цветного телевидения NTSC, SECAM и PAL. Эти работы, проводившиеся вначале в лабораторных условиях, были перенесены в реальные эксплуатационные условия на действующую телевизионную сеть. К исследованиям были привлечены не только отдельные организации и фирмы, но и такие международные организации, как ОИРТ (Международная организация радиовещания и телевидения) и УЕР (Европейский союз радиовещания).

В этот период проходил ряд международных конференций, на которых рассматривались предварительные результаты исследований и рекомендации о направлениях дальнейших работ. На этих конференциях высказывалось мнение, что к моменту совещания XI ИК МККР в Вене в марте — апреле 1965 г. будет достаточно данных, чтобы страны определили свои позиции по вопросу выбора системы цветного телевидения. Поэтому понятен всеобщий интерес, который вызвало совещание XI ИК МККР в Вене. Достаточно сказать, что в его работе участвовало более 260 делегатов от 45 стран и 26 различных вещательных организаций, компаний и фирм.

<sup>1</sup> Основное отличие между телевизионными стандартами 625 строк заключается в разносе между несущими частотами передатчиков изображения и звукового сопровождения (6,5; 6 и 5,5 Мгц) и соответственно разными полосами видеоканала (6; 5,5 и 5 Мгц).

Половина представленных делегациями документов была посвящена цветному телевидению.

На конференции была проведена широкая дискуссия по техническим параметрам рассматриваемых трех систем цветного телевидения. Обсуждались результаты проведенных в ряде стран исследований систем цветного телевидения, изложенные в представленных на совещании документах этих стран.

Итоги рассмотрения вопроса цветного телевидения отражены в подготовленном и принятом на конференции отчете (документ XI/117), основные положения которого (с учетом хода технической дискуссии) состоят в следующем.

1. Общее качество изображения: «Все три системы цветного телевидения способны давать цветное изображение удовлетворительной четкости и цвета в хороших условиях передачи и приема. Однако следует отметить, что общие допуски для достижения этих условий для разных систем различны. Существуют некоторые различия в цветовой четкости этих систем, несмотря на расхождения во мнениях относительно их значимости»<sup>1</sup>.

Под различной цветовой четкостью понимается известная особенность сигнала системы SECAM, при формировании которого происходит потеря вертикальной цветовой четкости, и системы PAL, в которой потеря вертикальной цветовой четкости происходит при воспроизведении изображения.

В то же время известно, что эта потеря информации, хорошо объясняемая теоретически, глазом на реально существующих изображениях не обнаруживается, так как цветовая разрешающая способность систем цветного телевидения по вертикали, даже после ее снижения, все равно остается еще значительно больше цветовой разрешающей способности по горизонтали. Это и послужило расхождением во мнениях относительно важности данного параметра.

Высказывалось мнение, что потеря вертикальной информации может оказаться при киносъемке цветового изображения с экрана кинескопа, но экспериментальных данных, подтверждающих это предположение, нет.

2. В отношении совместимости (заметности цветовой поднесущей на экранах черно-белых приемников)

<sup>1</sup> Здесь и далее в кавычках приведены формулировки из документа XI/117, если не сделана ссылка на другой документ.

отмечается, что вертикальная сетка, создаваемая на черно-белых изображениях сигналами цветности системы NTSC и PAL, имеет неподвижный характер, а SECAM — перемещающийся.

Лучшую совместимость в лабораторных условиях обеспечивает система NTSC, затем следуют PAL и SECAM; в реальных условиях приема это различие систем практически отсутствует. Так, «когда благодаря хаотическим шумам качество изображения колеблется между хорошим и довольно хорошим, совместимость трех систем практически одинакова».

Указывалось, что в случае необходимости улучшение совместимости может быть получено включением в приемник режекторного фильтра. В частности, делегаты ФРГ сообщали, что с 1966 г., независимо от того, какая система цветного телевидения будет принята, во всех выпускаемых у них черно-белых телевизорах будут устанавливать режекторный фильтр, настроенный на цветовую поднесущую, и кнопку для его отключения.

3. «Радиорелайные и кабельные линии связи для передачи цветных сигналов системы NTSC требуют использования очень высоких норм для характеристики дифференциального усиления и дифференциальной фазы. Значительно более низкие требования к характеристикам дифференциальной фазы линий связи можно предъявлять при передаче сигналов систем SECAM и PAL. Что касается дифференциального усиления, система SECAM имеет преимущество. Если происходит асимметричное искажение боковых полос в канале сигнала цветности во время передачи, система PAL имеет преимущества».

4. Чувствительность сигналов цветного телевидения к помехам рассматривалась как с точки зрения частотного планирования передающих станций, так и приема в реальных условиях.

Сигналы цветного телевидения чувствительны к помехам в виде незатухающих колебаний на частотах не только в области несущей частоты изображения (как в черно-белом телевидении), но и в полосе пропускания цветного канала.

«Имеется небольшое различие между восприимчивостью трех систем к помехам в виде незатухающих колебаний переменной частоты», но если стабильность частоты мешающего сигнала достаточна для использования метода смешения несущих частот, системы NTSC и PAL имеют преимущества. В то же время отмечается, что существующие «планы, принятые для черно-белого телевидения, считаются удовлетворительными для цветного телевидения» при использовании любой из трех систем.

При приеме в реальных условиях, особенно в гористой местности, могут быть повторные изображения. В этом случае «когда принятое изображение в среднем довольно хорошего качества, система PAL имеет небольшие преимущества. Это небольшое преимущество имеется и в системе SECAM при условии, что существует достаточная напряженность поля в точке приема».

Известно, что сигнал системы SECAM более чувствителен к шумам определенного уровня. Многочисленные исследования показали, что это наблюдается только для уровней шумов, при которых общее качество изображения оценивается как плохое или очень плохое, т. е. при уровнях шумов намного больших, чем по нормам для черно-белого телевидения. «При отношениях сигнал/помеха, соответствующих качеству изображения колеблющемуся между отлично

и плохо, чувствительность трех систем к хаотическим помехам по существу одинакова».

5. В отношении студийного оборудования «различие между цветными системами заключается в кодирующем устройстве, устройстве микширования и в видеозаписывающей аппаратуре. Что касается основного оборудования (состоящего из десяти распределительных усилителей, двух студийных смесителей и короткой коаксиальной или радиорелайной линии связи в несколько километров), то никаких затруднений не предвидится, поскольку распределительные усилители и короткие линии связи могут быть сделаны с высокой степенью точности. Затруднения, встречающиеся при использовании микшера с системой SECAM, могут быть преодолены за счет уменьшения полосы пропускания канала яркостного сигнала примерно до 3 МГц во время микширования. Эффект уменьшения полосы пропускания может быть частично компенсирован за счет использования методов повышения резкости границ». В то же время отмечается, что в системах NTSC и PAL требуется большая тщательность в построении и эксплуатации распределительной кабельной сети и коммутационно-микшерного устройства вследствие необходимости сохранения определенных фазовых соотношений цветовой поднесущей в месте коммутации и микширования сигналов.

По поводу возможностей записи сигналов цветного телевидения достигнуто единство мнений о том, что «магнитная запись сигналов системы SECAM не представляет никаких затруднений, поэтому хорошее качество может быть получено при использовании обычных видеомагнитофонов, предназначенных для черно-белого телевидения. Кроме того, качество изображения, получаемого при записи по системе SECAM, считается лучше, чем по системе PAL и NTSC».

Для записей сигналов системы NTSC требуется дополнительная аппаратура коррекции сигнала и регулировка механизма с большей точностью. Опыты с самыми последними образцами видеомагнитофонов показали, что «при хороших регулировках качество получаемых изображений обычно удовлетворительное. При записи сигналов системы PAL с помощью той же аппаратуры получаемое изображение лучше, чем в системе NTSC».

Отмечалось, что, несмотря на то, что по мере совершенствования оборудования трудности записи сигналов NTSC будут преодолеваться, различие в усилениях, требуемых для записи сигналов трех систем, всегда будет сохраняться. Особенно это будет относиться к созданию портативных видеомагнитофонов.

6. Рассматривался вопрос о сравнительных стоимостих и эксплуатационных качествах телевизионных приемников. Разница в стоимости приемников трех систем невелика и лежит в пределах нескольких процентов. Были рассмотрены данные, представленные Францией, Италией, Голландией, ФРГ и Англией. По этим данным, удорожание приемника PAL колеблется от +3,5 до +5,7%, а приемника SECAM — от -0,35 до +5%. Считается общепризнанным, что наиболее дорогим является приемник системы PAL из-за наличия прецизионной линии задержки и большего числа деталей в блоке цветности.

Представители Франции привели данные о разработке нового приемника, в котором сигнал яркости и цветности усиливается одновременно в одном канале, а разделение сигналов выполняется на большом уровне. Благодаря этому число ламп в блоке цветно-

сти сократилось почти в два раза, а стоимость приемника SECAM стала дешевле на 0,35% по сравнению с приемником NTSC.

В отношении удобства эксплуатации приемников отмечается, что «в приемниках систем NTSC и PAL имеются и необходимы регулировки цветового тона и насыщенности цвета. В приемниках системы SECAM с линией задержки необходима регулировка насыщенности цвета. В приемниках системы SECAM эти регулировки не нужны, но по желанию они могут быть сделаны».

В вопросе о допустимости и необходимости наличия в телевизоре оперативных органов регулировки цветового тона и насыщенности цвета единого мнения нет. В частности, высказывалось мнение о том, что если эти регулировки могут быть при необходимости отключены и после этого цветопередача не будет зависеть от настройки и работы приемника, то их можно считать допустимыми. Если эти регулировки необходимы по техническим причинам и без них нельзя правильно отрегулировать изображение, то наличие таких регулировок нежелательно.

Отмечалось, что насыщенность в приемниках NTSC и PAL может поддерживаться постоянно путем введения специальной схемы АРУ в канал цветности, а также что возможность регулировки зрителем насыщенности цвета может оказаться полезной. В то же время необходимость наличия оперативного органа управления цветовым тоном в приемнике NTSC большинством рассматривается как существенный недостаток системы. При этом отмечалось, что регулятором цветового тона в приемнике системы NTSC невозможно исправить цвет, искаженный из-за дифференциально-фазовых искажений в тракте передачи.

7. При обмене программами цветного телевидения между странами, имеющими стандарт 625 строк и разные полосы видеочастот (6; 5,5 и 5 МГц), путем прямых передач или записей на магнитную ленту серьезных проблем не возникает, независимо от того, какая из систем цветного телевидения используется. Но «особая проблема возникает при обмене программами у стран, использующих стандарты на 525 строк и 625 строк. Прямое радиовещание без обработки сигналов по одному стандарту для приема теми приемниками, которые рассчитаны на другой стандарт, не рассматривается. Во всех случаях для обмена программами необходимо преобразование радиовещательной организацией принятого сигнала с целью его приспособления для радиовещания по национальной сети. Такое преобразование требует специального электронного оборудования».

\* \* \*

Обсуждение технических параметров систем и ход подготовки итогового документа совещания показали, что система NTSC не находит поддержки среди большинства делегаций стран, имеющих стандарт 625 строк, и могут рассматриваться только две возможные системы цветного телевидения — SECAM и PAL.

Опрос показал, что среди стран, использующих стандарт 625 строк, в пользу системы NTSC ответили 3 делегации, в том числе 2 из Европейской зоны вещания (Англия и Голландия), PAL — 11 делегаций, в том числе 10 из Европейской зоны вещания и в пользу SECAM — 24 делегации, в том числе 16 из Европейской зоны вещания, 5 делегаций воздержались от высказывания, 3 делегации, в странах которых используется стандарт 525 строк (США, Япония и Канада), сообщили, что у них уже давно выбрана система NTSC и изменить ее они не видят оснований.

Характерно, что 9 из 11 делегаций, выступивших в конечном счете за систему PAL, вначале колебались и рассматривали как возможную систему NTSC.

Делегация СССР указывала, что рассматривает систему SECAM как основу для единой системы цветного телевидения.

Можно сказать, что отсутствие поддержки системы NTSC со стороны большинства делегаций было обусловлено ее техническими параметрами. В то же время на распределение сторонников между системами SECAM и PAL влияли не только технические факторы, так как некоторые делегации рассматривали систему PAL как компромиссное решение.

Официальные заявления делегаций о позициях их стран в вопросе выбора системы цветного телевидения были сделаны впервые. До этого времени абсолютное большинство стран не высказывалось о своей позиции по этому вопросу.

Несмотря на то, что на прошедшем заседании XI ИК МКР не было достигнуто единого мнения о выборе системы цветного телевидения, позиции стран и мотивы этих позиций стали более ясны. Нашли международное признание отдельные положительные качества некоторых систем цветного телевидения. Более четко были определены недостатки этих систем. Все это должно сыграть положительную роль в последующем решении вопроса о выборе системы цветного телевидения.

А. М. ВАРБАНСКИЙ  
Главный инженер  
главного радиоуправления  
Министерства связи СССР

## CONTENTS

### *Science and Technology*

**Colour TV System SECAM.** I. N. Denissenko, I. P. Zakharov, M. D. Lebedeva . . . . .

Main construction principles are considered, involved in a colour television system SECAM. Its parameters and the block scheme are given for coder and decoder devices.

**SECAM Color TV Receiver.** R. G. Britanishsky, A. M. Nepomnyashy, L. M. Streikov, M. N. Shifrin . . . . .

The functional scheme is shown of the chrominance block of SECAM color television receiver. Construction features are considered in separate sections of the scheme. Operation of signal switch circuits and identification scheme is described. Comparison is given of NTSC and SECAM receivers by technical-economic indices.

**About Observations of an Active Part of Electronic Beam in Tubes with Charge Accumulation.** Ya. A. Riftin, L. L. Polosin . . . . .

Results of an experiment are given which allows to observe the active part of a reproducing electronic beam in a tube with energy accumulation.

**Correction in a Video Amplifier.** V. Ye. Kat'yukhin . . . . .

Ways are studied to heighten correction efficiency with frequency-dependent feedback over the cathode circuit. One of given schemes is analyzed in detail. Comparative characteristics of a circuit are given.

**Determination of Information Data of Contour Images.** Yu. P. Kulikovsky . . . . .

A method is suggested to define information capacity, complexity and regularity of circuits. It is shown that information capacity is independent of the contents of the final image. From the information evaluation we judge about the optimum image reproduction scale. The present approach is illustrated with examples.

**TV Microscopy in Biology.** B. L. Kozlov

Some problems of television technique applications are studied for biologic microstructure research in the visual and ultraviolet spectral regions. Television systems of various types are compared from the standpoint of providing maximum sensitivity. A brief technical outline is given of an experimental television flying-spot microscope.

**A New Motion-Picture Camera Viewfinder.** L. G. Goldstein . . . . .

Some possible viewfinder designs for motion-picture cameras are shown using fibre optics. A brief description is given of an experimental sample of a flexible viewing device as developed and built at the Lenfilm Studio.

**Relationships between Vision Characteristics.** V. V. Novopashin . . . . .

The article generalizes the results of experimental investigations into the relations between vision characteristics according to

a range of Soviet and foreign authors; their approximation formulas are given.

**Graph-Analytical Procedure of Calculation of Film Pull-Through Sprockets.**

1 G. Yu. Prosvirnin . . . . . 44

A graph-analytical method is suggested to calculate pull-through sprockets by means of nomograms. Methods are viewed and the main parameter definition table is given for sprockets with evolvent profile of tooth.

**Formula Calculation for an Emulsion by Its Characteristic Area.** I. M. Kilinsky 54

The characteristic area of an emulsion is described. Formulas are derived for the calculation of the initial emulsion solution compositions according to a predetermined area.

**Composition of Film Studio Lighting Equipment Stocks.** V. G. Pell, A. N. Lazareva 57

The motion-picture photography lighting techniques at the film studios of the Soviet Union are at a highly developed level. This is due to efforts undertaken regularly and since long by NIKFI, by lighting laboratories of the major Soviet film studios and at plants manufacturing equipment, light sources and Fresnel lenses.

The present paper views the modern stocks in lighting instruments at the film studios and some of their trends.

**About Possible Technical-Economical Efficiency Indices of Motion-Picture Projectors with Various Light Sources.** T. V. Derbisher . . . . . 60

The author tries to evaluate the technical-economical efficiency of lighting systems accommodating various light sources. The merits of illuminants with xenon lamps are outlined from the viewpoint of technical-economical efficiency.

### *From Production Experience*

**Some Reasons of Image Non-Coincidence in the Imbibition Positive.** A. G. Shmakov 63

**At the TV Stations**

**Compensation of a Decrease in Damping Pulses.** V. Andreev . . . . . 66

\* \* \*

**Image on Reversible Motion-Picture Films.** Ye. A. Yofis . . . . . 68

### *Foreign Technique*

**Receiver Tubes for Colour TV.** A. P. Angaforov . . . . .

Data are cited for the main receiver tube types for colour television produced and developed abroad at present. The principal peculiarities, merits and drawbacks as well as improvement perspectives of these tubes are outlined.

**Abstracts . . . . .** 81

### *Bibliography*

**Book on the Basis of Motion-Picture Technique.** B. T. Ivanov . . . . . 88

**Scientific and Technological News .** 91

# „Elektrim”



## ТЕЛЕВИЗИОННАЯ АППАРАТУРА

для

- ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ЦЕНТРОВ
- РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ СТАНЦИЙ
- АВТОМОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ УСТАНОВОК

## АППАРАТУРА СОДЕРЖИТ:

- Камерный канал на суперортиконе ТКС-0011
- Видеомикшер МХ-0091
- Синхрогенератор GS-0081
- Контрольный монитор с осциллографом МК-1481
- Студийный монитор MS-1701
- Генератор электронных тестов GT-0001
- Моноскопный генератор МТ-0091
- Линейный усилитель WL-0011
- Распределительные усилители, соединительные и сигнализирующие устройства

## ТЕЛЕВИЗИОННАЯ АППАРАТУРА ВКЛЮЧАЕТ ТАКЖЕ:

- Оборудование промышленной телевизионной установки UTU-002 с видиконными камерами на транзисторах

Warszawa, Czackiego, 15/17, Польша

Подробная информация — в Бюро торгового представника — Москва, ул. Мархлевского, 9

Телетайп: 81-347. Почт. ящик: 638

Импорт в СССР осуществляется в соответствии с законом о монополии внешней торговли

Ф И Р М А

# Kodak

имеет целый ряд фотопленок высокого качества для кинематографии и телевидения

В том числе:

ДЛЯ КИНО

**ЦВЕТНЫЕ**

«Истмен», цветная негативная кинопленка (5251)  
«Истмен», цветная позитивная кинопленка (5385)  
«Истмен», цветная промежуточная кинопленка (5253)

**ЧЕРНО-БЕЛЫЕ**

«Истмен», Дубль-Х, панхроматическая негативная кинопленка (5222)  
«Истмен», мелкозернистая позитивная кинопленка (5302)

Сведения о материалах для записи звука и для изготовления  
дубльнегатива или дубльпозитива высылаем по запросу

ДЛЯ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

«Истмен», Дубль-Х, панхроматическая негативная кинопленка (5222)  
«Истмен», Три-Х, панхроматическая негативная кинопленка (5233)  
«Истмен» для телевизионной записи (5374)

За образцами и подробными техническими данными по пленкам для  
кинематографии и телевидения обращайтесь по адресу:

*KODAK LIMITED EXPORT DIVISION, KODAK HOUSE, KINGSWAY, LONDON, W. C. 2  
И „СОЮЗХИМЭКСПОРТ“, МОСКВА, СМОЛЕНСКАЯ ПЛОЩАДЬ, 32/34*

# ЖУРНАЛ

## „ТЕХНИКА КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ“

### В 1966 ГОДУ

Ежемесячный журнал «Техника кино и телевидения» является единственным научно-техническим журналом, освещающим вопросы развития техники кинематографии и телевидения.

#### ЖУРНАЛ ПУБЛИКУЕТ

- оригинальные статьи по всем отраслям кинотехники и техники телевидения [киносъемка и проекция фильмов, оптика и осветительная техника, запись и воспроизведение звука, оборудование телецентров и студий, передающие и приемные телевизионные трубы, замкнутые телевизионные системы];
- обзорные и дискуссионные статьи;
- статьи, посвященные повышению качества кинематографического и телевизионного изображения;
- описания изобретений и рационализаторских предложений, новых и усовершенствованных технологических процессов, осуществленных на киностудиях, телецентрах и других предприятиях;
- описания новых кинопленок и магнитных носителей, техники и технологии обработки черно-белых и цветных кинопленок;
- информации о новых приборах, аппаратуре и оборудовании;
- обзоры достижений зарубежной кино- и телевизионной техники;
- рефераты отечественной и зарубежной литературы и патентов по кино- и телевизионной технике;
- статьи и заметки по кинолюбительской технике;
- материалы стандартизации и нормализации;
- информации о текущих событиях в работе научных и технических организаций в нашей стране и за рубежом, связанных с кинотехникой и телевидением.

Журнал рассчитан на широкий круг научных и инженерно-технических работников институтов, конструкторских бюро, лабораторий, студий, телецентров, кино- и телевизионной промышленности, работников кинофикации и кинопроката, любительских киностудий, студентов высших учебных заведений и техникумов.

Подписка принимается без ограничений в пунктах подписки Союза печати, отделениях связи, городских и районных узлах связи, на почтамтах, а также общественными распространителями печати на предприятиях, в учреждениях и организациях.

#### Подписаная цена:

на год — 8 руб. 16 коп., на полгода — 4 руб. 08 коп., на один квартал — 2 руб. 04 коп.

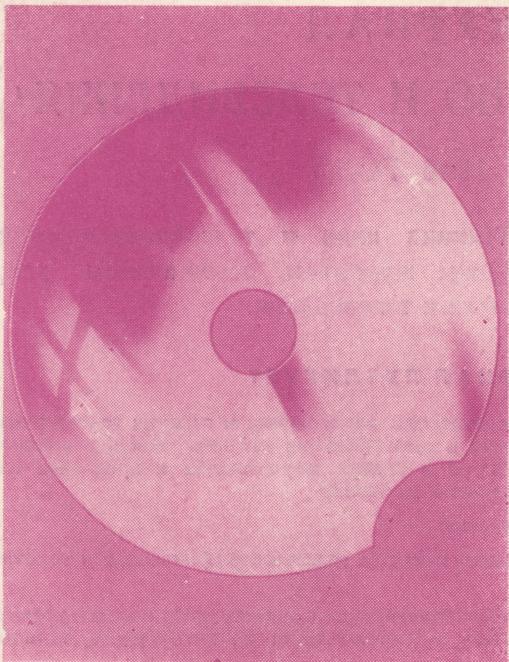
В розничную продажу журнал не поступает.

Технический редактор Н. Матусевич

Т-10773 Сдано в производство 13.VIII — 1965 г. Подписано к печати 20 IX 1965 г.  
Формат бумаги 84×108<sup>1/8</sup> 6 п. л. (9,94 усл.) Уч.-изд. л. 10,2 Цена 68 коп. Тираж 4610 экз. Заказ 451

Московская типография № 13 Главполиграфпрома Государственного комитета  
Совета Министров СССР по печати. Москва, ул. Баумана, Денисовский пер., д. 30.

70972



## НЕОФЛЕКС

**Асферические зеркала диаметром  
от 200 до 356 мм для кинопроек-  
торов**

**С центральным или эксцентрично  
расположенным отверстием**

**С вырезом на краю зеркала и без  
выреза**

**Из термостойкого стекла**

**Асферическая поверхность высокой  
точности обеспечивает максималь-  
ную яркость в кадровом окне  
аппарату**



**Экспорт: Внешнеторговая организация  
«Дойче Камера», ГДР, 102 Берлин, 2, Валь-  
штрассе, 23/24**



**Цена 68 коп.**