

О РЕЗКОСТИ И ЧЕТКОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

К. М. ШУЛЬЖЕНКО

(Представлено научным семинаром радиотехнического факультета)

Введение

Основное назначение телевидения, в отличие от телефотграфии, — передача изображений движущихся объектов. Однако четкость телевизионных изображений оценивается до сих пор по неподвижным испытательным таблицам. При этом считается, что движущиеся объекты передаются с такой же четкостью. В действительности же четкость изображений движущихся объектов при передаче трубками с накоплением энергии всегда ниже четкости изображений неподвижных объектов.

При передаче движущихся объектов возникают различные искажения.

Основные из них:

- 1) геометрические искажения, приводящие к деформациям изображения;
- 2) искажения, вызываемые оптической расфокусировкой, приводящей к потере резкости (четкости) изображения;
- 3) искажения, вызываемые скоростным смазыванием, приводящие также к потере резкости изображения.

Первый вид искажений был исследован в работах О. Б. Лурье и Ф. Шрётера еще в 30-х годах. Эти исследования касались передающих устройств без накопления энергии. Подобные искажения имеют место также при передаче изображений трубками с накоплением энергии.

Искажения второго рода наблюдаются во всех случаях передачи движущихся объектов вследствие неизбежности оптической расфокусировки при существующих способах фокусировки. Влияние расфокусировок оптического звена телевизионной системы на четкость изображения исследовано О. А. Александровым [1].

Искажения третьего рода свойственны только передающим трубкам с накоплением энергии. Они имеют место также при фотографировании и киносъемке движущихся объектов. Чтобы уменьшить искажения скоростного смазывания в фотографии и при киносъемке, устанавливается время экспозиции сообразно скорости движения

снимаемых объектов. В практике телевизионной передачи этого пока не делается. Все телевизионные передачи, независимо от скорости движения передаваемых объектов, ведутся с постоянной экспозицией, равной времени передачи одного кадра, т. е. $1/25$ сек. Вследствие этого быстродвижущиеся объекты передаются со значительной потерей четкости изображения.

Современная телевизионная система в простейшем случае состоит из камерного объектива, передающей трубки, электрического канала связи и приемной трубки. В случае проекции изображения на большой экран добавляется еще одно звено—проекционный объектив, а при кинопередаче—кинопроекционный объектив. При передаче неподвижных объектов четкость изображения будет определяться разрешающей способностью этих звеньев, а в случае передачи движущихся объектов четкость изображения будет зависеть еще от скоростного смазывания и оптической расфокусировки. Исследование влияния движения передаваемого объекта на резкость и четкость телевизионного изображения [2] показывает, что составляющая скорости объекта, вызывающая скоростное смазывание, влияет на падение четкости сильнее, чем составляющая скорости объекта, вызывающая оптическую расфокусировку. Однако необходимо учитывать то обстоятельство, что скоростное смазывание имеет место только во время движения объекта, а оптическая расфокусировка может оставаться после прекращения движения объекта, если оператор не успеет произвести соответствующую подстройку.

Во всех случаях студийной и внестудийной передачи оптическое изображение передаваемого объекта, перемещаясь относительно мозаики, вызывает размывание границ (скоростное смазывание), зависящее от следующих основных факторов:

- 1) скорости движения передаваемого объекта относительно передающей камеры;
- 2) фокусного расстояния объектива;
- 3) оптической дальности передачи, т. е. расстояния между камерой и объектом;
- 4) времени экспозиции;
- 5) степени использования эффекта накопления в передающей трубке;
- 6) разрешающей способности всех звеньев телевизионной системы.

Кроме этого, может сказываться послесвечение экрана приемной трубки, если оно превышает время передачи кадра.

В передающих трубках с электронным переносом изображения смещение оптического изображения относительно фотокатода вызывает перемещение электронного изображения по мозаике (мишени), т. е. также приводит к скоростному смазыванию.

О резкости телевизионных изображений удобно судить по кривой изменения яркости вдоль строки на экране приемной трубки при передаче предельно резкой границы темно-светлого поля, расположенной перпендикулярно направлению строчной развертки. Эта кривая представляет собой переходную характеристику телевизионной системы.

В случае передачи неподвижного объекта переходная характеристика системы может быть вычислена, если известны распределения энергии по сечениям развертывающих элементов передающей и приемной трубок, распределение энергии по сечению кружка рассеяния объектива и переходная характеристика электрического канала.

При передаче движущегося объекта граница дополнительно размывается вследствие скоростного смазывания и оптической расфокусировки.

Чтобы судить о том, насколько может повлиять движение передаваемого объекта на резкость изображения, достаточно найти изменение крутизны или длительности нарастания фронта переходной характеристики телевизионной системы в зависимости от скорости движения передаваемого объекта. Однако вычисление переходной характеристики связано с известными трудностями. Во-первых, неизвестно точное распределение энергии по сечениям развертывающих элементов в передающей и приемной трубках, а также у объектива, в особенности при расфокусировках. Во-вторых, трудно учесть нелинейные искажения, имеющие место как в передающих трубках с накоплением энергии [3], так и в электрическом канале, особенно при передаче одной боковой полосой. Наконец, резкость (четкость) телевизионных изображений может быть однозначно определена только вдоль строк.

Рассмотрение данного вопроса [2] показывает, что результаты эксперимента¹⁾ близки к теоретическим данным, полученным при следующих допущениях:

1. Распределение энергии по сечениям кружка рассеяния объектива и развертывающих элементов приемной и передающей трубок может быть аппроксимировано одним из известных законов распределения: прямоугольным, косинусоидальным, вероятностным и т. п.

2. Телевизионная система линейна, остается настроенной в процессе передачи и вносит определенную размытость изображения.

Для составления практических рекомендаций относительно выбора оптической дальности передачи или времени экспозиции необходимо знать допустимую размытость границ телевизионных изображений движущихся объектов. Если исходить из допусков, принятых в фотографии и кино, то для телевизионного изображения, развертываемого на 625 строк, получается допустимая величина размытости в $1 \div 2$ элемента изображения. Но такого порядка размытость имеет место уже при передаче неподвижных объектов. Поэтому допустимую размытость при телевизионной передаче движущихся объектов следует установить, исходя из относительной потери резкости (четкости); например, допускать падение резкости на $20-30\%$ от резкости неподвижного изображения.

Вопрос о размытии границ изображений движущихся объектов в фотографии и при киносъемках рассмотрен многими авторами. Исходя из допустимой размытости границ составлены номограммы и таблицы, позволяющие определить максимальное время экспозиции в зависимости от скорости движения фотографируемого объекта, расстояния до него и фокусного расстояния применяемого объектива. При этом учитывалась только составляющая скорости движения объекта, приводящая к смещению оптического изображения относительно фотопленки, и совершенно не принимались во внимание расфокусировка и размытость, вызываемая в процессе проявления, закрепления, печатания и т. д. Однако если последнее пренебрежение допустимо при фотосъемке, т. к. процессы фотокинопроизводства дают значительно меньшую размытость границ, чем скоростное смазывание, то в случае телевизионной передачи следует учитывать искажения, вносимые всеми звеньями телевизионной системы, которые пока ограничивают четкость изображения в большей степени, чем процессы фотокинопроизводства.

¹⁾ Экспериментальные данные получены в лабораторных условиях, когда электрический канал представлялся только низкочастотным трактом. Потеря четкости изображения в зависимости от движения объекта определялась только вдоль строк.

Переходная характеристика телевизионной системы при передаче движущихся объектов

При определении переходной характеристики телевизионной системы влияние движения передаваемого объекта можно учесть зависимостью кружка рассеяния объектива от скорости движения объекта и введением дополнительного звена—зоны смещения, переходная характеристика которого определяется распределением потенциала на мозаике передающей трубки при смещении по ней идеального оптического изображения—предельно резкой границы темно-светлого поля. Таким образом, переходные характеристики двух звеньев системы будут зависеть от скорости движения объекта, а переходные характеристики остальных звеньев данной системы при передаче движущихся объектов остаются неизменными.

В случае разных конфигураций развертывающих элементов отдельных звеньев системы вычисление результирующей переходной характеристики является весьма трудоемким, а выражение переходной характеристики системы получается громоздким и мало подходящим для анализа [2]. Если же принять для всех звеньев системы вероятностные распределения энергии по сечениям развертывающих элементов, т. е. импульсные характеристики колокольной формы, то выражение результирующей переходной характеристики значительно упрощается. К тому же развертывающий элемент любой известной конфигурации, имеющий монотонную переходную характеристику, всегда можно с достаточным приближением заменить „эквивалентным“ развертывающим элементом вероятностной конфигурации [4]. Эквивалентность развертывающих элементов разной конфигурации может быть оценена по разрешающей способности, определяемой по их частотным характеристикам, а также по максимальной крутизне или длительности нарастания переходных характеристик. Как показывают расчеты [2], при замене разных конфигураций нескольких звеньев системы эквивалентными по разрешающей способности вероятностными расхождение результирующих переходных характеристик системы будет незначительным.

При наличии в системе звена, имеющего переходную характеристику с выбросом, его можно учесть совместно с другими звеньями, подобранными таким образом, чтобы переходная характеристика этой группы звеньев была бы близка к монотонной, т. е. имела бы незначительный выброс [5].

Переходная характеристика „зоны смещения“ для передающей трубки, работающей в режиме идеального накопителя, имеет вид наклонного отрезка и определяется выражением:

$$\left. \begin{aligned} P_a(x) &= 0 \text{ при } x < 0, \\ P_a(x) &= \frac{x}{a} \text{ при } 0 < x < a, \\ P_a(x) &= 1 \text{ при } x > a. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь a — зона смещения, т. е. расстояние по мозаике, на которое смещается изображение движущегося объекта за время экспозиции T_x .

Для объектов, расположенных вдоль оптической оси камерного объектива

$$a = \frac{V_x T_s}{\frac{A}{f}},$$

где V_x — составляющая скорости объекта, перпендикулярная оптической оси камерного объектива,
 f — фокусное расстояние объектива,
 A — оптическая дальность передачи (расстояние от камерного объектива до передаваемого объекта).

Относительное распределение энергии по сечениям x' эквивалентного зоне смещения развертывающего элемента вероятностной конфигурации (или импульсная характеристика зоны смещения при $x' = -x$) определяется формулой:

$$R_{ea}(x') = e^{-\left(\frac{x' + \frac{a}{2}}{r_{ea}}\right)^2}. \quad (2)$$

В этом выражении $r_{ea} = \frac{a C_e}{2 C_{\square}}$ является условным радиусом эквивалентного развертывающего элемента вероятностной конфигурации; здесь $C_{\square}$ и C_e — коэффициенты, определяющие относительную протяженность развертывающих элементов прямоугольной и вероятностной конфигурации:

$$C_e = \frac{2 r_e}{\delta} \text{ и } C_{\square} = \frac{a}{\delta},$$

где δ — шаг развертки, r_e — радиус вероятностной конфигурации развертывающего элемента, отсчитываемый на уровне распределения энергии $R_e(x') = \frac{1}{e}$ при $x' = r_e$.

Переходная характеристика зоны смещения, соответствующая вероятностной конфигурации эквивалентного развертывающего элемента (2), будет определяться формулой:

$$P_{ea}(x) = \frac{\int_{-x}^{\infty} R_{ea}(x') dx'}{\int_{-\infty}^{\infty} R_{ea}(x') dx'} = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi \left(\frac{x - \frac{a}{2}}{r_{ea}} \right) \right], \quad (3)$$

где $\Phi \left(\frac{x - \frac{a}{2}}{r_{ea}} \right)$ — интеграл вероятности.

Распределение потенциала мозаики в зоне смещения, соответствующее переходной характеристике, определяемой по формуле (3), вместо формулы (1), учитывает в некоторой степени перераспределение и утечку заряда по мозаике, имеющие место в реальных передающих трубках.

Принимая для объектива также вероятностное распределение энергии по сечениям кружка рассеяния объектива $R_{eo}(x') = e^{-\left(\frac{x'}{r_{eo}}\right)^2}$, переходную характеристику объектива получим в виде:

$$P_{eo}(x) = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi \left(\frac{x}{r_{eo}} \right) \right], \quad (4)$$

где r_{eo} — условный радиус кружка рассеяния объектива, отсчитываемый на уровне распределения энергии $R_{eo}(x') = \frac{1}{e}$.
 $x' = r_{eo}$

При передаче движущихся объектов вследствие неизбежных расфокусировок радиус кружка рассеяния объектива r_{eo} будет зависеть от скорости движения объекта, параметров объектива и оптической дальности передачи.

Переходная характеристика остальных звеньев системы при принятых допущениях не будет зависеть от скорости движения передаваемого объекта и в случае монотонных переходных характеристик отдельных звеньев может быть представлена также интегралом вероятности:

$$P_{\Sigma}(x) = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi \left(\frac{x}{r_{\Sigma}} \right) \right], \quad (5)$$

$$\text{где } r_{\Sigma} = \sqrt{r_{e_1}^2 + r_{e_2}^2 + r_{e_3}^2 + \dots + r_{e_n}^2}.$$

Здесь $r_{e_1}, r_{e_2}, r_{e_3}, \dots, r_{e_n}$ — относительные протяженности развертывающих элементов (или импульсных характеристик) отдельных звеньев системы.

Применив теорему свертывания к формулам (3), (4) и (5), получим результирующую переходную характеристику всей системы

$$P_{ec}(x) = \frac{1}{2} \left[1 + \Phi \left(\frac{x - \frac{a}{2}}{r_{ec}} \right) \right], \quad (6)$$

$$\text{где } r_{ec} = \sqrt{r_{eo}^2 + r_{ea}^2 + r_{e_1}^2 + r_{e_2}^2 + \dots + r_{e_n}^2}.$$

Переходные характеристики телевизионной системы, рассчитанные по формуле (6) для разных значений скорости v_x смещения изображения по мозаике, приведены на рис. 1.

При расчете переходных характеристик условные протяженности развертывающих элементов или импульсных характеристик вероятностной (колокольной) формы определены исходя из равенства продоль-

ной и поперечной разрешающей способности системы [4, 2] при числе звеньев $n=3$ (звенья, переходные характеристики которых не зависят от скорости движения передаваемого объекта).

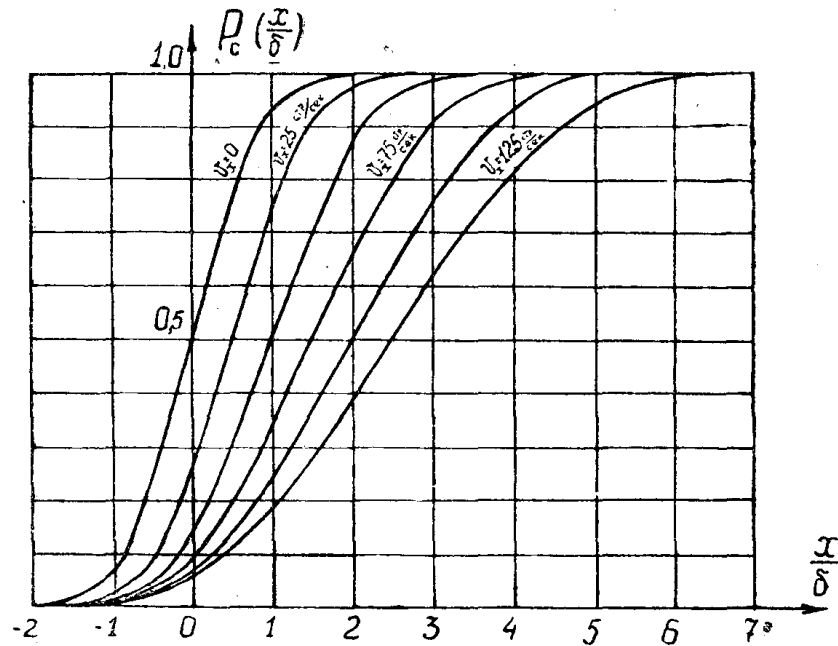


Рис. 1. Переходные характеристики телевизионной системы при разных скоростях v_x смещения изображения по мозаике, отсчитываемых в строках (элементах изображения) в секунду

Зависимость резкости изображения от скорости движения передаваемого объекта

Резкость изображения условимся оценивать по максимальной крутизне переходной характеристики. Из формулы (6) получим

$$S_{\text{макс}} = \frac{1}{r_{ec} \sqrt{\pi}}. \quad (7)$$

В случае передачи неподвижных объектов

$$S_{0\text{макс}} = \frac{1}{r'_{ec} \sqrt{\pi}}, \quad (8)$$

$$\text{где } r'_{ec} = \sqrt{r_{e0}^2 + r_{e1}^2 + r_{e2}^2 + r_{e3}^2}.$$

Здесь r'_{e0} — условный радиус пятна объектива при точной фокусировке.

Поделив (7) на (8), получим зависимость относительного изменения резкости изображения от скорости движения передаваемого объекта:

$$\frac{S_{\text{макс}}^*}{S_{0\text{макс}}} = \frac{r'_{ec}}{r_{ec}} = \frac{\sqrt{r_{e0}^2 + r_{e1}^2 + r_{e2}^2 + r_{e3}^2}}{\sqrt{r_{e0}^2 + r_{e1}^2 + r_{e2}^2 + r_{e3}^2 + r_{e4}^2}}. \quad (9)$$

Здесь r_{eo} и r_{ea} являются функциями скорости движения передаваемого объекта.

Относительное падение резкости, рассчитанное по формуле (9) при движении объекта перпендикулярно оптической оси объектива при-

ведено на рис. 2. Здесь $\frac{a}{\delta} = \frac{V_x T_z f Z_a}{A \cdot h}$, где h — высота изображе-

ния на мозаике, Z_a — активное число строк развертки.

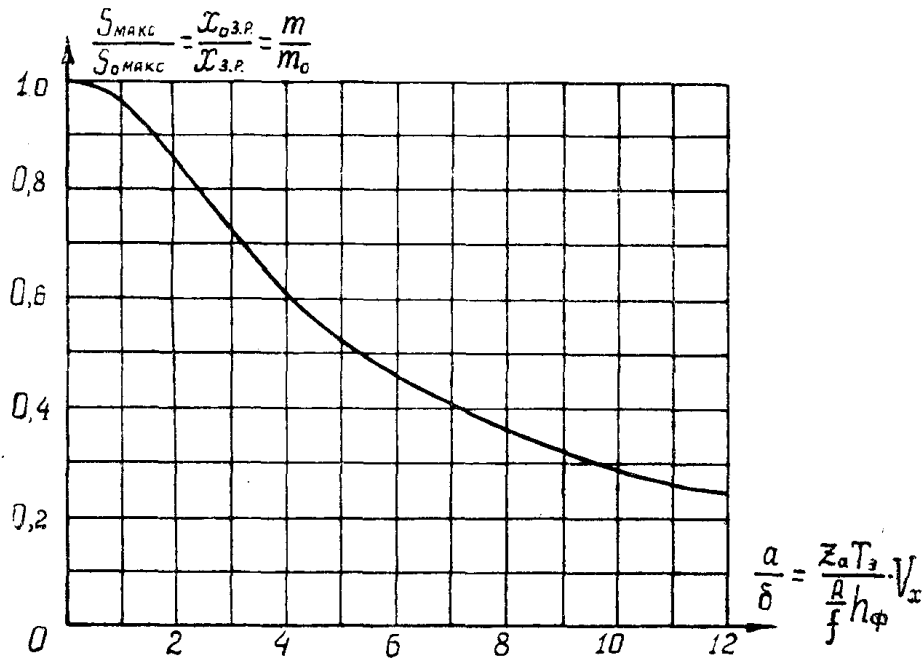


Рис. 2. Относительное изменение резкости и четкости изображения в зависимости от смещения изображения по мозаике

Иногда резкость изображения удобнее оценивать величиной, обратной длительности нарастания фронта переходной характеристики системы.

Из (6) можно определить длительность нарастания фронта переходной характеристики (т. е. зону размытости), отсчитываемую на уровнях $0,1 \div 0,9$ от установившегося значения.

$$x_{з.р.} = 2 r_{ec} \arg \Phi(0,8) = 1,81 r_{ec} . \quad (10)$$

Здесь $\arg \Phi(0,8)$ — аргумент функции интеграла вероятности $\Phi(x)$ при значении функции, равном 0,8.

Зону размытости при передаче неподвижных объектов определим из (10), подставив значения $r_{ea} = 0$ и $r_{eo} = r'_{eo}$ в выражение r_{ec} :

$$x_{0з.р.} = 1,81 r'_{ec} . \quad (11)$$

Поделив (10) на (11), видим, что величина, обратная относительному увеличению зоны размытости, равна относительному уменьшению резкости изображения:

$$\frac{x_{03.p.}}{x_{3.p.}} = \frac{S_{\max}}{S_{o \max}} = \frac{r'_{ec}}{r_{ec}}, \quad (12)$$

Следовательно, оценки относительного изменения резкости изображения по максимальной крутизне и длительности нарастания фронта переходной характеристики совпадают.

Четкость телевизионного изображения движущегося объекта

Четкость телевизионных изображений принято оценивать суммой темных и светлых линий m'_h , воспроизводимых на экране приемника на отрезке, равном высоте изображения [4]:

$$m'_h = \xi_{ном} Z_a = \xi_{ном} Z (1 - t_y),$$

где Z — число строк,
 t_y — потери на обратный ход по кадрам,

$\xi_{ном} = \frac{m'_h}{Z_a}$ — относительная частота, определяемая по точке пере-

сечения частотной характеристики системы с визуально достаточным амплитудным уровнем.

Комплексную частотную характеристику телевизионной системы получим, вычислив спектр импульсной (временной) характеристики [6].

Из выражения переходной характеристики (6) находим импульсную характеристику системы:

$$R_{ec}(x) = \frac{d}{dx} P_{ec}(x) = \frac{1}{r_{ec} \sqrt{\pi}} e^{-\left(\frac{x - \frac{a}{2}}{r_{ec}}\right)^2}. \quad (13)$$

Соответствующая (13) комплексная частотная характеристика системы

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{ec}(x) e^{-j\omega x} dx = e^{-\left(\frac{r_{ec}\omega}{2}\right)^2} e^{-j\omega \frac{a}{2}}. \quad (14)$$

Модуль (14) определяет частотную характеристику системы

$$\vartheta(\omega) = e^{-\left(\frac{r_{ec}\omega}{2}\right)^2}. \quad (15)$$

При этом фазовая характеристика системы

$$\varphi(\omega) = \frac{a}{2} \omega$$

будет линейной.

Введя в (15) относительную частоту $\xi = \frac{\delta}{\lambda}$,
получим

$$\vartheta(\xi) = e^{-\left(\frac{\pi r_{ec} \xi}{\delta}\right)^2} \quad (16)$$

Принимая визуально достаточный амплитудный уровень $\Delta'_0 = 0,122$ [4], из (16) при $\xi = \xi_{ном}$

$$\vartheta(\xi_{ном}) = e^{-\left(\frac{\pi r_{ec} \xi_{ном}}{\delta}\right)^2} = \Delta'_0$$

находим относительную частоту

$$\xi_{ном} = \frac{\delta \sqrt{-\ln \Delta'_0}}{\pi r_{ec}} = \frac{m'_h}{Z_a},$$

определяющую четкость телевизионной системы

$$m = m_h = \frac{\delta \sqrt{-\ln \Delta'_0}}{\pi r_{ec}} Z(1 - t_y). \quad (17)$$

При передаче изображений неподвижных объектов четкость определится из (17) при $r_{ec} = r'_{ec}$:

$$m_0 = \frac{\delta \sqrt{-\ln \Delta'_0}}{\pi r'_{ec}} Z(1 - t_y). \quad (18)$$

Из (17) и (18) получим относительное изменение четкости изображения в зависимости от скорости движения передаваемого объекта :

$$\frac{m}{m_0} = \frac{r'_{ec}}{r_{ec}}. \quad (19)$$

Сравнение (12) и (19) показывает, что относительные падения четкости и резкости изображений движущихся объектов совпадают (рис. 2):

$$\frac{S_{\max}}{S_{0\max}} = \frac{m}{m_0} = \frac{x_{03 \cdot p}}{x_{3 \cdot p}} = \frac{r'_{ec}}{r_{ec}} = \frac{\sqrt{r_{e_0}^2 + r_{e_1}^2 + r_{e_2}^2 + r_{e_3}^2}}{\sqrt{r_{e_0}^2 + r_{e_a}^2 + r_{e_1}^2 + r_{e_2}^2 + r_{e_3}^2}}. \quad (20)$$

Связь между четкостью и резкостью изображения в данном случае можно получить из (7), (10) и (17):

$$S_{\max} = \frac{\sqrt{\pi} \cdot m}{\delta Z_a \sqrt{-\ln \Delta'_0}} = \frac{1,81}{x_{3 \cdot p} \cdot \sqrt{\pi}} \cong \frac{1}{x_{3 \cdot p}}.$$

На рис. 3 показаны рассчитанные по формуле (20) относительные изменения четкости изображения движущегося объекта при разных значениях произведения времени экспозиции T_z на активное число строк развертки Z_a . Скорость смещения изображения по мозаике отнесена к высоте изображения на мозаике. С правой стороны рис. 3

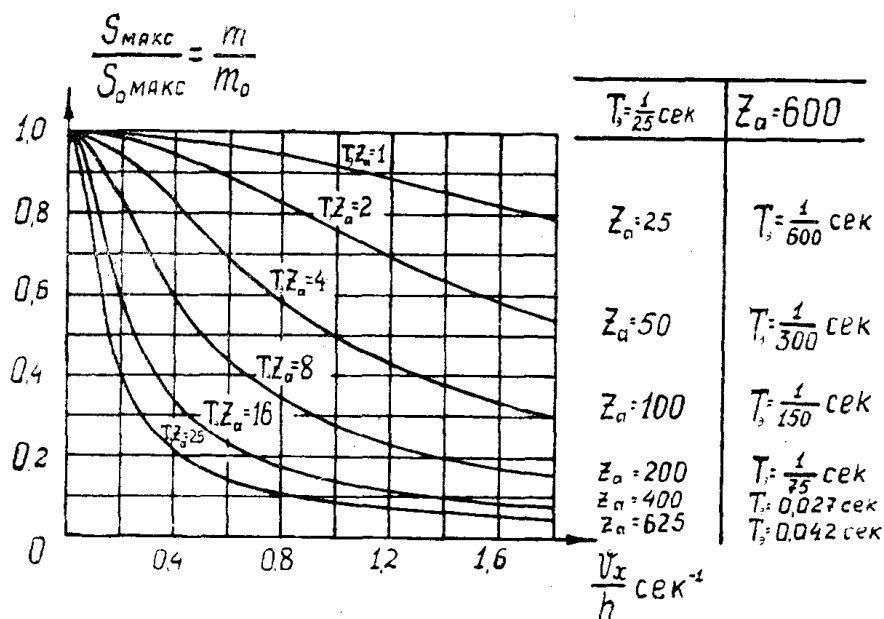


Рис. 3. Относительное падение четкости изображения движущегося объекта при разных значениях произведения $T_z Z_a$

приведена таблица, в левом столбце которой для каждой кривой даны значения активного числа строк развертки, соответствующие постоянному времени экспозиции $T_z = 1/25 \text{ сек}$, а в правом столбце — значения времени экспозиции при постоянном числе строк развертки $Z_a = 600$. Из кривых рис. 3 видим, что относительное падение четкости изображения оказывается тем больше, чем больше время экспозиции и число строк развертки. Кривые рис. 3 рассчитаны для систем, обеспечивающих равенство продольной и поперечной четкости изображений неподвижных объектов.

Экспериментальная проверка зависимости резкости и четкости телевизионных изображений от скорости движения передаваемого объекта подтверждает правильность исходных предположений и основных выводов теоретического анализа.

Эксперименты проводились автором на лабораторной установке, использующей передающую трубку иконоскоп с переносом изображения.

Для рассматривания на экране осциллографа переходной характеристики телевизионной системы при разных скоростях движения объекта создавалось повторяющееся с частотой кадров перемещение границы темно-светлого поля. Выделением на экране осциллографа сигнала строки, содержащей изображение движущейся границы, получена кривая, представляющая собой переходную характеристику системы при передаче движущегося объекта.

Измерения зависимости четкости телевизионного изображения от скорости движения передаваемого объекта производились по движущимся испытательным таблицам.

Проводились также эксперименты при использовании обтюлятора и импульсного освещения. Импульсное освещение создавалось лампами

дневного света при питании их от однополупериодного выпрямителя. Длительность импульсов составляла при этом 0,4 периода частоты питающей сети. Соответствующее этой длительности импульса время экспозиции было $T_s = \frac{1}{125}$ сек.

Теоретическое и экспериментальное исследования зависимости резкости и четкости телевизионного изображения от скорости движения передаваемых объектов указывают на необходимость борьбы с потерей резкости (четкости) движущихся изображений.

Оптическую расфокусировку можно свести к допустимому минимуму соответствующим выбором относительного отверстия объектива. Тогда основной причиной, вызывающей падение резкости и четкости изображения в зависимости от скорости движения передаваемого объекта, остается смещение изображения по мозаике. Рассчитанная для этого случая по формуле (20) номограмма приведена на

рис. 4. Исходя из допустимой потери резкости (четкости) $\frac{S_{\text{макс}}}{S_{0\text{макс}}} =$

$$= \frac{m}{m_0}, \text{ фокусного расстояния камерного объектива } f, \text{ высоты мозаики}$$

(фотокатода) h и скорости движения объекта V_x , вызывающей смещение изображения вдоль строк, можно определить оптическую дальность передачи A при данном времени экспозиции или время экспозиции при данной оптической дальности передачи. Например,

если допустить потерю резкости 20% $\left(\frac{S_{\text{макс}}}{S_{0\text{макс}}} = \frac{m}{m_0} = 0,8 \right)$, то

при $T_s = \frac{1}{25}$ сек, $V_x = 5,5$ м/сек, $f = 20$ мм и $h_{\phi} = 18$ мм можно

производить телевизионную передачу с расстояния $A \geq 100$ м. Чтобы производить передачу с меньших расстояний при заданной допустимой потере резкости (четкости), необходимо уменьшать время экспозиции. Так, из рис. 4 видно, что при уменьшении времени экспозиции до $T_s = \frac{1}{100}$ такая же потеря четкости получается при оптической дальности $A = 25$ м.

Более удобную номограмму для определения времени экспозиции или дальности передачи можно построить применительно к определенной телевизионной системе.

Заключение

Непосредственное уменьшение времени экспозиции приводит к неполному использованию эффекта накопления заряда в передающей трубке. Следовательно, повышение четкости движущихся изображений уменьшением времени экспозиции не согласуется со стремлением к максимальному использованию эффекта накопления заряда. Разрешением этих противоречивых стремлений может быть использование импульсного освещения.

В тех случаях, когда освещенность передаваемых объектов превышает необходимую для нормальной работы передающей трубки, целесообразно уменьшать время экспозиции для повышения четкости

изображения движущихся объектов. Регулировка времени экспозиции может быть осуществлена, например, использованием вращающегося обтюратора, аналогичного применяемому в киносъемочной аппаратуре. В телевидении, по-видимому, возможна регулировка времени экспозиции также электрическим способом. Например, при использовании передающих трубок с электронным переносом изображения регулировку времени экспозиции можно производить подачей импульсов напряжения заданной длительности на фотокатод трубки. Однако эту возможность необходимо проверить экспериментально.

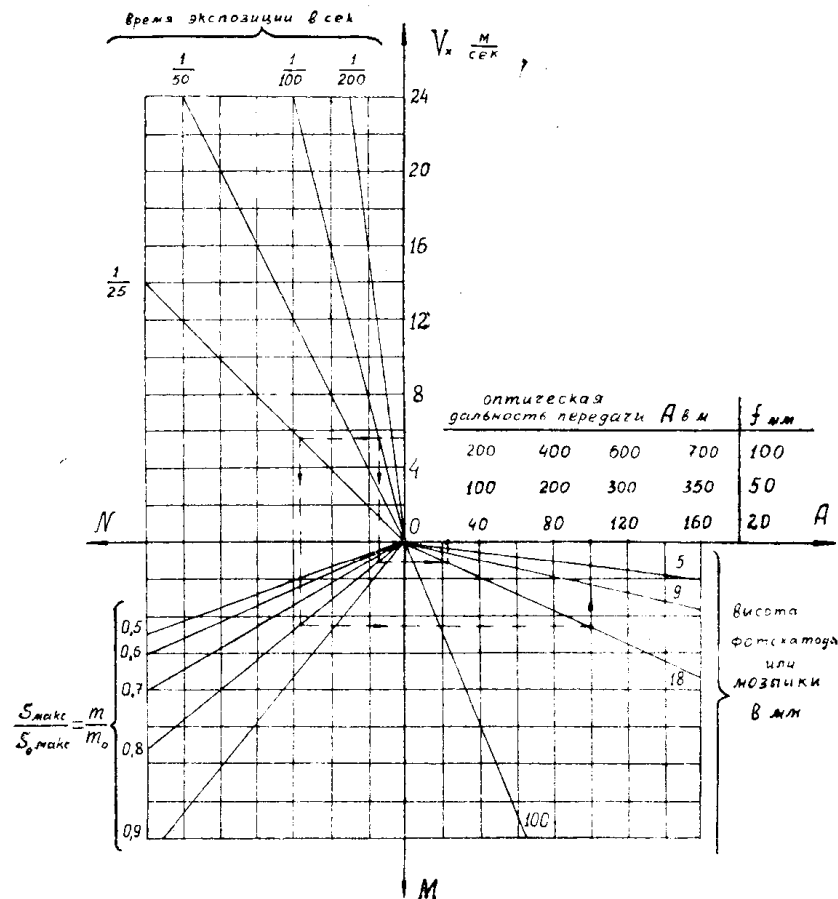


Рис. 4. Номограмма для определения времени экспозиции $T_{э}$ или оптической дальности передачи A при заданном относительном падении резкости (четкости) изображения $\frac{S_{макс}}{S_{0макс}} = \frac{m}{m_0}$ и данных условиях передачи. f — фокусное расстояние объектива, h — высота фотокатода или мозаики, V_x — скорость движения объекта, вызывающая смещение изображения по мозаике

При передаче трубками с электронным переносом изображения в некоторых специальных случаях использования телевидения, когда направление движения передаваемого объекта определенное, а скорость движения заранее известна и меняется медленно, можно уменьшить размытость изображения, используя компенсационную развертку электронного изображения. Эффект накопления заряда при этом будет использоваться полностью, а некоторая компенсация или остановка перемещения изображения по мишени за время передачи кадра даст с точки зрения повышения резкости изображения тот же эффект, что и использование обтюратора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров О. А. О влиянии расфокусировок оптического звена телевизионной системы на четкость телевизионного изображения. Кандидатская диссертация, ЛЭТИ, 1955.
 2. Шульженко К. М. О влиянии движения передаваемых объектов на резкость телевизионного изображения. Кандидатская диссертация, ЛЭТИ, 1953.
 3. Рыфтин Я. А. Переходные процессы в передающих телевизионных трубках с накоплением энергии. ЖТФ. т. XXIII, вып. 9, 1953.
 4. Рыфтин Я. А. К оценке разрешающей способности передающих телевизионных трубок. Сборник, посвященный 70-летию академика А. Ф. Иоффе, 1950.
 5. Халфин А. М. Основы телевизионной техники. Издательство „Советское радио“, М., 1955.
 6. Харкевич А. А. Спектры и анализ. ГИТТЛ, 1952.
-