

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

**Кафедра радиотехнических
систем**

**Изучение принципов спутникового
телевизионного вещания**

Методическое пособие к лабораторной работе № 17

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

Ташкент 2006

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

**Кафедра радиотехнических
систем**

**Изучение принципов спутникового
телевизионного вещания**

Методическое пособие к лабораторной работе № 17

Ташкент 2006^г

В методическом пособии дается краткий обзор существующих способов ретрансляции ТВ сигналов через ИСЗ и методов измерения качества ТВ каналов с помощью испытательных строк, что позволяет постоянно контролировать диаграмму уровней ТВ сигнала, АЧХ, переходную и амплитудную характеристику тракта, а также оценивать различные усиления и расхождения во времени сигналов яркости и цветности.

Пособие знакомит с индивидуальной спутниковой системой «Экран М» и методикой контроля качества работы ТВ каналов с помощью испытательных строк. Авторы считают своим долгом поблагодарить рецензента к.т.н. Гаврилова И.А. за ценные замечания, способствующие улучшению рукописи, а также Мартышину М.А. за помощь в оформлении методического пособия.

Методическое пособие рассчитано для использования в учебном процессе при подготовке специалистов по направлению телекоммуникации.

ВВЕДЕНИЕ

Современный период можно охарактеризовать как период бурного развития и совершенствования СНТВ. Непрерывно обновляется элементная база. Совершенствуются методы формирования и передачи телевизионного сигнала, что позволяет улучшить качество изображения.

Качество ТВ изображения во многом определяется методами его формирования и передачи, а также параметрами электрических сигналов, несущих информацию о яркости и цвете. В данном методическом пособии дается краткий обзор существующих способов ретрансляции ТВ сигналов через ИСЗ методов измерения качества каналов с помощью испытательных строк. Особое внимание уделяется вопросу методики проведения измерения и оценки качества изображения. Данное методическое пособие будет полезно при подготовке специалистов по направлению телекоммуникации.

1. Цель работы

В результате выполнения лабораторной работы студент должен ознакомиться и изучить принципы построения систем связи через искусственный спутник Земли на основе индивидуальной приемной спутниковой системы «Экран-М». Приобрести навыки по подготовке системы к работе. Осуществить контроль качества работы телевизионных каналов с помощью сигналов испытательных строк при приеме сигналов изображения.

2. Домашнее задание

1. Ознакомиться с принципами спутникового телевизионного вещания.
2. Изучить структурную схему приемной спутниковой установки «Экран-М».
3. Изучить методику оценки качества телевизионных каналов с помощью сигналов испытательных строк.

3. Лабораторное задание

1. Ознакомиться с принципами спутникового телевизионного вещания.
2. Изучить структурную схему приемной установки «Экран».
3. Произвести измерение качества телевизионных каналов с помощью сигналов испытательных строк.
4. Подготовить к записи результатов измерений. Указать номинальные и допустимые значения измеряемых параметров.

4. Содержание отчета

1. Основные параметры приемной спутниковой системы «Экран-М».
2. Результаты измерений и расчетов.
3. Сравнение полученных результатов с допустимыми значениями.

5. Контрольные вопросы

1. Принципы построения и основные параметры спутниковых систем телевизионного вещания.
2. Пояснить структурную схему приемной станции системы «Экран-М» и привести ее основные параметры.
3. Что входит в задачу энергетического расчета спутниковой линии связи? Какие параметры используются для оценки качества передачи?

4. Пояснить методику измерения отношения сигнал /шум. В чем проявляется влияние взвешивающего фильтра? Какие меры целесообразно принять в практических случаях для увеличения отношения сигнал/шум?
5. Пояснить методику оценки нелинейности амплитудной характеристики видеотракта. В чем сущность и достоинства дифференциального метода оценки нелинейности? Какие факторы и параметры влияют на точность измерения? Как влияет нелинейность амплитудной характеристики на ТВ сигнал?
6. Пояснить методику измерения неравномерности АЧХ. Как влияет неравномерность АЧХ на ТВ сигнал? Какие искажения АЧХ наиболее опасны при передаче ТВ сигнала?
7. Пояснить методику оценки переходной характеристики видеотракта с помощью синус - квадратичного импульса. В чем ее достоинства?
8. Работа и назначение элементов схем Земных приемных станций.

6. Порядок выполнения работы

К выполнению работы допускаются лица, предварительно ознакомленные с инструкцией по технике безопасности в лаборатории РТС.

Получив разрешение преподавателя на выполнение лабораторной работы, включить приемное устройство «Экран» и осциллограф С1 – 81.

6.1. Контроль переходной характеристики тракта.

Методика измерений

Оценка переходной характеристики канала изображения в области средних и верхних частот проводится с помощью испытательного сигнала №1 (рис 9), введенного в строку 17 (данная строка на приборе осциллографа будет высвечена под номером - 641) в первом поле. Для этого амплитуда синус-

квадратичного импульса $2T$ (элемент B_1) сравнивается с амплитудой опорного импульса "белого" (элемент B_0) и вычисляется величина искажений переходной характеристики по формуле:

$$\Delta_{ix} = \frac{B_0 - B_1}{B_0} * 100\%$$

Допустимые искажения формы синус-квадратичного импульса $2T$ обычно задаются с помощью специального трафарета (шаблона), особенности формы которого определяются так называемым параметром K (K -фактором). K -фактор должен составлять 4% (0,04), что соответствует допустимому значению величины примерно 14%.

6.2. Измерение нелинейных искажений сигнала яркости. Методика измерений

Для измерения нелинейных искажений сигнала яркости, вызванных нелинейностью амплитудной характеристики тракта, используется ступенчатый сигнал (элемент D_1) испытательного сигнала № 1 (рис 9), введенного в строку 17 (64 l). В процессе измерений определяется максимальное D_{max} и минимальное D_{min} значения высоты "ступени" и рассчитываются нелинейные искажения по формуле:

$$\Delta_{ярк} = \frac{D_{max} - D_{min}}{D_{max}} * 100\%$$

При этом, измерение элементов испытательных сигналов можно проводить непосредственно в миллиметрах, сохраняя постоянным вертикальный масштаб усиления. В этом случае для повышения точности измерений удобнее использовать не калиброванную, а плавную регулировку вертикального усиления и плавное смещение луча осциллографа по вертикали и горизонтали.

Допустимое значение нелинейных искажений сигнала яркости должно быть около 15% и находиться вблизи предела точности измерений данным методом.

6.3. Контроль амплитудной характеристики тракта.

Методика измерений

Измерение неравномерности АЧХ канала изображения проводится с помощью испытательного сигнала №2 (рис 10), введенного в строку 18 (данная строка на приборе осциллографа будет высвечена под номером - 643). Размах C_1 каждого из шести пакетов с соответствующей частотой заполнения f сравнивается с размахом C_0 контрольного (опорного) прямоугольного импульса (элемент С1). Неравномерность АЧХ рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{ачх} = 20 \lg \left(\frac{C_1}{C_0} \right)$$

Допустимые значения в данной системе должны составлять примерно (0,5-0,8) дБ на частотах до 5 МГц и доходить до (1-1,5) дБ на частоте выше 5 МГц.

Измерить размах C_1 каждого из шести пакетов с различными частотами заполнения.

Результаты измерений занести в таблицу № 1.

Таблица № 1

f, МГц	0,5	1,0	2,0	4,0	4,8	5,8
C_1 , мм						
$\Delta_{ачх}$, дБ						

6.4. Измерение дифференциального усиления сигнала. Методика измерений

Измерения дифференциального усиления позволяют оценить влияние сигнала яркости на сигнал цветности и проводится по элементу Д2 испытательного сигнала №3 (рис 11), введенную в строку 329. С этой целью из пяти значений размаха сигнала «насадка» с частотой поднесущей цветности определяются максимальные D_{\max} и минимальные D_{\min} значения амплитуды насадки. Разность между ними сравнивается с опорным размахом насадки D_0 на уровне гашения (первой из шести пакетов). При этом полный размах дифференциального усиления можно определить по формуле:

$$\Delta\delta y = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_0} * 100\%$$

Допустимое значение $\Delta\delta y$ составляет 18 %.

6.5. Измерение отношения сигнал-шум. Методика измерений

Измерение отношения сигнал-шум (с/ш) на выходе канала изображения видеотракта, производится в режиме приема сигнала со спутника. С этой целью с помощью калибровки вертикального усиления осциллографа на выходе канала измеряется размах напряжения сигнала изображения $U_{p \text{ вых}} = V_0$ от уровня "белого" до уровня гасящих импульсов. Для этого можно использовать элемент В 2 испытательного сигнала № 1 (рис.9) или № 3 (рис. 11). Затем рассчитать отношение сигнал-шум по формуле:

$$[C/Ш] = 20 \text{ Lg} (V_0 / U_{ш \text{ экв}})$$

Где $U_{ш \text{ экв}}$ - квазипиковое напряжение шума.

Для измерения $U_{ш}$ кп удобно использовать сигнал постоянной яркости с уровнем "черного". Этот сигнал имеется в строке 22 (данная строка на приборе осциллографа будет высвечена под номером - 646) первого поля, а также в строке 335 второго поля.

Аналогичным образом проводится измерение отношения сигнал \ шум $(с / ш)_{вз}$ с учетом влияния взвешивающего фильтра, который учитывает особенности восприятия глазом различных частотных составляющих шума. При этом размах напряжения сигнала U_p вых удобнее измерять при выключенном взвешивающем фильтре, в то время как квазипиковое напряжение шума $U_{ш}$ кп должно измеряться при включенном взвешивающем фильтре.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Спутниковое телевизионное вещание

Спутниковое телевизионное вещание – это передача через космический спутник – ретранслятор телевизионного изображения и звукового изображения от наземных передающих станций к приемным. В сочетании с кабельными сетями спутниковой телевизионная ретрансляция через спутник сегодня является основным средством обеспечения многопрограммного телевизионного вещания.

В зависимости от организации спутниковое ТВ вещание может осуществляться двумя способами:

- фиксированной спутниковой службой (ФСС);
- радиовещательной спутниковой службой (РВСС).

Фиксированная спутниковая служба (ФСС).

В этом случае передаваемые через космический аппарат (КА) телевизионные сигналы принимаются с высоким качеством наземными станциями, расположенными в фиксированных пунктах. А затем с этих станций через наземные ретрансляторы телевизионный сигнал доставляется индивидуальным потребителям (рис 1.)



Рис 1. Ретрансляция сигналов со спутника на земные телецентры.

- Радиовещательная спутниковая служба (РВСС).

В другом случае, ретрансляционные КА доставляют телевизионные сигналы непосредственно для приема наземными приемниками (непосредственным считается как индивидуальный, так и коллективный прием, при котором телезрители принимают программу по кабельной сети) (рис 2).

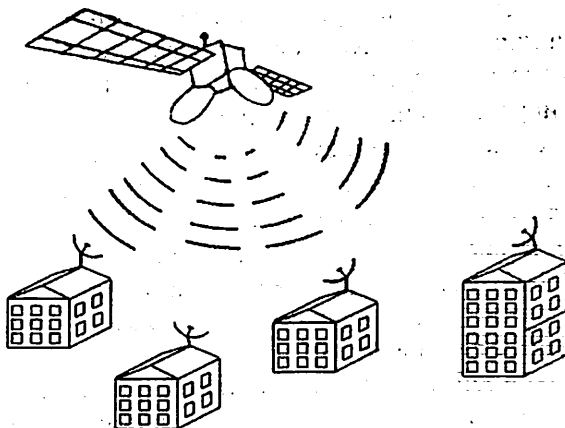


Рис 2. Непосредственное телевизионное вещание.

Большое распространение в настоящее время получили относительно простые и недорогие приемные установки с антеннами небольших размеров для непосредственного приема телевизионных сигналов со спутников.

Система спутникового телевизионного вещания включает в себя следующие подсистемы:

- передающий телевизионный центр;
- активный спутник ретранслятор;
- приемное оборудование.

Спутниковая система «Экран»

Система отечественного спутникового телевидения «Экран» была введена в строй в 1976 году, а в 1989-м заменена системой «Экран-М». Спутник «Экран-М» размещен на геостационарной орбите с координатой 99 градусов восточной долготы. Отличительной особенностью системы является большая мощность передатчика, составляющая 200Вт. Это позволило использовать упрощенные земные приемные установки. Линия «Земля - Космос» работает на частоте 6,2 ГГц. Аппаратура спутника полностью дублирована: каждый блок резервируется запасным, переход к резервному блоку осуществляется переключением питания по командам с Земли. На линии «Космос - Земля» работают два передатчика на частотах 714 и 754 МГц дециметрового диапазона. Сигнал изображения и сигнал звукового сопровождения передаются методом частотной модуляцией. Канал занимает полосу частот 24 МГц. Используется круговая поляризация излучаемого спутниковой антенной сигнала.

Отечественной промышленностью серийно выпускались два класса наземных установок для приема этих систем. Приемные устройства первого класса повышенного качества и надежности предназначены для доставки программ телевидения к телевизионным передатчикам большой и средней мощности. Выпускались несколько вариантов приемных устройств второго класса: станция коллективного приема программ телевидения «Экран КР-10», станция коллективного приема «Экран КР-1», станция спутникового приема «Экран» и абонентский приемник «Экран».

Станция «Экран КР-10» предназначена для обслуживания цветным телевизионным вещанием крупных поселков. Она принимает от ИСЗ, усиливает и излучает в эфир ТВ сигнал мощностью 10 Вт на частоте одного из метровых каналов для приема бытовыми телевизорами с помощью обычных антенн.

Станция «Экран КР-1» предназначена для обслуживания небольших населенных пунктов и отличается от станции «Экран КР-10» выходной мощностью передатчика, которая составляет 1 Вт.

Схема вещания спутниковой системы «Экран» показана на рис 3.

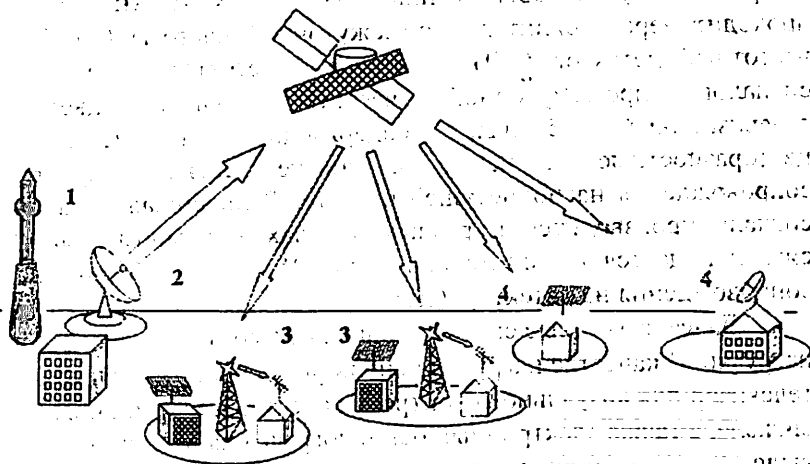


Рис 3. Схема вещания спутника «Экран-М».

- 1 – Московская телевизионная башня ретранслирует ТВ сигналы местному населению;
- 2 – Наземная станция передает телевизионные сигналы на спутник «Экран» находящийся на геостационарной орбите.
- 3 – Приемные станции в малонаселенных районах распределяют телевизионные сигналы на трансляционные станции малой мощности.
- 4 – Непосредственный прием на телевизионные приемники через наружные антенны.

Наземное приемное оборудование

Приемная установка системы «Экран-М» рассчитана для приема работы с одним из двух сигналов с несущими частотами 714 или 754 МГц. Принятый антенной системой сигнал поступает на малoshумящий транзисторный усилитель (МШУ), расположенный непосредственно на антенне (рис 4). После МШУ частотно-модулированный сигнал через усилитель

радиочастоты (УРЧ) с полосовым фильтром поступает на преобразователь, включающий в себя смеситель (СМ₁) и гетеродин (Г₁). Преобразованный на частоту 70 МГц сигнал проходит через усилитель промежуточной частоты (УПЧ) на частотный детектор (ЧД). Частотный детектор выделяет из сигналов промежуточной частоты полный цветовой телевизионный сигнал, содержащий яркостные и цветоразностные сигналы, а также сигнал звукового сопровождения на поднесущей частоте. Дальнейшая обработка сигнала производится в разных каналах – композитный ТВ сигнал подается на видеоусилитель (ВУ), а сигнал звукового сопровождения на детектор (Дет).

Далее выходные сигнал подаются на соответствующие нагрузки. В качестве нагрузки используется цветной аналоговый телевизор для визуального контроля качества принимаемого сигнала, а также электронный осциллограф, снабженный блоком выделения строки для просмотра контроля испытательных сигналов.

Принципиальная схема приемника для непосредственного приема спутникового телевидения приведена рис 4.

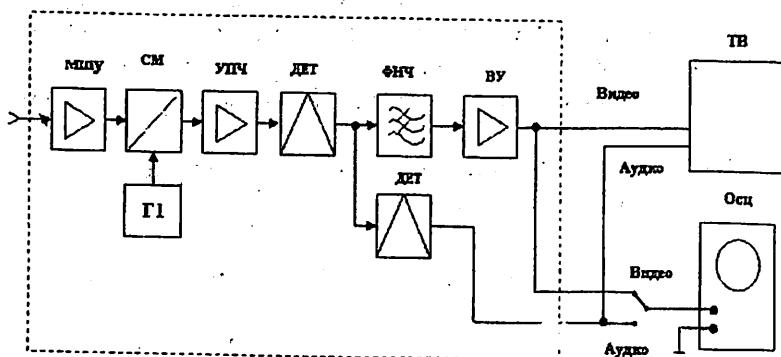


Рис 4. Структурная схема приемного устройства.

Измерение качества телевизионных каналов с помощью сигналов испытательных строк

Для контроля качества работы ТВ каналов во время передачи в сигнал изображения замешиваются специальные контрольные сигналы, которые передаются по РРЛ и ССС одновременно с ТВ сигналами. Контрольные сигналы вводят в строки с 17-й (330) по 22-ю (335) кадрового гасящего импульса, которые расположены на экране кинескопа выше изображения. Эти строки называют испытательными. (При выполнении лабораторной работы номера строк с 17-й по 22-ю на экране осциллографа будут высвечены как 641-649).

Используют две испытательные строки. Первая (рис. 5) содержит четыре контрольных сигнала: прямоугольный импульс << белого >> В2, синус - квадратичный импульс 2Т В1, испытательный импульс 20Т F и ступенчатый сигнал D2 с наложенной на него синусоидальной насадкой (4,43 МГц или 1,2 МГц). Вторая (рис. 6) содержит испытательный сигнал, состоящий из шести пакетов С2 синусоидальных колебаний с частотами 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 4,8; 5,8 МГц и контрольного прямоугольного импульса, размах которого С0 равен размаху пакетов частот.

Сигналы испытательных строк формируются в генераторе телевизионных испытательных сигналов и выделяются на приемных станциях с помощью специальных устройств выделения контрольной строки. Для наблюдения этих строк используют, например, осциллограф С1-81.

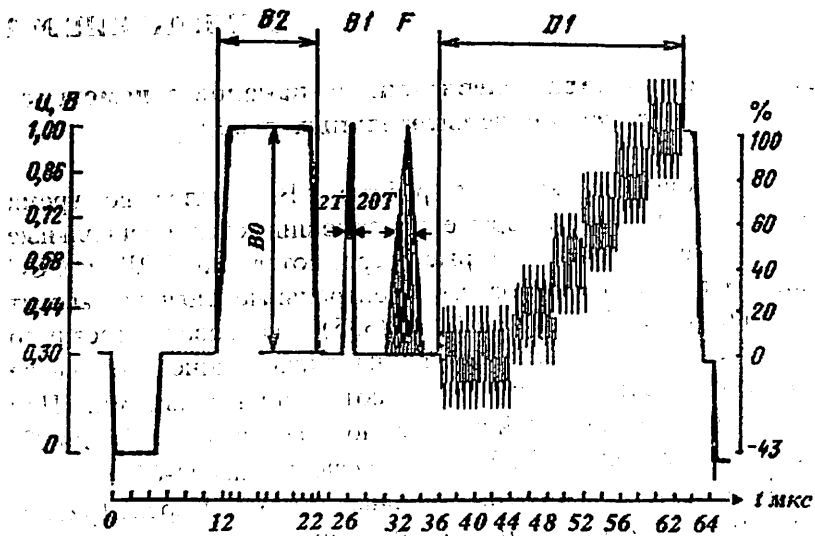


Рис 5. График напряжения первой испытательной строки.

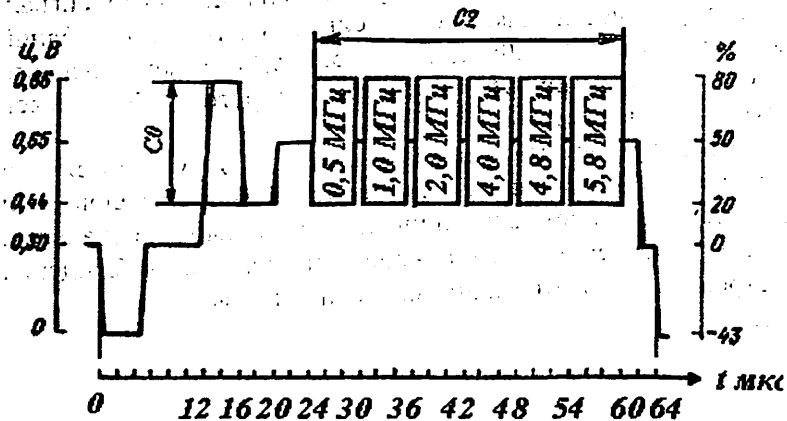


Рис 6. График напряжения второй испытательной строки.

С помощью сигналов испытательных строк можно постоянно контролировать диаграмму уровней ТВ сигнала, амплитудно-частотную характеристику (АЧХ), переходную и амплитудную характеристику тракта, а также оценивать различие усиления и расхождение во времени сигналов яркости и цветности.

Контроль диаграммы уровней осуществляют по размаху прямоугольного импульса << белого >> первой испытательной строки (рис. 5), вершина которого должна соответствовать уровню << белого >> 0,7 В точке, где размах полного ТВ сигнала составляет 1 В.

Контроль АЧХ тракта осуществляют по контрольным пакетам частот, расположенным во второй испытательной строке (рис. 6). Пакеты представляют собой синусоидальные колебания одинаковой амплитуды с частотами: $f_1=0,5$ МГц; $f_2=1,5$ МГц; $f_3=2,8$ МГц; $f_4=4,43$ МГц; $f_5=5$ МГц; $f_6=5,8$ МГц. Искажения АЧХ оценивают по изменению размаха пакетов частот ($U_1 \dots U_6$), по сравнению с размахом U_0 прямоугольного импульса, принятого за 100%.

Постоянство коэффициента передачи ТВ тракта для всех частот видеоспектра является важным условием. При выполнении его на приемном конце РРЛ будет наблюдаться на экране видеоконтрольного устройства (ВКУ) четкое изображение всех мелких деталей по горизонтали. При передаче сигналов цветного телевидения предъявляют повышенные требования к неравномерности АЧХ в области высоких частот, особенно в полосе 4...5 МГц, где расположена поднесущая цветности (4,25; 4,4 МГц). При большой неравномерности АЧХ ТВ тракта на этих частотах возникают искажения цветопередачи.

Контроль переходной характеристики тракта осуществляют по синус - квадратичному импульсу 2Т (длительностью 160 нс) первой испытательной строки (рис. 5). Спектр такого сигнала сосредоточен в полосе 0...6 МГц, что соответствует полосе пропускания ТВ канала. В отсутствие частотных и фазовых искажений в ТВ канале этот импульс передается по линии без искажения формы. Прямоугольный импульс << белого >> (П-импульс), передаваемый в начале

первой испытательной строки, служит эталоном при измерении амплитуды импульса $2T$ и выбросов в его нижней части.

Если амплитуда синус - квадратичного импульса окажется меньше амплитуды P - импульса более, чем на 20%, на экране ВКУ будет наблюдаться пониженная против нормы четкость. При сверхнормативных выбросах в нижней части синус - квадратичного импульса на изображении будут наблюдаться светлые окантовки на границе между черным и светло-серым тонами.

Контроль амплитудной характеристики тракта проводят по ступенчатому сигналу первой испытательной строки. При наличии нелинейности амплитудной характеристики высота ступенек этого сигнала будет различной. Для более точного измерения нелинейности амплитудной характеристики на ступенчатый сигнал накладываются синусоидальные колебания небольшой амплитуды. На приемном конце с помощью фильтра отделяют синусоидальное напряжение от остальной части ступенчатого сигнала и, наблюдая изменение его уровня на экране осциллографа, судят о нелинейности амплитудной характеристики видеотракта.

Нелинейные искажения амплитудной характеристики видеотракта проявляются в виде нарушений правильности передачи градаций яркости на экране ВКУ. Коэффициент нелинейных искажений для эталонной цепи не должен превышать 20%.

Оценку различия усиления и расхождения во времени сигналов яркости и цветности производят по испытательному импульсу $20T$ (длительностью 1600 нс) первой испытательной строки. Различия усиления и расхождения во времени сигналов яркости и цветности вызываются линейными искажениями видеотракта и связаны соответственно с искажениями его амплитудно-частотной и фазо - частотной характеристик. Под влиянием этих искажений нарушается цветопередача изображения. При этом уменьшение усиления сигнала цветности относительно сигнала яркости вызывает повышение уровня шума на цветном изображении, а

увеличение усиления сигнала цветности относительно сигнала яркости может привести к появлению более заметной ВЧ помехи в виде мелкой сетки на экране черно-белого телевизора. Расхождение во времени сигналов яркости и цветности приводит к появлению заметных цветных окантовок контуров изображения.

С помощью испытательного импульса $20T$ имитируются сигналы яркости и цветности. Этот испытательный импульс (рис. 7а) состоит из двух сигналов: синусквадратичного длительностью $20T$ (рис. 7б) – этот импульс имитирует сигнал яркости (его частотный спектр показан на рис. 7г) и поднесущей цветности, модулированной по амплитуде импульсом $20T$ (рис. 7в). Спектр этого сигнала показан на рис. 7г.

При наличии одновременных искажений АЧХ и характеристики группового временного запаздывания (ХГВЗ) импульс $20T$ приобретает специфические искажения у основания (рис. 8). Огибающая основания испытательного сигнала имеет волнообразный характер с одним или двумя максимумами.

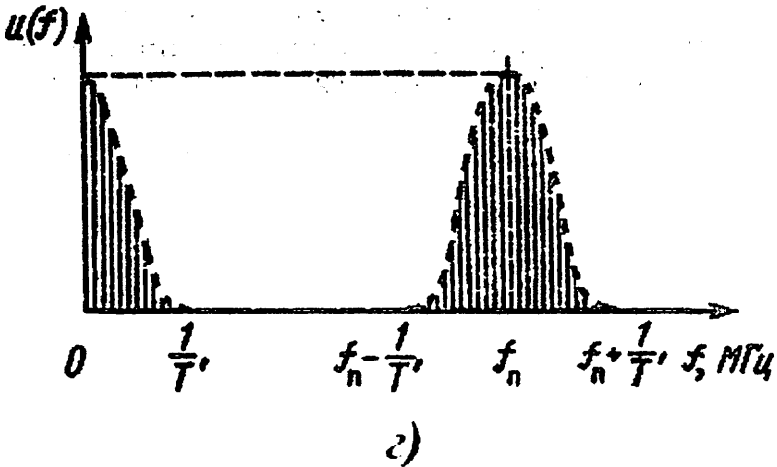
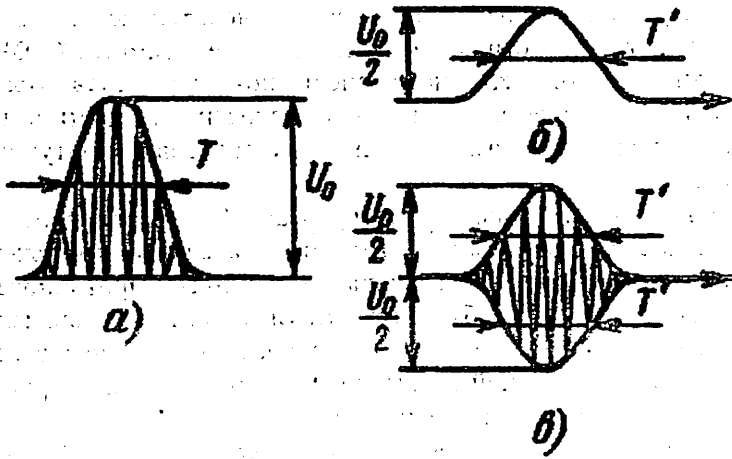


Рис 7. Методика оценки различия усиления и расхождения во времени сигналов яркости и цветности.

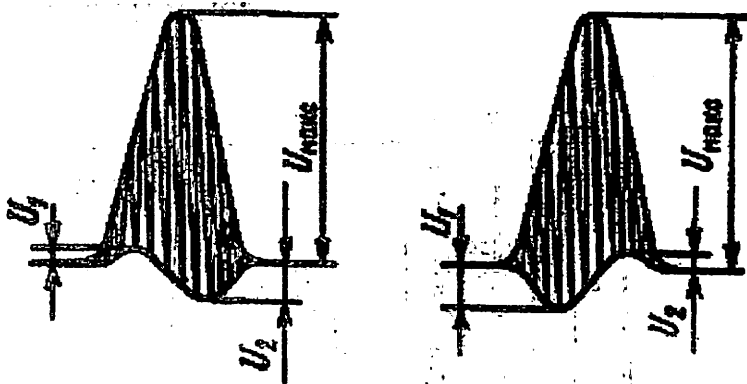


Рис 8. К пояснению искажения импульса 20Т.

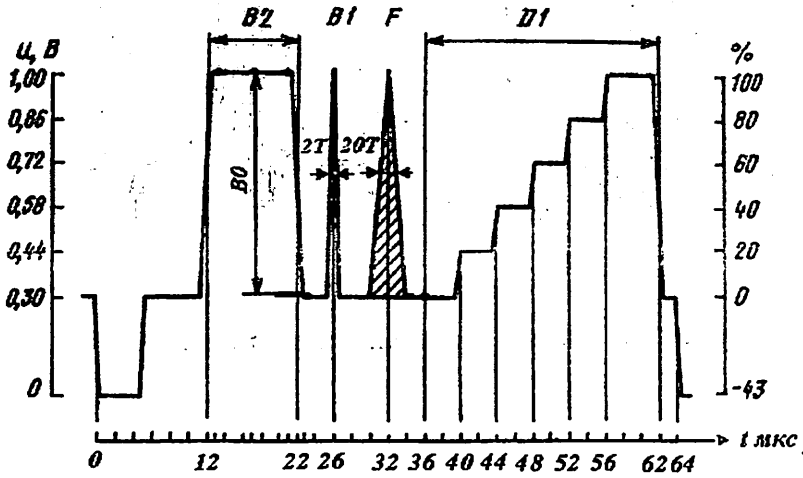


Рис 9. Контрольно-испытательные сигналы №1.

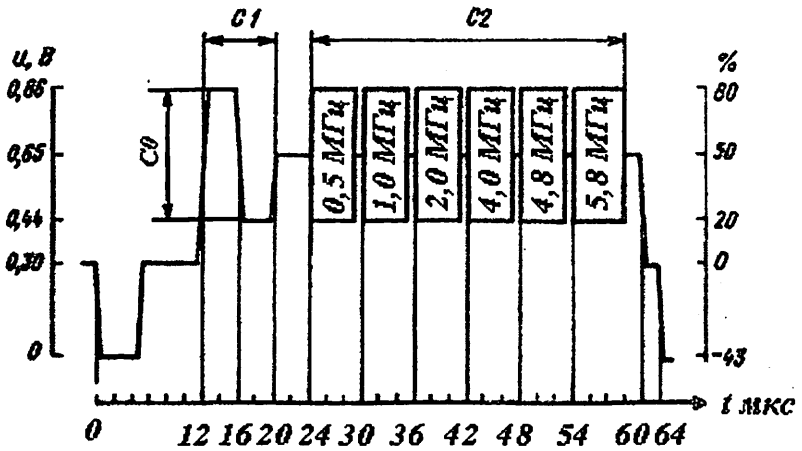


Рис 10. Контрольно-испытательные сигналы № 2.

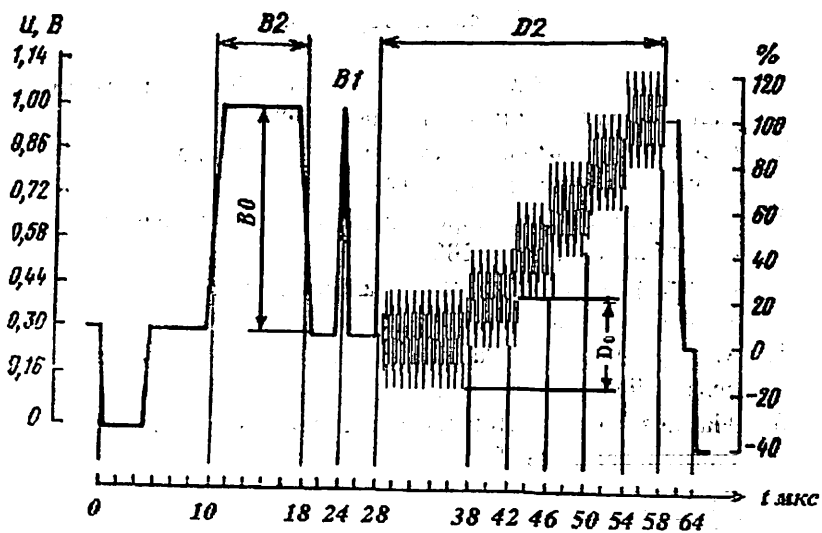


Рис 11. Контрольно-испытательные сигналы № 3.

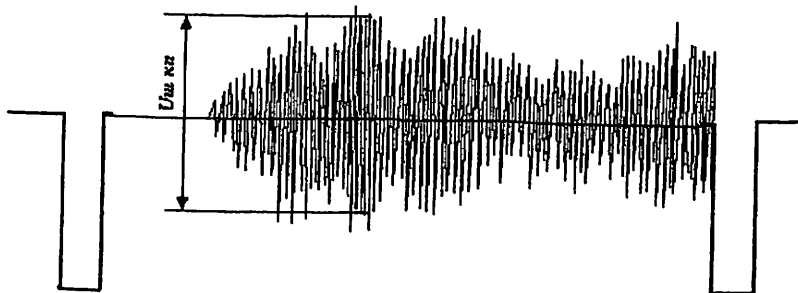


Рис 12. Контрольно-испытательные сигналы № 4.

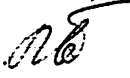
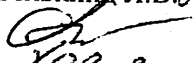

Список литературы

1. Немировский А.С., Рьжков Е.В. Системы связи и радиорелейные линии. М.:Связь, 1986.
2. Калашников Н.И. Системы связи и радиорелейные линии. М.: Радио и связь, 1989.
3. Ибраимов Р.Р. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. Т.: ТУИТ, 2000.
4. Сманцер А.С. Передача сигналов телевидения по РРЛ. М. Радио связь, 1985.
5. Мордухович Л.Г. Радиорелейные линии связи. Радио и связь, 1989.
6. Мамаев Н.С. Спутниковое телевизионное вещание. М. Радио и связь. 1995.



**Изучение принципов спутникового
телевизионного вещания.**

Методическое пособие к лабораторной
работе № 17.

Работа рассмотрена и одобрена на заседании
кафедры РТС (протокол № 9 от 24.04.2006).

Составители: ст.преп. Белькина Л.В. 
ст.преп. Васильев С.А. 
ст.преп. Хатамов А.П. 

Ответственный редактор к.т.н., доц.:
Ибраимов Р.Р. 

Редактор к.т.н. Гаврилов И.А. 
Корректор ст. преп. Хамдам-Зода Л.Х. 

Бумага офсетная. Заказ № 7

Тираж 100

Отпечатано в типографии ТУИТ

Ташкент 700084, ул.А.Тимура - 108