

УДК 621.397.6

*Кандидаты техн. наук Г. И. Власов, Б. М. Певзнер,
инженеры В. Т. Есин и С. А. Шерман*

ЧЕТЫРЕ ПОКОЛЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЫ

Рассмотрено развитие технической базы отечественного телевидения. Определены отличительные признаки четырех поколений аппаратуры и описаны основные комплексы передающего телевизионного оборудования. Особое внимание уделено проектируемому сейчас 4-му поколению аппаратуры, основанному на широком использовании методов цифровой обработки сигналов.

Первая программная электронная телевизионная передача в Советском Союзе была проведена 5 июля 1938 г. Опытным Ленинградским телецентром (ОЛТЦ). Регулярные передачи начались 1 сентября 1938 г. Опытный Ленинградский телецентр обеспечивал вещание студийных и кинопередач с четкостью разложения 240—300 строк при 25 кадрах в секунду, построчной развертке и формате изображения с отношением сторон 7:6. Аппаратура электронного телевидения, установленная на ОЛТЦ, была разработана и создана советскими специалистами.

Регулярные телевизионные передачи в Москве (с числом строк разложения 343) начались несколько позднее (1 января 1939 г.) и продолжались до середины 1941 г. Вещание в Москве велось на импортном оборудовании из студии площадью 300 м².

В 1948 г. начал регулярные передачи восстановленный и полностью реконструированный Ленинградский телевизионный центр. Аппаратура телецентра обеспечивала достаточно высокие для того времени качественные показатели и имела стандарт 441 строку при чересстрочном разложении.

Переход на новый стандарт разложения — 625 строк, 50 полей в секунду — потребовал при подготовке к пуску Московского телевизионного центра (МТЦ) провести коренную модернизацию его оборудования. В ноябре 1948 г. МТЦ начал регулярные телевизионные передачи на новом стандарте.

Можно считать, что аппаратура ОЛТЦ и МТЦ положила начало разработке и созданию в период 1950—1951 гг. 1-го поколения передающего телевизионного оборудования [1—4]. Это было типовое обо-

Третья очередь (1970 г.) полностью завершила ввод в строй Телевизионного технического центра имени 50-летия Октября. Были пущены в эксплуатацию 4 студии черно-белого телевидения, 4 студии для киносъемок с телевизионным контролем, центральная аппаратная, 7 программных аппаратных, блок видеозаписи (около 40 видеоманитофонов), блок техконтроля, блок переводов, аппаратура централизованной синхронизации аппаратных.

На базе аппаратуры «Москва» были созданы:

— аппаратные цветного телевидения для Ленинграда, Ташкента, Таллина;

— типовые комплексы для телецентров страны: студии черно-белого и цветного телевидения, кинопроекционные аппаратные черно-белого и цветного телевидения, центральные аппаратные, кабины технического контроля и т. д. («Телецентр»);

— аппаратура для телецентра в Болгарии;

— центральная аппаратная для Ленинградского телецентра и т. д.

Аппаратура «Телецентр» была внедрена в серийное производство и выпускалась отечественной промышленностью.

Одновременно со студийной аппаратурой была разработана и ПТС 2-го поколения типа «Лотос» — первая отечественная ПТС цветного телевидения. В ней были широко использованы унифицированные блоки телецентра и применено размещение аппаратуры в базовых шкафах. Специально для этой ПТС был разработан первый отечественный телевизионный спецавтомобиль (на базе автобуса ЛИАЗ-677), снабженный системами кондиционирования и электропитания. В ПТС обеспечены удобные условия для работы технического и творческого персонала. Первые образцы ПТС «Лотос» вступили в строй в 1969 г., а серийное производство велось с 1971 по 1977 гг. В эти же годы была также разработана и выпускалась ПТС черно-белого телевидения 2-го поколения — ПТС-4.

На смену аппаратуре 1-го и 2-го поколений пришло телевизионное оборудование 3-го поколения, предназначенное уже только для формирования программ цветного телевидения. Разработка этой аппаратуры началась в 1974 г. и завершилась внедрением в серийное производство в 1977 г.

Наиболее существенными отличительными чертами аппаратуры 3-го поколения являются [5]:

— широкое применение интегральных микросхем;

— высокие технические параметры аппаратуры, обеспечивающие выполнение норм на тракты и сигналы, установленных новыми ГОСТами;

— высокая стабильность параметров в течение длительного времени работы;

— более высокая, чем в аппаратуре 2-го поколения, степень надежности и удобства эксплуатации;

— наличие функционально новых систем, позволяющих существенно расширить творческие и технические возможности обслуживающего персонала телецентра (электронная рир-проекция, централизованная синхронизация и т. д.);

— наличие систем автоматизации, предназначенных для стабилизации основных параметров видеосигнала и их измерения в процессе передач;

— выполнение аппаратуры в новой базовой конструкции, отвечающей рекомендациям Международной электротехнической комиссии.

рудование для аппаратно-студийного блока на 5 камерных каналов, известного как типовой телевизионный центр. В состав АСБ входили 3 камерных канала для передачи из студии и 2 канала для передачи кинофильмов. Камеры работали на новых для того времени передающих трубках ЛИ7 (супериконоскоп) и ЛИ17 (суперортикон). Видеотракт позволял осуществлять плавное микширование и быстрое переключение изображений, а также обмен программами между двумя аппаратами.

К 1954 г. было выпущено 15 комплектов оборудования типового телевизионного центра.

Одновременно с созданием студийного телевизионного и звукового оборудования в 1949 г. в Ленинграде была создана первая отечественная передвижная телевизионная станция ПТС-49, которая в 1952 г., к моменту ввода в строй Киевского телецентра, была полностью модернизирована (ПТС-52).

На смену оборудованию типового телевизионного центра пришло новое серийное оборудование на 4 и 8 камерных каналов (1954—1956 гг.). Эта аппаратура имела стоечную конструкцию и позволяла осуществить принцип наращивания каналов от 2 до 8. На основе данного оборудования были созданы многие телевизионные комплексы: аппаратная для всемирной выставки в Брюсселе, удостоенная премии «Гран-При», 12-канальная аппаратная новых студий МТЦ, центральная аппаратная МТЦ для Всемирного фестиваля молодежи и студентов и др.

В 1958 г. была разработана и затем серийно освоена промышленностью аппаратура типовых телецентров «Город» и «Район».

Началом создания аппаратуры 2-го поколения можно считать 1963—1964 гг., когда была начата разработка аппаратно-студийного комплекса «Москва» для строившегося в Москве в Останкино Общесоюзного телевизионного центра (ныне Телевизионный технический центр имени 50-летия Октября).

Для новой аппаратуры были характерны следующие отличительные признаки:

— массовое применение полупроводниковых приборов вместо радиоламп;

— базовая конструкция блоков кассетного типа с применением печатного монтажа;

— формирование программ как черно-белого, так и цветного телевидения.

В аппаратуре 2-го поколения использовались:

— видеоманитофоны «Электрон-2» и «Кадр»;

— эпи- и диапроекторы по системе «бегущего луча»;

— передающие камеры цветного телевидения на 3-дюймовых суперортиконах, а также на новых трубках видикон и плумбикон;

— электронные датчики испытательных сигналов.

В 1967 г. к 50-летию Советского государства была введена в строй первая очередь Телевизионного технического центра. Это были 4 студии черно-белого телевидения (студийные камеры на 4,5-дюймовых суперортиконах, телекинокамеры на видиконах, видеоманитофоны «Электрон-2»). Вторая очередь (1969 г.) состояла из двух аппаратно-студийных блоков и одного аппаратно-программного блока цветного телевидения — студийных камер цветного телевидения КТ-103Ц на одном суперортиконе и трех видиконах (которые позднее были заменены камерами КТ-116 на 4-х плумбиконах), цветных телекинодатчиков с камерой КТ-104Ц на видиконах, видеоманитофонов «Кадр».

В процессе разработки аппаратуры 3-го поколения было создано большое многообразие устройств и малых комплексов, и из них построен аппаратно-студийный комплекс цветного телевидения, отвечающий всем современным требованиям технологии телевизионного вещания и имеющий высокие качественные показатели изображения на выходе тракта. В частности, разработаны аппаратно-студийный и аппаратно-программный блоки цветного телевидения (АСБ-ЦТ и АПБ-ЦТ) [6], ПТС цветного телевидения (ПТС-ЦТ «Магнолия»), передвижная телевизионная видеозаписывающая станция (ПТВС-3ЦТ), передвижная видеозаписывающая станция (ПВС-4). В качестве основного датчика сигналов изображения для студийного и внестудийного вещания создана цветная передающая камера КТ-132, обладающая целым рядом преимуществ перед предшествующими моделями отечественных камер цветного телевидения КТ-116 и КТ-116М. В частности, благодаря наличию в ней систем автоматизации существенно сократился и упростился процесс настройки; уменьшены габарит и вес камеры, а также диаметр камерного кабеля, что обеспечило значительные удобства в работе. Улучшены некоторые параметры, в том числе качество цветопередачи.

На этапе создания аппаратуры 3-го поколения вместо находившихся в эксплуатации на телецентрах страны видеомагнитофонов «Кадр-3» и «Электрон-2» была создана новая модель аппарата «Кадр-3П» (в дальнейшем — модернизированная модель «Кадр-3ПМ»). Новый аппарат был свободен от ряда принципиальных недостатков, присущих предшествующим моделям, таких, как недостаточно высокое качество воспроизводимого изображения в части отношения сигнал/шум и временной стабильности, большое время вхождения в синхронизм и большая временная ошибка в режиме синхронного воспроизведения, сложность электронного монтажа. С помощью нового видеомагнитофона стало возможным реализовать достаточно высокие качественные показатели изображения при двух-трех перезаписях, а также существенно расширить технологические возможности создания сложных комбинированных программ с использованием изображений, записанных на видеоленту.

Для обеспечения контроля и измерений параметров тракта и видеосигнала в процессе подготовки и ведения передач был создан достаточно сложный комплекс измерительного и испытательного телевизионного оборудования.

Разработаны новые принципы построения самих телецентров 3-го поколения с учетом всех имевшихся к тому времени тенденций и достижений мировой практики. Было признано целесообразным при построении телевизионных центров, обладающих разнообразными программными и техническими возможностями, стремиться к:

— построению комплекса из однотипного оборудования с возможностью его наращивания;

— централизации таких датчиков сигналов изображения, как телекинодатчики, диапроекторы, видеомагнитофоны с возможностью их оперативного подключения к потребителям;

— разделению на больших многопрограммных телецентрах всего аппаратно-студийного комплекса на две службы — блок создания и блок выпуска программ.

Такая централизация технических средств позволяла существенно сократить объем дорогостоящего оборудования за счет максимальной его загрузки и эффективного использования.

Одной из серьезных технических проблем, успешно решенных на этапе разработки телевизионных центров 3-го поколения, было созда-

ние системы централизованной синхронизации всех источников, работающих в составе телецентра, а также системы внутригородской и междугородной синхронизации с передачей корректирующих управляющих сигналов по существующим телефонным линиям связи. Это позволило режиссерам, формирующим программы в АСБ и АПБ, использовать большое количество синхронных источников, сигналы которых на входах микшерно-линейных трактов аппаратных были сфазированы между собой с достаточно высокой точностью.

Разработка передающего телевизионного и звукового оборудования 3-го поколения, а также решение ряда вопросов по аппаратно-студийному комплексу в целом создали базу для переоснащения телевизионных центров страны. Кроме того, аппаратура 3-го поколения явилась основой Олимпийского телерадиокомплекса [7, 8], обеспечившего успешную организацию и проведение телевизионных трансляций игр XXII Олимпиады 1980 г. в Москве.

В настоящее время разрабатывается телевизионная аппаратура 4-го поколения, основным отличительным признаком которой является использование методов цифровой обработки сигналов.

Цифровая техника обеспечивает возможность точной регенерации сигналов изображения независимо от того, сколько звеньев преобразования они прошли, что существенно расширяет технологические возможности аппаратуры. Так, на цифровых студиях допустимое количество перезаписей при монтаже программы практически не будет ограничено. Облегчается также использование ЭВМ при формировании и выпуске программ и обеспечивается возможность подачи выходных сигналов телецентров в единую автоматизированную цифровую систему связи, которая появится в недалеком будущем.

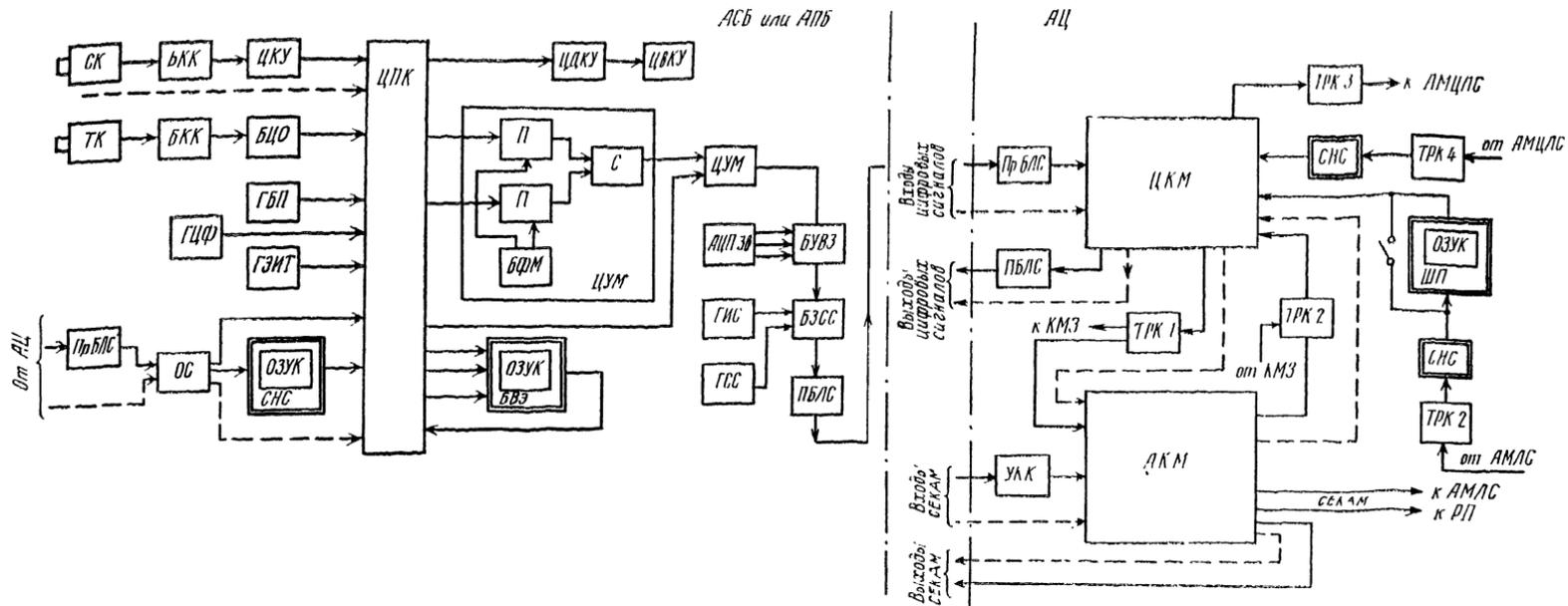
Другими характерными признаками аппаратуры 4-го поколения являются:

- использование микросхем и микросборок 4-го уровня интеграции (от 1001 до 10000 элементов и компонентов включительно);
- широкое использование микропроцессоров для автоматической подстройки параметров аппаратуры (камерных каналов, видеотракта и т. п.);
- возможность использования при формировании программ несинхронных источников;
- распределение сигналов управления и связи по одной или двум уплотненным магистралям;
- наличие автоматизированных встроенных систем контроля и измерения.

При переходе к 4-му поколению планируется сохранить структуру современных телецентров, которая отвечает сложившейся технологии телевизионного вещания. Сохранятся и основные аппаратные — АСБ, АПБ, АЦ, аппаратная видеоманитной записи, телекиноблок.

На рисунке показана упрощенная структура АСБ (или аналогично ему по структуре АПБ) и центральной аппаратной АЦ. Видеоманитфоны и телекинопроекторы сосредоточены в соответствующих централизованных аппаратных, которые на рисунке не представлены.

Сигналы студийной передающей камеры СК, обработанные в блоке камерного канала БКК, подаются на цифровое кодирующее устройство ЦКУ, где формируется код студии. При использовании титровой камеры ТК достаточно вместо ЦКУ иметь блок цифровой обработки БЦО. Электрически формируемые сигналы образуются непосредственно в коде студии в генераторах буквопечати ГБП, цветного фона ГЦФ, электронной испытательной таблицы ГЭИТ.



Упрощенная структурная схема основных аппаратных телецентра 4-го поколения

В аппаратно-студийном или аппаратно-программном блоке: СК — студийная камера, БКК — блок камерного канала, ЦКУ — цифровое кодирующее устройство, ТК — титровая камера, БЦО — блок цифровой обработки, ГБП — генератор буквопечати, ГЭИТ — генератор электронного испытательного сигнала, ПрБЛС — приемный блок линии связи, ОС — определитель синхронности, ОЗУК — оперативное запоминающее устройство на кадр изображения, СИС — синхронизатор несинхронных сигналов, ЦПК — цифровой программный коммутатор, ЦДКУ — цифровое декодирующее устройство, ЦВКУ — цветное ВКУ, П — перемножитель, С — сумматор, БФМ — блок формирования множителя, ЦУМ — цифровой универсальный микшер, БВЭ — блок видеозащиты, АЦПЗв — АЦП звуковых сигналов, БУВЭ — блок уплотнения видео и звука, ГИС — генератор испытательных сигналов, БЗСС — блок замешивания служебных сигналов, ГСС — генератор служебных сигналов, ПБЛС — передающий блок линии связи. В центральной аппаратуре: ЦКМ — цифровая коммутационная матрица, АКМ — аналоговая коммутационная матрица, КМЗ — коммутационная матрица звука, УКК — усилитель-корректор кабеля, ТРК 1 — транскодер 1 (код студии — СЕКАМ), ТРК 2 — транскодер 2 (СЕКАМ — код студии), ТРК 3 — транскодер 3 (код студии — код со сжатием), ТРК 4 — транскодер 4 (код со сжатием — код студии), ШП — шумоподавитель, АМЦЛС — аппаратная междугородной цифровой линии связи, АМЛС — аппаратная междугородной линии связи, РП — радиопередатчик

Все перечисленные сигналы поступают на цифровой программный коммутатор ЦПК, имеющий объем, например, 16×8 . Сюда же подаются сигналы внешних программ, поступившие из АЦ по соединительной линии. После приемного блока линии связи ПрБЛС сигналы проходят через определитель синхронности ОС и — в случае необходимости — через синхронизатор несинхронных сигналов СНС, работающий на основе ОЗУ на кадр изображения ОЗУК.

Цифровой коммутатор осуществляет преднабор на микшер либо обход микшера. Построение цифровых коммутаторов представляет интересную специфическую задачу цифрового телевидения. С одной стороны, в коммутаторе в 8 раз увеличивается необходимое число ключей, так как обработка сигналов ведется в параллельном коде, и еще больше возрастает число входных и выходных контактов, поскольку сигналы передаются в симметричной форме (витая пара). С другой стороны, резко снижаются требования к параметрам видеоканала, в том числе к перекрестным искажениям; для коммутации используются серийные логические ИМС — мультиплексеры; появляется возможность уменьшить объем коммутатора за счет использования резерва микросхем по быстродействию, например за счет перехода к параллельно-последовательному коду — уплотнению 8-ми разрядов в 2 линии по 4 разряда в каждой.

На входах коммутатора все видеосигналы должны быть сфазированы с точностью до нескольких наносекунд. Аналогичная точность требуется в системах НТСЦ или ПАЛ, но в данном случае она может быть достигнута более простыми средствами цифровой техники — с помощью буферных устройств памяти, объем которых определяется максимальной ожидаемой разницей в задержках выходных сигналов.

С коммутатора сигналы идут на цифровой универсальный микшер ЦУМ, состоящий из двух перемножителей П и одного сумматора С. Универсальность ЦУМа в том, что в одном арифметическом устройстве выполняется плавное микширование, введение титров, знаков и электронной рир-проекции, резкий и плавный ввод спецэффектов, что ранее требовало двух микшеров и быстродействующего коммутатора.

Сигналы, задающие уровень микширования, очертания спецэффекта, силуэты актера или титровых знаков, подаются на блок формирования множителей БФМ, где объединяются в соответствии с указаниями, поступающими с пульта режиссера по системе телеуправления. На рисунке показаны два микшера, но конкретное их число и структура определяются требованиями заказчика.

Принципиально новым устройством видеотракта является блок видеоэффектов на основе памяти на кадр БВЭ, с помощью которого можно будет осуществлять масштабирование, панорамирование, «листание» изображений, «стоп-кадр» и другие эффекты, расширяющие изобразительные возможности телевидения.

К контрольным выходам ЦПК (один из них показан на рисунке) подключаются цветные ВКУ, снабженные цифровыми декодирующими устройствами ЦДКУ.

Выходной сигнал микшера поступает на блок уплотнения видеосигнала звуковыми сигналами БУВЗ, а затем на блок замешивания служебных сигналов БЗСС. Сигналы двухпрограммного звукового сопровождения, а также (только в АСБ) сигнал режиссерских указаний, формируемые в АЦП звука, будут вводиться в интервалы обратного хода по строкам.

На обратном ходу по кадрам предполагается вводить измерительные сигналы (от генератора ГИС) и служебные сигналы (от генератора

ГСС); к служебным сигналам относятся: код источника сигналов, код названия передачи, код номера кадра видеозаписи или кинокадра.

На этом заканчивается формирование сигнала в АСБ и АПБ, и через передающий блок линии связи ПБЛС сигнал выдается в АЦ.

На цифровых входах АЦ размещаются приемные блоки линии связи ПрБЛС, а на аналоговых входах — усилители-корректоры кабеля УКК. В дополнение к существующей аналоговой коммутационной матрице АКМ в аппаратной ставится цифровая коммутационная матрица ЦКМ. На первом этапе развития «цифрового сектора» телецентра ЦКМ может иметь относительно небольшой объем, например 16×32 . Для обмена сигналами между аналоговыми и цифровым «секторами» в АЦ ставятся транскодирующие устройства ТРК 1 («цифра — СЕКАМ») и ТРК 2 («СЕКАМ — цифра»). Декодирование в них ведется до видеосигналов Y, D_R, D_B , причем переход от поочередной передачи D_R/D_B к одновременной и обратно производится в обоих транскодерах в цифровой форме. Так как в аналоговой форме сигналы звукового сопровождения коммутируются отдельной матрицей звука КМЗ, то в ТРК 1 эти сигналы выделяются, а в ТРК 2 — вводятся.

С выхода АКМ сигналы программы подаются по аналоговым соединительным линиям в оконечную аппаратную междугородной линии связи АМЛС и на радиопередатчик РП. Выход на РП может осуществляться и в цифровой форме; в этом случае непосредственно на входе РП ставится транскодер ТРК 1. Сигнал внешней программы СЕКАМ, пройдя ТРК 2 и СНС, может быть подвергнут обработке в шумоподавители ШП.

Если к данному телецентру подведена междугородная цифровая линия связи, то сигналы, подаваемые в ее оконечную аппаратную АМЦЛС, подвергаются транскодированию для сжатия цифрового потока. Сжатие из кода студии с потоком около 200 Мбит/с до кода линии с потоком 140 или 34 Мбит/с осуществляется в транскодере ТРК 3, а обратная операция над сигналом цифровой внешней программы — в транскодере ТРК 4.

Блоки, показанные на рисунке двойными линиями, могут использоваться в качестве автономных цифровых устройств в аналоговых телецентрах; при этом в их состав должны входить транскодеры ТРК 2 на входе и ТРК 1 на выходе.

На совершенно новых принципах предполагается построить систему телеуправления. В целях резкого упрощения кабельного и коммутационного хозяйства в ней, вероятнее всего, будет использовано цифровое кодирование сигналов телеуправления и сигнализации и их передача по единой для всего телецентра мультиплексной (т. е. уплотненной) шине. Пульты управления и исполнительные устройства (коммутатор, микшер, телекинопроектор, видеомагнитофон и т. п.) будут иметь двустороннюю связь с общей шиной через блоки телемеханики. За каждым пультом закрепляется одна строка поля, каждому исполнительному устройству присваивается адрес (номер). Пульт формирует и посылает в общую шину кодовую посылку, формат которой аналогичен коду МККР для видеозаписей. В состав кодовой посылки входят синхрогруппа, адрес, код вида команды и код числовой части команды. Весь набор будет осуществляться тактичными кнопками, т. е. десятичной клавиатурой, как в калькуляторе, что позволит резко сократить число кнопок на пультах управления.

Автоматизацию ведения передач предполагается осуществить путем подключения управляющей ЭВМ к той же общей шине (через блок ин-

терфейсов), а также путем использования соответствующего набора программ.

Помимо телеуправления, та же общая шина может служить для организации сети служебной связи телецентра. Связь будет строиться по чисто адресному принципу, что позволит соединиться любой паре абонентов.

Переход от аппаратуры 3-го к аппаратуре 4-го поколения будет осуществляться на телецентрах постепенно. Сначала в существующую аппаратуру будут вводиться цифровые блоки, на вход которых подаются и с выхода которых получают аналоговые сигналы. К этим блокам относятся синхронизаторы несинхронных источников, блоки видеоэффектов, шумоподавители, корректоры временных искажений. Затем предполагается создание аналого-цифровых аппаратных, и по мере появления на телецентре нескольких таких аппаратных будет организовываться «цифровой сектор» в центральной аппаратной. Следующим этапом должно быть создание полностью цифровых телецентров, информация которых будет поступать в единую автоматизированную систему связи.

Это — главное направление развития телевизионной техники на период до 1990 г. Однако следует отметить, что в рамках существующего стандарта невозможно обеспечить резкое улучшение качества телевизионного изображения. Поэтому наряду с работами в области цифрового телевидения с существующим стандартом разложения в ближайшее время предполагается проведение научно-исследовательских работ в области создания систем высокой четкости — следующего этапа развития вещательного телевидения.

Заключение

На каждом из этапов развития отечественное телевизионное вещание имело телевизионную аппаратуру с качественными характеристиками, находящимися на уровне аналогичных характеристик лучших образцов зарубежного оборудования.

Поколения телевизионной аппаратуры создавались планомерно, в соответствии с появлением новой элементной базы.

В настоящее время главным направлением в развитии телевизионной техники является цифровое телевидение, которое обеспечит техническую базу аппаратуры 4-го поколения, значительно расширит технологические и технические возможности телецентров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров И. П. 25 лет советского телевизионного вещания. «Вопросы радиоэлектроники», сер. «Техника телевидения», 1963, вып. 4, с. 3 — 14
2. Новаковский С. В. Развитие телевидения. В сб.: «50 лет радио». М., Связьиздат, 1945, с. 281 — 305.
3. Ренард Б. В. Советское телевидение к 40-летию Октября. «Техника кино и телевидения», 1957, № 11, с. 16 — 22.
4. Кодекс П. Е. Телевизионное оборудование ленинградского программно телецентра. «Техника кино и телевидения», 1962, № 3, с. 1 — 11.
5. Шерман С. А., Есин В. Т. и Шапиро Я. А. Новое видеооборудование для цветного телевизионного вещания (аппаратура 3-го поколения). «Техника средств связи», сер. «Техника телевидения», 1976, вып. 4, с. 10 — 19.
6. Кучеров Г. И. и Петрушанская Л. М. Телевизионное оборудование новых аппаратно-студийных и аппаратно-программных блоков цветного телевидения. «Техника средств связи», сер. «Техника телевидения», 1978, вып. 5 (13), с. 3 — 10.
7. Есин В. Т., Росселевич И. А., Крылков В. Ф. Технические средства ТВ служб Олимпийского телерадиокомплекса. «Техника кино и телевидения», 1979, № 8, с. 55 — 58.
8. Шабский К. К. Олимпиада-80. «Радио и телевидение», ОИРТ, 1977, № 5, с. 17 — 27.