

С ЧЕГО НАЧИНАЛОСЬ ТВЧ В РОССИИ

25.03.2020 > 16:56



Источник изображения: Shutterstock

Автор: [Быструшкин Константин, заместитель гендиректора ЗАО «МНИТИ»](#)

«Телеспутник» продолжает серию статей «Неизвестный МНИТИ» о научных исследованиях и разработках советских телевизионщиков, благодаря которым наша страна была на передовых рубежах мировой телевизионной науки и техники. Сегодня мы расскажем о работах МНИТИ в области телевидения высокой четкости (ТВЧ) в рамках международного проекта «Эврика-95» в начале 1990-х годов.

СОЦИАЛЬНЫЙ ЗАКАЗ НА РЕВОЛЮЦИЮ

Развитие телевидения неразрывно связано с постоянным повышением разрешения (четкости) воспроизводимой телевизорами картинку. Судите сами. В механическом телевизоре с вращающимся диском Нипкова изображение раскладывалось на 30 линий при частоте оборотов диска 5 раз в секунду. Черно-белый телевизор ТК-1 с электронно-лучевой трубкой (кинескопом), выпускавшийся в Ленинграде на заводе имени Козицкого с 1938 года, имел более четкую и детальную картинку с разложением на 343 строки при частоте развертки 25 Гц. Знаменитые телевизоры КВН-49, выпуск которых был начат в 1949 году, поддерживали воспроизведение нового советского телевизионного стандарта: 625 строк при 25 кадрах/с. Эти параметры раstra не только стали стандартными для черно-белого и цветного аналогового телевидения в СССР, но и до сих пор используются в эфирном цифровом телевидении DVB-T2 в России. Разрешение SD цифрового изображения составляет 720×576 пикселей потому, что в 625-

строчном аналоговом растре активными, то есть создающими изображение на экране кинескопа, являются только 576 строк.

В начале 1950-х годов телевизионная картинка в 625 строк на экранах диагональю 18—25 см воспринималась зрителями как настоящее телевидение высокой четкости, так как даже самый зоркий глаз с 2-3 метров не различал структуру раstra на экране телевизора тех лет. В немалой степени этому способствовало также дрожание воспроизводимых на экране кинескопа строк четного и нечетного полуполей телевизионного кадра, делающих менее заметным промежутки между строками. Напомним, что во всех аналоговых системах черно-белого и цветного телевидения для уменьшения полосы передаваемого изображения использовалась чересстрочная развертка телевизионного раstra.

Несмотря на то, что размеры экранов телевизоров постоянно росли (в 1960-е годы в унифицированные черно-белые телевизоры УНТ встраивали кинескопы размером 47 см, а в 1970-е — 59 см и даже 61 см) долгое время вопрос повышения разрешения ТВ-изображения не стоял на повестке дня. По причине того, что использование аналоговых методов передачи телевизионных сигналов в принципе не позволяло в рамках уже развернутых в мире сетей эфирного телевидения с шириной полосы передаваемого сигнала 6 МГц (США), 7 МГц (Западная Европа) и даже 8 МГц (СССР и страны Восточной Европы) внедрить новый стандарт развертки раstra. А перейти на более широкую полосу телевидения в эфире представлялось тем более нерешаемой задачей, так как это потребовало бы полностью перекроить распределение частот между различными службами, в том числе частот, используемых военными для своих радиосредств и связного оборудования. По этой же причине разработанные в 1960-е — 1970-е годы в США, Западной Европе, а также Франции и СССР системы цветного телевидения NTSC, PAL и SECAM были вписаны в те же частотные полосы, что и используемые в этих странах отведенные для черно-белого телевидения частотные каналы. Поэтому, исходя из требований совместимости с имеющимся у населения парком черно-белых телевизоров, параметры разложения раstra цветного ТВ-изображения оставили такими же. То есть 525 строк/50 Гц для США и 625 строк/50 Гц — для Западной и Восточной Европы с использованием чересстрочной развертки раstra.



Телевизионная камера ТВЧ ТС-ВЧ 004

Между тем технологии развивались, совершенствовались конструкции электронно-лучевых трубок (кинескопов). Одной из ведущих тенденций стало увеличение в массовых моделях зарубежных цветных телевизоров размера экрана кинескопа до 25—28 дюймов по диагонали (даже в СССР подавляющее число цветных телевизоров выпускались с размером экрана в 24 дюйма, или около 61 см). А уже при таких экранах строчная структура изображения становилась хорошо заметной зрителям при стандартных

условиях просмотра. Что уж говорить о моделях с еще большим экраном в 32—34 дюйма, которые в те годы все активнее продавались в США и Японии. К тому же переход кинематографа на широкий экран, а затем внедрение стерео- и даже трехмерного звука оказывали все более сильную конкуренцию домашнему телесмотрению. И одной из причин тому стало прогрессирующее отставание телевизионной картинки от качества изображения на киноэкране. Налицо был социальный заказ на очередную технологическую революцию в телевидении — переход к высокой четкости изображения.

Инженеры-телевизионщики и их боссы прекрасно понимали масштаб надвигающегося бедствия, так как рост продаж цветных телевизоров постоянно замедлялся. А как мы уже показали выше, лобовое решение — увеличение размера экрана телевизора без повышения четкости изображения — не работало. А скорее даже усугубляло ситуацию, так как все недостатки и ограничения раstra стандартного разрешения с ростом размера изображения становились еще очевиднее.

Поэтому следующим эпохальным этапом в развитии телевизионных технологий после перехода от черно-белого изображения к цветному стала разработка и организация в США, Японии и Европе вещания телевидения высокой четкости.

ПЕРВЫЙ БЛИН НЕ КОМОМ

Под телевидением высокой четкости понимались телевизионные системы, имеющие вдвое большее число строк и, соответственно, вдвое больше элементов изображения в каждой строке. Теоретические работы с обоснованием требований к системе ТВЧ как инженерной задаче стартовали в середине 1940-х годов.

Согласно «Википедии», первые системы ТВЧ, предполагающие развертку в 1000 аналоговых строк, предложили американец Джон Бэрд и советский инженер Сергей Новаковский в 1944 и 1946 годах соответственно. Проект Бэрда так и не был реализован, а вот Новаковскому повезло больше — в 1958 году его предложения были реализованы в железе и внедрены в опытной системе военно-штабной связи «Трансформатор». Система предусматривала передачу с разрешением 1125 строк изображений документов и топографических карт с последующим отображением их на экранах размером 3×3 метра. Все это уникальное оборудование и его комплектующие были на 100% отечественными! Это изобретение стало настоящей мини-революцией в военном деле, так как до этого карты и приказы из штаба в части доставляли нарочным или курьером, что требовало немало времени.

Теперь же с использованием защищенных каналов связи это можно было делать почти в реальном времени. Кстати, впоследствии Сергей Новаковский станет директором МНИТИ (с 1963 по 1977 годы).

Но по-настоящему за тему ТВЧ взялись в 1970-е, когда ограничения дальнейшего технического совершенствования телевидения стандартного разрешения стали очевидны. Примечательно, что официальным стартом международных работ по созданию систем ТВЧ считается заседание в 1972 году 11-й исследовательской комиссии МККР под руководством Марка Кривошеева, на котором была утверждена первая международная программа разработки методов цифровой компрессии ТВ-сигнала и определены предварительные требования к системам ТВЧ. Потому что уже тогда всем было ясно, что без использования компрессии и других изощренных приемов кодирования высокоскоростных сигналов высокой четкости передать программы ТВЧ по реальным каналам связи вряд ли удастся.

Но это не означает, что прежде телевидением высокой четкости не занимались. Еще одним пионером высокой четкости являлись японцы, которые в 1964 году под руководством государственной телекомпании NHK не только проводили научные исследования, но и создавали телевизоры, передающие камеры и другое оборудование ТВЧ с параметрами раstra 1125 строк/чересстрочная развертка при соотношении сторон изображения 5:3. В ходе этих исследований стало очевидным, что при уровне развития технологий сжатия видео и звуковых сигналов в те годы уместить сигнал ТВЧ можно было только в широкой полосе спутниковых каналов 33—36 МГц. Поэтому все опытные и реализованные системы ТВЧ первого поколения использовали спутниковое ТВ как среду передачи программ высокой четкости.

Первыми успеха добились японцы: экспериментальное ТВЧ-вещание компания NHK начала в 1968 году. Но показать в действии полную линейку аппаратуры — телекамеру, видеоманитофон и цветной монитор с диагональю свыше 80 см — удалось только в начале 1980-х. Основные параметры японской системы ТВЧ были следующими: число строк 1125, число полукадров в секунду 60, формат изображения 16:9. Активное участие в проекте приняли Sony, Toshiba и NEC. На основе проведенных исследований и разработок японцам удалось разработать вполне работоспособную аналоговую спутниковую систему HDTV MUSE (Multiple sub-nyquist sampling Encoding system), сигналы которой передавались в диапазоне 11,7—12,5 ГГц. Трансляции начались в 1985-м и продолжались вплоть до конца 1990-х с помощью спутника Juri BC-3. Благодаря запуску этого спутника в 1989 году телепрограммы MUSE можно было принимать на всей территории Японии. Несмотря на очень высокую стоимость приемного оборудования MUSE к 1990 году в японских домах стояло около 150 тысяч

телевизоров, поддерживающих стандарт высокой четкости NHK. В 1996-м на выставке Japan Electronics Show в выставочном центре Makuhari Messe автору этих строк посчастливилось вживую посмотреть несколько программ MUSE на телевизорах размером 32—36 дюйма. И это произвело неизгладимое впечатление.

А что происходило по другую сторону света, в Европе? Здесь старт ТВЧ-вещания был не менее впечатляющим. Ядро разработчиков европейской ТВЧ-системы HD-MAC (проект «Эврика-95») составили специалисты Philips, Thomson, Nokia, Grundig, а также целый ряд научно-исследовательских и учебных институтов, образовавших 12 исследовательских групп. Основные параметры европейской системы были почти теми же, что у японцев: частота строк 1250, частота полей в секунду 50, формат изображения 16:9. Общая стоимость работ по проекту «Эврика-95» составила приличную (в ценах того времени) сумму: только с 1986 по 1990 год было потрачено свыше \$350 млн. Однако деньги израсходовали не зря, так как уже в 1988-м в Европе начались опытные передачи в стандарте HD-MAC через французский спутник TDE-2. Его зона покрытия охватывала практически все страны Западной Европы, затрагивая даже западные районы СССР — прием программ на широте Москвы был возможен на спутниковую антенну диаметром 4,8 м.

Больше всех этому подарку радовались любители футбола: в 1988 году они могли смотреть чемпионат Европы по футболу, а в 1990-м — чемпионат мира в Италии с невиданным ранее качеством изображения и звука. В общем, казалось, что победное шествие ТВЧ-вещания по всему миру успешно стартовало. Первый блин явно получился не комом.

МОСКОВСКАЯ ПРЕМЬЕРА HD-MAC

В СССР внимательно следили за первыми успехами систем ТВЧ, и уже в середине 1980-х годов МНИТИ было поручено возглавить работы по созданию прототипа телевизора отечественной телевизионной системы следующего поколения. Как и в случае выбора системы цветного ТВ, работы начались с изучения аппаратуры японских и европейских компаний. Был развернут специальный испытательный стенд на основе комплекта оборудования компании Sony, на котором сотрудники МНИТИ могли наглядно убедиться в преимуществах картинки ТВЧ. Для этого в течение дня устраивали по 3-4 демонстрации системы, длившиеся 15-20 минут. Любой желающий мог записаться в очередь на демонстрацию и в отведенное время ознакомиться с чудом японской телевизионной техники. Посмотреть действительно было на что, так как качество картинки было безукоризненным. Полноте ощущений способствовал специально отобранный видеоконтент, состоящий из клипов с видами природы Японии, бабочек, цветов и других подобных сюжетов.

Работы над телевидением высокой четкости в СССР начались не на пустом месте. В начале 70-х годов МНИТИ разработал и изготовил телевизионную систему высокой четкости с 1125 строками, которая с успехом использовалась на ряде объектов государственного управления. Сотрудники НИИР под руководством В.Е. Теслера в конце 80-х годов предложили оригинальную систему, по изяществу технических решений мало в чем уступавшую европейской HD-MAC. И только отсутствие необходимой элементной базы помешало осуществить этот проект в железе. Большой вклад в развитие ТВЧ в мире внес профессор Марк Кривошеев, который более 30 лет руководил 11-й исследовательской комиссией МККР, фактически определявшей направления развития телевидения в мире. По инициативе Кривошеева и при его активном участии в конце 90-х была разработана и принята единая спецификация формата видеосигнала для электронного кинематографа и ТВЧ (формат экрана 16:9 при едином стандарте разложения раstra 1920×1080 пикселей).



Система HD-MAC

Кстати, советские инженеры активно участвовали и в европейском проекте «Эврика-95», хотя СССР официально в него не входил. Дело в том, что МНИТИ в рамках советско-французской комиссии по цветному телевидению имел очень хорошие партнерские отношения с компанией Thomson. Эта комиссия была создана в 1965 году советским и французским правительствами «для сотрудничества в области цветного телевидения на основе системы SECAM». Однако и после того, как совместная советско-французская система SECAM была внедрена в СССР, МНИТИ продолжал активно сотрудничать с французами. В частности, проводились совместные

эксперименты в области ТВЧ. Причем, как бы странно это ни показалось, по ряду позиций мы даже опережали французов на несколько лет. К примеру, рабочий образец цветной телекамеры с четкостью более 1000 строк, разработанный в МНИТИ, демонстрировался в Женеве на выставке «Телеком» еще в 1985-м, тогда как французы смогли изготовить ее аналог только через три года.

Так как компания Thomson была одним из отцов-основателей стандарта HD-MAC и активным участником проекта «Эврика-95», она сумела пролоббировать МНИТИ в кругу его участников. Основным аргументом французов было предложение посмотреть, как сигнал HD-MAC принимается в таком «медвежьем уголке», как Москва. Так институт и подключился к этому проекту.

Руководство Министерства промышленности средств связи СССР, к которому в то время относился МНИТИ, с энтузиазмом поддержало эту идею. При техническом содействии компании Thomson, предоставившей декодеры HD-MAC и телевизор HDTV, а также техническую документацию по системе HD-MAC, в МНИТИ в 1989-1990 годах был развернут центр приема и распределения программ по системе HD-MAC. Любопытно, что вся остальная аппаратура, включая гигантские проекционные экраны, была разработана и изготовлена в МНИТИ.

Гвоздем экспериментального стенда приема и отображения программ HD-MAC стали два проекционных экрана диагональю 9 метров. На них с помощью светоклапанных проекторов системы «Эйдофор» (англ. Eidophor) создавались телевизионные изображения с разрешением до 1250 строк. Эти проекторы разрабатывались в МНИТИ с 1965 года и серийно выпускались на Львовском телевизионном заводе. Каждый такой проектор мог создавать изображение на экране площадью до 100 кв. м.

Как известно, в светоклапанных видеопроекторах типа «Эйдофор» световой поток создается не люминофором, как в кинескопах, а мощным источником света. При этом яркость светового потока модулируется специальной электронно-лучевой трубкой, в которой на полусферическую зеркальную мишень внутри трубки нанесен слой специального электропроводящего масла.

Под воздействием напряжения поданного на трубку видеосигнала поверхность слоя масла локально деформируется, модулируя яркость отраженного на экран светового потока лампы подсветки (мощная ксеноновая лампа или вольтова дуга). В результате на экране создается очень контрастное изображение, яркость которого зависит только от мощности осветительной системы. Поэтому световой поток проекторов «Эйдофор»

примерно в 80 раз выше, чем этот же параметр у лучших видеопроекторов с кинескопами повышенной яркости.

Как видно из описания принципа действия светоклапанного проектора, он имеет чрезвычайно сложную и наукоемкую конструкцию. Поэтому создание в МНИТИ проектора «Эйдофор», в котором импортными были только токопроводящее масло и элементы лампы-модулятора, а остальная начинка была собственной разработки, явилось большим научным и техническим достижением.

Впоследствии этой аппаратурой был оснащен Центр управления космическими полетами ЦУП (там эта разработка проходила под шифром «Аристон»), ряд медицинских институтов в Москве. С помощью светоклапанных проекторов сопровождались Международные концертные программы, в том числе в Кремлевском дворце съездов, торжественная часть и концертная программа фестиваля СССР в Дели во время визита в Индию Михаила Горбачева и другие крупные общественно-политические и культурные мероприятия.



Монитор ТВЧ ЦВПУ21А622-1/2 в музее МНИТИ

Помимо светоклапанного проектора МНИТИ представил на стенд ТВЧ и обычный монитор высокой четкости ЦВПУ21А622-1/2 на основе кинескопа с размером экрана 61 см, обеспечивающий разрешение 1125 строк. Создание этого монитора также оказалось очень непростой технической задачей. Проблема была в том, что в цветных кинескопах для разделения электронных лучей синего, зеленого и красного цветов используется так называемая «теневая маска». Она представляет собой тонкую стальную пластину с множеством отверстий, сквозь которые электронные лучи первичных цветов попадают каждый на свой люминофор. Размер отверстий и их расположение на маске выбирались таким образом, чтобы обеспечить чистоту цвета и равномерную яркость свечения по всей поверхности кинескопа. Создать хорошую теневую маску даже для кинескопа стандартного разрешения было очень сложной технической задачей. При переходе же к ТВЧ задача многократно усложнялась, так как количество отверстий увеличивалось в 4 раза (в 2 раза больше по вертикали и в 2 раза по горизонтали), а их размеры соответственно драматически уменьшались. В результате прозрачность маски для «тонких» электронных лучей также уменьшалась, что приводило к резкому снижению яркости свечения экрана. Про то, что прочность листа маски, перфорированного множеством рядом расположенных мелких отверстий, также резко уменьшалась, мы уже не говорим. Тем не менее все эти сложнейшие задачи были успешно решены, и советские кинескопные мониторы ТВЧ заняли достойное место на стенде МНИТИ.

Технических и организационных проблем было множество, и хуже всего, что они неожиданно возникали на каждом шагу. Например, вся документация Thomson оказалась на французском языке. Поэтому пришлось срочно закупать русско-французские словари и разговорники и мобилизовывать всех сотрудников МНИТИ, изучавших французский язык в школе или институте, и так далее. Несмотря на все эти препоны, на основе разработанного в МНИТИ оборудования в 1989 году был создан экспериментальный стенд приема и отображения программ ТВЧ системы HD-MAC. Это оказалась самая восточная точка, в которой осуществлялся прием европейских программ HD-MAC со спутника. Для этого на крыше института была установлена большая антенна диаметром 4,8 метра (она там стоит и по сию пору), сигнал с которой усиливался, а затем распределялся по оптоволоконной линии по всему институту на средства отображения разного типа. Это были упомянутые выше кинескопные мониторы, телевизоры HD-MAC фирмы Thomson, а также проекторы с экранами различных размеров. Центром экспозиции были два 9-метровых экрана «Эйдофор»: на правом принимаемое со спутника изображение HD-MAC воспроизводилось в формате высокой четкости, а на левом — в обычном разрешении. Это было сделано для того, чтобы наглядно сравнить оба стандарта и убедиться в преимуществах телевидения высокой четкости.

Эксперименты, в которых автор принимал непосредственное участие, продолжались в 1991-1992 гг. Особо запомнилась прямая трансляция торжественной церемонии, посвященной 500-летию открытия Америки, когда к ее берегу подплывала точная копия каравеллы Колумба «Санта-Мария». Ну и, конечно, Олимпийские игры — 1992, которые мы смотрели на огромных экранах. Признаюсь, столь полной иллюзии присутствия я больше никогда и нигде не наблюдал, даже в кинотеатрах IMAX. В частности, потрясли эффектом присутствия трансляции бегунов на дистанции с препятствиями — казалось, что огромная кроссовка спортсмена, когда он перепрыгивал барьер, летела прямо в лицо. После этого я стал гораздо лучше понимать зрителей на знаменитой демонстрации фильма братьев Люмьер «Прибытие поезда на вокзал Ла-Сьота» в январе 1896 года, когда они убежали из зала, боясь попасть под поезд. Это, конечно, шутка, но впечатления были и правда незабываемые.

Добавлю, что работа российских специалистов получила очень высокую оценку французов на заседании российско-французской комиссии по сотрудничеству в области телевидения в Париже в 1993 году.

ЗНАНИЙ МНОГО НЕ БЫВАЕТ

На этом первый этап развития отечественной системы ТВЧ, в ходе которого был накоплен бесценный опыт создания полного тракта системы телевидения высокой четкости, успешно завершился. Созданный в МНИТИ опережающий научно-технический задел и бесценный опыт участия в проекте «Эврика-95» очень пригодились много лет спустя, когда в России начались трансляции программ ТВЧ второго поколения по спутниковым и кабельным каналам цифрового телевидения.

Сотрудничество МНИТИ с французскими телевизионщиками не закончилось. В середине 1990-х годов специалисты института разработали концепцию совместимой системы широкоэкранный цветного телевидения SECAM plus, унифицированной с ключевыми технологиями европейской системы PAL plus. На совместном совещании представителей МНИТИ и консорциума PAL plus в Женеве в 1996-м была даже достигнута принципиальная договоренность о возможности разработки мультистандартных СБИС-декодеров PAL plus/SECAM plus и начале их производства компаниями Philips и Thomson. И только старт цифрового телевидения DVB в Европе не позволил реализовать этот проект российских ученых и инженеров.

Наконец, в 1994 году совместно с фирмой Thomson были проведены научные исследования по передаче стереозвука NICAM-728 в советской системе

цветного телевидения SEKAM D/K. В ходе этих экспериментов был, в частности, установлен оптимальный уровень поднесущей NICAM-728 относительно несущей изображения, который обеспечивал максимально широкую зону уверенного приема стереозвука и в то же время не создавал помех на изображении. Эти работы МНИТИ оказались очень востребованными в ноябре-декабре 2003 года, когда Первый канал начал экспериментальное вещание в Москве со стереозвуком по системе NICAM-728. Поначалу оно оказалось не очень удачным, так как зона уверенного приема стереозвука была значительно уже расчетной и, кроме того, прием программ телеканала сопровождался заметными помехами на экранах телевизоров некоторых производителей. Благодаря участию специалистов МНИТИ в решении технических вопросов все эти проблемы были успешно решены, и новогодний «Голубой огонек» в ночь на 1 января 2004 года впервые передавался со стереозвуком.
