

В.К. Зворыкин

**Телевидение при помощи
катодных трубок**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
В11

В.К. Зворыкин
В11 Телевидение при помощи катодных трубок / В.К. Зворыкин – М.: Книга по Требованию, 2021. – 36 с.

ISBN 978-5-458-55784-9

Ниже печатается доклад В. К. Зворыкина, прочитанный им в научно-техническом обществе электриков 14 августа 1933 г. в Ленинграде. Предметом доклада является система катодного телевидения, разработанная в лабораториях „Американской радиокорпорации“. Доклад вызвал значительный интерес со стороны технической и научной общественности и большой спрос на печатную информацию по существу этой системы. Мы полагаем, что, несмотря на известную законченность внешних форм этой системы в выполнении американцев, все же, вследствие своей новизны, она представляет собой достаточно широкое поле для дальнейшей проработки как в деталях, так и в целом, — хотя бы в направлении изысканий новых областей ее практического применения. Публикуя этот доклад, мы полагаем, что некоторые мало известные идеи, заложенные в основание предложенной катодной системы телевидения (например, принцип накапливания зарядов и др.), смогут оказаться полезными и для других практических целей, где применение электронных процессов представляет интерес.

ISBN 978-5-458-55784-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

и возбуждало в них электрические токи, которые, в свою очередь, приводили в движение световые затворы. Картина воспроизводилась при помощи источников света, помещенных сзади затворов.

Идея разделения изображения на большое число маленьких элементов и превращение освещенности каждого элемента в электрический ток, который можно передавать по отдельному проводу, является весьма рациональной, но осуществление ее представляет чрезвычайно сложную систему, так как для передачи изображения, состоящего из большого числа точек, требуется соответствующее число отдельных проводов, что, конечно, чрезвычайно непрактично. Для упрощения этой задачи, вместо передачи всех элементов изображения одновременно, Нипков в 1884 году предложил передавать их один за другим или разлагать изображение на точки, что значительно упростило задачу, так как позволило производить передачу только по одному проводу. Для осуществления передачи точки за точкой Нипков предложил диск, носящий его имя. Ему, однако, не удалось на практике осуществить передачу изображений из-за целого ряда технических затруднений, разрешение которых было невозможно при тогдашнем состоянии техники. Только сорок лет спустя, благодаря открытию термionicных усилителей и трубок с газовыми разрядами, телевидение сделалось возможным, и почти одновременно несколько изобретателей демонстрировали первые попытки передачи изображений на расстоянии.

В течение следующих нескольких лет телевидение развивалось чрезвычайно быстро, причем были достигнуты существенные результаты.

Почти все попытки этого времени были сосредоточены на разработке методов механического разложения изображения при помощи диска Нипкова, многогранных зеркал, зеркальных спиралей и т. д. Все эти методы сопровождалось большими затруднениями в части механических конструкций, так как последние требовали чрезвычайной точности конструирования и изготовления приборов, особенно для большого числа точек и для получения достаточного количества света. Недостаток яркости изображения особенно проявлялся при увеличении числа передаваемых точек, что исключало возможность увеличения количества деталей передаваемого изображения. Этим самым преграждалась всякая возможность передачи изображения при натуральном освещении.

Чтобы вполне уяснить себе причины затруднений, мы должны вспомнить, что при всех обычных способах телевидения изображение разлагается на ряд точек, и поэтому светочувствительный элемент получает свет от данной точки изображения только в течение очень короткого промежутка времени, соответствующего прохождению этой точки через элемент. Предположим, что мы хотели бы передать изображение, состоящее из 70 000 точек. Для того, чтобы дать глазу впечатление немигающего изображения, мы должны повторить его не меньше двадцати раз в секунду. Иными словами, время передачи каждой точки этого изображения должно занимать только $\frac{1}{1\,400\,000}$ сек. Мы знаем, что ток, вырабатываемый фотоэлектрическим элементом, пропорционален интенсивности света и времени, в течение которого свет действует на элемент. Простой подсчет показывает, насколько незначительной является эта отдача элемента для одной точки изображения. Световой поток, падающий на фотографическую пластинку в обыкновенной фотографической камере, направленной на ярко освещенный пейзаж и имеющей объектив ф—4, 5, равняется 0,1 лм. Если мы заменим пластинку диском Нипкова, пригодным для разложения изображения на 70 000 точек, и пропустим свет, проходящий через отверстие этого диска на фотоэлемент, чувствительностью в 10 $\mu\text{A}/\text{лм}$, то отдача фотоэлемента для одной точки будет равна

$$I = \frac{1 \cdot 10^{-5}}{10 \cdot 70\,000} = 1,43 \cdot 10^{-11} \text{ А.}$$

Электрический заряд, соответствующий этому току в течение прохождения одной точки изображения через фотоэлемент, будет равен

$$Q = \frac{1,43 \cdot 10^{-11}}{1,4 \cdot 10^6} = 1 \cdot 10^{-17} \text{ кулона.}$$

Сравнивая эту величину с величиной заряда одного электрона

$$e = 1,59 \cdot 10^{-19} \text{ кулона}$$

мы видим, что от одной точки изображения могут быть получены только 63 электрона. Усиление такого микроскопически малого количества энергии представляет непреодолимые трудности.

Если приведенные условия сравним с теми, какие имеем в обыкновенной фотографической камере во время съемки,

то увидим, что в этом последнем случае все точки изображения действуют на пластинку в течение всего времени съемки, которое для фотографирования внутри здания обычно равняется нескольким секундам, а при фотографии наружных пейзажей—сотым долям секунды, т. е. во много тысяч раз более продолжительно, чем при условии телевидения.

Наш глаз, который мы считаем идеалом чувствительности, воспринимает изображение при тех же благоприятных условиях, как и фотографическая камера.

Если бы мы могли разработать систему телевидения, которая работала бы на том же принципе, как и наш глаз, то свет от всех точек изображения падал бы на светочувствительный элемент в течение всего времени или, согласно вышеприведенному примеру, его действие на фотоэлемент было бы в 70 000 раз продолжительнее, а следовательно, и отдача фотоэлемента была бы в 70 000 раз больше, чем в обычных системах телевидения. Так как для передачи по одному проводу или без проводов нам все же необходимо разложение изображения на точки, то мы должны ввести какой-то новый принцип сохранения энергии от изображения между двумя последовательными повторениями каждой точки.

ИКОНОСКОП.

Работа по изучению передающей трубки была начата много лет тому назад, в течение которых были исследованы многочисленные варианты трубок. Один из вариантов показан на рис. 1, взятый из американских патентов. Рисунок изображает передающую трубку, имеющую светочувствительную мозаику, по которой непрерывно скользит катодный пучок. Каждый элемент мозаики представляет собой миниатюрный фотоэлемент. Изображение проектируется на эту мозаику, возбуждая непрерывное излучение фотоэлектронов, интенсивность которых пропорциональна распределению светотени изображения. Таким образом каждый элемент мозаики постоянно заряжается светом, причем этот заряд нейтрализуется катодным пучком при каждом повторении картинка. Получаемые таким образом электрические импульсы усиливаются ламповым усилителем и употребляются для модуляции интенсивности катодного пучка в приемной трубке, в которой картинка воспроизводится на флуорисцирующем экране. Передающие трубки такого типа

были построены впервые более десяти лет тому назад и показали правильность основной идеи.

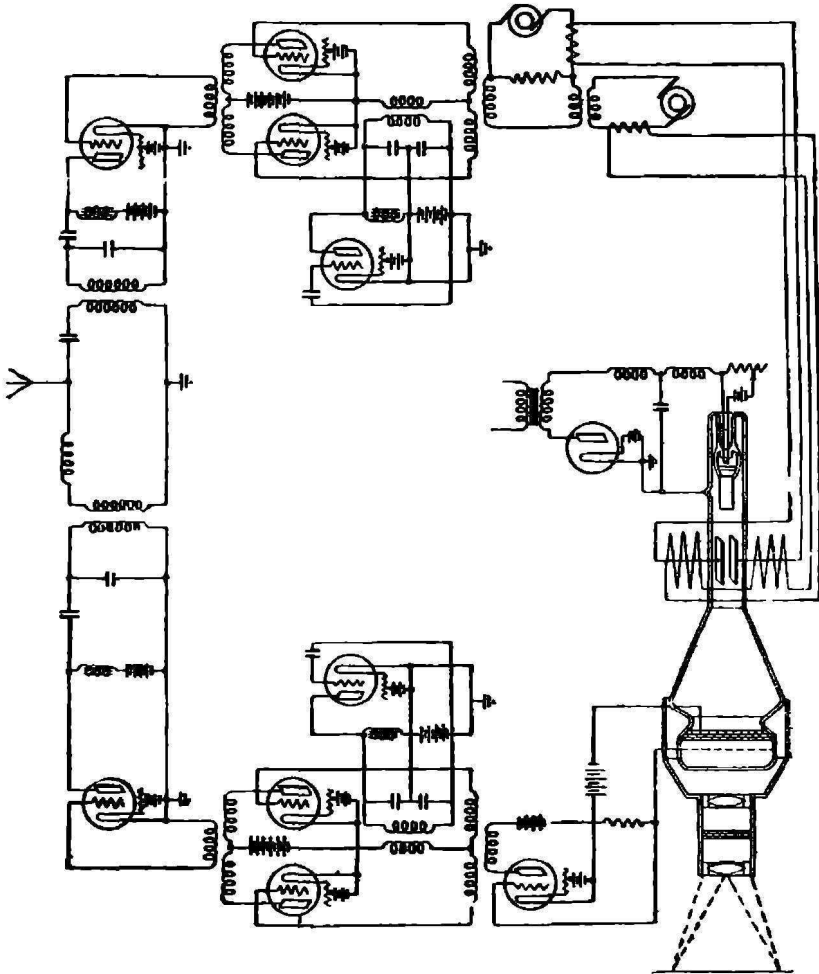


Рис. 1.

Одна из первых демонстраций применения катодной трубки для приема изображений была сделана в 1929 г. в Питтсбурге. Передатчиком служил вибрационный гальванометр, который разлагал картинку на составные точки.

Результаты этой работы были доложены на съезде Института радио-инженеров в Рочестере в 1929 г.

На следующий год работы с катодными трубками были переведены в Radio Corporation of America в Камдене, где и продолжают до настоящего времени.

В этот период работ применялся передатчик механического типа, причем гальванометр был заменен диском Нипкова. Некоторое время такая система применялась для экспериментальных целей. Передатчик был установлен на Empire State Building—самом высоком здании Нью-Йорка, а приемники были разбросаны по Нью-Йорку и окрестностям на разных расстояниях, радиусом до 100 км. Описание этой установки можно найти в одном из последних номеров журнала Института радио-инженеров.

Одновременно с этой работой продолжалась и разработка передающей трубки. Результаты применения этой трубки скоро не только сравнивались с результатами, получаемыми от механического передатчика, но и значительно их превзошли. Около двух лет тому назад трубка совершенно вытеснила механический передатчик, и в настоящее время только она и применяется для этой цели. Трубка была названа *икonosкоп*. Первая половина слова *icon* значит по-гречески—изображение, а вторая половина—*scopio*—наблюдение.

Чтобы представить себе действие иконоскопа, выделим один фотоэлемент и рассмотрим его действие. Схема этого элемента показана на рис. 2. Здесь P представляет фотоэлектрический элемент, а C —его емкость по отношению к пластинке, общей для всех элементов мозаики. и которую в дальнейшем для простоты мы будем называть сигнальной пластинкой.

Электрическая цепь этого элемента может быть прослежена, начиная от катода P_c к C , далее к сопротивлению R , затем к источнику электродвижущей силы B и обратно к аноду фотоэлемента P_a . Луч света L изображения, проектированного на мозаику, заставляет каждый из фотоэлементов P_c излучать фотоэлектроны и таким образом заряжать положительным зарядом конденсатор C . Величина этого заряда является функцией интенсивности освещения.

Если на заряженный таким образом элемент $P_c C$ будет направлен катодный пучок B_E , состоящий, как известно, из отрицательных электронов, то элемент разрядится и примет свое первоначальное состояние. Ток разряда, полу-

ченный таким образом от элементов, будет пропорционален заряду последнего или, что одно и то же, пропорционален интенсивности света, падающего на этот элемент. В электрической цепи P, C, R , батарея B, P (рис. 2) возникает потенциальный импульс.

Зависимость между повышением заряда элемента P, C и временем представляется прямой линией, наклоненной под некоторым углом к оси абсцисс, как показано на рис. 3. Угол наклона этой линии, или $\frac{dV}{dt}$ зависит исключительно

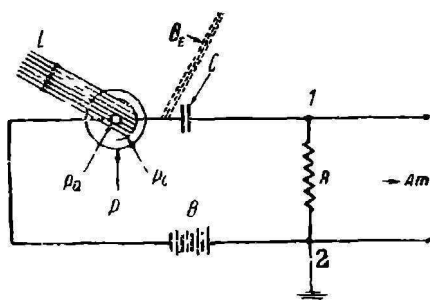


Рис. 2. Схема элемента иконоскопа. L —луч света; B_E —разлагающий электронный пучок; Am —усилитель.

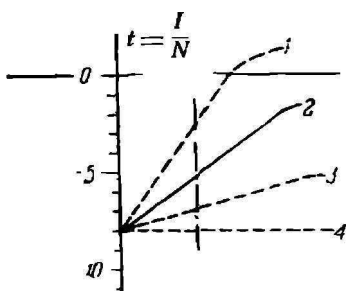


Рис. 3. Зависимость между повышением заряда элемента и временем. 1—яркий; 2—средний; 3—тень; 4—темный.

от интенсивности освещения соответствующей точки изображения. Линейная пропорциональность сохраняется, конечно, только до тех пор, пока емкость C не заряжена до насыщения. Это состояние, однако, на практике никогда не соблюдается, благодаря соответствующему подбору емкости.

Разложение картинки производится катодным пучком, движущимся непрерывно и равномерно по поверхности мозаики таким образом, что каждый элемент мозаики покрывается пучком через определенный интервал времени t , равный $\frac{1}{N}$, где N —число повторений картинки в секунду.

При установившемся режиме работы трубки число повторений картинки поддерживается постоянным, точно так же, как и интенсивность катодного пучка. Благодаря этому величины разрядных токов каждого элемента пропорциональны только соответствующим освещенностям точек изображений, а следовательно, и разность потенциалов V_1 точек 1 и 2 сопротивления R (рис. 2) для каждого

элемента мозаики является показателем освещенности изображения. Эта разность потенциалов прикладывается затем к усилителю Am .

Это объяснение работы одного элемента мозаики несколько усложняется, благодаря тому, что разряжающий катодный пучок не только нейтрализует положительный заряд элемента $P_c - C$, но также заряжает его отрицательно.

Состояние равновесия элемента обуславливается интенсивностью катодного пучка и излучением вторичных электронов с поверхности фотоэлемента, происходящим благодаря бомбардировке этой поверхности катодным пучком. Это состояние равновесия для неосвещенного элемента, при нормальной работе иконоскопа, устанавливается обычно между 5 и 10 V. Луч света изображения, падающий на элемент, заставляет последний уменьшать постоянный отрицательный заряд, а разлагающий катодный пучок приводит его обратно к состоянию равновесия.

Чтобы полностью представить себе картину действия мозаики, мы должны вспомнить, что от действия света, кроме разрядных токов, проходит в цепи также ток заряда всех элементов мозаики. Этот ток идет в обратном направлении по отношению к токам разряда и постоянен при неподвижной картине. Если же картина движется полностью или частично, то величина зарядного тока меняется, но эти изменения медленны и соответствуют частотам ниже 20 циклов в секунду, а потому и не могут пройти через усилитель, который такие низкие частоты не усиливает.

Чтобы сравнить токи, получаемые от иконоскопа, с токами, получаемыми от обыкновенного передатчика с вращающимся диском, напишем уравнения, выражающие эти токи для обеих систем. Типичная схема для дисковой системы показана на рис. 4.

Отдача фотоэлемента P , измеряемая у сопротивления R дискового передатчика, может быть выражена

$$V_a = R \frac{\Phi}{n} \cdot S, \quad (1)$$

где Φ — полный световой поток, соответствующий изображению,

S — чувствительность фотоэлемента,

n — число точек картины,

R — сопротивление.

Принимая во внимание, что цепь фотоэлемента должна удовлетворять условию прохождения сигнала от одного

элемента, мы должны иметь постоянную цепи CR , равной или меньше времени прохождения одного элемента, или

$$CR = \frac{1}{Nn},$$

где N —число повторений картинki в секунду,
 C —емкость цепи;

откуда

$$R = \frac{1}{NnC}.$$

Подставляя это выражение в уравнение (1) отдачи фотоэлемента, имеем

$$V_d = \frac{\Phi}{n} S \frac{1}{NnC} = \frac{\Phi S}{Nn^2C}. \quad (2)$$

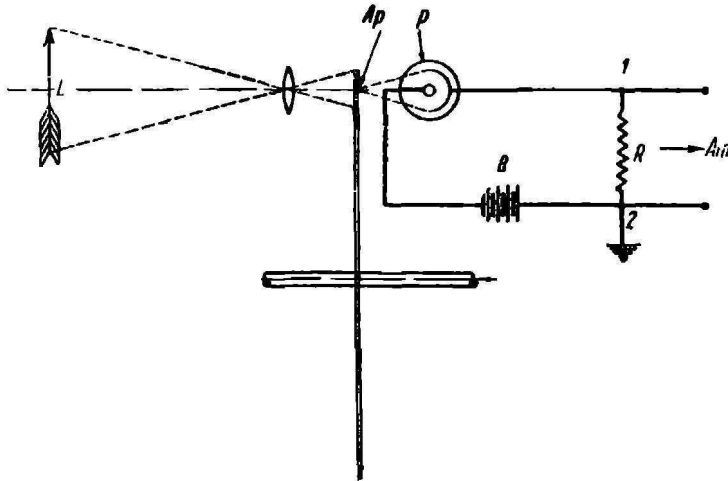


Рис. 4. Схема дискового передатчика.
 L —луч света; At —усилитель; p —фотоэлемент; Ap —апертура.

Заметим, между прочим, что отдача уменьшается пропорционально квадрату числа элементов картинki.

Чтобы найти отдачу иконоскопа при идентичных условиях, определим сначала величину заряда одного элемента

$$q = \frac{\Phi St}{n}, \quad (3)$$

где t —время, в продолжение которого луч света падает на элемент между двумя последовательными разрядами, и равное приблизительно $\frac{1}{N}$.

Отдача иконоскопа равна

$$V_1 = \frac{q}{C_1},$$

где C_1 —полная емкость цепи, или

$$V_1 = \frac{\Phi S}{n \cdot n C_1}. \quad (4)$$

Отношение между отдачами иконоскопа (4) и дискового передатчика (2), следовательно, равно

$$\eta = \frac{\frac{\Phi S}{n \cdot n C_1}}{\frac{\Phi S}{n^2 n C}} = n \cdot \frac{C}{C_1}, \quad (5)$$

или при равных емкостях

$$\eta = n.$$

Если мы возьмем предыдущий пример картинки с 70 000 точками, то по теоретическому подсчету выигрыш, по сравнению с обычным дисковым телевидением, будет 70 000 раз. Мы должны, однако, заметить, что по многим причинам полного выигрыша получить почти невозможно; теперь мы имеем около 10% теоретического выигрыша или около 7000 раз. Надо заметить при этом, что этот семитысячный выигрыш в отдаче совершенно меняет положение телевидения. Усиление отдачи дискового передатчика уже доведено до предела, обусловленного допустимым отношением сигналов к паразитному шуму. Поэтому добавочное усиление в самом иконоскопе фактически улучшает положение и дает возможность получить телевидение с громадным числом точек при естественных условиях освещения.

Мы не рассматриваем здесь передатчик с бегающим световым пятном, так как этот способ не может быть применен к передаче изображения и удаленных предметов или передаче при естественном освещении.

Схема полной электрической цепи иконоскопа показана на рис. 5. Сравнивая ее со схемой одного элемента, мы видим, что здесь фотоэлемент разделен на две части. Ка-

тодами здесь являются элементы фоточувствительной мозаики, расположенные на поверхности сигнальной пластинки и изолированные от нее. Посеребренная внутренняя поверхность служит общим анодом для всех элементов.

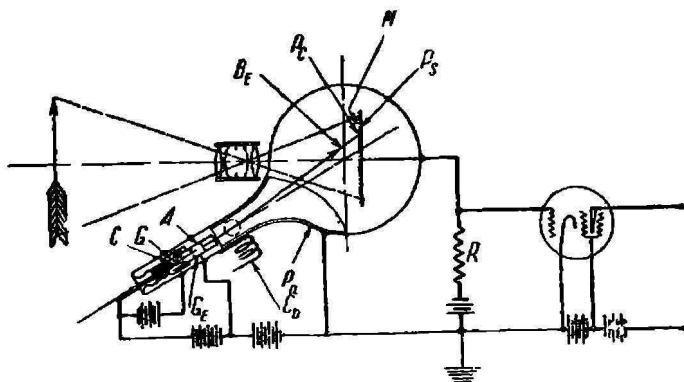


Рис. 5. Полная схема иконоскопа.

B_E — электронный луч; M — мозаика; P_S — сигнальная пластинка;
 G_E — электронный прожектор; $C_{D'}$ — отклоняющие катушки.

Емкость C каждого отдельного элемента по отношению к сигнальной пластинке определяется толщиной и электрической постоянной изолятора между элементами и сигнальной пластинкой. Разряд каждого заряженного положительного элемента производится электронным пучком, идущим от электронного прожектора, помещенного против мозаики под углом в 30° по отношению к нормали, проходящей сквозь центр мозаики. Как мозаика, так и электронный прожектор помещаются в одном и том же вакуированном стеклянном сосуде. Наклонное положение прожектора вызывается лишь конструкцией трубки и тем, чтобы получилась проекция картинка на поверхности мозаики.

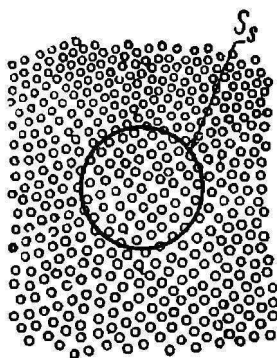


Рис. 6. Фотоэлемент мозаики.

S_S — разлагающий пучок (пятно).

Четкость передачи картинка при помощи иконоскопа определяется размером и числом фотоэлементов в мозаике, а также размером скользящего электронного пучка. На практике число