

## Из истории электротехники

### Владимир Козьмич Зворыкин

*(К 125-летию со дня рождения)*

Изобретатель в области современного телевидения и электронных оптических приборов Владимир Козьмич Зворыкин родился 30 (18 по ст. ст.) июля 1888 г. в г. Муроме Владимирской губернии (ныне Владимирская область) в многодетной семье (пять девочек и два мальчика). Отец, потомственный купец первой гильдии (по размерам оборотов и налога наивысшей из трех), хотел видеть в младшем сыне продолжателя своего дела. С 10 лет мальчик начал выполнять различные поручения отца: проверять точность прибытия пароходов компании «К.А. Зворыкин», присутствовать на переговорах с торговыми людьми и чиновниками, во время летних каникул плавать по Оке на пароходах компании до Н. Новгорода и обратно. Во время рейсов на правах юнги с удовольствием помогал обслуживать и чинить паровую машину и электрооборудование судна, что привело его к увлечению электротехникой.

В 1906 г. юноша с отличием окончил Муромское реальное училище и поступил на электротехнический факультет Санкт-Петербургского технологического института, который также с отличием окончил в 1912 г. С третьего курса студент под руководством профессора Б.Л. Розинга участвовал в проведении опытов в области «дальновидения» и электроники. Как лучший выпускник Зворыкин был направлен на стажировку в Парижский Коллеж де Франс под руководством опытного физика П. Ланжевена. К весне 1913 г. он собрал и наладил установку для рентгеновской дифракции кристаллов, с помощью которой сделал снимок руки студентки с нечаянно сломанной иглой, необходимый перед хирургической операцией. Этот положительный результат практического применения электротехники, возможно, повлиял на то, что через 39 лет, являясь знаменитым ученым в области телевидения, занялся медицинской электроникой.

Осенью 1913 г. Зворыкин для обстоятельного изучения курса теоретической физики переехал в



Берлин, где посещал лекции в Шарлоттенбургском институте. Когда началась Первая мировая война, опасаясь быть интернированным (арестованным и лишенным свободы до окончания войны) на территории Германии, через Данию и Финляндию возвратился в Петроград. Здесь проводил научные исследования в Технологическом институте, но был призван в армию. После краткосрочных курсов по радиосвязи рядовой был направлен на Северо-Западный фронт в роту беспроволочного телеграфа, расквартированную под Гродно (позже и на других участках Западного фронта). За переоборудование без разрешения командира дивизии передвижной радиостанции в стационарную был обвинен в уничтожении военного имущества и наказан. Через полтора года службы у него появились бессонница и галлюцинации (в ушах постоянно стоял писк морзянки); военный врач направил солдата к столичному психиатру.

В Петрограде рядовому присвоили офицерское звание и направили в военную Электротехническую школу в качестве преподавателя, а затем прикомандировали к Петроградскому заводу Российского общества беспроволочной телеграфии и телефонии (РОБТиТ) как военного инспектора (военпреда) при изготовлении радиооборудования. Здесь он встретил Февральскую революцию 1917 г., был направлен на Украинский фронт в состав артиллерийской моторизованной батареи, расквартированной в местечке Бровары недалеко от Киева. Материальная часть батареи по требованию войск гетмана П.П. Скоропадского, ставленника Германии, была передана правительству «Украинской державы». Военная служба царского офицера Зворыкина закончилась.

В 1918 г. Зворыкин в Москве поступил на работу в трест, занимавшийся монтажом радиотехнического оборудования по всей России. Ему было предложено оборудовать мощную радиостанцию в

Омске, где Сибирское правительство оформило документы на его поездку в США для заказа необходимого оборудования. В 1920 г. он возвратился в Омск и отчитался перед правительством адмирала А.В. Колчака, установившим власть в Сибири, о выполненной работе.

Зворыкин был опять направлен в США как «полный представитель» столицы Сибири решать вопросы, связанные с заказом и получением для Омска американских товаров. В Нью-Йорке он узнал, что правительство Колчака пало, все права командированного потеряли свою силу. Русский посол давно ликвидированного Временного правительства России в США (правительство Советов еще не было признано) Б.А. Бахметьев зачислил его в штат закупочной комиссии в Нью-Йорке для выполнения с помощью арифмометра расчетов бухгалтерского характера. Эмигрант поступил на курсы по изучению английского языка и одновременно рассылал письма в различные фирмы с предложениями своих услуг в качестве специалиста по радиоэлектронике. Фирма «Вестингауз электрик» предложила ему работу, и в 1920 г. он переехал в Питтсбург. Первой его работой стало совершенствование технологии изготовления приемно-усилительных ламп, используемых в радиоприемниках.

Новый сотрудник фирмы внес большой вклад в разработку технологии нанесения бариевого покрытия на платиновую основу катода, изготовил полуавтомат, обеспечивающий более стабильное получение катодов с требуемыми параметрами. Через год вместо обещанного при зачислении увеличения зарплаты он получил уведомление о сокращении выплат на 10% в связи с финансовыми трудностями. Не согласившись с таким решением, Зворыкин перешел в фирму в Канзас-Сити. В течение нескольких месяцев в лаборатории им была создана установка по экспериментальной проверке воздействия токов высокой частоты на ускорение процесса крекинга нефти. Опыты дали отрицательный результат, и от его услуг отказались. В 1922 г. он устроил в своей квартире мастерскую по сборке на заказ портативных радиоприемников, встраиваемых в мебель, соединенных с часовым механизмом и т.п. В 1923 г. Зворыкину предложили вернуться на фирму «Вестингауз электрик» на более выгодных условиях и, главное, разрешили заниматься вопросами телевидения, о чем он мечтал со студенческих лет.

Профессор физики из Португалии А. Пайва в 1880 г. описал проект, в котором видимое оптическое изображение проецировалось на селеновую пластинку, как в фотоаппарате. Освещенность разных участков пластины была неодинаковой, соот-

ветственно менялось их электрическое сопротивление. Он предложил перемещать на пластинке металлический контакт, осуществляя механическую построчную развертку изображения. Получаемые электрические сигналы с участков селеновой пластинки последовательно передавались по проводам. Для воспроизведения изображения на расстоянии приемное устройство должно было повторять движение контактного стержня, используя при этом полученные электрические сигналы.

В это же время французский изобретатель К. Сенлек дал описание телевизионного устройства, в котором изображение поступало на светочувствительную панель, состоящую из множества селеновых фотоэлементов. Механический коммутатор поочередно соединял их с проводом, передававшим электрические сигналы к приемному устройству, которое представляло собой панель с таким же числом элементов (платиновых проволок), светившихся при прохождении электрического тока.

В телевизионном проекте отечественного физика и биолога П.И. Бахметьева развертка передаваемой картины осуществлялась с помощью селеновых фотоэлементов, которые перемещались в плоскости проекции изображения по спирали. Электрические сигналы от каждого фотоэлемента передавались по проводам к приемному устройству. Изображение картинки воспроизводилось с помощью газовых светильников. Электрический импульс посредством заслонки ограничивал количество поступающего газа и, соответственно, интенсивность света горелки. Свет от газовой горелки проецировался на матовое стекло, выполняющее роль экрана.

В 1883 г. немецкий студент П. Нипков предложил механическое устройство для последовательного разложения изображения на отдельные элементы. Его главной деталью был светонепроницаемый диск, вблизи наружной окружности которого просверлены сквозные отверстия. Каждое последующее отверстие было смещено по отношению к предыдущему к центру диска на небольшое, но одинаковое расстояние. Диск помещался между передаваемой картиной и фотоэлементом, и изображение картинки фокусировалось объективом на его плоскость. При вращении диска свет от изображения «засвечивал» на фотоэлементе одну за другой строчки, каждая из которых была смещена по отношению к предыдущей на одинаковое расстояние. Диск Нипкова позволял превращать освещенное изображение в последовательность электрических сигналов, передаваемых от фотоэлемента по проводам на приемную станцию, где с помощью сигналов создавалось модулированное све-

товое излучение. Яркость источника света менялась в зависимости от освещенности отдельного элемента передаваемой картинке. При установке второго диска Нипкова, вращающегося синхронно с первым, между источником света и зрителем на крошечном экране было видно изображение, посылаемое от удаленного передатчика. Диск Нипкова в разных модификациях почти полвека применялся в системах механического телевидения. Оптико-механические телевизионные системы имели неустраняемые недостатки: у них был очень маленький экран, с их помощью невозможно было получить четкое изображение, так как увеличение числа строк требовало значительной освещенности.

В 1897 г. немецкий физик К.Ф. Браун разработал катодную трубку, в которой электронный луч воспроизводил на флюоресцирующем экране исследуемые электрические сигналы в виде светящихся линий. В 1907 г. русский физик Б.Л. Розинг усовершенствовал трубку Брауна, сделав из нее прибор для воспроизведения движущегося или неподвижного изображения. Благодаря наличию двух отклоняющих электромагнитов с взаимно перпендикулярными осями катодный луч с большой скоростью совершал построчное движение по флюоресцирующему экрану, в результате чего на нем образовывался светящийся прямоугольник. Основным отличием трубки Розинга было введение в нее после диафрагмы пластин, на которые подавался электрический сигнал от фотоэлектрического приемника. В зависимости от значения потенциала на пластине через диафрагму проходила большая или меньшая часть катодного пучка. Модулированный пучок вызывал большее или меньшее свечение участков флюоресцирующего экрана соответственно передаваемой картинке. Механическое развертывающее устройство типа диска Нипкова было заменено электромагнитной разверткой катодного луча. Розинг в 1911 г. осуществил по этой системе первую в мире телепередачу. Разработанная им телевизионная установка свидетельствовала о принципиальной возможности преодоления ограничений, присущих системам с оптико-механической разверткой.

Исследования показывали, что будущее дальновидения не за оптико-механическими, а за электронными системами. Но их применению препятствовала очень низкая чувствительность передающих электронно-лучевых трубок, для многократного повышения которой необходимо было использовать накопление электрических зарядов. Работая практически в одиночку, Зворыкин собрал телевизионную установку, являющуюся полностью электронной. В декабре 1923 г. он подал заявку на изобретение телевизионной системы нового типа.

Внутри передающей телевизионной трубки находилась пластина, состоящая из очень тонких слоев металлического алюминия, оксида алюминия и фоточувствительного материала. Сканирующий электронный луч проникал сквозь алюминиевые слои и достигал фоточувствительной мозаики, состоящей из множества мелких изолированных глобул (мелких частиц) щелочного металла, например гидрата калия. Видимое изображение проецировалось на мозаику через сетку, являющуюся коллектором. Каждый фотоэлемент мозаики получал электрический заряд, пропорциональный освещенности данного участка картинке. Под воздействием электронного луча, сканирующего пластинку с обратной стороны, заряд превращался в электрический ток сигнала. Последовательность электрических сигналов несла информацию об изображении, спроецированном в данный момент на фотомозаичную мишень. Предложенная в заявке схема оставалась основополагающей в работе Зворыкина до 1930 г., но патент США №2141059 был выдан ему только после жалобы на волокиту (ссылались на невозможность изготовления фоточувствительной пластинки, хотя уже имелись телевизионные приемники с его кинескопом) через 15 лет 20 декабря 1938 г.

Качество изображения в виде креста, воспроизводимого приемной телевизионной трубкой, было не очень контрастным и резким, поэтому генеральный директор фирмы Дэвис предложил Зворыкину прекратить работы, связанные с телевидением и заняться другими разработками, более полезными для компании. В 1924 г. Зворыкин получил гражданство США, а в 1925 г. разработал прибор, содержащий фотоэлемент и усилитель. В 1926 г. после защиты результатов работы по теме «Исследование фотоэлементов и их совершенствование» Питтсбургский университет присвоил ему ученую степень доктора философии. В 1927 г. ученый создал новую систему звукозаписи с применением фотоэлементов. Используя в качестве фоточувствительного материала комбинацию цезия и магния, он достиг рекордной чувствительности ячеек, реагирующих на свет. Эта его работа сразу же была внедрена, так как совпала с начавшимся широким применением фотоэлементов в офисах и магазинах для охранной сигнализации, открывания дверей и т.п.

Занимаясь плановыми темами по фоточувствительным приборам и технике звукозаписи, Зворыкин не прекращал работу по совершенствованию элементов цветной телевизионной системы. Одним из первых техническую реализацию идеи передачи цветного телевизионного изображения оптико-механической разверткой предложил русский инже-

нер А.А. Полумордвинов. Задачу разложения изображения в его аппарате выполняли два диска, вращающиеся на параллельных осях с разной скоростью. Щели в дисках имели различную форму, ромбическое отверстие, которое образовывалось при их пересечении, служило развертывающим элементом. Светоотделение сигнала происходило в результате наложения на щели в одном из дисков красного, зеленого и фиолетового светофильтра. Каждые три последовательные строки в устройстве Полумордвинова отличались по цвету. Аналогичные развертывающие диски устанавливались перед фотоэлементом на передающей стороне и перед источником света в приемнике. Полученный Зворыкиным в 1928 г. патент явился изобретением цветной электронной системы телевидения, имевшей по современной терминологии однотрубную передающую камеру и однолучевую трехцветную приемную трубку.

В 1929 г. Зворыкин разработал и запатентовал в отличие от трубки Брауна высоковакуумное приемное устройство, названное им кинескопом. Источником электронов служил катод косвенного накала. Потенциалы первого и второго анодов были подобраны так, чтобы иметь остро сфокусированное пятно от электронного луча на флюоресцирующем экране с использованием минерала виллелист, т.е. он первым применил методы электронной оптики для приемных телевизионных трубок. Ученый разработал также способ развертки электронного луча, обеспечивающий равномерную яркость свечения экрана. Его кинескоп создавал изображение большой яркости, благодаря этому через два года при создании системы телевидения была применена чересстрочная развертка, устранившая мерцание яркости и позволившая сократить полосу частот канала передачи информации.

Несмотря на успехи в создании телевизионного приемника, добиться стабильной работы электронного передающего устройства не удавалось. Англичанин Г. Раунд в 1926 г. и американец Ч. Дженкинс в 1928 г. ввели в свои схемы оптико-механических передающих устройств мозаику К. Суинтона, заменив отверстия диска Нипкова линзами. Дженкинс придумал панель с множеством фотоэлементов и соединенных с ними конденсаторов-накопителей, коммутируемых механическими переключателями. Но это было громоздкое сооружение, трудно выполнимое технически. Дженкинс передавал движущееся изображение простейших предметов из одного города в другой с помощью радиосвязи. Изображение было нечетким, часто трудно узнаваемым. В 1928 г. венгр К. Тиханьи создал проект передающей трубки со светоэлектрическим преобразователем в виде сплошного свето-

чувствительного слоя или мозаики, содержащей большое число изолированных фотоэлементов. Но из-за конструктивных несовершенств накопления зарядов не удалось добиться резкого усиления видеосигналов.

Для того чтобы собрать комплектную телевизионную систему, Зворыкин временно использовал передающее устройство с механической разверткой изображения. Вместо ставшего классическим вращающегося диска Нипкова он использовал развертку с помощью луча, отбрасываемого колеблющимся зеркалом. В апреле 1929 г. им была закончена разработка аппаратуры для телевизионной передачи кинофильмов, а к августу 1929 г. были готовы установка такого же типа для трансляции передач из телевизионной студии и 6 телевизоров.

В декабре 1929 г. в связи с прекращением фирмой «Вестингауз электрик» исследовательских работ по телевизионной тематике Зворыкин переехал в г. Камден и был принят на работу в компанию «Радио корпорация Америки» (RCA) на должность директора лаборатории электроники. Он занялся усовершенствованием мишени передающей трубки двустороннего действия, когда передаваемая картинка проецируется на мишень с одной стороны, а электронный луч сканирует другую сторону пластины. В 1930 г. им были поданы заявки на изобретение передающей трубки с более сложной конструкцией. Для лучшей коммутации электронов фоточувствительной мозаики в сигнальной пластине было проделано множество мелких отверстий, в которых находились тонкие проводники, обеспечивающие передачу накапливаемых миниатюрными фотоэлементами зарядов. Это усовершенствование, позволившее повысить в тысячи раз едва уловимый электрический сигнал миниатюрных фотоэлементов, стал значительным шагом на пути к созданию действующей системы электронного телевидения.

В 1931 г. руководимая Зворыкиным лаборатория создала передающую вакуумную трубку с односторонней мишенью (названной им иконоскоп) — электронным лучом сканировалась сторона мишени, на которую видимое изображение проецировалось через объектив на фоточувствительный слой (мозаику) сигнальной пластины. Мозаика фотоэлементов сканировалась электронным лучом, создаваемым электронной пушкой и управляемым отклоняющими катушками. Под действием потока электронов миниатюрные конденсаторы мишени один за другим разряжались, создавая последовательные импульсы видеосигнала, поступающие через усилитель к передатчику и далее в эфир.

Для усиления малых токов Зворыкин использовал принцип накопления зарядов. Металлический слой сигнальной пластины играл для миниатюрных

фотоэлементов роль обкладки конденсатора. При попадании света на мозаику каждый элемент эмитировал электроны, накапливая емкость по отношению к металлической пластине. За время развертки луча заряд элемента увеличивался пропорционально точке изображения, освещающей данный элемент. Свет от передаваемого объекта преобразовывался на миниатюрных конденсаторах в потенциальный рельеф, обеспечивающий видеосигнал требуемого уровня. В конце 1931 г. была разработана новая технология создания мозаики фотоэлементов. На поверхность слюды наносился тонкий слой серебра. После нагрева при высокой температуре пленка разделялась на множество мелких серебряных глобул. Застывшие микроскопические капельки серебра покрывались слоем цезия. Диаметр пятна электронного луча, коммутирующего фоточувствительный слой, оказывался значительно больше размера отдельного элемента мозаики. Получившееся усреднение удельной чувствительности и емкости элементов, попавших в пятно, способствовало повышению стабильности сигналов, генерируемых при прохождении электронного луча.

Иконоскоп Зворыкина заменил механическое развертывающее устройство и несколько каскадов усиления, открыл новую эру в развитии радиоэлектроники, предоставив человечеству средство коммуникации. После испытаний новой электронной системы телевидения, проведенных в Камдене, и окончания разработки систем телевидения на 343 строки с чересстрочной разверткой при 60 кадрах в секунду в 1935 г. началась опытная трансляция в радиусе 100 км с помощью станции мощностью 2,5 кВт, установленной на самом высоком здании Нью-Йорка. Стандарт четкости в дальнейшем был повышен до 441 строки.

При работе над электронно-лучевыми трубками Зворыкин обратил внимание, что неправильное их включение дает на экране увеличенное изображение катода. Он изучил работы российского ученого Л.А. Кубецкого над фотоэлектронными умножителями и провел ряд экспериментов, подтвердивших возможность наблюдения объектов с многократным увеличением. В январе и июле 1935 г. им были поданы заявки на изобретение электронного умножителя, получившего применение в первом электронном микроскопе, созданном в 1941 г. совместно с аспирантом Д. Хиллиером. В 1942 г. в RCA был разработан сканирующий электронный микроскоп, а в конце 1943 г. — малогабаритный электронный микроскоп с высоким разрешением.

Работа над устройствами с фокусировкой электронного луча привела его к созданию иконоскопа с переносом электронного изображения, получив-

шего широкое использование в передающих телевизионных камерах. В 1936 г. под руководством ученого была разработана передающая телевизионная трубка, названная ортиконом, в котором заряд, пропорциональный световому изображению и накапливаемый на мозаичной мишени в виде потенциального рельефа, считывался пучком медленных электронов и преобразовывался в видеосигнал. Благодаря более эффективному использованию фототока эта передающая телевизионная трубка оказалась примерно в 20 раз чувствительнее иконоскопа. Спустя несколько лет идея положила начало развитию электронно-оптических преобразователей, ставших основой созданных ученым приборов ночного видения для автомобилей, танков и ночного прицела стрелкового оружия, которые во время войны были приняты вооруженными силами США для оснащения транспортных и боевых машин. Еще одной его разработкой для армии стала система телевизионной наводки радиоуправляемых летающих торпед (авиационных бомб).

В 1938 г. Бруклинский политехнический институт присудил Зворыкину ученую степень доктора наук. В результате реализации заключенного при его содействии договора с RCA в 1938 г. в Москве была введена в действие первая передающая станция электронного телевидения. В стране началось производство отечественных телевизоров ТК-1 с кинескопом Зворыкина.

В 1946 г. Зворыкин совместно с Л.Е. Флори подали патентную заявку на изобретение электронного читающего устройства для слепых, основным элементом которого было электронное перо, передвигающееся по линейке вдоль текста. На буквы направлялось сфокусированное пятно света, совершавшее колебательное движение в вертикальном направлении. Отраженный от бумаги световой сигнал попадал через световод на фотоэлектронный приемник с усилителем. Суммирующий преобразователь частоты воспринимал сигнал от этого усилителя, а также от специального генератора фиксированной частоты. В результате сложения двух сигналов преобразователь генерировал звуковое колебание, соответствующее разнице частот сигналов. Каждая буква текста, попадающая в световое пятно, становилась источником звука с характерной для этой буквы тональной окраской. В том же году лабораторией РКА был разработан передающий электронно-лучевой прибор с накоплением заряда (видикон), основанный на внутреннем фотоэффекте и отличающийся высокими параметрами, малыми размерами, простотой устройства и настройки.

В 1947 г. Зворыкин был переведен на должность вице-президента RCA и назначен техническим консультантом всех исследовательских лаборато-

рий компании. Он использовал результаты исследований и разработок в области телевидения для увеличения эффективности медицинского рентгеновского оборудования и совершенствования аппаратуры для радиоизотопных исследований. Телевизионный микроскоп ультрафиолетового диапазона и передающая видеоконная стереоскопическая камера позволили получать объемное изображение микрообъектов. Телевизионная техника была применена для подсчета красных и белых кровяных телец, исследования раковых клеток и т.п.

В 1954 г. ученый подал заявку на изобретение системы автоматического управления транспортными средствами, в которой им было предложено оснастить автомобили элементами радиоуправления для повышения безопасности движения на скоростных магистралях. Модель радиоуправляемого автомобиля он продемонстрировал в лаборатории RCA.

Согласно принятому в американских фирмах порядку в возрасте 65 лет Зворыкин ушел в отставку с поста вице-президента RCA. Он получил предложение возглавить Центр медицинской электроники при институте Рокфеллера в Нью-Йорке. Ученый стал заниматься вопросами применения телевизионных методов в медико-биологических исследованиях, медицинской диагностике и процессах обучения (по хирургии). Используя ранее разработанную аппаратуру, он внедрил в медицину и биологию телевизионные передающие трубки, чувствительные к ультрафиолету. В ультрафиолетовом диапазоне возрастала абсорбция компонентов органических клеток, поэтому ультрафиолетовые микроскопы получили широкое применение в цитологии. Развитие полупроводниковой электроники позволило ему вместе с медиками реализовать в конце 50-х годов XX в. идею исследования деятельности пищеварительной системы с помощью радиотелеметрии. Радиозонд (пилюля), которую проглатывал пациент, представляла собой миниатюрный передатчик, генерирующий радиоизлучения в

диапазоне частот 300—400 или 1800—2000 Гц. Воздействие физиологических и физико-химических процессов при пропускании пилюли по пищеварительному тракту приводило к частотной модуляции колебаний. Были созданы радиозонды для определения кислотности, давления и температуры. Местоположение пилюли определялось рентгеноскопией или радиопеленгацией. Использование телевидения в области радиологии позволило повысить яркость и контрастность флюорографических изображений и защитить врача и пациента от воздействия рентгеновских излучений.

Скончался Зворыкин 29 июля 1982 г., не дожив одного дня до своего 93-летия. Он похоронен в г. Принстоне (штат Нью-Джерси, США). Ему принадлежит более 120 патентов на изобретения, свыше 80 фундаментальных публикаций и множество различных наград за научные достижения. В 1977 г. он был избран в национальную Галерею Славы изобретателей США и в 1978 г. под номером один в Русско-Американскую Галерею Славы с вручением диплома «Заслуженный Русский Американец».

Всероссийская денежная премия в области инноваций проводится с 2008 г. и носит имя Зворыкина. Ее лауреаты становятся известны в конце года на Всероссийском молодежном инновационном форуме. 20 и 21 апреля 2010 г. на первом канале Российского телевидения демонстрировался фильм тележурналиста Л.Г. Парфенова «Зворыкин—Муромец», вызвавший живой интерес не только в научной среде, но и у простых телезрителей.

О жизни и научной деятельности Владимира Козьмича Зворыкина можно прочитать в следующих публикациях: **Борисов В.П.** Владимир Козьмич Зворыкин. — М.: Наука, 2002 и 2004; **Горохов П.К.** К истории изобретения иконоскопа. — Техника кино и телевидения, 1962, № 3; **Истомин С.В.** Самые знаменитые изобретатели России. — М.: Вече, 2000.

*Григорьев Н.Д., канд. техн. наук*

