



Луч света в электронном царстве



Николай ГРИГОРЬЕВ

Nikolai D. GRIGORIEV

Ray of Light in Electronic Realm
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 242)

Памятник ему установлен два года назад у Останкинского телецентра в Москве. И это знак признания заслуг и самого Владимира Зворыкина, и целой плеяды других российских ученых и инженеров, которые на протяжении многих лет помогли создать современное телевидение как систему уникальных коммуникаций, создающих эффект присутствия зрителя в любой точке глобального информационного пространства. Автор знакомит с основными этапами жизнедеятельности, коллизиями необычной судьбы знаменитого электротехника, удостоенного титула «Заслуженный русский американец».

Ключевые слова: телекоммуникации, телевидение, история, электротехника, Зворыкин, инновационное наследие.

Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика транспорта» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Изобретатель, стоявший у истоков современного телевидения и внесший немалый вклад в создание электронных оптических приборов, Владимир Козьмич Зворыкин родился 29 (17 по старому стилю) июля 1888 года в городе Муроме Владимирской губернии в многодетной семье (пять девочек и два мальчика). Отец, потомственный купец первой гильдии (наивысшей из трех по размерам оборотов и налога), 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 купеческих пароходах 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.

ПЕРВЫЕ ШАГИ С РОЗИНГОМ

В 1906 году юноша с отличием окончил Муромское реальное училище и поступил на электротехнический факультет Санкт-Пе-

тербургского технологического института. С третьего курса студент под руководством профессора Б.Л. Розинга участвовал в проведении опытов в области «дальновидения» и электроники. Затем как лучший выпускник был направлен на стажировку в парижский Колледж де Франс к известному французскому физика П. Ланжевену. Весной 1913 года 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 «аукнулся» через 39 лет, когда Владимир Козьмич, являясь знаменитым ученым в области телевидения, занялся еще и медицинской электроникой.

Осенью 1913 года Зворыкин для обстоятельного изучения курса теоретической физики переехал в Берлин, где посещал лекции в Шарлоттенбургском институте. После начала Первой мировой войны, чтобы не оказаться интернированным (арестованным и лишенным свободы до окончания войны) на территории Германии, стажер через Данию и Финляндию возвратился в Петроград с целью проведения научных исследований в технологическом институте, но его призвали 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 молодой связист подвергся наказанию, обвиненный в уничтожении военного имущества. Через полтора года службы у него появились бессонница и галлюцинации (в ушах постоянно стоял писк морзянки). Военный врач направил его к столбичным своим коллегам.

В Петрограде рядовому присвоили офицерское звание и направили в военную электротехническую школу на должность преподавателя. Потом его прикомандировали к заводу Российского общества беспроволочной телеграфии и телефонии в качестве военного инспектора (военпреда) при изготовлении радиооборудования. После Февральской революции 1917 года он был направлен на Украинский фронт в состав артиллерийской моторизованной батареи, расквартиро-



ванной в местечке Бровары недалеко от Киева. Материальная часть батареи по требованию войск гетмана П. П. Скоропадского (время революционной чехарды!) перешла в распоряжение правительства «Украинской державы». Военная служба бывшего царского офицера Зворыкина на этом закончилась.

В 1918 году Зворыкин в Москве поступил на работу в трест, занимавшийся монтажом радиотехнического оборудования по всей России. Ему было предложено оборудовать мощную радиостанцию в Омске. Тамошнее Сибирское правительство оформило документы на его поездку в США для заказа необходимого оборудования. В 1920 году он возвратился в Омск, отчитался перед правительством адмирала А. В. Колчака, удерживавшего тогда власть в Сибири, о выполненной работе и тут же был опять направлен в США как «полный представитель» столицы Сибири решать вопросы, связанные с заказом и получением для Омска американских товаров.

Будучи в Нью-Йорке, Зворыкин узнал, что правительство Колчака пало. Все права командированного потеряли свою силу. Русский посол Б. А. Бахметьев от имени давно ликвидированного Временного правительства России (правительство Советов еще не было признано) зачислил его в штат закупочной комиссии для выполнения с помощью арифмометра расчетов бухгалтерского характера. Эмигрант поступил на курсы по изучению английского языка и одновременно рассылал письма в различ-



ные фирмы с предложениями своих услуг в качестве специалиста по радиоэлектронике.

ВДОГОНКУ ЗА СВЕТОМ

Фирма «Вестингауз электрик» предложила ему работу, и он в том же 1920 году переехал в Питтсбург. Первым его заданием 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. Зворыкин обиделся и перешел в фирму Канзас-Сити.

В течение нескольких месяцев в местной лаборатории им была создана установка по экспериментальной проверке воздействия токов высокой частоты на ускорение процесса крекинга нефти. Опыты дали отрицательный результат, и вновь никаких шансов на продолжение — от его услуг отказались.

В 1922 году он устроил в своей квартире мастерскую по сборке на заказ портативных радиоприемников, встраиваемых в мебель и соединенных с часовым механизмом. Однако на следующий год Зворыкину предложили вернуться в фирму «Вестингауз электрик» на более выгодных условиях. И Владимир возвратился в Питтсбург, где ему разрешили заниматься вопросами телевидения, о чем он мечтал еще со студенческой поры.

Когда в годы обучения на электротехническом факультете он участвовал в исследованиях, которые проводил его институтский профессор Б.Л. Розинг, ему многое представлялось далеким будущим. Ведь трудно даже было подумать поначалу, что реально сулил прибор, проходивший лабораторные испытания. Профессорскими усилиями и с участием петербургских студентов (пусть иногда и чисто номинальным) реализовывалась тогда идея катодной трубки немецкого физика К. Ф. Брауна. В 1897 году тот разработал ее вариант, в котором электронный луч воспроизводил на флюоресцирующем экране исследуемые электрические сигналы

в виде светящихся линий. Розинг пошел дальше. Он сделал на основе такой трубки устройство для воспроизведения движущегося или неподвижного изображения. Конструкция появилась в 1907 году, и первокурснику-второкурснику Зворыкину было от чего отталкиваться, формируя свои представления о будущем электроники и дальновидения.

В технологическом институте Владимир познал всю предысторию телевизионной инженерии, судьбу первых открытий и изобретений в этой зарождавшейся отрасли электротехники. Ему наверняка стали известны и проект португальского профессора А. Пайвы, который в 1880 году предложил проецировать видимое оптическое изображение на селеновую пластинку, как в фотоаппарате, сочетая возможности совмещения механической построчной развертки картинки с передачей по проводам электрических сигналов; и описанное французским изобретателем К. Сенлеком телевизионное устройство, способное передавать изображение на светочувствительную панель с селеновыми фотоэлементами посредством механического коммутатора. К тому же времени относился телевизионный проект соотечественника Зворыкина, физика и биолога П. И. Бахметьева: селеновые элементы в нем перемещались в плоскости проекции изображения по спирали, а фотоэлектросигналы от каждого из них шли в приемник, который трансформировал их для регулирования интенсивности света газовых светильников, используемых в качестве производителей экранных изображений.

Но с практической точки зрения на том начальном этапе оригинальным решением отметился немецкий студент П. Нипков. Он предложил механическое устройство, позволявшее последовательно разложить изображение на отдельные элементы. Вблизи наружной окружности светонепроницаемого диска были просверлены отверстия, причем каждое последующее смещалось к центру круга относительно предыдущего на небольшое, однако равное расстояние. Диск располагался между передаваемой картинкой и фотоэлементом, и изображение фокусировалось объективом на его плоскость. При вращении диска свет, отраженный картинкой, «засвечивал» на фотоэлементе одну за другой строчки, каждая из которых ока-

зывалась смещена по отношению к предыдущей опять же на одинаковую величину. Происходивший процесс превращал освещенное изображение в последовательность электрических сигналов, передаваемых по проводам на приемную станцию, где воспроизводилось модулированное световое излучение.

Надо сказать, что в разных модификациях диск Нипкова применялся почти полвека в системах механического телевидения. Но в данном случае важно, что именно в университетские годы Зворыкина его профессор Розинг, предвосхищая многие последующие новации, доказал принципиальную возможность преодолеть ограничения, присущие системам с оптико-механической разверткой (очень маленький телеэкран, заведомо нечеткая картинка и т.п.).

Усовершенствованная в Петербурге катодная трубка Брауна благодаря наличию двух отклоняющих электромагнитов с взаимно перпендикулярными осями, обеспечивающих лучу высокую скорость построчного движения по экрану, и введению после диафрагмы пластин, которые «дозировали» величину катодного пучка, позволила Розингу не только заменить систему с диском Нипкова на электромагнитную развертку, главное — это осуществление в 1911 году первой в мире телепередачи.

Воспитанный будучи студентом в обстановке непреходящего внимания к соревнованию идей вокруг будущего телевидения, Владимир Козьмич, естественно, сохранил интерес к теме и в свой уже американский период неизменно ощущал причастность к отечественной научной школе, бывшим учителям и коллегам, а то и соперникам. В последнем случае было бы правомерно говорить, в частности, о С. И. Катаеве как человеке, с которым у Зворыкина много лет шла заочная и, конечно, сугубо условная борьба за те или приоритеты, касавшиеся электронно-лучевых телевизионных трубок и способов передачи и организации телевидения (см. «МК», 2014, № 1).

ПАТЕНТ НА ЦВЕТНОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Исследования показывали, что будущее дальновидения не за оптико-механическими, а за электронными системами. Но их применению препятствовала очень низкая чувствительность передающих электрон-

но-лучевых трубок, для многократного повышения которой необходимо было использовать накопление электрических зарядов. Работая на площадях фирмы в одиночку, без помощников Зворыкин собрал телевизионную установку, являющуюся полностью электронной.

В декабре 1923 года он подал заявку на изобретение телевизионной системы нового типа. Внутри передающей телевизионной трубки находилась пластина, состоящая из очень тонких слоев 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, выступавшую коллектором. Каждый фотоэлемент мозаики получал электрический заряд, пропорциональный освещенности изобразительного ряда. Под воздействием электронного луча, сканирующего пластинку с обратной стороны, заряд превращался в электрический ток сигнала. Последовательность сигналов несла информацию об изображении, спроецированном в данный момент на фотомозаичную мишень. Предложенная в заявке схема оставалась основополагающей в работе Зворыкина до 1930 года, но патент США № 2141059 ему был выдан 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 года.

Качество изображения в виде креста, воспроизводимого только что собранной приемной телевизионной трубкой, было не очень контрастным и резким, поэтому генеральный директор фирмы Дэвис дал указание Зворыкину прекратить работы, связанные с телевидением и заняться другими темами, более полезными для компании. В 1924 году он получил гражданство США, а на следующий год создал прибор, совмещающий фотоэлемент и усилитель. В 1926-м после защиты диссертации «Исследование фотоэлементов и их совершенствование» Питтсбургский университет присвоил ему ученую степень доктора



философии. А вскоре ученый предложил 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, поскольку совпала с модным тогда и относительно 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 совершенствовать и элементы цветной телевизионной системы. Одним из первых техническую реализацию идеи передачи цветного телевизионного изображения оптико-механической разверткой начал, кстати, русский инженер А. А. Полумордвинов. Задачу разложения изображения в его аппарате выполняли два диска, вращающихся на параллельных осях с разной скоростью. Щели в дисках имели различную форму, ромбическое отверстие, которое образовывалось при их пересечении, служило развертывающим элементом. Цветотделение сигнала происходило в результате наложения на щели в одном из дисков красного, зеленого и фиолетового светофильтров. 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.

У американского русского в известной мере сохранялся интерес к отечественной науке, хотя он синтезировал и остальной исследовательский опыт в сфере ТВ. Результаты пошли в гору. Полученный Зворыкиным в 1928 году патент подтверждал изобретение цветной электронной системы телевидения, имевшей по современной терминологии однотрубную передающую камеру и однолучевую трехцветную приемную трубку.

В 1929 году сотрудник пока еще той же «Вестингауз электрик» разработал и запатентовал в отличие от трубки Брауна высоковакуумное приемное устройство, названное им кинескопом. Источником электронов служил катод косвенного накала. Потенциал первого и второго анодов был

подобран так, чтобы иметь остро сфокусированное пятно от электронного луча на флюоресцирующем экране с использованием минерала виллемита, то есть он первым применил методы электронной оптики для приемных телевизионных трубок. И им же при этом апробирован способ развертки электронного луча, обеспечивающий равномерную яркость свечения экрана. Его кинескоп создавал изображение большой яркости, благодаря чему через два года в системе телевидения стала возможна чересстрочная развертка, устранившая мерцание яркости и позволившая сократить полосу частот канала передачи информации.

СИСТЕМНЫЙ РАДИУС ВЕЩАНИЯ

Несмотря на успехи в создании телевизионного приемника, добиться стабильной работы электронного передающего устройства не удавалось. Англичанин Г. Раунд в 1926 году и американец Ч. Дженкинс в 1928-м 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. Тем не менее изобретатель осуществил передачу движущегося изображения простейших предметов из одного города в другой с помощью радиосвязи. Изображение, впрочем, оказалось нечетким и часто трудно узнаваемым. Тогда же венгр К. Тиханьи создал проект передающей трубки со светоэлектрическим преобразователем в виде сплошного светочувствительного слоя или мозаики, содержащей большое количество изолированных фотоэлементов. Но из-за конструктивного несовершенства накопления зарядов не удалось добиться резкого усиления видеосигналов.

Чтобы собрать комплектную телевизионную систему, Зворыкин временно использовал передающее устройство с механической разверткой изображения. Вместо ставшего классическим вращающегося диска Нипкова он применил развертку с помощью луча, отбрасываемого колеблющимся зеркалом. В апреле 1929 года была

закончена разработка аппаратуры для телевизионной передачи кинофильмов, а к августу собраны установка такого же типа для трансляции передач из телевизионной студии и шесть телевизоров.

В декабре, однако, в связи с прекращением исследовательских работ по телевизионной тематике в фирме «Вестингауз электрик» Зворыкин переехал в Камден и был принят в компанию «Радиокорпорация Америки» (RCA) на должность директора лаборатории электроники. Он занялся усовершенствованием мишени передающей трубки двустороннего действия, когда передаваемая картинка проецируется с одной стороны, а электронный луч сканирует другую сторону пластины. В 1930 году им 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 позволило повысить в тысячи раз едва уловимый электрический сигнал фотоэлементов, сделать значимый шаг на пути к телевидению будущего.

В 1931 году руководимая Зворыкиным лаборатория создала передающую вакуумную трубку с односторонней мишенью (названной им иконоскопом), в которой электронным лучом сканировалась сторона мишени, куда проецировалось видимое изображение, далее через объектив попадавшее 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 в виде последовательных импульсов видеосигнала, поступающих через усилитель к передатчику и от него 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 года была разработана новая технология создания мозаики фотоэлементов. На поверхность слюды наносился тонкий слой серебра. После нагрева при высокой температуре пленка разделялась на большое количество 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 более совершенное средство коммуникации. После испытаний, проведенных в Камдене, и окончания разработки системы телевидения на 343 строки с чересстрочной разверткой при 60 кадрах в секунду в 1935 году 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.

ПЛЮС РАДИОУПРАВЛЯЕМЫЙ АВТОМОБИЛЬ

При работе над электронно-лучевыми трубками Зворыкин обратил внимание, что неправильное их включение дает на экране увеличенное изображение катода. Он изучил труды российского ученого Л. А. Кубецкого над фотоэлектронными умножителями и провел ряд экспериментов, подтвердивших возможность наблюдения объектов с многократным увеличением. В январе и июле 1935 года им были поданы заявки на изобретение электронного умножителя, получив-



шего применение в первом электронном микроскопе, созданном в 1941 году совместно с его аспирантом Д. Хиллиером. В 1942 году в RCA появился сканирующий электронный микроскоп, а в конце 1943-го – малогабаритный электронный микроскоп с высоким разрешением.

Конструирование и изучение устройств с фокусировкой электронного луча привели его к созданию иконоскопа с переносом электронного изображения, получившего широкое применение в передающих телевизионных камерах. В 1936 году под руководством ученого была разработана передающая телевизионная трубка, названная ортиконом, в которой заряд, пропорциональный световому изображению и накапливаемый на мозаичной мишени в виде потенциально-го рельефа, считывался пучком медленных электронов, построчно обегавших мозаичный фотокатод и превращавшихся в видеосигнал. Благодаря более эффективному использованию фототока эта передающая телевизионная трубка оказалась примерно в 20 раз чувствительнее иконоскопа.

Идея ортикона спустя несколько лет дала начало развитию электронно-оптических преобразователей, ставших основой созданных им приборов ночного видения для автомобилей, танков и ночного прицела для стрелкового оружия, которые были во время Второй мировой войны приняты на вооружение армией США. Еще одна его разработка периода войны – система телевизионной наводки радиоуправляемых летающих торпед (авиационных бомб).

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

В 1946 году Зворыкин и совместно с ним Л. Е. Флори подали патентную заявку на изобретение электронного читающего устройства для слепых, основным элементом которого являлось 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 RCA был разработан передающий электронно-лучевой прибор с накоплением заряда (видикон), основанный на внутреннем фотоэффекте и отличавшийся высокими параметрами, малыми размерами, простотой устройства и настройки.

Когда в 1947 году Зворыкин был переведен на должность вице-президента RCA и назначен техническим консультантом всех исследовательских лабораторий компании, он использовал результаты исследований и разработок в области телевидения для увеличения эффективности медицинского рентгеновского оборудования и совершенствования радиоизотопной аппаратуры. Телевизионный микроскоп ультрафиолетового диапазона и передающая видиконовая стереоскопическая камера позволили получать объемное изображение микрообъектов. Телевизионная техника оказалась применима для подсчета красных и белых кровяных телец, исследования раковых клеток и т.п.

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

Согласно принятому в американских фирмах порядку по достижении 65 лет Владимир Козьмич 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 возростала 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 века 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 пропуске 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 В. К. Зворыкин в день своего рождения 29 июля 1982 года в возрасте 94 лет. Он похоронен в г. Принстон (штат Нью-Джерси, США).

Ему принадлежат более 120 патентов на различные изобретения и более 80 фундаментальных публикаций. Ученый имел различные награды: Почетный диплом президента США; орден Почетного легиона Франции; международная премия и медаль им. Фарадея Британского института инженеров-электриков; медаль Доблести и медаль им. Эдисона Американского института инженеров-электриков; Наци-

ональная научная медаль президента США за заслуги; Почетная Золотая пластина Американской академии достижений; медаль Первооткрывателей Американской инженерной академии и др. Он был избран в 1977 году в национальную Галерею Славы изобретателей США, а в 1978-м под номером один в Русско-Американскую Галерею Славы с вручением диплома «Заслуженный русский американец».

Всероссийская денежная премия в области инноваций существует с 2008 года и носит имя В. К. Зворыкина. Ее лауреаты становятся известными в конце года на Всероссийском молодежном инновационном форуме.

20 и 21 апреля 2010 года на первом канале Российского телевидения демонстрировался фильм «Зворыкин—Муромец», вызвавший немалый интерес к его персоне. И это символично. То, чему он отдал свою жизнь, теперь ему ее продлевает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов В. П. Владимир Козьмич Зворыкин. — М.: Наука, 2002. — 147 с.
2. Горохов П. К. К истории изобретения иконоскопа // Техника кино и телевидения. — 1962. — № 3. — С. 6.
3. Истомин С. В. Самые знаменитые изобретатели России. — М.: Вече, 2000. — 469 с.
4. Телевидение / Под ред. В. Е. Джанония. — М.: Радио и связь, 1986. — 455 с.
5. Узилевский В. А. Передача, обработка и воспроизведение цветных изображений. — М.: Радио и связь, 1981. — 216 с.
6. Веселовский О. Н., Браславский Л. М. Основы электротехники и электротехнические устройства радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Высшая школа, 1977. — 312 с.
7. Телевизионные передающие камеры. — М.: Радио и связь, 1988. — 303 с.
8. Зворыкин В. К., Мортон Д. А. Телевидение. Вопросы электроники и передачи цветного и монохроматического изображений: Пер. с англ. под ред. проф. С. И. Катаева. — М.: Изд-во иностранной литературы, 1958. — 780 с.
9. Зворыкин В. К. Фотоэлементы и их применение: Пер. с англ. — Л.: Военно-электротехн. академия РККА, 1936. — 263 с.
10. Кузнецов В. М. Учебное телевидение. — М.: Высшая школа, 1990. — 182 с.
11. Телевидение / Под ред. П. В. Шмакова. — М.: Связь, 1979. — 432 с.
12. Рыфтин Я. А. Телевизионная система. Теория. — М.: Советское радио, 1967. — 271 с.
13. Григорьев Н. Д. Русское лыко в телевизионную строку // Мир транспорта. — 2014. — № 1. — С. 186–191.

Координаты автора: **Григорьев Н. Д.** — +7(495)6842119.

Статья поступила в редакцию 10.12.2014, принята к публикации 20.03.2015.



RAY OF LIGHT IN ELECTRONIC REALM

Grigoriev, Nikolai D., Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

ABSTRACT

His monument was installed two years ago near Ostankino TV center in Moscow. And it is a sign of merits' recognition of Vladimir Zworykin, and a whole galaxy of other Russian scientists and engineers, who for years had helped to create a modern television

Keywords: telecommunications, television, history, electrical engineering, Zworykin, innovative heritage.

Background. *The inventor, who stood at the origins of modern television, and made a considerable contribution to the creation of electronic optical instruments Vladimir K. Zworykin was born on July, 29 (old style July, 17) 1888 in the city of Murom, Vladimir province in a large family (five girls and two boys). His father, a hereditary merchant of the first guild (the highest of three on the size turnover and tax), wanted his youngest son to become successor to his business. At the age of 10 the boy began to perform various orders of his father: checked the accuracy of arrival of ships of the company «K.A. Zworykin», was present at the negotiations with tradesmen and officials, during summer holidays travelled at Oka on merchant steamers to Nizhny Novgorod and back. During the travel as a cabin boy he helped with pleasure to maintain and repair steam engine and electric equipment of a vessel that led to his passion for electrical engineering.*

Objective. *The objective of the author is to investigate life and work of a prominent Russian scientist Vladimir Zworykin.*

Methods. *The author uses general scientific methods, historical-retrospective analysis.*

Results.

First steps with Rosing

In 1906, the young man graduated with honors from Murom non-classical secondary school and entered the Faculty of Electrical Engineering of St. Petersburg Institute of Technology. Since a third study year student under the guidance of professor B. L. Rosing participated in the experiments in the field of «foresight» and electronics. Zworykin as the best graduate was sent for training to Paris to the College de France, to the famous French physicist P. Langevin. In the spring of 1913 he assembled and established an installation for X-ray diffraction of crystals, through which he took a picture of the hand of a student with a needle, accidentally broken, required before surgical operation. This positive result of the practical application of electrical engineering «backfired» 39 years later, when Vladimir Zworykin being a famous scientist in the field of television, engaged in medical electronics.

In autumn 1913 Zworykin moved to Berlin for detailed study of theoretical physics course, where he attended lectures at the Institute of Charlottenburg. After the outbreak of World War I, not to be interned (arrested and imprisoned until the end of the war) in Germany, the intern through Denmark and Finland returned to Petrograd in order to conduct scientific research at the Institute of Technology, but he was called up for military service. After short-term courses on radio communication the private was sent to the North-Western Front in the troop of wireless telegraph, stationed near Grodno (later in other parts of the Western Front). For re-equipping a mobile radio station to a fixed one

as a unique communication system that creates the effect of viewer's presence anywhere in the global information space. The author describes main stages of life, collisions of unusual fate of the famous electrical engineer, awarded the unofficial title of honored Russian American.

without a permission of a division commander a young signalman was penalized, accused of destroying military property. After one and a half years of service, he began to suffer insomnia and hallucinations (in his ears constantly stood squeak of Morse code). A military doctor sent him to his colleagues in the capital.

In Petrograd, the private was awarded the rank of officer and sent to a military school for electrical engineering to a teaching position. Then he was assigned to the plant of the Russian Society of wireless telegraphy and telephony as a military inspector (military representative) in the manufacture of radio equipment. After the February Revolution of 1917 he was sent to the Ukrainian front to the motorized artillery batteries stationed in the town of Brovary near Kiev. Material part of the battery at the request of troops of hetman P. P. Skoropadskiy (in the revolutionary leapfrog!) was placed at the disposal of the Government of «Ukrainian state». Military service of the former tsarist officer Zworykin ended.

In 1918, Zworykin in Moscow joined the Trust responsible for the installation of radio equipment throughout Russia. He was offered to equip a powerful radio station in Omsk. Siberian Government executed documents on his trip to the United States to order required equipment. In 1920 he returned to Omsk, reported to the government of Admiral A. V. Kolchak, while retaining power in Siberia, on the work performed and was immediately sent back to the United States as a «full representative» of the capital of Siberia to deal with the order and receipt of American goods for Omsk.

Being in New York Zworykin found out that the government of Kolchak fell. All rights of business traveler lost their power. Russian ambassador B. A. Bakhmetiev on behalf of liquidated long ago Provisional Government of Russia in the US (Soviet government had not yet been recognized) enrolled him in the procurement commission to perform calculations of accounting character using an adding machine. Emigrant enrolled in courses in English language and at the same time sent out letters to different companies to offer his services as a specialist in radio electronics.

In pursuit of light

The company «Westinghouse Electric» offered him a job, and he in the same year 1920 moved to Pittsburgh. His first task was to improve the production technology of receiving amplifier tubes used in radios.

The new employee of the firm made a great contribution to the development of technology of application of barium coating on platinum basis of cathode, produced a semi-automat, providing a more stable reception of cathodes with required parameters. A year later, instead of promised sal-

any increase he received a notice of the reduction of payments by 10% due to financial difficulties. Zworykin was offended and went to the firm of Kansas City.

Within a few months in a local laboratory he created the installation for experimental testing the impact of high-frequency currents on acceleration of oil cracking. Tests were negative, and again no chance of continuation—his services were declined.

In 1922 he organized in his apartment a workshop to assemble to order portable radios built into furniture and connected to the clockwork. However, the following year Zworykin was offered to return to the company «Westinghouse Electric» on more favorable terms. And Vladimir returned to Pittsburgh, where he was allowed to deal with television issues, he had dreamed about it since his student's time.

When, in the years of study at the Faculty of Electrical Engineering, he participated in research activities that were guided by his institute professor B. L. Rosing, many things seemed distant future for him. It was difficult even to think at first what really promised an instrument, undergoing laboratory tests. Due to professor's efforts and with the participation of students of St. Petersburg (though sometimes purely nominal) the idea of a cathode tube of German physicist Karl F. Braun was implemented. In 1897, he developed a variant thereof, wherein an electron beam reproduced on fluorescent screen electrical signals under study as luminous lines. Rosing went on. He made on the basis of such a tube a device for reproducing a moving or still image. The design appeared in 1907, and freshman-sophomore Zworykin had something to start from, forming his ideas about the future of electronics and foresight.

At the Institute of Technology, Vladimir learnt all the background of television engineering, the fate of the first discoveries and inventions in this emerging sector of electrical engineering. He certainly became familiar with the project of the Portuguese professor A. Paiva, who in 1880 proposed to project a visible optical image on a selenic plate, as in a camera, combining the possibility of combining mechanical progressive scanning of pictures with the transmission of electrical signals on the wire; and described by the French inventor K. Senlek television device capable of transmitting an image on a light-sensitive panel with selenium photocells by a mechanical switch. To the same time belonged a television project of Zworykin's compatriot, physicist and biologist P. I. Bakhmetiev: selenium elements therein move in the image projection plane on spiral and photoelectrosignals from each of them went to the receiver which transformed them to regulate light intensity of gas lamps, used as producers of screen images.

But from a practical point of view at the initial stage the original solution was offered by German student P. Nipkow. He offered a mechanical device, which allowed to consistently expand the image into separate elements. Near the outer circumference of the opaque disk holes were drilled, each successive shifted to the center of the circle relative to the previous one by a small but equal distance. The disc was placed between a transmitted picture and a photocell, and the image was focused by the lens on its plane. When the disc was rotating, light, reflected by the picture, «lighted» lines on the photocell one by one, each of which was shifted



with respect to the previous again by the same value. The process turned lit image in the sequence of electrical signals transmitted by wire to the receiving station where modulated light emission was reproduced.

It should be noted that in different versions Nipkow disk had been in use for almost half a century in mechanical television systems. But in this case it is important that it is in university years of Zworykin professor Rosing, anticipating many subsequent innovations proved fundamental possibility to overcome the limitations inherent in systems with optical-mechanical scanning (very small TV screen, deliberately fuzzy picture, etc.).

Advanced in St. Petersburg cathode tube of Braun due to two deflecting magnets with mutually perpendicular axes, providing the ray with high speed of row-by-row movement on the screen, and the introduction after the diaphragm plates that «dosed» value of the cathode beam allowed Rosing not only to replace the system with the Nipkow disk with electromagnetic scanning, the main thing is the implementation in 1911 the world's first telecast.

Brought up as a student in a situation of lasting attention to the competition of ideas around the future of television, Vladimir Kozmich, of course, retained interest in the subject and in his American period always felt the involvement of Russian academic school, teachers and former colleagues and even competitors. In the latter case it would be correct to speak, in particular, about S. I. Kataev as the person with whom Zworykin for many years had had a part-time, of course, purely notional struggle for priorities for cathode ray television tubes and methods of transmission and broadcasting organizations (see, World of Transport and Transportation, 2014, Iss. 1).

The patent for color television

Studies had shown that the future of the foresight was not in opto-mechanical, but in electronic systems. But their use was hampered by very low sensitivity of transmitting cathode ray tubes for multiple increase it was required to use the accumulation of electrical charges. Working on the





Photos in the articles: <http://foto-history.livejournal.com/2143017.html>

premises of the company alone, without aides Zworykin assembled television set, which was fully electronic.

In December 1923, he filed an application for the invention of TV system of a new type. Inside of a television tube there was a plate consisting of very thin layers of aluminum, aluminum oxide and photosensitive material. Scanning electron beam penetrated through aluminum layers and reached the photosensitive mosaic, consisting of a plurality of isolated small globules (small particles) of an alkali metal such as potassium hydrate. The visible image was projected onto the mosaic through the grid serving as a collector. Each photocell of the mosaic received an electrical charge proportional to the illumination of a figural row. Under the influence of an electronic beam scanning the back side of the plate, the charge converted into an electrical current of a signal. The sequence of signals carried information about the image projected currently to photo mosaic. The proposed scheme in the application remained foundational in the work of Zworykin until 1930, but the US patent № 2141059 was issued only after complaints about bureaucracy (referred to the impossibility of manufacturing a photosensitive plate, although there were television sets with its CRT) 15 years later, on December, 20 1938.

The quality of the image in the form of a cross, reproduced by just assembled receiving television tube, was not high-contrast and sharp, so the general director of the company Davis instructed Zworykin to stop works related to television and to engage in other subjects, more useful for the company. In 1924 he became an American citizen, and the following year created a device that combined photocell and amplifier. In 1926, after defending his thesis «Study of photocells and their improve-

ment» Pittsburgh University awarded him the degree of Doctor of Philosophy. Soon scientist proposed a new recording system using photocells. Using as a photosensitive material a combination of cesium and magnesium, he reached a record sensitivity of cells that responded to light. This work was immediately implemented, as it coincided with fashionable at that time and relatively widespread use of photocells in offices and shops for burglar alarms, door opening, etc.

Dealing with planned topics of photosensitive devices and recording techniques, Zworykin did not stop improving elements of color television system. The Russian engineer A. A. Polumordvinov began, incidentally, one of the first technical realizations of the idea of transmitting color television picture by opto-mechanical scanning. The task of image dissection in his device was performed by two discs, rotating on parallel axes at different speeds. The slots in the discs had a different shape, a rhombic hole which was formed at an intersection thereof, served as the deploying element. Color separation of the signal occurred by superimposing on slots in one of the disks of red, green and purple filters. Every three successive lines in Polumordvinov apparatus differed in color. Similar lens discs were installed in front of the photocell on the transmitting side and in front of the light source in the receiver.

The American Russian to some extent retained interest in domestic science, although he synthesized the rest of the research experience in the field of television. The results developed successfully. Zworykin obtained a patent in 1928 that confirmed the invention of color electronic television system, which had in modern terminology transmitting mono-tubular chamber and single-beam three-color receiving tube.

In 1929, the employee of still the same «Westinghouse Electric» developed and patented in contrast to the Braun tube high vacuum receiving device, which he called a kinescope. The electron source was indirectly heated cathode. The potential of the first and second anodes was chosen so as to have a sharply focused spot of the electron beam on a fluorescent screen using mineral willemite, that is, he first applied the methods of electron optics for receiving television tubes. And he also tested a way to scan the electron beam providing uniform brightness of the screen. The kinescope created the image of a high brightness, so two years later in the television system interlace scanning became possible, eliminating luminance flicker and allowing to reduce the frequency band of information transmission channel.

System broadcast range

Despite progress in developing a television receiver, attempts to achieve stable operation of an electronic transmission device failed. The Englishman H. Round in 1926 and the American Charles Jenkins in 1928, entered their schemes of opto-mechanical transmission devices into the mosaic of K. Swinton, replacing holes of Nipkow disc with lens. Jenkins came up with a panel with a lot of photocells and associated storage capacitor, switched by mechanical switches. But it was a cumbersome structure, which was technically difficult to be performed. Nevertheless, the inventor carried out the transmission of the moving image of the simplest things from one city to

another via radio. The image, however, turned out to be vague and often hardly recognizable. Then Hungarian K. Tihany created a project of a transmission tube with photoelectric converter as a solid light-sensitive layer or a mosaic containing a large number of isolated photocells. However, due to structural imperfections of accumulation of charges it failed to achieve a sharp increase in video signals.

To assemble a complete television system, Zworykin used temporarily transmitting device with mechanical image scanning. Instead of rotating Nipkow disk he applied the scanning using a beam ejected by oscillating mirror. In April 1929 development of equipment for the transmission of television movies was completed, and by August the installation of the same type had been assembled for broadcasting from a television studio and six television sets.

In December, however, in connection with the termination of research work on the television at the company «Westinghouse Electric» Zworykin moved to Camden and was hired by the company «Radio Corporation of America» (RCA) to the position of Director of the Laboratory of Electronics. He engaged in improving target of transmission tube of double action, when a transmitted image is projected from one side, and an electron beam scans the other side of the plate. In 1930, he filed an application for the invention of a transmitting tube with a more complex structure. For better switching of electrons of photosensitive mosaic in the signal plate a lot of small holes were drilled, where thin wires were located that ensure the transfer of charges accumulated by miniature photocells. It became possible to increase a thousand times subtle electrical signal of photocells, to make a significant step towards the television of future.

In 1931 a laboratory, headed by Zworykin, created a transmitting vacuum tube with a unilateral target (which he called iconoscope), in which the electron beam scanned side of the target, onto which visible image was projected, then through the lens entering a photosensitive layer (mosaic) of a signal plate. Mosaic of photocells was scanned by an electron beam generated by an electron gun and a controlled by deflection coils. Under the action of the flow of electrons miniature capacitors of the target were discharged one after another in the form of successive pulses of the video signal coming from an amplifier to a transmitter and from it on the air.

In order to strengthen small currents Zworykin used the principle of charge storage. The metal layer of the signal plate played for miniature photocells the role of the capacitor coating. When light entered into a mosaic, each element emitted electrons accumulating capacitance with respect to the metal plate. During the scanning of the beam charge of the element increased in proportion to the image point, illuminating this element. The light from object transformed on miniature capacitors in the potential relief, providing video signal of the required level.

At the end of 1931 a new technology was developed for creating a mosaic of photocells. On the surface of the mica was applied a thin layer of silver. After heating at high temperature the film was divided into a large number of small silver globules. Frozen microscopic droplets of



silver were covered with a layer of cesium. The diameter of the electron beam spot, switching the photosensitive layer, was much greater than the size of the individual elements of the mosaic. The resulting average of the specific sensitivity and capacitance of elements belonging to a spot, helped to improve the stability of signals generated by the passage of the electron beam.

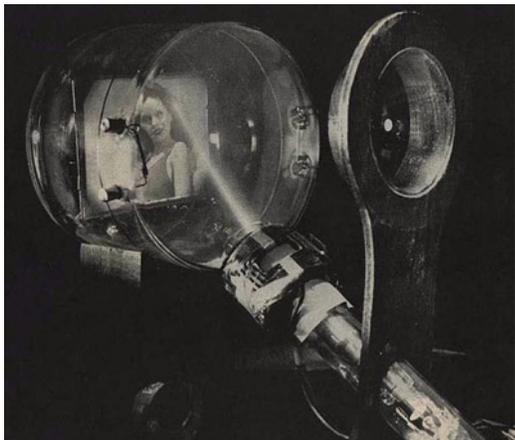
Iconoscope of Zworykin replaced mechanical scanner and several amplification stages, opened a new era in the development of radio electronics, giving humanity more perfect means of communication. After tests in Camden, and the end of the development of broadcasting in the 343-line with interlace scanning at 60 frames per second in 1935 started trial broadcast in a radius of 100 km using a 2,5 kW power plant installed on the highest building in New York City. Definition standard was later upgraded to 441 lines.

Plus a radio-controlled car

When working on CRT Zworykin noted that their wrong switching on gives on the screen enlarged image of the cathode. He studied the works of the Russian scientist L. A. Kubetsky over photomultiplier tubes and conducted a series of experiments, that confirmed the possibility of observing objects with multiple zooming. In January and July 1935, he filed applications for the invention of the electron multiplier, which was applied in the first electron microscope, created in 1941 together with his graduate student D. Hillier. In 1942, in RCA appeared a scanning electron microscope, and at the end of 1943 – a small-size electron microscope with high resolution.

Design and study of devices with electronic beam focusing led him to create iconoscope with transfer of electronic images, which became widely used in the transmission television cameras. In 1936, transmitting television tube, called ortikon, was developed under his leadership, in which the charge, proportional to the light image





and accumulated in the mosaic target in the form of the potential relief was read by a beam of slow electrons, line by line run mosaic photocathode and converted into a video signal. Thanks to more efficient use of the photocurrent this transmitting television tube was approximately 20 times more sensitive than an iconoscope.

Ortikon idea a few years later gave rise to the development of electron-optical converters, which became the basis of created by him night vision devices for cars, tanks and night sight for small arms, which were during the Second World War, taken into service by the US Army. Another of his development of the war period was the television aiming system of flying radio-controlled torpedoes (bombs).

In 1938, the Brooklyn Polytechnic Institute, awarded Vladimir Zworykin the degree of Doctor of Science. As a result of implementation of, concluded with his assistance with RCA, contract in Moscow the first electronic television transmitting station was put into operation. The country started production of domestic TV TK-1 with Zworykin kinescope.



88 JAMES P. HAWKINS WA 2003

In 1946, Zworykin and L. E. Flory filed a patent application for the invention of electronic reading devices for the blind, the main element of which was an electronic pen, moving along the line of text. To letters was directed a focused spot of light, oscillating in the vertical direction. Light signal, reflected from the paper, got through the light conductor on the photoelectric receiver with an amplifier. Cumulative frequency converter received a signal from this amplifier as well as special generator of fixed frequency. As a result of the addition of two signals the transducer generated sound waves corresponding to the difference in signal's frequency. Each letter of the text, getting in the light spot, became a source of sound with tone color, characteristic of this letter. In the same year the laboratory of RSA developed transmitting cathode ray tube with accumulation of charge (vidicon), based on the internal photoelectric effect and featuring high performance, small size, ease of installation and settings.

When in 1947 Zworykin was assigned to the post of vice-president of RCA and was appointed technical adviser of all research laboratories of the company, he used the results of research and development in the field of television to increase the efficiency of medical X-ray equipment and improve radioisotope equipment. TV ultraviolet microscope and transmission vidicon stereoscopic camera allowed obtaining three-dimensional images of microscopic objects. Television equipment was applicable to count red and white blood cells, to study cancer cells, etc.

In 1954 the scientist filed an application for the invention of the automatic control of vehicles in which he offered to equip cars with radio control elements that improved traffic safety on highways. He demonstrated a model of a radio-controlled car in the laboratory of RCA.

According to the accepted order in American companies on reaching 65 years Vladimir Kozmich resigned from the post of vice-president of RCA. He received an offer to head the Center for Medical Electronics at the Rockefeller Institute in New York. The scientist began to deal with the use of television techniques in biomedical research, medical diagnosis and learning processes (in surgery).

Using the previously developed instrument, he introduced in medicine and biology television transmission tubes, sensitive to UV light. In ultraviolet range there is increased absorption of components of organic cells, so ultraviolet microscopes are widely used in cytology.

The development of semiconductor electronics allowed him to realize together with doctors in the late 50s of the XX century the idea of the research of the digestive system activity with the help of radio telemetry. Radioprobe (pill), which was swallowed by a patient, was a miniature transmitter, generating radio emission in the frequency range of 300-400 Hz or 1800-2000 Hz. Effects of physiological and physical-chemical processes by passing pill through the digestive tract led to frequency modulation of oscillations. Radioprobes were created for determining acidity, temperature and pressure. Location of the pill was determined by fluoroscopy or radio direction-finding.

The use of television in the field of radiology allowed increasing the brightness and contrast-



ing of fluorography images and protecting a doctor and a patient from X-rays exposure.

Conclusion. V. K. Zworykin died on his birthday on July 29, 1982 at the age of 94 years. He was buried in Princeton (NJ, USA).

He owns more than 120 patents for various inventions and more than 80 fundamental publications. The scientist had different awards: Honorary Diploma of the President of the United States; French Legion of Honor; Faraday International Award and Medal of British Institute of Electrical Engineers; Medal of Valor and Edison Medal of American Institute of Electrical Engineers; National Medal of Science of the US president for his merits; Honor Gold Plate of American Academy of Achievement; Medal of Discoverers of American Academy of Engineering, and others. He was elected in 1977 at the National Gallery of Glory of the US inventors, and in 1978 as number one at the Russian-American Gallery of Glory with a diploma «Honored Russian American».

All-Russian monetary award for innovation was established in 2008 and is named after V. K. Zworykin. Its laureates are known at the end of the year at the National Youth Innovation Forum.

20 and 21 April 2010 on the first channel of Russian television was shown a film «Zworykin–Muromets», which aroused considerable interest in his person. And it is symbolic. The thing, which received life thanks to him, now prolongs his life.

REFERENCES

1. Borisov, V. P. Vladimir Kozmich Zworykin. Moscow, Nauka publ., 147 p.

2. Gorokhov, P. K. On the history of iconoscope invention [*K istorii izobreteniya ikonoskopki*]. *Tehnika kino i teledeniya*, 1962, Iss. 3, p. 6.

3. Istomin, S. V. The most famous Russian inventors [*Samye znamenitye izobretateli Rossii*]. Moscow, Vêche publ., 2000, 469 p.

4. Television [*Teledeniye*]. Ed. by Janonia, V. E. Moscow, Radio i svyaz' publ., 1986, 455 p.

5. Uzilevsky, V. A. Transmission, processing and reproduction of color images [*Peredacha, obrabotka i vosproizvedenie cvetnykh izobrazhenij*]. Moscow, Radio i svyaz' publ., 1981, 216 p.

6. Veselovsky, O. N., Braslavsky, L. M. Fundamentals of electrical engineering and electrical devices of radio electronic equipment [*Osnovy elektrotehniki i elektrotehnicheskie ustrojstva radioelektronnoj apparatury*]. Moscow, Vysshaja shkola publ., 1977, 312 p.

7. Television transmitting cameras [*Televizionnyye peredajushhie kamery*]. Moscow, Radio i svyaz' publ., 1988, 303 p.

8. Zworykin, V. K., Morton, D. A. Television: The Electronics of Image Transmission [*Voprosy elektroniki i peredachi cvetnogo i monohromaticheskogo izobrazhenij. Transl. from English under edit. of prof. S. I. Kataev*]. Moscow, Izd-vo inostrannoj literatury, 1958, 780 p.

9. Zworykin, V. K. Photocells and Their Applications [*Fotoelementy i ih primenenie. Transl. from English*]. Leningrad, Voenno-elektrotehn. akademija RKKA, 1936, 263 p.

10. Kuznetsov, V. M. Educational television [*Uchebnoe teledeniye*]. Moscow, Vysshaja shkola, 1990, 182 p.

11. Television [*Teledeniye*]. Ed. by Shmakov, P. V. Moscow, Svjaz' publ., 1979, 432 p.

12. Ryftin, Ya. A. TV system. Theory [*Televizionnaja sistema. Teorija*]. Moscow, Sovetskoe radio publ., 1967, 271 p.

13. Grigoriev, N. D. Russian bast in television line. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 1, pp. 186–191. ●

Information about the author:

Grigoriev, Nikolai D. – Ph.D. (Eng.), associate professor at the department of Electric engineering of transport of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, +7(495)6842119.

Article received 10.12.2014, accepted 20.03.2015.