

## Из истории электротехники

### Михаил Александрович Бонч-Бруевич

*(К 125-летию со дня рождения)*

Радиотехник, основоположник отечественной электронной промышленности и радиовещания, член-корреспондент АН СССР, профессор, доктор технических наук Михаил Александрович Бонч-Бруевич родился в Орле 21 (9 по ст.ст.) февраля 1888 г. В 1896 г. семья переехала в Киев. Здесь он несколько лет учился в гимназии, которая имела гуманитарное направление с изучением древних языков, затем — в реальном училище, в котором учащиеся получали большой объем знаний по математике, физике и биологии; учебный план училища включал также изучение химии, черчения, немецкого и французского языков. После пятого класса Бонч-Бруевич был переведен в коммерческое училище, где дополнительно изучались бухгалтерия, товароведение и другие дисциплины, необходимые для поступления в высшие коммерческие и технические учебные заведения. Юноша увлекался радиотехникой и в любительских условиях построил в 1906 г. радиопередатчик и радиоприемник по схеме А.С. Попова.

В 1906 г. Бонч-Бруевич поступил в Николаевское военно-инженерное училище (НВИУ) в Санкт-Петербурге, которое с отличием окончил через три года, получив звание подпоручика и профессию офицера-связиста для армейских радиостанций. Его направили в пятый Сибирский саперный батальон в Иркутске, где он служил во второй роте искрового телеграфа; в 1911 г. ему был присвоен чин поручика.

В 1912 г. Бонч-Бруевич после успешной сдачи вступительных экзаменов был зачислен в Санкт-Петербургскую Высшую офицерскую электротехническую школу. Через год в журнале Русского физико-химического общества по представлению преподавателя НВИУ В.К. Лебединского была напечатана его первая исследовательская работа о теории искрового разряда, выполненная в 1907—1913 гг., в виде двух статей общим объемом 85 стр. За этот научный труд молодой человек был удостоен премии имени проф. Ф.Ф. Петрушевского. По рекомендации известных электротехников профессоров В.К. Лебединского и В.Ф. Миткевича он был принят в члены Русского технического общества.



В августе 1914 г. началась Первая мировая война. Немцы перерезали английские подводные кабели, и Россия осталась без прямой телеграфной связи с союзниками — Англией и Францией. В кратчайшие сроки были построены две однотипные передающие искровые радиостанции мощностью 100 кВт в Москве на Ходынском поле и в Царском Селе (под Санкт-Петербургом), которые соединили прямыми проводами с приемной военной радиостанцией международных сношений, установленной в Твери, так как ее работе в Москве или Санкт-Петербурге мешали бы передающие радиостанции. После

окончания Высшей офицерской электротехнической школы Бонч-Бруевича оставили в ней преподавателем, но вскоре направили на службу в Тверь помощником начальника приемной радиостанции для обеспечения связи между Россией и союзниками.

Аппаратура станции была ненадежна из-за невысокого качества очень дорогих французских вакуумных радиоламп. Еще более ненадежными были газонаполненные (ионные) лампы отечественного производства, у которых быстрее перегорали нити накала, а из-за ионной бомбардировки разрушались и управляющие сетки. Кроме того, эти лампы были склонны к самозапираанию. Для предупреждения этого вредного явления приходилось почти непрерывно регулировать напряжение на их сетках. Но Тверская радиостанция испытывала дефицит даже в таких лампах. Для усиления радиосигналов и обеспечения бесперебойной работы станции необходимы были более совершенные лампы. Бонч-Бруевич, несмотря на запрет начальника радиостанции, решает их усовершенствовать в лаборатории, устроенной в своей жилой комнате. В физическом кабинете гимназии он попросил во временное пользование ненужный там вакуумный насос и другое оборудование. На свои деньги купил в магазине осветительные электрические лампы, нити накала которых применил в качестве катодов в первых пустотных реле (так тогда назывались электронные вакуумные радиолампы). Ему удалось получить с Петроградского завода Я.М. Айваза (ныне Санкт-Петербургское объедине-

ние «Светлана») моток бракованной вольфрамовой проволоки. У аптекаря приобрел ртуть для вакуумного насоса, стеклянные и резиновые трубки.

Поначалу дело шло с большим трудом, однако постепенно ему удалось овладеть стеклодувными тайнами, освоить технологию откачки воздуха ртутным пароструйным вакуумным насосом и получить в лампе стойкий высокий вакуум. В 1915 г. была создана работающая электронная лампа, позволяющая принимать громко и уверенно сигналы парижской телеграфной станции Эйфелевой башни, которые были слышны во всей комнате. К осени 1915 г. была изготовлена небольшая партия газонаполненных электронных ламп. Для получения информации о таких же работах за рубежом поручик Бонч-Бруевич был направлен Главным военно-техническим управлением русской армии (ГВТУ) во Францию. Изучив работу нескольких фирм Парижа, он приходит к выводу о возможности создания в России лучших электронных ламп. В 1916 г. после назначения штабс-капитана В.М. Лещинского начальником Тверской радиостанции в подсобном помещении была создана внештатная мастерская с солдатами-мастеровыми, бывшими профессиональными стеклодувами. Было налажено изготовление двух цокольных вакуумных ламп со стальными электродами, которые превосходили экспортируемые в Россию аналогичные французские радиолампы промышленного производства по рабочему ресурсу в несколько десятков раз, а по стоимости были в 8 раз дешевле. Это было началом последующих конструкций радиоламп Бонч-Бруевича. Под его руководством в Тверской внештатной мастерской кустарным способом было изготовлено по заказу ГВТУ около 3000 электронных усилительных ламп «катодных прерывателей», использовавшихся для комплектования флотских радиоприемников.

Баллон опытного образца электронной лампы плохо держал даже не очень глубокий вакуум, поэтому радиоприемник мог работать только при непрерывной откачке воздуха, т.е. при постоянной работе насоса, расположенного в жилой комнате Бонч-Бруевича. Использование в пароструйном вакуумном насосе ртути привело к его тяжелому отравлению.

В 1917 г. Бонч-Бруевич издал в третьем номере журнала «Вестник военной радиотелеграфии и электротехники» статью под названием «Применение катодных реле в радиотелеграфном приеме». Это была значимая публикация для ранней радиотехники в научно-практическом отношении. Крупнейший специалист в области электронных ламп П.А. Остряков отметил «Трудно было написать лучше и понятнее, потому что ее автор не дилетант в науке, не техник, интересующийся только прак-

тическим применением ламп, а вполне сформировавшийся ученый».

После революции 1917 г. Тверская радиостанция перестала быть военной. Она перешла в ведение Наркомата почт и телеграфов, переименована в лабораторию при Тверской радиостанции, а ее работникам, штат которых был увеличен до 59 чел., поручили разработку и изготовление различных радиотехнических приборов и радиоламп. С усилением экономической блокады импорт радиооборудования прекратился, необходимо было срочно начать массовое собственное производство. Однако в маленькой лаборатории осуществить это было нереально. Летом 1918 г. лабораторию перевели в Нижний Новгород. Здесь она была размещена в старом, но просторном трехэтажном здании. В подвале находилась электрическая подстанция, первый этаж заняли мастерские, на втором размещались основная часть лаборатории и стеклодувное производство, на третьем — библиотека. Необходимое оборудование было доставлено из небольших заводов и мастерских Твери, Москвы и Санкт-Петербурга, а электротехнические приборы — из Рижского политехнического института. Бонч-Бруевич, чтобы не строить электронные лампы методом проб и ошибок, учился их проектировать. Постепенно расчеты стали хорошо совпадать с практическими результатами. Осенью 1918 г. была разработана и создана новая конструкция приемной вакуумной лампы ПР-1 (пустотное реле первого типа). Специалисты в Москве высоко оценили продукцию: по качеству и конструкции лампы были не хуже зарубежных.

В 1918 г. Бонч-Бруевич предложил схему переключающего устройства под названием «катодное реле», имеющего два устойчивых рабочих состояния; впоследствии это устройство получило название «триггер».

2 декабря 1918 г. лаборатории был присвоен новый статус. Она стала называться Нижегородской радиолaborаторией (НРЛ). Перед коллективом были поставлены задачи объединения радиотехнических сил в стране, разработки и организации производства электронных ламп и радиоаппаратов, проектирования и строительства радиостанций, издания научных журналов по радиотехнике. Бесменным редактором первого периодического радиотехнического журнала «Телеграфия и телефония без проводов», издававшегося в Москве с 1918 г. (с 1920 г. редакция была переведена в НРЛ), и второго «Радиотехник», предназначенного для более широкого круга читателей, был сотрудник НРЛ с 1919 г. проф. В.К. Лебединский. Журналы были широко известны в стране. В иностранной печати часто публиковались рефераты статей жур-

нала «Телеграфия и телефония без проводов», его выписывала публичная библиотека Нью-Йорка.

После смерти Лешинского Бонч-Бруевич был назначен научно-техническим руководителем исследовательских работ НРЛ. Под его руководством с весны 1919 г. в НРЛ было налажено серийное производство приемно-усилительных ламп, их выпускалось до 1000 штук в год.

В 1919 г. Бонч-Бруевич в журнале «Радиотехник» опубликовал статью «Основания технического расчета пустотных катодных реле малой мощности», в которой была изложена разработанная им теория расчета триодов, ставшая основой теории приемно-усилительных электронных ламп и получившая позже название «теория Бонч-Бруевича–Баркгаузена». Публикация Бонч-Бруевича появилась раньше аналогичных работ за границей и была более полной и общей, чем теория, предложенная в Германии профессором Дрезденского университета Г. Баркгаузенем несколькими годами позже.

Увлечшись новой технической идеей — радиотелеграфными передатчиками — Бонч-Бруевич изготовил аналогичную приемной стеклянную генераторную лампу мощностью 150 Вт. Она получила марку ГИ-150 и стала выпускаться серийно. С ее помощью ученый начал разрабатывать схемы, строить действующие макеты первых ламповых передатчиков и проводить эксперименты по радиотелефонированию. Первый удачный опыт радиотелефонной передачи был осуществлен им из НРЛ на расстояние 4 км. В 1920 г. была изготовлена генераторная электронная лампа мощностью 2 кВт с массивным алюминиевым анодом, позволяющим рассеивать большую мощность. Разработка первого радиотелефонного передатчика с этой электронной лампой позволила провести передачу из НРЛ в Москву на расстояние 370 км. В мае 1920 г. впервые в нашей стране в эфире прозвучала музыка, переданная нижегородским передатчиком.

Для того чтобы радиотелефон было слышно повсюду, необходимы были более мощные лампы. Бонч-Бруевичем была поставлена задача создания радиолампы мощностью, сравнимой с мощностью электрической машины и дуги. Для нее массивный алюминиевый анод не был пригоден. Нужен был тугоплавкий анод из тантала или молибдена. Но таких металлов в то время в России не было. Коэффициент полезного действия генераторных ламп был равен 50–70%, поэтому рассеиваемая электрическая мощность в виде тепла на аноде составляла 30–50% мощности, потребляемой от источника. После многочисленных экспериментов была изготовлена лампа мощностью 950 Вт, в которой анод из меди, обладающей хорошей теплопроводностью, располагался не внутри, а снаружи лампы. Вместо танталового анода — никелированная трубка из

красной меди, вводившаяся внутрь лампы и припаянная к платиновому колпачку, соединенная пайкой со стеклом баллона. Колпачок и анод присоединялись к шлангу и охлаждались циркулирующей проточной водой из трубопровода.

Для увеличения поверхности анода ученый разработал компактную конструкцию четырехкамерного прибора мощностью 5 кВт с внутренним водяным охлаждением анода: в общей колбе были совмещены сразу четыре одинаковые лампы. Общий их анод был четырехсекционным, а в каждой секции — отдельные катод и сетка. Этот прием оказался перспективным изобретением, к нему вернулись уже после смерти изобретателя во время Второй мировой войны. Секционная конструкция лампы сделала возможным создание мощных импульсных ламп для сверхвысоких частот.

К концу 1920 г. было закончено изготовление новой генераторной электронной лампы для Ходынской радиостанции с мощностью передатчика 5 кВт. После радиопередачи пришли восторженные отзывы из удаленных за тысячи километров от Москвы городов страны. Состоялась радиопередача и в Берлин, но там еще не было такой мощной установки, поэтому ответить по радиотелефону немецкие радисты не могли. Только в феврале 1921 г. специалист фирмы «Телефункен» радиоцентра Гельтов, находящегося за 2000 км от Москвы, подтвердил получение в Берлине передачи, удивившей руководство фирмы.

В 1922 г. Бонч-Бруевич изготовил лабораторную модель радиотехнического устройства для передачи изображения на расстояние, названного им радиотелескопом. В этом устройстве был впервые реализован принцип накопления зарядов, который позже (в 1930-х годах) был положен в основу первых передающих телевизионных электронно-лучевых трубок.

В 1922 г. Петроградский электровакуумный завод начал выпускать приемно-усилительные лампы Р-5 (реле, разработка №5). Появившаяся в 1923 г. новая лампа с торированным катодом, потреблявшая в 10 раз меньший ток накала, чем Р-5, была названа «Микро». Столь же экономичная двухсеточная лампа с катодной сеткой именовалась МДС. Первый маломощный кенотрон (ламповый выпрямитель) получил условное обозначение К2-Т (кенотрон двуханодный с торированным катодом).

В августе 1922 г. в Москве на Гороховской улице (ныне улица Радио) было закончено строительство и начала работать Центральная радиотелефонная станция «Коминтерн» (ЦРС) с генераторной лампой мощностью 25 кВт, которая имела оригинальное конструкторское решение и была спроектирована под руководством Бонч-Бруевича. Анод имел форму цилиндра, закрытого с одного конца и



приваренного другим, открытым, к стеклянному баллону. В последующем в мощных генераторных лампах вместо стеклянных стали применять керамические баллоны. Сетка и катод были укреплены на ножке лампы с помощью изоляторов из керамики, обладающей малыми диэлектрическими потерями в переменных электрических полях высокой частоты, создающихся между электродами, и входили внутрь цилиндра анода. Анод, являющийся баллоном лампы, помещался в специальный кожух, внутри которого протекала охлаждающая вода. Для питания анода электронной лампы вместо специального высоковольтного генератора постоянного тока был применен разработанный сотрудником НРЛ с 1918 г. В.П. Вологдиным (с 1939 г. член-корреспондент АН СССР) трехфазный ртутный выпрямитель, позволявший получить постоянный ток напряжением 10 кВ. Более мощной радиостанции в Европе не существовало. Она поддерживала связь с удаленными городами нашей страны и Европы.

22 и 27 мая 1922 г. Бонч-Бруевич организовал пробные передачи по радио музыкальных произведений из студии НРЛ, а 15 сентября 1922 г. состоялся первый в Европе радиовещательный концерт, переданный ЦРС. 17 сентября 1922 г. НРЛ была награждена орденом Трудового Красного Знамени. В статьях изобретателя «Ламповый передатчик Московской радиотелефонной станции» и «Мощные лампы с внешним медным анодом», опубликованных в журнале «Телеграфия и телефония без проводов», 1923, № 20 и 1924, № 23, давалось описание и излагался принцип действия оборудования ЦРС. В 1924 г. в стране начались регулярные радиопередачи неограниченному числу слушателей.

Известный специалист в области электронных ламп всемирно известной немецкой фирмы «Телефункен» радиоцентра Гельтов под Берлином профессор А. Мейснер, приехав в Нижний Новгород, подробно ознакомился с работами Бонч-Бруевича. Эта фирма, бывшая в те годы одной из передовых в техническом отношении и являвшаяся основным поставщиком радиоаппаратуры в дореволюционной России, заказала в НРЛ несколько генераторных электронных ламп мощностью 25 кВт с водяным охлаждением. Вскоре конструкция этих ламп стала использоваться в Европе и Америке, иногда без упоминания автора идеи и разработчика (например, английская фирма «Метровиккерс»), так как Бонч-Бруевич не имел патента.

Большой интерес у профессионалов вызвали генераторные электронные лампы Бонч-Бруевича в 1925 г. на Скандинавско-Балтийской выставке в Стокгольме. В немецких и шведских радиотехнических журналах были напечатаны восторженные отзывы. Изобретения российского ученого стали об-

разцом для дальнейших разработок вакуумной техники.

В сентябре 1925 г. была изготовлена генераторная электронная лампа мощностью 35 кВт, а в последующем 40 и 100 кВт. Макет последней лампы вместе с бачком для анода превышал средний рост человека. Сложность и высокая стоимость установок водяного охлаждения для мощных генераторных ламп мощностью до 500 кВт вызвали разработку и применение ламп с воздушным принудительным охлаждением, конструкция которых была предложена в начале 1930-х годов П.А. Остряковым.

Изучая природу коротких радиоволн длиной 10–100 м, Бонч-Бруевич убедился в том, что они могут быть использованы для дальней профессиональной как радиотелеграфной, так и радиотелефонной связи. Вместе с сотрудником НРЛ В.В. Тариновым он занялся этими исследованиями. В 1925 г., применив медную лампу мощностью 25 кВт с наружным водяным охлаждением для генерирования коротких волн длиной 84–85 м, была установлена связь с Аргентиной и Индией. В 1926 г. заработала магистральная коротковолновая связь между Москвой и Ташкентом с нижегородскими передатчиками на мощных лампах и направленные антенны специальной конструкции, разработанные под руководством Бонч-Бруевича. Было решено применять волны различной длины в дневное и ночное время. Это обеспечило круглосуточную работу первой коротковолновой линии дальней служебной связи, эксплуатация которой началась в 1927 г. Переход к коротковолновой связи обеспечил громадную экономию государственных средств, запланированных на строительство длинноволновых радиостанций большой мощности, необходимость в которых отпала. Описание конструкции направленной коротковолновой антенны было дано ученым в статье «Изучение сложных прямоугольных антенн с идентичными вибраторами», опубликованной в 1928 г. в журнале «Телеграфия и телефония без проводов», № 36.

В 1927 г. под руководством Бонч-Бруевича сотрудниками НРЛ в Москве была введена в эксплуатацию радиостанция мощностью 40 кВт на Шаболовке «Новый Коминтерн». Она стала самой мощной в Европе. В различных городах страны было установлено 27 радиовещательных станций мощностью 1 кВт.

Одновременно с научной работой Бонч-Бруевич занимался педагогической деятельностью. В 1922 г. он был избран профессором Московского высшего технического училища (ныне Московский государственный технический университет), был заведующим кафедрой радиотехники до 1925 г. и электротехники с 1926 по 1928 гг. в Нижегород-

ском техническом университете (ныне Нижегородский государственный технический университет).

В 1928 г. НРЛ была награждена вторым орденом Трудового Красного Знамени.

В связи с развитием серийного выпуска радиоаппаратуры на новых отечественных заводах и строительством мощных радиостанций возникла необходимость в реорганизации НРЛ и передаче ее в распоряжение Научно-технического управления ВСНХ. В конце 1928 г. коллектив сотрудников, а также все разработки и научно-технические исследования были переданы в Центральную радиолобораторию (ЦРЛ) Треста заводов слабого тока в Ленинграде. Бонч-Бруевич был назначен научным директором ЦРЛ, ему поручили разработать тематику исследовательских работ в соответствии с новыми научно-техническими требованиями.

31 января 1931 г. он был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР. В 1932 г. была опубликована его книга «Короткие волны», в которой рассматривались законы распространения волн всех диапазонов. В 1932 г. его избрали профессором кафедры радиотехники Ленинградского электротехнического института связи (ныне Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет телекоммуникаций). Он занимался вопросами радиосвязи на Дальнем Севере и физикой верхних слоев атмосферы, исследованиями ионосферы методом радиоэха, ультракороткими волнами и их практическим применением, в том числе в области радиолокации. По результатам этих исследований в 1933 г. в научно-техническом сборнике Ленинградского электротехнического института связи (выпуск 1) им была опубликована статья «О первых опытах в СССР по измерению высоты Хевисайдова слоя». В настоящее время с помощью отраженных или излучаемых радиоволн радиотроскопами и радиовизорами можно визуально наблюдать предметы, не видимые невооруженным глазом (находящиеся в светонепроницаемой среде, скрытые непрозрачной для световых лучей стенкой, в условиях плохой видимости при тумане, снегопаде и т.п.).

В 1935 г. в Ленинграде был создан Научно-исследовательский электротехнический институт связи. Бонч-Бруевич занял в нем должность заместителя директора по научной работе. Его заинтересовали ультракороткие волны длиной до 10 м (метровые, сантиметровые, миллиметровые и субмиллиметровые). Он занялся изучением и разработкой технических средств для передачи, излучения и приема этих волн. В журнале «Радио всем» им было опубликовано несколько статей по ультракоротковолновой технике. Осенью 1935 г. ученый одним из первых в мире высказал идею создания

лампы нового типа, пригодной для генерирования радиоволн дециметрового и сантиметрового диапазона. Эта идея была воплощена в новой лампе (многокамерном магнетроне) его учениками Н.Ф. Алексеевым и Д.Е. Маляровым. Он проводил научные исследования по оборонной тематике. Так, была разработана станция для зенитной артиллерии, которая вычисляла и фиксировала радиодобнаружение летательных аппаратов.

Бонч-Бруевич написал и опубликовал свыше 80 научных трудов. Он автор монографии «Излучение и распространение радиоволн», изданной в 1934 г., и фундаментального двухтомного курса для электротехнических вузов «Основы радиотехники», изданного в 1936 г. и отличающегося оригинальным изложением разделов радиотехники. С 1928 по 1940 гг. им запатентовано и передано радиопромышленности около 60 изобретений.

С 50-х годов XX в. все более прочные позиции стали занимать полупроводниковые приборы, которые из-за целого ряда преимуществ значительно расширили области применения радиоэлектронной аппаратуры и ее функциональные возможности. Освоение радиотехникой диапазона сантиметровых волн выявило существенные недостатки электронных ламп. Для исследований стали использоваться только полупроводниковые приборы, но уже на новой более совершенной основе.

7 марта 1940 г. выдающийся российский ученый в области радио- и электронной техники М.А. Бонч-Бруевич в возрасте 52 лет скончался от воспаления легких. Подробнее о его жизни и научной деятельности можно ознакомиться в следующих изданиях: **Рогинский В.Ю.** Михаил Александрович Бонч-Бруевич. — М.; Л.: Наука (Ленинградское отделение), 1966; **Остряков П.А.** Михаил Александрович Бонч-Бруевич. — М.: Связьиздат, 1953; **Остряков П.А.** Рождение советской электронной лампы. — Вестник связи, 1952, № 2; **Памяти профессора Бонч-Бруевича (некролог).** — Известия электропромышленности слабого тока, 1940, № 5–6; **Жаботинский М.Е.** Заседание, посвященное памяти члена-корреспондента АН СССР М.А. Бонч-Бруевича. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1950, т. 14, № 3; **Лбов Ф.** Нижегородская радиолоборатория и радиолюбительство. — Радио, 1948, № 12; **Шамшур В.И.** Первые годы советской радиотехники и радиолюбительства. — М.: Госэнергоиздат, 1954; **Никитин Н.А.** Нижегородская радиолоборатория имени Ленина. — М.: Связьиздат, 1954; **Остроумов Б.А.** Нижегородские пионеры советской радиотехники. — М.: Наука, 1956.

*Григорьев Н.Д., канд. техн. наук*