

# Русские радиолампы: первые конструкции и научные исследования

проф. Виктор Пестриков, г. Санкт-Петербург

В истории радиотехники вопрос усиления как высокочастотного, так и низкочастотного электрического сигнала долго оставался открытым. Над этой проблемой работали ученые разных стран мира, но наиболее ощутимые результаты были получены в Германии, США, Франции и отчасти в России. Ученые этих стран, в конце концов, создали новую, вторую после вакуумного диода, электронную лампу (как тогда говорили - **катодное реле**), которая позволяла не только выпрямлять принимаемый радиосигнал, но и усиливать его.

## Радиолампа Папалекси

Первая русская усилительная трехэлектродная электронная лампа была изготовлена в конце августа - начале сентября 1914 г. Сконструировал лампу **Николай Дмитриевич Папалекси** (02.12.1880 - 03.11.1947), научный консультант лаборатории Русского общества беспроволочных телеграфов и телефонов (РОБТиТ) в Петрограде. В июле 1914 г. он в связи с тревожной обстановкой накануне Первой мировой войны вернулся на родину из Германии, где в Страсбургском университете работал под руководством немецкого физика **К. Ф. Брауна**. Эта лампа получила название «лампа Папалекси» и была предназначена для усилителей армейского радиотелеграфа.



Рис.1. Николай Дмитриевич Папалекси. 1914 г.

Лампа имела оксидный катод прямого накала. В ее баллоне находилось некоторое количество воздуха с примесью паров ртути, что являлось следствием несовершенства вакуумных насосов откачки. При разработке радиолампы Папалекси использовал много ценных техни-

ческих идей, в частности, он предложил при откачке газов из баллона радиолампы прокалывать электроды с помощью быстропеременного электромагнитного поля от дугового генератора колебаний высокой частоты. В результате этого электроды лампы сильно разогревались и выделяли поглощенные газы, которые удалял насос. Этот способ дегазации электродов радиоламп прочно вошел в практику и применяется до сих пор.

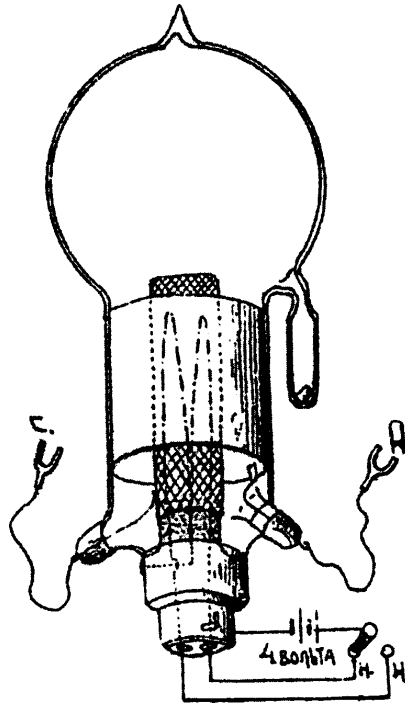


Рис.2. Конструкция лампы Папалекси. Рисунок подпоручика Магнусевского. 1917 г.

Для работы лампы Папалекси требовалось 2 батареи сухих гальванических элементов, одна напряжением 4 В для нити накала, а вторая - анодная напряжением 40-150 В. Напряжение анодной батареи выбиралось в зависимости от устройства, в котором лампа использовалась, оно могло быть 40 В, 60 В, 80 В или 150 В.

Н. Д. Папалекси разработал 2 типа «мягких радиоламп» (с пониженным вакуумом, давление  $10^{-4}$ ...  $10^{-5}$  мм рт.ст.). Конструкции анода, сетки и нити накала первых радиоламп были подобны элементам ионной лампы **Раунда** с парами ртути в баллоне. Стекланный баллон лампы напоминал электрическую лампу **Т. Эдисона**. Конструкция цоколя лампы Папалекси также была заимствована от электрической лампы, но конструкции англичанина **Дж. Свэна** (Joseph Wilson Swan, 31.10.1828 - 27.05.1914).

Радиолампы Папалекси большой мощности имели крупные габариты и

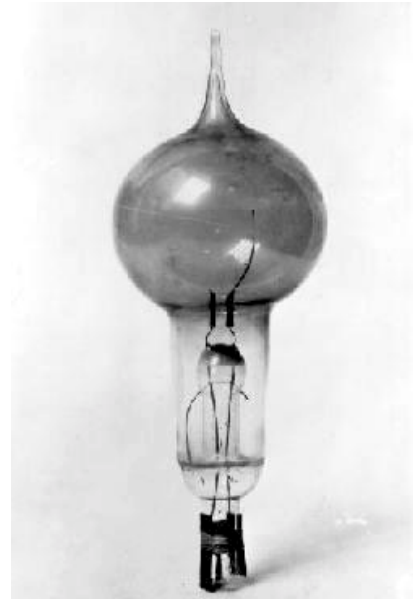


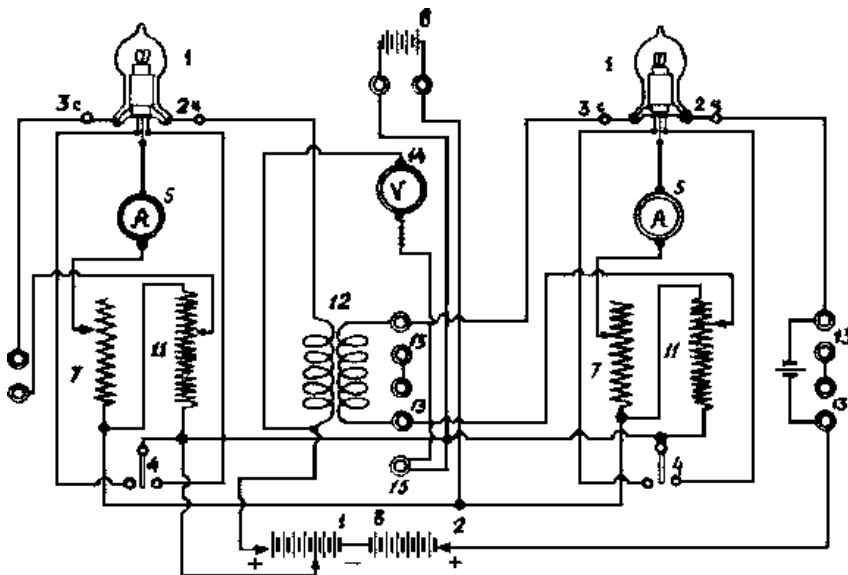
Рис.3. Вид лампы Т. Эдисона изготовления 1879 г. (сверху) и цоколь электролампы конструкции Дж. Свэна (снизу)



Рис.4. Общий вид лампы Папалекси производства РОБТиТ



Рис.5. Детекторный приемник с усилителем на лампах Папалекси производства завода РОБТиТ (сверху) и его принципиальная схема (снизу). 1917 г.



предназначались для генерирования, а меньшей мощности и габаритов использовались в качестве детектора или для усиления электрических колебаний.

Сетка была очень густая и при небольшом отрицательном ее потенциале происходило запирание лампы. Увеличение с помощью движка потенциометра положительного напряжения на сетке способствовало пролёту электронов через сетку, что делало ионизацию в лампе более интенсивной. Для возникновения ионизации нужна была определённая температура. На холоде лампа не работала, отсутствовал анодный ток, в этом случае говорили, что лампа стала «жёсткой». Тогда брали горящую спичку и подносили ее к специальному отростку на лампе, на котором находилась серебряная амальгама. Лампа «смягчалась» и начинала работать. Что же касалось электронов, вылетающих из нагретого катода, то лишь небольшая их часть улетала за сетку и принимала участие в ионизации. Большое их количество осе-

дало на сетке, бомбардируя её со стороны катода, в то время как с противоположной стороны она испытывала удары положительных ионов. Неудивительно, что в таких условиях лампа долго не выживала.

Катоды ламп Папалекси были прямого накала, изготавливались из оксидированной платино-иридиевой проволоки. Анод и сетка были никелевыми. Электроды для ламп поступали в основном из-за границы. В лаборатории завода РОБТиТ производилась сборка этих электродов на стеклянную ножку, а откачка собранных ламп и их запайка выполнялись на заводе пустотных аппаратов Н. А. Федорицкого (Набережная реки Фонтанка, 165).

Следует заметить, что это предприятие сыграло важную роль в создании первых конструкций отечественных радиоламп. Завод был основан в Петрограде в 1913 году инженером **Николаем Александровичем Федорицким** и представлял собой мастерскую по изготовлению рентгеновских трубок и стеклянных баллонов для газовых ламп. Мастерская размещалась в обычной квартире. Во второй половине 1914 года, когда шли бои на фронтах Первой мировой войны, заводу был выделен кредит на расширение производства и военный заказ. В течение двух недель производство было спешно расширено и в 1915 году преобразовано в Первый русский завод трубок Рентгена. Эмблемой завода стала пентаграмма (пятиконечная звезда) в круге, вокруг звезды располагались буквы: ПРЗРТ. Федорицкий не смог быстро найти подходящие помещения и ему пришлось нанять и приспособить под производство 5 частных квартир, состоявших из 26 комнат и располагавшихся

на трёх этажах. Удалось найти стеклодувов, которые экспериментальным путем подобрали состав стекла, пропускающий рентгеновские лучи и стойкий к длительному локальному нагреву. Была отработана технология впайки электродов в стеклянную колбу без использования эмали. Весь самый сложный процесс изготовления рентгеновских трубок из поставляемых стеклянных и металлических заготовок происходил по оригинальным технологиям завода. Все эти технологические наработки пригодились при производстве первых радиоламп.

В лаборатории завода собирались генераторные лампы, имевшие несколько большой баллон, нежели усилительные лампы, и анодное напряжение до 2000 В. Первые генераторные лампы отдавали полезную мощность до 10 Вт. Эти лампы использовались при изготовлении гетеродинных приемников, предназначенных для приема сигналов радиостанций незатухающих колебаний. Через некоторое время, профессор Папалекси на заводе Федорицкого изготовил первые отечественные генераторные лампы большой мощностью до 100 Вт.

В 1916 г. по просьбе Н. Д. Папалекси образцы его ламп были переданы для мелкосерийного производства «Первому русскому заводу трубок Рентгена», который в сжатые сроки освоил производство радиоламп различного типа. Катодное реле завода РОБТиТ стоило 250 рублей, а его ресурс составлял около 11 дней.

На второй год Первой мировой войны при непосредственном участии Папалекси была установлена первая в России радиотелефонная связь с помощью ламповых передатчиков мощностью в несколько ватт между Петроградом и Царским Селом (расстояние 25 км).



Рис.6. Газовая лампа Папалекси. Изготовитель завод РОБТиТ. 1916 г.

## РАДИОИСТОРИЯ

На лампах Папалекси были построены двух- и трехкаскадные усилители звуковой частоты, гетеродины и ламповые приемники для армии и авиации. Авиационные радиоприемники лично испытывал в воздухе сам создатель первой русской радиолампы. Радиоаппаратура на лампах Папалекси значительно улучшила радиосвязь на фронте. Применение ламп на много повысило чувствительность радиоприемников, имевшихся тогда в армии.

Диапазон разработок Папалекси для армии был довольно широк. Он разработал аппаратуру для подводного телеграфирования, которая прошла проверку на борту подводной лодки также при его непосредственном участии. Папалекси руководил разработкой телемеханической аппаратуры и организовывал опыты по управлению самолетами и подводными лодками на расстоянии. Одновременно с этим ученый занимался и теорией радиотехники. Из-под его пера в тот период вышла большая научная работа, посвященная теории генерации колебаний при помощи радиоламп.

### Радиолампы М. А. Бонч-Бруевича

Большой вклад в создание первых конструкций русских радиоламп внес выпускник Офицерской электротехнической школы военный инженер-электрик **Михаил Александрович Бонч-Бруевич** (9 (21).02.1888 - 07.03.1940). После окончания Офицерской электротехнической школы он был направлен на Ташкентскую радиостанцию. Здесь он проработал недолго. В 1915 году поручик М. А. Бонч-Бруевич назначается помощником начальника Тверской приемной радиостанции международных сношений. Начальником радиостанции был капитан Аристов. В этот период времени на радиостанцию поступили трехламповые французские усилители типа «3 TER» с комплектами запасных ламп к ним.

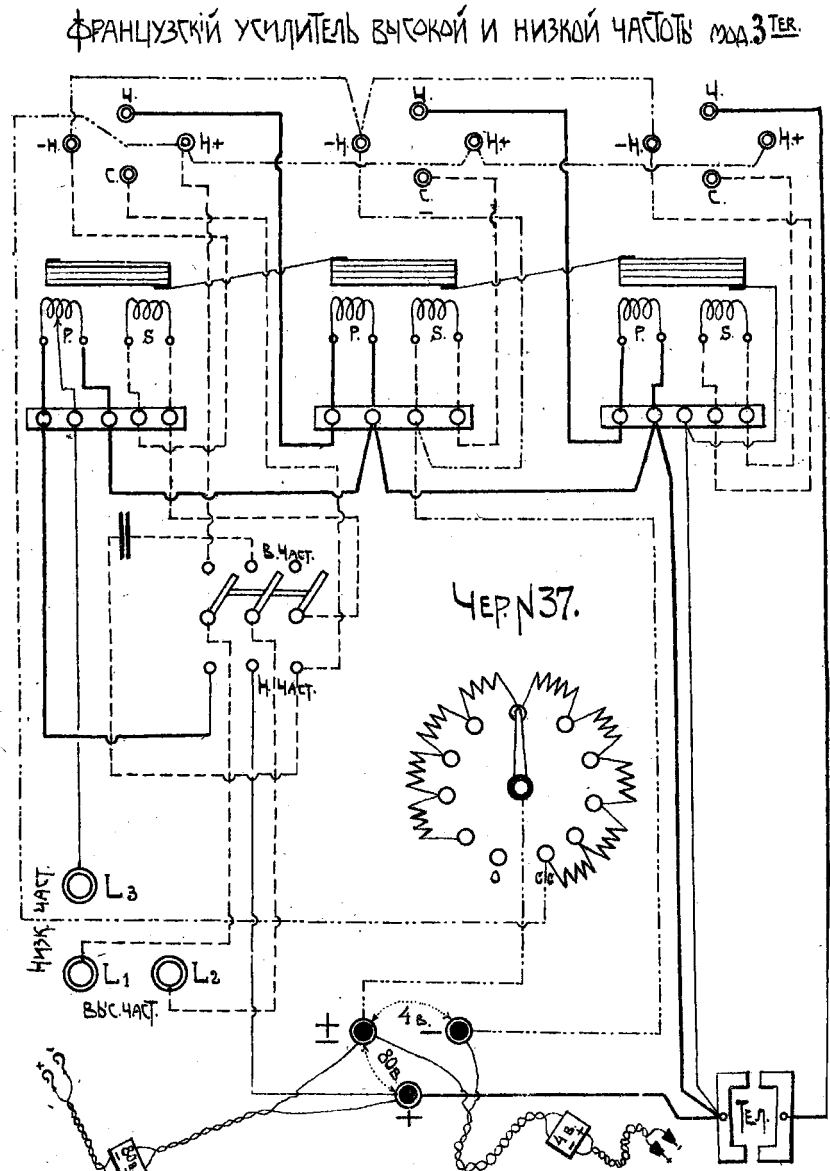


Рис. 7. Михаил Александрович Бонч-Бруевич. 1911 г.



Рис. 8. Общий вид трехлампового французского усилителя типа «3 TER» образца 1916 г. (сверху) и его принципиальная схема<sup>1</sup> (снизу)

Усилитель типа «3 TER» мог использоваться для усиления как высокочастотных, так и низкочастотных сигналов. Срок службы ламп был небольшой, по некоторым источникам около 10 часов. Одна такая лампа стоила порядка 200 рублей золотом. Усилитель имел три каскада усиления на лампах типа «R». Устройство содержало три трансформатора: согласующие между каскадами (2 шт.) и один выходной трансформатор, к вторичной обмотке которого подключались телефонные наушники. Два входа, имеющихся у усилителя, позволяли подключить его к выводу детекторного радиоприемника или использовать его в качестве антенного усилителя. Для работы усилителя требовалось анодное напряжение 80 В.



<sup>1</sup> Углов А. Е. Атлас чертежей к курсу усиленные лампы в телеграфии и телефонии без проводов. Петроград. 1917. 38 с.

(Продолжение следует)

# Русские радиолампы: первые конструкции и научные исследования

(Окончание. Начало см. «РХ» №4/2010, с.2-4)

проф. Виктор Пестриков, г. Санкт-Петербург

Трудности с получением французских радиоламп типа «R» из-за границы заставили М. А. Бонч-Бруевича заняться изготовлением «катодных реле» для замены вышедших из строя промышленных образцов. Работу пришлось вести в домашних условиях, так как начальник радиостанции не разрешал заниматься посторонними делами в служебном помещении. Помогали М. А. Бонч-Бруевичу двое военнослужащих радиостанции: рядовой **А. Я. Бабков** и унтер-офицер **Кабошин**.

После удачных экспериментов к концу 1915 года ему удалось сделать несколько экземпляров трехэлектродных радиоламп собственной конструкции, которые использовались для замены французских радиоламп. Первые лампы Бонч-Бруевича относились к лампам мягкого типа, в их стеклянных баллонах присутствовали пары азота. В работе лампы существенную роль играли процессы ионизации газа. Режим работы этих ламп был недостаточно устойчивым, хотя они и обладали большой крутизной характеристики и хорошими усилительными свойствами. Радиоприемник, собранный на таких радиолампах, принимал радиосигналы от передатчика на Эйфелевой башне.

Радиолампы Бонч-Бруевича были оригинальной конструкции, так в целях лучшей теплоотдачи аноды делались в виде железной сетки, а для увеличения срока службы ламп в них монтировалось две нити накала на цоколях, которые располагались друг против друга. Когда сгорала одна нить, лампу переворачивали и включали другую. Применение двух нитей накала обосновывалось трудностями откатки ламп.

Нити накала изготавливались из вольфрамовых нитей осветительных ламп,

купленных Бонч-Бруевичем в магазинах Твери, а позднее - из отходов вольфрама, привезенного с завода Айваза (ныне завод «Светлана») в Петрограде. Такая кустарно изготовленная лампа работала 28 дней.

Радиолампы Бонч-Бруевича отличались от ламп типа «R», в частности, конструкцией цоколя, что не позволяло их вставлять в ламповые панельки усилителя типа «3 TER». В связи с этим рядом с имевшимися ламповыми панельками были установлены панельки под лампы Бонч-Бруевича и произведена распайка контактов нитей накала. Штекеры от выводов анода и сетки новых ламп вставлялись в соответствующие гнезда ламповых панелек усилителя.

Радиолампы Бонч-Бруевича успешно конкурировали с иностранными экземплярами, так как стоили в 6 раз дешевле (примерно 32 рубля), а работали в 30 раз дольше. Созданная Бонч-Бруевичем небольшая радиолaborатория, располагавшаяся в двух комнатах радиостанции, позволяла обеспечивать радиолампами не только себя, но и Петроград, и другие радиостанции фронтов.

Успехи Бонч-Бруевича в изготовлении катодных реле привлекли внимание Главного военно-технического управления (ГВТУ), которое посчитало это основанием для организации производственного предприятия, подобного морскому радиотелеграфному заводу. В 1915 г. начальником Тверской радиостанции стал штабс-капитан **Владимир Михайлович Лещинский**, который организовал «внештатную» исследовательскую радиолaborаторию. Лещинский после знакомства с работами Бонч-Бруевича поставил вопрос о командировке Бонч-Бруевича во Францию для изучения производства катодных ламп, которые в это

время поступали в Россию.

В начале 1916 года М. А. Бонч-Бруевич был откомандирован на 2,5 месяца (по другим источникам на 1 месяц) за границу в страны Антанты. До Парижа Михаил Александрович добирался окрестным путём, единственным в то время: через Финляндию, Швецию, Норвегию, Лондон. Находясь в Лондоне, он получил полезную информацию о производстве радиоламп Раунда. В Париже ему удалось встретиться с крупнейшим французским радиоспециалистом генералом Феррие, который ознакомил его с французской промышленностью. Бонч-Бруевич посетил общество SFR (SFR или SFRE), Societe Francaise Radio Electrique) и ознакомился с технологией производства французских вакуумных трехэлектродных ламп. Общество SFR организовал французский инженер **Эмиль Гирардеу** (Emile Girardeau, 1882-1970) в 1910 году. Э. Гирардеу был из-



Рис.11. Глава французской радиотехнической фирмы SFR Эмиль Гирардеу (Emile Girardeau)



Рис.9. Трехэлектродная радиолампа конструкции М.А. Бонч-Бруевича. 1915 г. Экспонат Музея связи России им. А. С. Попова. Санкт-Петербург.



Рис.10. Сотрудники Тверской приемной радиостанции международных сношений. Сидят на ступеньках слева направо В. М. Лещинский, М. А. Бонч-Бруевич. 1916 г.

вестен тем, что вместе с инженером компании S.F.R. **Жозефом Бетенодом** (Joseph Bethenod, 1883-1944), который потом стал членом Французской академии наук, осуществил в 1908-1910 г.г. первую радиотелеграфную связь в условиях африканских тропиков, Браззавиль (Французское Конго) - Лоанго (Южная Гвинея).

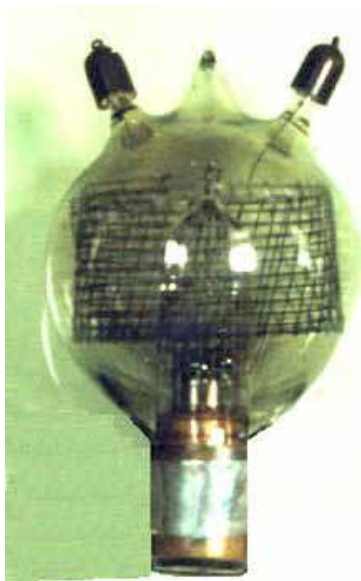
Фирма SFR была дочерней компанией CSF (Compagnie Generale de Telegraphie sans Fil). Она выпускала усилительные и генераторные лампы, в ча-



**Рис.12. Радиолампа SFR SBR тип RP французской фирмы SFR. 1916 г.**

стности, лампу SFR SBR тип RP (вариант трехэлектродной лампы типа R).

После возвращения из командировки Бонч-Бруевич усовершенствовал оборудование лаборатории, а в штат сотрудников включил стеклодувов. В августе 1916 года он изготовил первую вакуумную лампу, которая получила назва-



**Рис.13. Радиолампа «Бабушка» конструкции Бонч-Бруевича. 1916 г.**

ние «Бабушка» из-за вида экранирующей сетки на поверхности баллона, напоминавшей платок. Радиолампа работала при анодном напряжении 80 В, а нагрев нити накала осуществлялся от источника постоянного напряжения 3,6 В с током 1 А. В новой лампе с двумя вольфрамовыми нитями накала анод и сетка были сделаны из стальной проволоки. Всего таких ламп сумели сделать около трех тысяч штук.

Для налаживания производства ламп М. А. Бонч-Бруевичу пришлось преодолевать огромные трудности. Он повсюду разыскивал и добывал материалы, и оборудование, готовил стеклодувов и сборщиков ламп из солдат, обслуживавших Тверскую приемную радиостанцию. После Февральской революции, летом 1917 г. Тверская радиостанция получила заказ ГВТУ на изготовление 100 гетеродинных приемников с комплектом электронных радиоламп для армейских радиостанций на основе ламп и оригинальных схем М. А. Бонч-Бруевича. После Октябрьского переворота 1917 года, М. А. Бонч-Бруевич продолжил разработку новых конструкций радиоламп в стенах Нижегородской радиолaborатории в условиях нового государственного строя, Советской власти.

### **Радиолампы конструкции В. И. Волюнкина**

Еще одним центром разработки ламповой аппаратуры в России был Радио-



**Рис.14. Виктор Иосифович Волюнкин. 1909 г.**

телеграфный завод Морского ведомства. Здесь конструированием и выпуском приемно-усилительных ламп занимался **Виктор Иосифович Волюнкин** (1891-1955).

Радиолампы конструкции Волюнкина, выпущенные в 1915 году, имели вольфрамовый катод прямого накала и коэффициент усиления, равный 10. Опытные образцы таких ламп ЛЭ1 по своим параметрам были близки к французской лампе типа R5. Будучи начальником радиолaborатории завода, В. И. Волюнкин занимался не только разработкой новых образцов ламп и производственной оснастки для них, но и изучением процессов, происходящих в радиолампах. На заводе было налажено изготовление ламповых радиостанций для Российской флота.

Уже в советское время, к 1922 году, на заводе было организовано мелкосерийное производство триодов Р-5 («Реле, разработка №5») с горизонтальным расположением электродов, цилиндрическим анодом и вольфрамовым катодом. В 1923 году В. И. Волюнкин создал первый промышленный образец советской электронной лампы, который демонстрировался на Первой Всесоюзной сельскохозяйственной выставке в Москве.

### **Радиолампы завода «Сименс и Гальске» (Санкт-Петербург)**

Работа по налаживанию производства радиоламп на заводе фирмы «Сименс и Гальске» в Петрограде связана с именем физика **Леонида Исааковича Мандельштама** (22.04 (4.05)1879 - 27.11.1944), друга Н. Д. Папалекси.

В конце июля 1914 года они вместе спешно возвратились в Россию из Страсбурга. Л. И. Мандельштам работал про-



**Рис.16. Леонид Исаакович Мандельштам. 1914 г.**



**Рис.15. Конструкция радиолампы Волюнкина. 1915 г. Экспонат Музея связи России им. А. С. Попова. Санкт-Петербург.**

## РАДИОИСТОРИЯ

фессором в Страсбургском университете, где специализировался по электромагнитным колебаниям у известного немецкого радиотехника **Карла Фердинанда Брауна** (06.06.1850 - 20.04.1918).

Друзья вместе проехали Галле, но границу пересекли уже в разных местах: Мандельштам прибыл в Одессу в день объявления войны, а Папалекси, навестив в Полтаве свою мать, отправился в Петроград. Уже после Одессы Мандельштам оказывается в Петрограде, где становится научным консультантом радиотелеграфного отделения фирмы «Сименс и Гальске» на целых два года (1915-1917 г.г.). Интересно, что летом 1917 года в радиотелеграфном отделении завода под руководством Л. И. Мандельштама проходил производственную практику **Петр Леонидович Капица** (1894-1984), впоследствии выдающийся физик. В Германии Л.И. Мандельштам был консультантом компании «Телефункен», до него в этой должности пребывал К. Браун. Это, вероятно, и сыграло основную роль в попытке наладить производство усилительных газонаполненных ламп конструкции Либен-Рейса на заводе фирмы «Сименс и Гальске». Однако, полученные результаты были неудовлетворительными и дальнейшая работа была прекращена.

### Создание глубокого вакуума в баллоне радиолампы

После экспериментов с первыми конструкциями радиоламп конструкторы поняли, что для их хорошей работы необходим высокий вакуум. Для создания нужного разряжения в колбе радиолампы был необходим насос соответствующей конструкции. На Первом русском заводе рентгеновских трубок Н. А. Федорицкого в 1915 году молодой русский ученый-физик **Станислав Антонович Боровик** (1882-1958 гг.) изготовил стеклянный парортутный диффузионный насос, который позволил улучшить и ускорить откачку ламп. Насос Боровика представлял собой усовершенствованную конструкцию диффузионного насоса **В.Геде** (W. Gaede, 1913 г.). Отличие состояло в том, что в конструкции Боровика не было узкой щелевой диафрагмы, и рабочий интервал температуры ртути был значительно шире. По данным изоб-

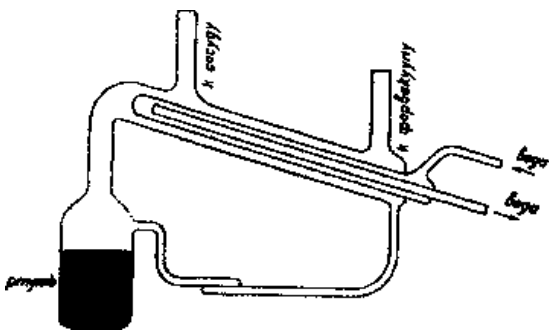


Рис.17. Конструкция парортутного насоса С.А. Боровика. 1916 г.

ретателя насос допускал создание давления в стороне предварительного вакуума - до 1-3 мм рт. ст. Отметим, что

М.А. Бонч-Бруевич, доставший насос Боровика в 1916 г. на заводе «Светлана» и установивший его в своей лаборатории в Твери, отмечал, что насос дает разрежение  $10^{-4}$  Торр.

Сообщение об изобретении «инжектора ртутного пара для получения высокого разрежения» С. А. Боровик сделал на заседании отделения физики Русского Физико-химического общества 13 сентября 1916 г. В конце 1916 г. С. А. Боровик подал заявку на получение привилегии на изобретенный насос, однако, по неизвестным причинам ее не получил. Благодаря работам С. А. Боровика в России, В.Геде в Германии и **И. Ленгмюра** (Irving Langmuir) в США были найдены способы откачки ламп до очень малых давлений, и с 1916-17 годов начали использоваться вакуумные лампы с чисто электронными процессами.

### Научные исследования

В 1915 году экстраординарный профессор СПбЭТИ **Н. А. Скрицкий** совместно с инженером путей сообщения **А. А. Шварцем** подал заявку на «Описание электрода для катодных трубок», как тогда называли электронные лампы. Изобретатели предложили перфорированный или витой катод, который обладал рядом преимуществ, в сравнении с существующими конструкциями. Такая конструкция катода позднее нашла широкое применение в некоторых типах радиолампах. Привилегию авторы изобретения получили только в 1917 году.

В 1916 году Главное военно-техническое управление поручило М. А. Бонч-Бруевичу составить специальное практическое руководство, в котором были бы описаны физические процессы, происходящие в лампе, и даны элементарные расчеты ламповых схем. Необходимость такого руководства диктовалась подготовкой квалифицированных радистов для фронта. К концу 1916 г. он подготовил к печати небольшую книжку «Применение катодных реле в радиотелеграфном приеме». В несколько измененном виде она была напечатана еще раз в 1917 г.

Руководство, написанное Бонч-Бруевичем, состоит из трех частей: краткие сведения об ионном процессе, катодное реле и генераторы незатухающих колебаний. В первом разделе коротко изложены физические процессы, дано понятие об ионах, электронах, электрических разрядах в газах и вакууме, приведены особенности вольтамперных характеристик электронных приборов, сказано о влиянии инерции электронов, рассмотрены различные закономерности электрических разрядов, влияние давления газа на разряд и возможности разряда в газах при холодных (ненакаливаемых) катодах. Все эти важнейшие физические явления изложены кратко, но четко и доходчиво.

Руководство по применению катод-

ных реле в радиотелеграфном приеме М. А. Бонч-Бруевича занимает важнейшее место в истории отечественной литературы по военной радиоэлектронике. В течение нескольких лет оно оставалось практически единственным пособием своего рода и служило настольной книгой для радиоспециалистов России.



Рис.18. Обложка книги М. А. Бонч-Бруевича «Применение катодных реле в радиотелеграфном приеме». 1916 г.

Русские ученые занимались не только конструированием и практическим применением радиоламп, но и исследованием их эксплуатационных параметров.

В этом плане примечательна научно-исследовательская работа подпоручика **Александра Тихоновича Углова** (30.01 (11.02).1884 - 21.02.1938), которую он выполнил в середине 1917 года, за три



Рис.19. Обложка книги А. Т. Углова «Усилительные лампы в телеграфии и телефонии без проводов». 1917 г.

месяца до Октябрьского переворота. На тот период времени он был исполняющий обязанности зав. Радиотелеграфным кабинетом Офицерской электротехнической школы в Петрограде. 3 июля 1917 года вышла книга Углова «Усиленные лампы в телеграфии и телефонии без проводов». В книге изложены собственные исследования автора по изучению основных свойств усилительных ламп по их характеристикам и заключения о возможности их использования в самолетных радиостанциях для телеграфирования и телефонирования.

Основу книги А. Т. Углова, помимо прочего, составили инструкции и описания радиоустройств, присланные для испытания в Радиотелеграфном кабинете, а также беседы со специалистами, которые работали с усилительными радиолампами в тылу и на фронте: Бонч-Бруевичем, Зворыкиным, Остряковым, Бле (Франция), Вильямец (Франция) и др. Автор исследовал 7 типов радиоламп:

1. Французская лампа типа R5.
2. Большая английская лампа для передатчиков, имеет три нити накала, соединенные последовательно,



Рис.20. Александр Тихонович Углов

3. Малая английская лампа для усилителей радиоприемников.
4. Малая английская лампа Маркони.
5. Лампа РОБТиТ (лампа Папалекси).

6. Американская лампа (Audion detector).

7. Немецкая лампа с сеткой в виде спирали.

Один из выводов результатов исследований: наиболее удачной конструкцией является французская лампа типа R5, у которой выводы от элементов сделаны на цоколь лампы. Это позволяет производить ее быструю замену, что особенно важно в условиях фронтовой обстановки.

Судьба А. Т. Углова сложилась трагично. В 1917-1918 г. он был заведующим электроизмерительной станции Офицерской электротехнической школы. Позже заведовал отделами в Центральной радиолaborатории, на радиозаводе им. Коминтерна и преподавал в Горьковском индустриальном институте. В 1938 году Углов А.Т. разделил судьбу тех офицеров царской армии, которые нарушили присягу на верность государю императору Николаю II, и перешли на сторону большевиков, он был репрессирован как враг народа, а после смерти И.В. Сталина реабилитирован посмертно.