

УДК 621.3.029.62+621.39
ББК 32я431
С255

Организаторы:

Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) — проект № 18-07-20051
Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи
(РНТОРЭС) им. А. С. Попова

Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН (Москва)
Крымский научно-технологический центр им. проф. А. С. Попова (Севастополь)
Севастопольский государственный университет,

Институт радиоэлектроники и информационной безопасности
Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского,
Физико-технический институт (Симферополь)

Крымская астрофизическая обсерватория,

Отдел радиоастрономии и геодинамики (Кацивели)

Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина (Екатеринбург)

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск)

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

ОАО «НПП „Исток“ им. Шокина» (Фрязино)

АО «Микроволновые системы» (Москва)

АО «Научно-производственное предприятие „ФАЗА“» (Ростов-на-Дону)

НПП «Системные ресурсы» (Москва)

ООО «Радиокомп» (Москва)

Техническая и информационная поддержка:

IEEE, Moscow MTT/ED Chapter

IEEE, Moscow AP Chapter

Медиагруппа «Электроника»

28-я Международная Крымская конференция «**СВЧ-техника** и телеком-
C255 муникационные технологии» (КрыМиКо'2018). Севастополь, 9—15 сентября
2018 г. : материалы конференции. — Москва ; Минск ; Севастополь, 2018. —
ISBN 978-966-335-443-9 (тт. 1—9).

Т. 8 : Ivi, 157 [1815—1951] с. : ил. — ISBN 978-966-335-451-4.

В 8-й том включены: состав комитетов конференции, персоналии, содержание, указатели авторов и представляемых ими организаций, а также материалы 13 докладов, которые были представлены на заседаниях секции Н. История развития радиотехнологий и телекоммуникаций, история и методология науки и техники (XI Федотовские чтения).

Материалы конференции изданы также на флеш-накопителе.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в области СВЧ-техники и телекоммуникационных технологий. Сборник также будет полезен студентам и аспирантам телекоммуникационных, радиотехнических и радиофизических факультетов вузов.

УДК 621.3.029.62+621.39
ББК 32я431

© Оргкомитет КрыМиКо'2018
© КНТЦ им. Попова, 2018

Том 8

СЕКЦИЯ Н: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ (XI Федотовские чтения)

INV.1	НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРОФЕССОРА ФИЗИКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА III А.С. ПОПОВА В 1901—1906 гг. (к 160-летию А. С. Попова) Золотинкина Л. И.	1815
H.0	ПРОЕКТ IEEE ORAL-HISTO-RY: АКАДЕМИКУ В. ГУЛЯЕВ Ермолов П. П.	1827
H.1	РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ СВЧ РАДИОЛОКАЦИИ В НПФ «МИКРАН» Хлусов В. А., Доценко В. В., Ровкин М. Е.	1835
H.2	МУЗЕЙ СВЯЗИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ В г. ТОМСКЕ Шарыгина Л. И.	1844
H.3	ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ТРОПОСФЕРНЫХ РАДИОКАНАЛОВ НАД МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ. ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА Г. С. ШАРЫГИНА (1934—2018) Ермолов П. П.	1851
H.3.1	УЧЕНЫЙ, УЧИТЕЛЬ, ОРГАНИЗАТОР НАУКИ. ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В. К. МАРИГОДОВА (1930—2018) Афонин И. Л., Бабуров Э. Ф., Ермолов П. П.	1863
H.4	НАДГОРИЗОНТНАЯ РЛС В СЕВАСТОПОЛЕ. К 50-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ГРУППЫ СТРОИТЕЛЬСТВА РЛС 5Н86 «Днепр» Поляков А. Л., Дидус Т. С., Лысенко-Дидус О. И., Ермолов П. П.	1872
H.5	ЧЕТЫРЕ КЛЮЧЕВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЯ В ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ILS (системы посадки самолетов) Жданов Б. В., Войтович Н. И.	1882
H.6	ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕРМИНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ РАДИОТЕХНИКИ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Яхина Р. Р., Веденькин Д. А.	1891
H.7p	ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ ВИГАНТА Пестриков В. М.	1900
H.8p	ЛАМПЫ ARCOTRON Пестриков В. М.	1912
H.9p	РАЗРАБОТКИ ИРВИНА ЛЕНГМЮРА ПО ЭЛЕКТРОННЫМ ЛАМПАМ Пестриков В. М.	1925
H.10p	РАДИОПЕЛЕНГАТОРЫ ГЕНРИ РАУНДА Пестриков В. М.	1942

**INV.1. Scientific research, accomplished by A.S. Popov, a professor of physics,
The Electrotechnical Institute of Emperor
Alexander III, in 1901 – 1905
(Devoted to the 160th anniversary of A.S. Popov)**

Zolotinkina L.I., Partala M.A.

*Electrotechnical University «LETI»
St. Petersburg, 197376, Russian Federation
radioemc@yandex.ru*

Abstract: *The paper contemplates the way the research interests of A.S. Popov took their shape and denotes the essence of his inventions, the electromagnetic emission in various frequency ranges was applied in. It also presents the subject of scientific research, carried out under supervision A.S. Popov during his years at the Electrotechnical Institute (1901 - 1905). It reveals the scope and the results of the work done by him for the benefits of the Naval Department.*

Keywords: *A.S. Popov, electromagnetism, wireless telegraphy, wireless telephony, a coherer, the Electrotechnical Institute of Emperor Alexander III, the Torpedo Officers' School, the history of radio engineering.*

**INV.1. Научно-исследовательская деятельность
профессора физики Электротехнического
института императора Александра III
А.С. Попова в 1901 – 1905 гг.
(К 160-летию со дня рождения А.С. Попова)**

Золотинкина Л.И., Партала М.А.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
Санкт-Петербург, 197376. Российская Федерация
radioemc@yandex.ru*

Аннотация: В докладе рассмотрены формирование области научных интересов А.С. Попова и сущность его изобретений с использованием электромагнитных излучений в различных частотных диапазонах, представлена тематика научно-исследовательских работ, выполненных под руководством А.С. Попова в годы его работы в ЭТИ (1901 – 1905). Раскрыты содержание и результаты его работ в интересах Морского ведомства

Ключевые слова: А.С. Попов, электромагнетизм, когерер, беспроводная телеграфия, беспроводная телефония, Электротехнический институт, Минный офицерский класс, история радиотехники.

1. Введение

16 марта 2019 г. Россия будет отмечать 160-летие со дня рождения учёного-физика, профессора, изобретателя системы беспроводного телеграфирования Александра Степановича Попова (1859 – 1905). Сын священника горняцкого посёлка на Урале, выпускник Пермской духовной семинарии (1877), увлекся физикой. Закончив Петербургский университет он стал преподавателем в Минном офицерском классе Морского ведомства в Кронштадте (1883 – 1901)¹. К 1901 году – моменту перехода из Минного офицерского класса (МОК) на должность профессора физики Электротехнического института императора Александра III (ЭТИ), А.С. Попов – уже известный на международном уровне учёный, ведущий эксперт Морского ведомства России в области электротехники, автор ряда выдающихся изобретений – первого в мире когерерного приемника системы беспроводного телеграфирования (апрель 1895 г.), грозоотметчика (июль 1895 г.), телефонного приёмника депеш – первого в мире детекторного приёмника, запатентованного во многих странах (июнь 1899 г.), научный консультант французской фирмы «Дюкрете», выпускавшей аппаратуру беспроводного телеграфирования по системе А.С. Попова для военно-морских флотов России и Франции (1898 – 1904).

В ЭТИ начался новый этап научно-исследовательской и педагогической деятельности А.С. Попова – осмысление результатов многочисленных натурных испытаний на кораблях флота, определение возможностей применения электромагнитных излучений в различных направлениях человеческой деятельности. Одновременно продолжалась его активная научная и организационная работа в Морском ведомстве по продвижению аппаратуры беспроводного телеграфирования на флоте [1].

¹ Даты до 14 февраля 1918 г. приведены по старому стилю.

2. Научно-практический «фундамент» А.С. Попова к 1901 году

По своему характеру А.С. Попов был физиком-экспериментатором. Страсть и способность к практической проверке теоретических положений, к постановке опытов проявилась ещё на студенческой скамье. Эта черта характера студента Попова была подмечена его преподавателями. Так, профессору Фан дер Флиту он ассистировал на лекциях по физике, будучи ещё студеном 4 курса. По результатам рассмотрения его кандидатской диссертации, посвященной динамоэлектрическим машинам постоянного тока, А.С. Попов был утвержден в ученой степени кандидата и по решению Совета университета оставлен при университете для подготовки к профессорскому званию. Его первая научная работа «Условия наивыгоднейшего действия динамоэлектрической машины» была опубликована уже в августе 1883 г. в журнале «Электричество».

Результаты научных исследований должны реализовываться на практике – таким было кредо заведующего кафедрой физики университета профессора Ф.Ф. Петрушевского. И в своей дальнейшей научно-практической деятельности Попов всегда ему следовал.

В 1883 г. Попов принял приглашение занять место преподавателя и заведующего физическим кабинетом в Минном офицерском классе в Кронштадте. В этом высшем военно-морском учебном заведении были прекрасно оборудованный физический кабинет, мастерские и хорошая научная библиотека, что позволяло проводить научно-исследовательские работы на уровне последних достижений науки и техники в мире.

Чтение лекций и проведение практических занятий с морскими офицерами, хорошо знакомыми с проблемами применения электричества на кораблях, требовали высокого уровня компетентности. Попов близко познакомился с проблематикой военно-морского флота: особенностями использования электротехнического оборудования на кораблях, вопросами организации военно-морской связи и др. [2].

Лекции А.С. Попова, как правило, сопровождались опытами и демонстрациями физических процессов, законов и взаимных зависимостей в физике и электротехнике, при этом особое внимание обращалось на прикладные аспекты демонстрируемых процессов и явлений. К 1890-м годам из выпускника Петербургского университета сформировался опытный педагог, квалифицированный ученый-физик и электротехник, умелый экспериментатор, руках которого были подвластны как тонкие физические приборы, так и мощное электросиловое оборудование.

3. Начало эпохи электромагнетизма

1887 – 1889 гг. – начало новой эпохи в физике. Теория Д.К. Максвелла, изложенная им в «Трактате об электричестве и магнетизме» (1873 г.), получила экспериментальное подтверждение в опытах Г. Герца [5, с.с.44, 54]. О теории Максвелла Попов узнал ещё в студенческие годы от преподавателей университета в то время ещё приват-доцентов И.И. Боргмана и О.Д. Хвольсона.

В 1890-1895 гг. А.С. Попов неоднократно демонстрировал опыты Г. Герца и Н. Теслы на своих лекциях. Чувствительным элементом, позволившим сделать первые шаги в направлении практического применения электромагнитного излучения, стал радиокондуктор французского учёного Э. Бранли (трубочка с металлическими опилками, 1890 г.), обеспечивавший резкое уменьшение сопротивления после воздействия на него электромагнитного излучения. Английский учёный О. Лодж, назвал этот чувствительный элемент когерером. Именно это название и вошло в научный оборот. Для восстановления чувствительности когерера Лодж ввёл его механическое (однократное или периодическое) встряхивание.

А.С. Попов нашёл техническое решение, позволяющее перейти от простой индикации наличия электромагнитного излучения к возможности приема и правильного декодирования последовательности коротких и длинных сигналов (точек и тире – элементов телеграфного кода) – изобрел когерерный приемник.

25 апреля (7 мая) 1895 г. А.С. Попов провёл первую публичную демонстрацию своих приборов на заседании Русского физико-химического общества (РФХО), что было зафиксировано в протоколе заседания и опубликовано в «Журнале РФХО», имевшим международную рассылку [3]. Путём подключения самописца в исполнительную цепь, был создан грозоотметчик, положивший начало новому научному направлению – радиометеорологии.

В 1896 г. в «Журнале РФХО», была опубликована подробная статья А.С. Попова «Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний», переданная в редакцию журнала в декабре 1895 г. [4]. В 1896 г. в Кронштадте и Петербурге прошли публичные демонстрации усовершенствованной аппаратуры, в том числе с использованием рефлекторных антенн направленного действия [1, с. 46, 47].

С 1897 г. опыты по беспроводной связи проводились в Финском заливе. Была достигнута дальность связи до 3 миль (5 верст). [5, с.210 - 215]. При проведении опытов на Минном отряде в 1898 г. основное внимание

было уделено практическим вопросам: решению проблемы «загораживающего действия» металлических мачт и надстроек и проведению сравнительных испытаний различных типов разрядников. Выяснилось, что для увеличения дальности телеграфирования «главным образом необходимо иметь на той и иной станции изолированные проводники, по возможности, возвышенные над металлическими частями судов», а не громоздкие вибраторы Герца [5, с. 216-219].

Успешные испытания аппаратуры, изготовленные фирмой «Дюкрете» по системе А.С. Попова для Морского ведомства, прошли в августе 1899 г. на Чёрном море. Исследовались условия размещения аппаратуры, влияние высот установки антенн, влияние такелажа, а также правила совместной работы нескольких станций. Достигнутые дальности связи – до 14 миль [5, с. 220-225].

По результатам проведённых на море испытаний Попов, проанализировав «самый механизм возбуждения колебания в прямолинейной вертикальной проволоке», пришёл к выводу, что его «можно с большим вероятием уподобить явлениям, происходящим в обыкновенной закрытой органической трубе. Таким образом, возможная длина волны, возбужденной вертикальной проволокой, может равняться четверной длине самого провода или вообще должна удовлетворять равенству:

$$L = (2n - 1) \frac{\lambda}{4} ,$$

где: L — длина провода, λ — длина волны, а n — произвольное целое число» [6].

В 1899 г. на основе детекторного эффекта когерера, обнаруженного его помощниками П.Н. Рыбкиным и Д.С. Троицким, А.С. Попов создает «Телефонный приемник депеш» – первый в мире детекторный приемник, реализующий, в современной терминологии, прибор с полупроводниковыми контактами металл-окисел, или контактами стальной иглы и кокса.

Патент на первый в мире детекторный приёмник А.С.Попов получил в России (1899). При активном участии Э. Дюкрете Поповым были также получены патенты в Бельгии, Великобритании, Испании, Италии, США, Франции, Швейцарии. Новый приёмник позволил существенно увеличить дальность связи. [5, с. 236-241].

На Всемирной промышленной выставке 1900 г. в Париже демонстрировалась радиоаппаратура под маркой «Попов-Дюкрете-Тиссо» фирмы «Дюкрете», получившая «Grand-prix» выставки, и грозоотметчик А.С. Попова, получивший большую золотую медаль и диплом [1, с. 98].

4. Основные направления научных работ А.С. Попова в ЭТИ

В марте 1901 г. А.С. Попов получил приглашение директора ЭТИ занять вакантную должность профессора физики. С преподавателями Электротехническим института А.С. Попов был хорошо знаком по совместной работе в физическом отделении РФХО. Неудивительно, что на вакантное место профессора физики, освободившееся после увольнения по политическим мотивам проф. В.В. Скобельцына, был приглашён А.С. Попов, наиболее подготовленный к преподавательской деятельности учёный-физик именно в области электротехники.

С 1899 г. началось строительство нового здания для ЭТИ на Аптекарском острове. Профессора института участвовали в подготовке проектов оборудования будущих лабораторий. Для обоснования закупки необходимых для лекционных демонстраций приборов и лабораторного оборудования Поповым была составлена записка «Общее направление курса физики и ближайшие задачи научных работ в физической лаборатории Электротехнического института». Всего одна страничка текста, но автор сумел обозначить и в определённой степени обосновать практически все основные проблемы и задачи, стоящие перед учёными института, чем определил тематику научно-исследовательских работ в ЭТИ, по крайней мере, на десятилетие вперёд [11; 1, с. 446-447]. Попов отмечал, что:

«Главная задача курса физики – дать основы учения об электричестве в таком изложении, чтобы те глубокие взгляды на природу электрических явлений, которые создались благодаря работам М. Фарадея и Д. К. Максвелла, заняли первенствующее положение в науке и после знаменитых опытов Г. Герца не казались недоступными для обыкновенных смертных, а, напротив, явились руководящими началами в изучении электротехники.

Эта новая область электрических явлений, давшая столь поразительные практические результаты в телеграфировании без проводов на тысячи километров, дает в тоже время столь много новых фактов, так быстро расширяет горизонт, что трудно даже предвидеть пределы ее влияния на учение об электричестве.

Систематическое изучение новых явлений становится возможным только тогда, когда явятся методы и приборы для измерения этого рода электрической энергии; таких почти нет еще, но многие пути для их разработки уже намечены.

Явления электрических колебаний стоят в столь глубокой и непосредственной связи со световыми колебаниями, что и в изложения курса, и в исследованиях невозможно разделить их. Таким образом намечается

ряд работ, простых и доступных молодым начинающим специалистам, — это будут испытания, сравнительная оценка новых измерительных методов и приборов.

Наконец целый ряд открытых, но не объясненных еще явлений в этой области учения об электричестве дает обильный материал для более сложных работ на многие годы. Некоторые из них, например, изучение и техническая разработка различных источников (генераторов электромагнитных волн), могут повести к совместной работе нескольких лабораторий Института.

К «Записке» был приложен «Список начатых и намеченных к исполнению работ в Физической лаборатории Института», включавший 21 тему, большая часть которых к 1902 году уже была начата.

Для студентов первого и второго курсов А.С. Поповым были поставлены 42 лабораторные работы: 23 — по общему курсу физики и 19 — по электричеству и магнетизму. Курс физики, читанный им на первом курсе, представлял собой, по существу, сокращённый, по отношению к университетскому объёму, курс экспериментальной физики. В мае 1903 г., при несомненном участии А. С. Попова, вышел из печати курс «Основы теории телеграфных цепей», составленный профессором ЭТИ заведующим кафедрой электрических телеграфов П. С. Осадчим (1866 — 1943), предназначенный для студентов третьего курса. Десятая глава этой книги была озаглавлена «Некоторые данные телеграфных цепей беспроволочного телеграфа».

5. Научно-исследовательские работы, проведённые под руководством А.С. Попова на кафедре физики ЭТИ

Темы научно-исследовательских работ, предложенных Поповым к исследованию в лаборатории физики ЭТИ, можно разделить на 4 группы [8]:

I. Физические свойства электромагнитных полей и сред. К этой группе работ относятся исследования электромагнитных явлений и физических свойств различных сред (переменное электромагнитное поле, разреженные газы, ионизационные поля солей бромистого радия и другие).

Начиная с 1890 г. А.С. Попов уделял особое внимание вопросам исследования электромагнитных излучений во всём их спектре. В 1890 г. Попов прочитал курс лекций на эту тему: «Новейшие соотношения между световыми и электрическими явлениями» и «Актиноэлектрические явления действия света вольтовой дуги на электрические заряды». Он одним из первых в России получил рентгеновские снимки, в феврале 1896 г. вы-

ступил на заседании РФХО с докладом, повторив и подтвердив результаты опытов Рентгена. Огромный интерес вызвали у Попова работы Пьера и Марии Кюри, с которыми он познакомился в 1900 г. в Париже на Физическом конгрессе. В 1902 г. он создаёт прибор для измерения напряженности электрического поля атмосферы для шаров, зондов и змеев, основанный на применении бромистого радия, небольшое количество которого было получено в то время в химической лаборатории ЭТИ. О результатах этой работы А.С. Попов сообщил на заседании РФХО 7 мая 1902 г. Краткое описание действия прибора А.С. Попова содержится в воспоминаниях его ассистента Б.И. Зубарева [11].

II. К этой группе относятся работы, посвященные исследованию физических явлений, положенных в основу радиотелефонии. Телефонный приёмник Попова был, по существу, детекторным приёмником. в котором использовался выпрямительный эффект нелинейных переходов. А.С. Попов совершенствует конструкцию детектора, добиваясь получения еще большей чувствительности и стабильности работы, необходимых для устойчивого приема речи. В течение 1902 – 1903 гг. под руководством А.С. Попова его аспирантом выпускником МГУ С.Я. Лифшицем были проведены опыты по осуществлению беспроводного телефонирования. Результаты работ были изложены в докладах А.С. Попова «О телефонировании без проводов» и сообщении С.Я. Лифшица [9].

III. 3-я группа работ объединяет темы исследований по генерированию незатухающих колебаний. В списке к пояснительной Записке были отмечены уже начатые на кафедре к 1902 году работы. На смену искровым генераторам электромагнитных волн шли дуговые [11]. Работа «О механизме вольтовой дуги», выполненная выпускником Петербургского университета В. Ф. Миткевичем (1872 – 1951), была отмечена в первую годовщину со дня смерти А. С. Попова, 31 декабря 1906 года, первой премией имени А.С. Попова (учредителями которой выступили ЭТИ, МОК, РФХО, Русское техническое общество и Общество инженер-электриков). Как отмечал сам В.Ф. Миткевич, образно называвший А. С. Попова «Колумбом радиотехники», на него большое влияние оказали работы А. С. Попова.

IV. Последняя группа работ объединяет ряд тем, связанных с проведением радиотехнических измерений, большая часть которых была начата ещё при жизни Попова. Лаборантом кафедры физики ЭТИ с 1904 г. по 1911 г. был выпускник Петербургского университета Д.А. Рожанский (1882— 1936), начинавший свою научную деятельность под руководством А.С. Попова. Темой его исследования было изучение затухающих элек-

трических колебаний с помощью осциллографической трубки Брауна. Работа Д. А. Рожанского «Влияние искры на колебательный разряд» была удостоена премии имени А. С. Попова (1911) [1, с. 186].

Последним выступлением А. С. Попова в физическом отделении РФХО была его лекция «О волномерах, служащих для измерения длины электромагнитных волн или для определения периода электрических колебаний», прочитанная им 20 сентября 1905 года в помещении физической лаборатории ЭТИ [1, с. 178].

6. Работы в интересах Морского ведомства

Назначение А.С. Попова в ЭТИ состоялось Высочайшим приказом по гражданскому ведомству от 28 августа 1901 г. за № 69, при этом было зафиксировано, что он оставлен «числящимся на службе по Морскому ведомству в звании заведывающего установкой [приборов] телеграфирования без проводов и членом Морского технического комитета» [1, с. 437]. Таким образом, перейдя в ЭТИ, он продолжил курировать весь спектр организационных и технических вопросов радиооружия флота. Кроме того, в 1901-1902 учебном году А.С. Попов сохранил за собой чтение курса динамо-машин и электродвигателей в МОК, а курс беспроволочной телеграфии для минных офицеров продолжал читать вплоть до 1905 года.

В июне – июле 1902 г. А.С. Попов занимался налаживанием беспроволочного телеграфирования на судах Учебно-артиллерийского отряда в Ревеле. По итогам этой командировки он инициировал перед руководством Морского ведомства ряд важных вопросов в области безопасности связи и радиоразведки [12, 13]. В августе - сентябре 1902 г. А.С. Попов принимал участие в опытах по телеграфированию на большие расстояния на Черноморском флоте, в Севастополе [12].

В начале июля 1903 г. А.С. Попов проводил опыты по беспроволочному телеграфированию на Учебно-минном отряде в Финском заливе. Целью опытов было испытание новых усовершенствованных радиостанций и определение максимальной дальности радиоприема «на ленту» при использовании новых когереров «с низким критическим вольтажем» [14].

В 1904 г. А.С. Попов планировал проведение опытов «с управляемым брандером», для чего МТК выделил ему необходимую аппаратуру [12]. Одна из последних работ А.С. Попова в интересах Морского ведомства была связана с проблемой измерения электрических параметров антенных сетей [14]. Исследования были продолжены в Учебно-минном от-

ряде в 1906 г., уже после смерти А.С. Попова. Результаты были опубликованы в 1908 г. в «Известиях по минному делу» (Вып. № 43).

7. Заключение

Последнее пять лет жизни Александра Степановича Попова отмечены непрерывным и стремительным ростом его авторитета среди российских и европейских ученых-электротехников, со многими из которых он был знаком лично. Приглашение в 1901 г. на должность профессора физики ЭТИ способствовало раскрытию в полной мере его педагогического таланта, таланта учёного-экспериментатора. Результаты научных исследований А.С. Попова проходили апробацию в ходе натурных испытаний. Подготовка инженеров и научные исследования дополняли и обогащали друг друга. Результаты научных исследований практически сразу включались в материалы лекций.

Под руководством А.С. Попова начинали научную деятельность в стенах ЭТИ впоследствии члены-корреспонденты Академии наук СССР Д.А. Рожанский и В.И. Коваленков. В 1916 г. В.И. Коваленкову была присуждена премия имени А.С. Попова за работу «Установившиеся процессы и распространение прерывистого тока по телеграфным проводам» [1, с. 186].

В 1909 г. при кафедре электрических телеграфов проф. П.С. Осадчим и Н.А. Скрицким, учеником А.С. Попова, была организована лаборатория беспроводного телеграфирования. В декабре 1916 г. решением Ученого совета ЭТИ впервые была утверждена специальность «радиотелеграфные станции», профессором по которой после защиты магистерской диссертации стал Н.А. Скрицкий [15]. Им был подготовлен к печати и издан первый на русском языке обзорный труд «Радиотелеграфные измерения» (1914).

В ноябре 1917 г. руководителем этой новой специальности (кафедры) стал выпускник ЭТИ 1913 г. И.Г. Фрейман (1890 – 1929), защитивший в 1921 году магистерскую диссертацию на тему «О законах подобия радиосетей». И.Г. Фрейманом была разработана инженерная методики расчёта ламповых генераторов, разработана первая ламповая системы радио-вооружения «Блокада-1». В сферах научной, педагогической, инженерной и организаторской деятельности И.Г. Фрейман стал достойным преемником А.С. Попова [16].

Соратники, ученики и последователи А.С. Попова продолжили начатые им научно-исследовательские работы и в значительной степени

реализовали те задачи, которые были обозначены в его записке ««Общее направление курса физики и ближайшие задачи научных работ в физической лаборатории Электротехнического института»».

Список литературы

- [1] Золотинкина Л.И., Партала М.А., Урвалов В.А. Летопись жизни и деятельности Александра Степановича Попова /под ред. акад. РАН Ю.В. Гуляева. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова(Ленина). 2008 – 560с.
- [2]. Материалы к истории Минного офицерского класса и школы. - СПб.,1899.- 240с.
- [3]. Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям. — ЖРФХО СПб, 1895, т. XXVII, вып. 8, ч. физ., отд. 1, стр. 259—260. Протокол 151 (201) -го заседания Физического отделения от 25 апреля 1895 г.
- [4]. Попов А.С. Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний. — ЖРФХО СПб. 1896, т. XXVIII, вып. 1, ч. физ., отд. 1, стр. 1—14 с 2 рис. То же. Отд. оттиск. СПб. 1896, 14 стр. с 2 рис.
- [5]. Из истории изобретения и начального периода развития радиосвязи (сборник подлинных документов и материалов) /Авторы-составители: Л.И. Золотинкина, Ю.Е. Лавренко, В.М. Пестриков. Научный редактор д.т.н. проф. В.Н. Ушаков - СПб: 2008. - 240 с., 42 илл.
- [6]. Попов А.С. «О телеграфировании без проводов» – Труды Первого Всероссийского электротехнического съезда 1899-1900 гг. в С.-Петербурге, 1901, т. 2, с. 288-309.
- [7]. «А.С. Попов - Э. Дюкрете. Письма и документы. 1898 - 1905 гг.»/ Авторы - сост.: Л.И. Золотинкина, Е.В. Красникова, М.А. Партала, Л.С. Румянцев, под ред. Л.И. Золотинкиной. – СПб: Изд-во «Русская классика», 2009. – 340 с., ил.
- [8]. Кьяндская Е.Г. Деятельность Александра Степановича Попова как профессора Электротехнического института в Петербурге (1901 – 1906). Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина). Ленинград. 1974. 19 с.
- [9]. Лифшиц С.Я. Телефонирование без проводов с помощью электромагнитных волн. - Труды Третьего Всероссийского электротехнического съезда. 1903-1904. Том третий. - СПб, 1906. - С. 313-317.
- [10]. Александр Степанович Попов в характеристиках и воспоминаниях современников. Сост. М.И. Радовский /под ред. К.К. Баумгарта. - М.-Л.: АН СССР, 1958, - 454 с.
- [11]. Зубарев Б.И. Несколько слов о деятельности Александра Степановича Попова в Электротехническом институте // Журнал Русского физико-химического общества. Вып.1. 1906 г. С.23 – 30.
- [12]. Партала М.А. А. С. Попов: непрочитанные страницы биографии к 150-летию со дня рождения великого русского ученого, изобретателя радио // Морская радиоэлектроника. 2009. № 1. С. 48-52.
- [13]. Партала М.А. Имя А. С. Попова в истории отечественной радиоразведки // Защита информации. Инсайд. 2010. № 4 (34). С. 76-79.
- [14]. Рыбкин П.Н. Работы А.С. Попова по телеграфированию бех проводов. Очерк десятилетней деятельности // Известия по минному делу. Изд. МТК. 1908. Вып. 43. С. 9-28.
- [15]. Золотинкина Л.И., Скрицкий Н.В. Н.А. Скрицкий - радиоинженер, ученый, педагог// Электросвязь. 2006. № 12. С. 25-28.

[16]. Золотинкина Л.И. Профессор Имант Георгиевич Фрейман – основатель отечественной научно-инженерной школы радиотехники // История науки и техники. 2016. №2. Часть 2. С. 73 –95.

References

- [1] Zolotinkina L.I., Partala M.A., Urvalov V.A.: The Chronicle of Life and Work of A. S. Popov. Edited by the RAS member, U.V. Gulyaev. St. Petersburg. Saint Petersburg Electrotechnical University (LETI). 2008, p. 560.
- [2] Records for the History of the Torpedo Officers' School and the Torpedo School. St. Petersburg. 1899, p. 240.
- [3] On the Relation of Metal Powders to Electric Oscillation. The Journal of the Russian Physical and Chemical Society. St. Petersburg. 1895, v.27, issue 8, ph.p., 1-st dept., pp.259-260. The minutes of 151 (201) session of the Department of Physics, April 25, 1895.
- [4] Popov A.S.: An apparatus for detecting and registering electric oscillation. The Journal of the Russian Physical and Chemical Society. St. Petersburg. 1896, v. 28, issue 1, ph.p., 1-st dept., pp.1-14 with 2 illus. Id. Overprint. St. Petersburg. 1896, p. 14 with 2 illus.
- [5] Excerpts on History of Invention of Radio Communication and the Initial Stage of its Development (The Source Book). Compiled by Zolotinkina L.I., Lavrenko U.E., Pestrikov V.M. Edited by EngD, prof. Ushakov V.N... St. Petersburg. 2008, p. 240, illus. 42
- [6] Popov A.S.: On Wireless Telegraphy, Materials of the First All-Russia Electrotechnical Congress, 1899-1900. St. Petersburg. 1901, v. 2, pp. 288-309.
- [7] A.S. Popov - E. Ducretet. Letters and Documents. 1898 - 1905. Compiled by Zolotinkina L.I., Krasnikova E.V., Partala M.A., Rummyantsev L.S.. Edited by Zolotinkina L.I. St. Petersburg. Russian Classics. 2009, p. 340, illus.
- [8] Kyandskaya E.G.: A. S. Popov as a Professor of the Electrotechnical Institute, St. Petersburg (1901 – 1906). Synopsis of thesis for PhD in Technical Science. Leningrad Electrotechnical Institute. Leningrad. 1974. p. 19.
- [9] Lifshits S.Y.: On Wireless Telegraphy through the Electromagnetic Waves. Materials of the Third All-Russia Electrotechnical Congress. 1903-1904. St. Petersburg, v.3, pp. 313-317.
- [10] A.S. Popov. Portrayals and Memories of Him, Shared by His Contemporaries. Compiled by Radovsky M.I. Edited by Baumgart K.K. Moscow- Leningrad. ASUSSR. 1958, 1958, p. 454.
- [11] Zubarev B.I.: On work of A. S. Popov in the Electrotechnical Institute. The Journal of the Russian Physical and Chemical Society, issue 1, 1906, pp.23 – 30.
- [12] Partala M.A.: A.S. Popov: Unrevealed Pages of Biography. Devoted to the 150th Anniversary of a Great Russian Scientist and a Radio Inventor. Naval Radio Electronics. 2009, issue 1, pp. 48-52.
- [13] Partala M.A.: The Name of A.S. Popov in History of Russian Radio Reconnaissance. Information Security. Inside. 2010, issue 4 (34), pp. 76-79.
- [14] Rybkin P.N.: Works of A.S. Popov on Wireless Telegraphy. A Essay on the Decade-long Work. The Mining News. MTC. 1908, issue 43, pp. 9-28.
- [15] Zolotinkina L.I. Skritskiy N.V. Skritskiy N.A. - Radio Engineer, Scientist, Teacher // Electrosvyaz. 2006. №12. Pp.25 – 28.
- [16] Zolotinkina L.I. Professor I.G. Freiman is a Founder of the National Scientific Radio Engineering School //History of Science and Engineering. 2016 part 2. Pp/73 – 95.

IEEE oral history project: Academician Yu. V. Gulyaev. Part 1

Yermolov P. P.

*Institute of Radio Electronics and Information Security
Sevastopol State University
33, Universitetskaya Str., Sevastopol, 299053, Russian Federation
p.p.yermolov@mail.ru*

Abstract: *The report presents some fragments of an interview conducted with Academician Yu. V. Gulyaev by IEEE History Center in Gorgier, Switzerland, on July 13, 2017. There are only two of fourteen sections of the interview in the present report: the initial period of acoustoelectronics (the invention of an interdigital transducer) and the oral history of the eponym "Bleustein–Gulyaev waves". The purpose of the report is to familiarize the Russian-speaking community of practice, in this part, with the key points of the interview.*

Keywords: *oral history, acoustoelectronics, interdigital transducer, Bleustein–Gulyaev waves.*

Проект IEEE oral history: академик Ю. В. Гуляев. Часть 1

Ермолов П. П.

*Институт радиоэлектроники и информационной безопасности
Севастопольского государственного университета
ул. Университетская, 33, Севастополь, Россия, 299053
p.p.yermolov@mail.ru*

Аннотация: *Доклад представляет собой фрагменты интервью, взятого у академика Ю. В. Гуляева Центром истории IEEE в Горжье, Швейцария, 13 июля 2017 г. Из 14-ти разделов интервью в докладе представлены только два: начальный период акустоэлектроники (изобретение встречно-штыревого преобразователя) и история возникновения эпонима «волны Блюстейна — Гуляева». Цель доклада — ознакомление в этой части профильного русскоязычного сообщества с основными положениями интервью.*

Ключевые слова: *устная история, акустоэлектроника, встречно-штыревой преобразователь, волны Блюстейна — Гуляева.*

1. Введение

Концепт устной истории был популяризирован в США в 1940-е годы в связи с деятельностью американского журналиста Джо Гулда (Joseph Ferdinand Gould; 1889—1957), заявлявшего о своей работе над огромной книгой «Устная история нашего времени», полностью составленной из записи рассказов разных людей. В 1948 году центр устной истории был открыт при Колумбийском университете. В 1967 году была создана Ассоциация устной истории США, двумя годами позже аналогичная организация появилась в Великобритании.

Не остался в стороне от этого тренда и IEEE — к настоящему времени американским Институтом инженеров электротехники и электроники собрано 804 персональных устных истории. Подавляющее большинство персоналий в этом собрании — известные американские и «западные» специалисты. И, тем не менее, весьма значимым является то, что в этом списке появился известный российский ученый, академик Ю. В. Гуляев.

Интервью у российского академика для Центра истории IEEE взяли Виктор Плесски (Victor Plessky) и Клеменс Руппель (Clemens Ruppel) в Горжье, Швейцария (Gorgier, Switzerland) 13 июля 2017 г. (интервью № 784).¹

Это событие нашло некоторое отражение только в небольшом интервью на портале «Правда.Ру».²

Интервью состоит из 14 разделов:

- [Детство, семья];
- Образование;
- Диссертация под руководством проф. В. Л. Бонч-Бруевича;
- Советский Союз после Сталина;
- Изобретение встречно-штыревого преобразователя в 1965 г.;
- Заведующий лабораторией во Фрязино
- Волны Блюстейна — Гуляева;
- Другие типы акустических волн;
- Изготовление устройств на ПАВ в Советском Союзе;
- Будущие разработки в области акустических волновых технологий;
- Друзья и награды;
- Саратовский институт;
- Углеродные нанотрубки;
- Исследования в области медицины.

¹ http://ethw.org/Oral-History:Yury_Gulyaev (дата обращения 13.07.2018)

² <https://www.pravda.ru/science/02-08-2017/1343721-gulyaev-0/> (дата обращения 13.07.2018)

В докладе представлены только два раздела швейцарского интервью, касающиеся начального периода акустоэлектроники (изобретения встречно-штыревого преобразователя) и истории возникновения эпонима [1, 2] «волны Блюстейна — Гуляева». Цель доклада — ознакомление в этой части профильного русскоязычного сообщества с основными положениями интервью.

2. Изобретение встречно-штыревого преобразователя в 1965 г.

Plessky:

Революция в развитии технологий ПАВ происходит в 1965 году?

Гуляев:

В 1965 г. американские ученые R. M. White и F. W. Voltmer предложили дальнейшее развитие идеи взаимодействия ПАВ с электрическими полями и электронами в прилегающем к поверхности проводящему материалу — взаимодействие с периодической решеткой металлических электродов на поверхности пьезоэлектрических встречно-стержневых преобразователей [3]. Эта блестящая работа открыла возможность прямого эффективного возбуждения и обнаружения ПАВ. Фактически, это была некая так называемая «антенна бегущей волны», используемая для возбуждения и обнаружения электромагнитных волн. Наша работа [4] и работа [3] были, насколько я знаю, первыми публикациями по использованию ПАВ в СВЧ-электронике. Обе идеи были экспериментально реализованы в 1968—1970 гг. в нескольких работах. В нашей работе была предложена идея и разработана теория усиления ПАВ электронным пучком, распространяющимся вблизи поверхности пьезоэлектрического диэлектрика. Позже этот эффект был экспериментально получен в работе [5].

Ruppel:

Первым приложением для технологии ПАВ была обработка сигналов?

Гуляев:

Следующий фундаментальный шаг в проблеме обработки сигналов с помощью ПАВ был сделан в 1969 г.: в работе [6] Tancrèll и др. предложили линию дисперсионной задержки со встречно-штыревым преобразователем с межэлектродным расстоянием, постепенно меняющимся от одного конца к другому концу преобразователя. Hartemann и Dieulesaint [7], Ковалев и Яковкин [8], Tancrèll и Holland [9] предложили сделать «взвешивание» электродов (различное перекрытие длины электрода) для формирования требуемой частотной кривой преобразователя, в частности, для уменьшения боковых лепестков сжатого импульса. Это позволило создать на основе ПАВ известный фильтр Калмана с произвольной амплитудно-

частотной кривой. Чтобы избежать паразитных эффектов в ПАВ-фильтре Ю. В. Гуляев и др. [10] и независимо D. Malocha и др. [11] предложили так называемые «емкостное взвешивание» электродов во встречно-штыревом преобразователе. Эта конструкция преобразователя позволила сделать устройство на ПАВ более качественным.

Eric Ash [12] предложил решетчатую структуру (аналог оптического отражателя Брэгга) для отражения ПАВ и сделал первый резонатор на ПАВ. Кроме того, он изобрел ПАВ-волновод [13]. Ted Paige и др. [14] изобрели многополосковый преобразователь для возбуждения ПАВ. Gordon Kino и др. [15] предложили конвольвер — устройство для определения свертки двух различных сигналов.

Kiel Ingebrigtsen [16] предложил феноменологический метод расчета характеристик приборов на ПАВ. Это предложение было основано на введении так называемой «эффективной диэлектрической проницаемости», полученной из измерений скорости ПАВ на свободной и металлизированной (когда пьезоэлектрические поля укорачиваются) поверхности пьезоэлектрика. Этот метод широко используется в расчетах и при построении приборов ПАВ даже в сложных случаях.

Я бы сказал, что 1962—1975 гг. можно было бы назвать «золотыми годами» новой отрасли физики и технологии, получившей название «акустоэлектроника». Этот термин появился на симпозиуме в Сендае (Япония) в 1968 г. и в узком смысле означал исследования явлений, связанных с взаимодействием высокочастотных колебаний (ультразвук с частотами выше 1 МГц) с электронами и электрическими полями в различных твердых телах — пьезоэлектриках, ферроэлектриках, непьезоэлектрических диэлектриках, металлах и т. д. Эти ультразвуковые волны (как объемные, так и поверхностные) стали очень хорошим новым инструментом для исследования электронных и механических свойств твердых тел. Теперь под термином «акустоэлектроника» понимаются все явления в твердых телах, связанных с участием высокочастотных (более 1 МГц) акустических волн. Иногда эти явления называются «микроволновой акустикой». В этой области появилось много как теоретических, так и экспериментальных публикаций в США, СССР, Англии, Франции, Японии, Германии и др.

3. Волны Блюстейна — Гуляева

Ruppel:

Не могли бы вы подробно рассказать историю волн Блюстейна — Гуляева?

Гуляев:

Теперь я хотел бы рассказать историю об открытии (предположении, теории и эксперименте) принципиально новых акустических явлений — чистых поверхностных звуковых волн сдвига в пьезоэлектрических кристаллах, называемых «волны Блюстейна — Гуляева» (волны БГ). Когда в 1967 году я начал готовить свою докторскую диссертацию, я записал общую систему уравнений, описывающих распространение акустических волн в пьезоэлектрических кристаллах (диэлектрики, полупроводники) с учетом симметрии кристаллов, пьезоэффекта, электрострикции, взаимодействия акустических волн с электронами через пьезоэффект, через потенциал деформации и т. д. При решении этой системы уравнений, помимо объемных акустических волн, я нашел решение, соответствующее известному Рэлею ПАВ была модернизирована из-за наличия пьезоэффекта и взаимодействия со свободными электронами через оба пьезоэлемента и потенциал деформации. Эта волна обычно имеет две составляющие механической смещения — продольные, в направлении распространения волны и поперечные, перпендикулярные к поверхности. Конечно, в анизотропных кристаллах направления механических перемещений могут быть при определенных углах относительно направления распространения и нормали к поверхности.

При тщательном исследовании общего решения системы уравнений, упомянутой выше, я внезапно заметил, что при некоторой симметрии кристаллов (например, C_v) существует другое точное решение в виде чистой ПАВ с механическим смещением, параллельным поверхности и перпендикулярным направлению распространения волны. Для некоторых симметричных кристаллов (например, для кубических кристаллов) такое решение не существует. В диэлектриках без пьезоэлемента эта волна превращается в обычную объемную акустическую волну сдвига, т. е. поверхностный характер этой новой ПАВ обусловлен наличием пьезоэлемента. В пьезоэлектрических полупроводниках поверхностный характер волны может быть изменен за счет взаимодействия электронов с акустической волной. В мае 1967 года я сообщил об этих результатах на семинаре [В. Л.] Бонч-Бруевича в ИРЭ. Бонч-Бруевич был настроен очень скептически: он сказал: «Это классика. Я уверен, что это решение находится в учебниках, вам лучше пойти в библиотеки и читать книги более внимательно. Я советую вам забыть об этой волне и продолжить работу над нелинейной теорией акустоэлектронного взаимодействия». Я так и сделал, и вернулся к вопросу об этой волне только в конце 1968 года, когда пошел в библиотеку им. Ленина, просмотрел все учебники по акустике и... не нашел эту волну! Я снова пришел к Бонч-Бруевичу и спросил, что делать. Он сказал: «Быть

смешным в науке возможно только один раз, после этого все будут считать вас несерьезным. Публикуйте, если хотите, но это большой риск». Несмотря на мнение Бонч-Бруевича 17 октября 1968 года я отправил статью в JETP Letters. Она была опубликована в январе 1969 года [17]. В феврале 1969 года в журнале Appl. Phys. Lett., Dec. 1968 я нашел статью J. Bleustein [18] о той же самой сдвиговой ПАВ с тем же результатом, кроме того, он был только для пьезоэлектриков. Я сразу же посмотрел на дату подачи статьи J. Bleustein и обнаружил, что это произошло на 20 дней (!) позже даты представления моей статьи [17]. Итак, очевидно, что две работы — [17] и [18] — были сделаны независимо — моя статья была представлена для публикации раньше, но его статья была опубликована раньше из-за более короткого времени публикации в Appl. Phys. Lett. Если бы, несмотря на скептицизм Бонч-Бруевича, я представил мою статью в мае 1967 года, то она была бы опубликована гораздо раньше, скажем, в августе 1967 года. Но случилось то, что случилось! Летом 1969 года, будучи на конференции Sonics and Ultrasonics в Aviemore (Шотландия), я встретил молодого красивого ученого и инженера Charles Maerfeld. Он сказал мне, что его коллега Pierre Tournois и он делают эксперименты по наблюдениям так называемых «волн Блюстейна». Я сказал ему, что знаю о Блюстейне, но я предсказал и сделал теорию этих сдвиговых ПАВ раньше, чем Блюстейн. К этому времени, в январе 1969 года, выпуск JETP Lett. с моей статьей уже был опубликован на английском языке.

В следующем 1970 году я работал полтора года в США в Berkeley University с проф. R. M. White и на Ultrasonics Symposium в New Hampshire снова встретился с Maerfeld и Tournois, которые представили доклад об экспериментальном наблюдении и усилении, как они их называли, «Bleustein–Gulyaev Shear Surface Acoustic Waves» [19]. Это был отличный пример научной чистоты и деликатности! Я очень этому благодарен. После их работы повсюду — в статьях, учебниках и т. д. эти волны называются «волны Блюстейна — Гуляева», или БГВ.

4. Заключение

Интервью, взятое у академика Ю. В. Гуляева Центром истории IEEE — свидетельство мирового признания его научных достижений. Не рассмотренные в настоящем докладе фрагменты интервью представляют интерес для дальнейшего ознакомления профильного русскоязычного сообщества с основными его положениями. При реализации проекта издания словаря эпонимов в области инфокоммуникаций и радиотехнологий [1, 2] эпоним «волны Блюстейна — Гуляева» будет внесен в словник словаря.

Список литературы

1. Ермолов П. П. Эпонимы в терминологии инфокоммуникаций и радиотехнологий // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2018. Т. 1, № 1. С. 121—135.
2. Ермолов П. П. Энциклопедия «Радиотехника» (изд. дом «Додэка-XXI», 2002) как источник терминов-эпонимов в области инфокоммуникаций и радиотехнологий. В кн. : 27-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» — КрыМиКо'2017 (Севастополь, 10—16 сент. 2017 г.). 2017. Т. 8. С. 1845—1854.
3. White R. M., Voltmer F. W. Direct Piezoelectric Coupling to Surface Elastic Waves // Appl. Phys. Lett. 1965. Т. 17. С. 314—316.
4. Гуляев Ю. В., Пустовойт В. И. Усиление поверхностных волн в полупроводниках // ЖЭТФ. 1964. Т. 47, № 6. С. 2251—2253.
5. Yamanouchi K., Shibayama K. В кн. : Proc. 6th Int. Congress on Acoustics, Tokyo, Japan. 1968. С. Н-117.
6. Dispersive De-lay Lines Using Ultrasonic Surface Waves / Tancrrell R. H., Schultz M. B., Barrett H. H., Davies L., Holland M. G. // IEEE Proc. 1969. Т. 57, вып. 6, С. 1211—1237.
7. Hartemann P., Dieulesaint E. Intrinsic compensation of side-lobes in a dispersive acoustic delay line // Electron. Lett. 1969. Т. 5. С. 219—220.
8. Ковалев А. В., Яковкин И. Б. Интерференционные эффекты в преобразователях ультразвуковых поверхностных волн встречно-штыревого типа // Радиотехника и электроника. 1971. Т. 16, № 8. С. 1521—1523.
9. Tancrrell R. H., Holland M. G. Acoustic surface wave filters // Proc. IEEE. 1971. Т. 59. С. 393—409.
10. Gulyaev Yu. V., Kmita A. M., Bagdasarian A. S. Acoustic surface wave transducer and filter built around this transducer // JTP Lett. 1979. Т. 5, № 11. С. 697—701; патенты 1977 г.: СССР № 726648, США №№ 4162415, 4185218; Великобритании № 2003353; Японии № 1069686; Франции № 7821723; Германии №№ 2831584, 283158.
11. Malocha D. C., Hunsinger B. J. Capacitive tap weighted SAW transducers // IEEE Trans., Sonics, Ultrasonics. 1977. Т. SU-24. С. 293—301.
12. Ash E. A. Surface Wave Grating Reflectors and Resonators // G-MTT 1970 International Microwave Symposium. 1970. С. 385—386.
13. Ash E. A. Realization of microwave circuit functions using acoustic waves // Proc. IEEE International Microwave Symp., Boston. May 1967.
14. Marshall F. G., Paige E. G. S. Novel acoustic-surface-wave directional coupler with diverse applications // Electr. Lett. 1971. Т. 7. С. 460—464.
15. Luukkala M., Kino G. S. Convolution and time inversion using parametric interactions of acoustic surface waves // Appl. Phys. Lett. 1971. Т. 18. С. 393—394.
16. Ingebrigtsen K. A. Surface waves in piezoelectrics // J. Appl. Phys. 1969. Т. 40, pp. 2681—2686.
17. Gulyaev Yu. V. Electroacoustic surface waves in piezoelectric materials // JETP Lett. 1969. Т. 9. С. 63—65.
18. Bleustein J. L. A new surface wave in piezoelectric materials // Appl. Phys. Lett. 1968. Т. 13. С. 412—414.
19. Maerfeld C., Gires F., Tournois P. Bleustein-Gulyaev surface wave amplification in CdS // Appl. Phys. Lett. 1971. Т. 18. С. 269—271.

References

- [1] P. P. Yermolov, "About eponyms in infocommunications and radio technologies terminology," *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 1, no. 1, pp. 121–135, 2018. (In Russ.). doi: 10.15826/icrt.2018.01.1.09
- [2] P. P. Yermolov, "Encyclopedia "Radio Engineering" (Dodeca-XXI Publ., 2002) as a source of terms-eponyms in the field of infocommunications and radio technologies," in *Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo), 2017 27th International Crimean Conference*, vol. 8, pp. 1845–1854, 2017. (In Russ.).
- [3] R. M. White and F. W. Voltmer, "Direct Piezoelectric Coupling to Surface Elastic Waves," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 17, pp. 314–316, 1965.
- [4] Yu. V. Gulyaev and V. I. Pustovoi, "Amplification of surface waves in semiconductors," *JETP*, vol. 47, pp. 2251–2253, 1964.
- [5] K. Yamanouchi and K. Shibayama, in *Proc. 6th Int. Congress on Acoustics*, Tokyo, Japan, p. H-117, 1968.
- [6] R. H. Tancrell, M. B. Schultz, H. H. Barrett, L. Davies, and M. G. Holland, "Dispersive Delay Lines Using Ultrasonic Surface Waves," *IEEE Proc.*, vol. 57, iss. 6, pp. 1211–1237. 1969.
- [7] P. Hartemann and E. Dieulesaint, "Intrinsic compensation of side-lobes in a dispersive acoustic delay line," *Electron. Lett.*, vol. 5, pp. 219–220, 1969.
- [8] A. Kovalev and I. Yakovkin, "Interferentsionnyye efekty v preobrazovatelyakh ul'trazvukovykh poverkhnostnykh voln vstrechno-shtyrevogo tipa" [Interference effects in transducers of ultrasonic surface waves of the counter-pin type], *Communications Technology and Electronics*, vol. 16, no. 8, pp. 1521–1523, 1971.
- [9] R. H. Tancrell and M. G. Holland, "Acoustic surface wave filters," *Proc. IEEE*, vol. 59, pp. 393–409, 1971.
- [10] Yu. V. Gulyaev, A. M. Kmita, and A. S. Bagdasarian, "Acoustic surface wave transducer and filter built around this transducer" *JTP Lett.*, vol. 5, no. 11, pp. 697–701, 1979; Patents of 1977: USSR no. 726648, USA no. 4162415, no. 4185218; GB no. 2003353; Japan no. 1069686; France no. 7821723; Germany no. 2831584, no. 283158.
- [11] D. C. Malocha and B. J. Hunsinger, "Capacitive tap weighted SAW transducers," *IEEE Trans., Sonics, Ultrasonics*, vol. SU-24, pp. 293–301, 1977.
- [12] E. A. Ash, "Surface Wave Grating Reflectors and Resonators," *G-MTT 1970 International Microwave Symposium*, pp. 385–386, 1970.
- [13] E. A. Ash, "Realization of microwave circuit functions using acoustic waves," *Proc. IEEE International Microwave Symp.*, Boston, MA, May 1967.
- [14] F. G. Marshall and E. G. S. Paige, "Novel acoustic-surface-wave directional coupler with diverse applications," *Electr. Lett.*, vol. 7, pp. 460–464, 1971.
- [15] M. Luukkala and G. S. Kino, "Convolution and time inversion using parametric interactions of acoustic surface waves," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 18, pp. 393–394, 1971.
- [16] K. A. Ingebrigtsen, "Surface waves in piezoelectrics," *J. Appl. Phys.*, vol. 40, pp. 2681–2686, 1969.
- [17] Yu. V. Gulyaev, "Electroacoustic surface waves in piezoelectric materials," *JETP Lett.*, vol. 9, pp. 63–65, 1969.
- [18] J. L. Bleustein, "A new surface wave in piezoelectric materials," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 13, pp. 412–414, 1968.
- [19] C. Maerfeld, F. Gires, and P. Tournois, "Bleustein–Gulyaev surface wave amplification in CdS," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 18, pp. 269–271, 1971.

Развитие техники СВЧ радиолокации в АО «НПФ „Микран“»

¹ Хлусов В. А., ² Доценко В. В., ³ Ровкин М. Е.

¹ Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
г. Томск, 634050, пр.Ленина, 40, Российская Федерация
valery.khlusov@tusur.ru

² Акционерное общество «Научно-производственная фирма «Микран»
г. Томск, 410054, Российская Федерация
dvv@micran.ru

³ Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
г. Томск, 634050, пр.Ленина, 40, Российская Федерация
mikhail.rovkin@tusur.ru

Аннотация: Рассматриваются основные направления развития техники радиолокации СВЧ в АО «НПФ „Микран“». Показаны достижения в области элементной базы СВЧ, включая монолитные интегральные схемы, узлов РЛС, включая планарные и объёмные СВЧ фильтры и антенные элементы. Показаны законченные модули (антенны, приёмо-передатчики), устройства (радиолокационные сенсоры) и системы (радиолокационные станции)

Ключевые слова: радиолокация, активная фазированная антенная решётка, антенный элемент, микросхемы СВЧ.

1. Введение

Исторически АО «НПФ „Микран“» возникла в 1991 г. на базе лаборатории малошумящих СВЧ усилителей ТИАСУР. В ходе её развития первоначально предприятие занималось разработкой и производством СВЧ узлов различного назначения. Исторически первыми законченными изделиями, выпущенными предприятием, были цифровые радиорелейные линии СВЧ диапазонов.

Несколько позднее в номенклатуре выпускаемых предприятием изделий появились узлы аппаратуры радиолокационного назначения. Первым серийным радиолокационным узлом, выпущенным фирмой, был волноводный приёмный конвертор некогерентной (магнетронной) навигационной судовой РЛС «Океан» X-диапазона. Он имел волноводный вход СВЧ и коаксиальный ПЧ выход и имел встроенный гетеродин с кварцевой стабилизацией частоты, построенный на основе синтезатора с однопетлевой системой ФАПЧ. Входной МШУ был защищён по входу узлом асинхронной защиты на р-і-п диодах.

Широкое развитие радиолокационного направления произошло в начале 2000-х гг., когда в «Микран» был проведён ряд НИОКР по созданию приемно-передающего модуля (ППМ) X-диапазона, предназначенного для применения в бортовой широкоугольной сканирующей АФАР X-диапазона. Направление развития предприятия, связанное с созданием ППМ АФАР было прозорливо угадано создателем В. Я. Гюнтером, который был первым генеральным конструктором и бессменным генеральным директором «Микран» вплоть до 2012 г.

К настоящему времени РЛ аппаратура в номенклатуре продукции «Микран» стала одной из основных. В данной работе расскажем об истории создания некоторых (гражданских) образцов выпускаемой продукции и остановимся на их технических особенностях.

2. Разработка ППМ для АФАР и создание микроэлектронной элементной базы СВЧ

Создание собственной элементной базы СВЧ на предприятии исторически имеет отсчёт с выпуска одной из первых отечественных СВЧ монолитных интегральных схем усилителя ПЧ МРД502 диапазона 1-4 ГГц. Впоследствии предприятие разработало и производит ряд МИС для АФАР различных диапазонов СВЧ, причём большинство из них было разработано специально для РЛ применений.

Первая отечественная АФАР в бортовой РЛС «Жук-АЭ», разработанная НПО «Фазотрон» и поставленная на истребитель МиГ-35, была укомплектована 4-канальными ППМ, разработанным и серийно произведённым в «Микран» [2]. Широкий угол электронного сканирования, характерный для АФАР схожего назначения, определил жесткие ограничения по массо-габаритным показателям и характеристикам теплообмена данного ППМ [3]. Эти ограничения предопределили создание для разрабатываемого опытного образца ППМ ряда монолитных интегральных схем (МИС) РЛ назначения - быстродействующие широкополосный ступенчатый аттенюатор и коммутатор а также ступенчатый фазовращатель X-диапазона с цифровым управлением [4]. Первоначально использованная в макетном образце для управления ППМ ПЛИС импортного производства была также была заменена отечественным БМК.

Впоследствии в ходе проведения ряда НИОКР АО «НПФ „Микран“» был разработан ряд МИС, типовые характеристики большей части которых приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Монолитные интегральные схемы аттенуаторов, фазовращателей и коммутаторов СВЧ, разработанные и производимые АО «НПФ „Микран“» для радиолокационных применений

Тип	Диапазон частот, ГГц	Коэфф-т передачи / (собств. потери), дБ	Шаг управления, дБ/(град)	Диапазон регулир. дБ/(град)	Питание, В/мА
Аттенуаторы с цифровым управлением					
MP-109D	0,1-20	7	0,5	0...31,5	-7,5/5
MP203	0,1-20	2,5		40	-5/-
MP215D	4 - 27	2		50	9/30
Фазовращатели с цифровым управлением					
MP306D	1,1 - 1,7	8	5,625	(0...360)	-6...-4/5
MP310D	2,5 - 4	7	5,625	(0...360)	-6/5,+5/5
MP312D	3,4 - 4	5	5,625	(0...360)	-6/5,+5/5
MP313D	5,5 - 8,5	7,5	5,625	(0...360)	-6/5,+5/5
MP334D	7,5 - 11,5	10	5,625	(0...360)	-6/5,+5/5

Таблица 2 - Монолитные интегральные схемы усилителей СВЧ, разработанные и производимые АО «НПФ „Микран“» для радиолокационных применений

Тип	Диапазон частот, ГГц	Усиление, дБ	Нш, дБ	P ₁ вых, дБм	Питание, В/мА
MP502	1 - 4	18...20	<4,5	>13	5/90
MP505	1 - 2	15	2,3	17	+5/80;-5/3
MP531	8 - 12	24...26	<2	>13	5/90
MP540	0,01 - 20	10...12,5	<5,8	>14	5/130
MP541	7 - 12	19...23	–	>15	5/120

Перечисленные в таблице 1 МИС имеют бескорпусное исполнение и диапазон рабочих температур от минус 50 до +85 °С и ориентированы на использование в бескорпусной технологии. Разработка СВЧ МИС активно продолжается и в настоящее время. Основными тенденциями развития МИС является применение новых материалов (GaN, метаморфные структуры GaAs), с помощью которых осуществляется переход в миллиметровые диапазоны длин волн и на более высокие выходные мощности, а также разработка оптоэлектронных ИС на основе гетероструктуры In P.

3. Элементы антенной техники радиолокационного назначения

По мере развития технологий АФАР разрабатываемые и производимые в «Микран» приёмно-передающие модули стали комплектоваться антенными элементами (АЭ). Наибольший интерес представляют широкоугольные и одновременно широкополосные АЭ. Предприятие имеет в этой области патентованные решения, примером которых является широкоугольный двухзаходный АЭ АФАР S-диапазона [4], предназначенный для

построения одномерных и двумерных многоэлементных активных фазированных антенных решеток (АФАР) с углом сканирования до 50° в любом из выбранных направлений для двух произвольных ортогональных поляризаций (рис. 1).

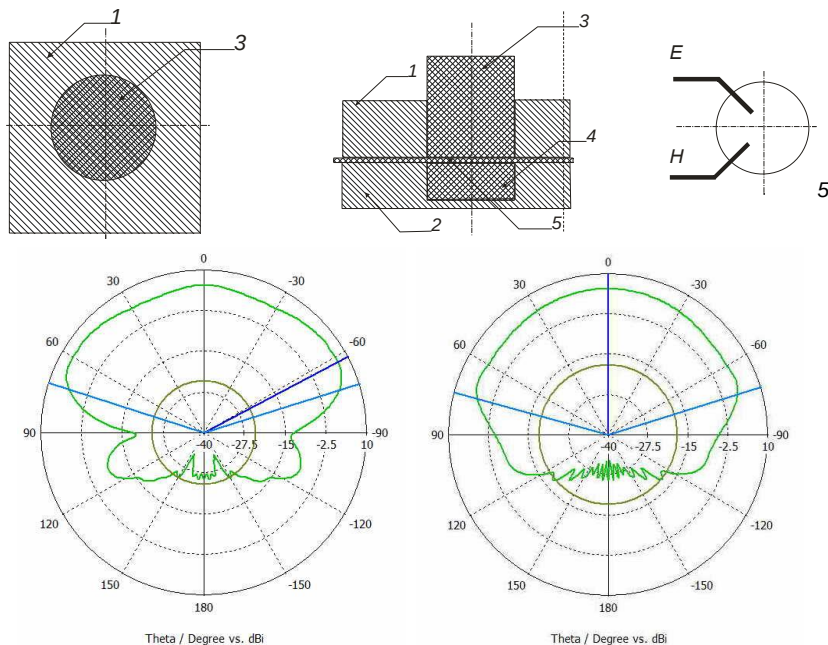


Рис. 1. Устройство широкоугольного двухзаходного антенного элемента АФАР(вверху) и вид его расчётной диаграммы направленности (внизу) в Е- (слева) и Н- (справа) плоскости

Его конструкция (рис.1 вверху) состоит из металлических основания 1 и обоймы 2 и двух цилиндрических пластмассовых деталей, вставленных в круглый волновод (3, 4 на рис.1). Снятие-возбуждение энергии производится печатным излучателем (5), имеющим форму пары электрических зондов. Технический результат - увеличение ширины полосы пропускания АФАР в частотной области.

Построение РЛС непрерывного излучения и антенных датчиков высокого разрешения по дальности, использующих сигналы с широким спектром, потребовало создания антенн с малым ГВЗ и низким уровнем боковых лепестков [5]. Примером такой антенны является пассивная антенна навигационной РЛС мало- и среднетоннажных речных судов «Река» X- диапазона [6] (рис. 2).

Конструкция каждой из двух независимых линейных решёток включает по восемь одинаковых подрешёток, сигнально объединённых двумя СВЧ сумматорами.



Рис. 2. Внешний вид приёмно-передающей антенны навигационной РЛС «Река». Средняя частота диапазона 9432 МГц, ширина полосы пропускания не уже 200 МГц, ширина главного лепестка диаграммы направленности $2 \times 25^\circ$, коэффициент усиления 26 дБ, уровень первого бокового лепестка минус 26 дБ

Заметный вклад в повышение качественных показателей серийных антенн РЛС непрерывного излучения был сделан при переходе от пассивных к активным антеннам. Суть модернизации имеет целью снижение потерь в антенне, особенно на приём, заключается во введении в печатные подрешётки СВЧ МШУ (приёмная антенна) и буферных СВЧ усилителей (антенна передачи).

Такая модернизация осуществляется достаточно просто: на рис. 3 показана топологии пассивной и модернизированной активной приёмной подрешёток. Такая относительно несложная модернизация позволила суммарно снизить потери в антенной системе, изображённой на рис.2, на 7 дБ.

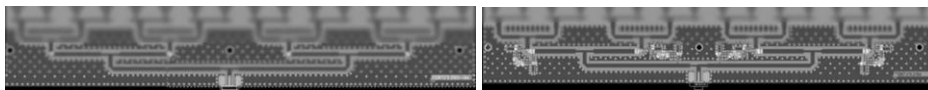


Рис. 3. Сравнение топологий подрешёток антенны РЛС с широкополосным сигналом X-диапазона, построенных по пассивной (слева) и активной (справа) схемам

4. Узлы цифровых формирования/обработки сигналов

Переход к построению современных радиолокационных систем предполагает владение такими современными цифровыми технологиями как формирование широкополосных сигналов с высокими метрологическими показателями, их цифровые приём и обработку, включая цифровое диаграмма-образование.

Примером цифрового тракта является цифровой тракт РЛС «Река» (рис. 4), реализующий цифровое формирование квазинепрерывного ЛЧМ-сигнала с шириной спектра 100 МГц, гомодинную аналоговую обработку при приёме и последующий спектральный анализ НЧ сигнала биений в режиме реального времени.

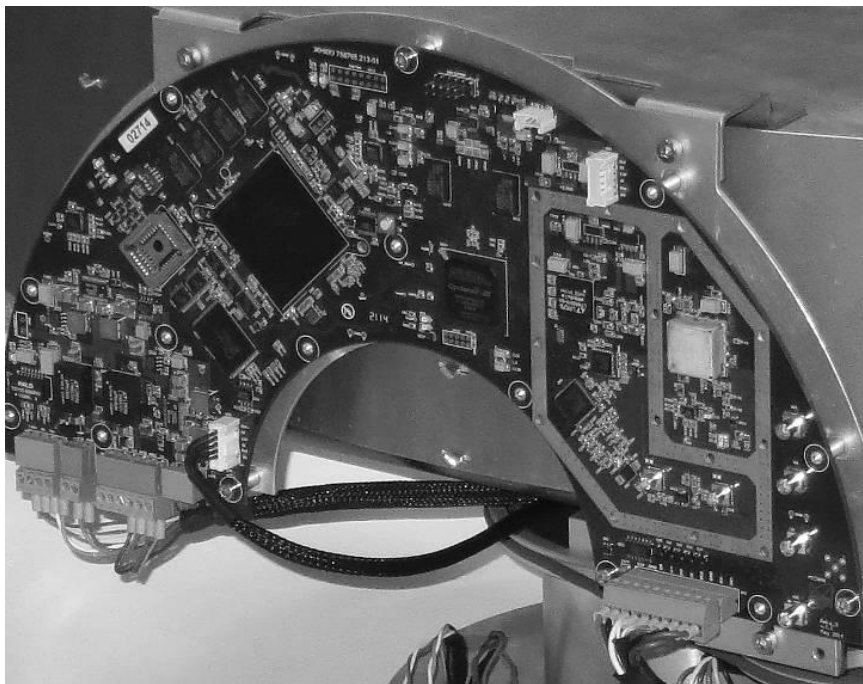


Рис. 4. Внешний вид узла ЦОС РЛС серийной X-диапазона «Река» (2015 г.)

Сегодня эта задача реализуется БИС 16-битных АЦП и квадратурного интерполирующего модулятора-ЦАП. Быстрая Фурье-фильтрация с амплитудным окном реализована во встроенном в ПЛИС процессорном ядре ARM, снабжённом сопроцессором Neon и выполняющем расчёт в числах в формате плавающей запятой одинарной точности.

Помимо серийных РЛС, «Микран» разрабатывает и производит приёмо-задающие тракты для сторонних производителей. Примером таких узлов являются цифровые тракты многофункциональных бортовых РЛС лёгких беспилотных летательных аппаратов [8], построенных на совместных разработанных патентованных решениях [9, 10].

5. Законченные РЛС и новые экспериментальные разработки

Широкую в России и за рубежом известность получили РЛС Х-диапазона, первоначально созданные для навигации малых речных судов. В 2012 г. навигационная РЛС «Река» (рис. 5) вошла в список «100 лучших продуктов России».



Рис. 5. Комплект поставки навигационной РЛС «Река» в 2012 г.

Сегодня её модификации используются как антенные датчики систем охраны лётного поля и береговой черты. В различных модификациях эта гражданская станция поставляется в страны Юго-Восточной и Центральной Азии. РЛ сенсор MRS (рисунок 6), созданный на её основе, входит в состав радиолокационно-оптического охранного комплекса «Guard».

Помимо серийных РЛС, в «Микран» разработан ряд экспериментальных РЛС, обладающих высокими характеристикам. На рисунке 7 показаны РЛС мм диапазонов (35 и 76 ГГц), а также сегмент макета РЛС параллельного обзора для защиты верхней полусферы наземных объектов от проникновения БПЛА типа «Дрон» с ЭПР 0.01 м^2 на расстоянии 1 км [11]. Примером работ по радиолокации, проводимых в настоящее время, является работа по созданию двухчастотной бортовой РСА для решения задач ДЗЗ, выполняемая совместно с НИИ ТП (г. Москва) и ТУСУР (г. Томск). Разработка новой РЛС происходит в рамках совместного научного проекта в рамках НТП Министерства Образования РФ, проводимого по 218 постановлению правительства РФ. Результатом работы будут две итерации макетных образцов РСА ДЗЗ и их лётные испытания.



Рис. 6. Антенный сенсор РЛС MRS-1000 на мониторинге объекта

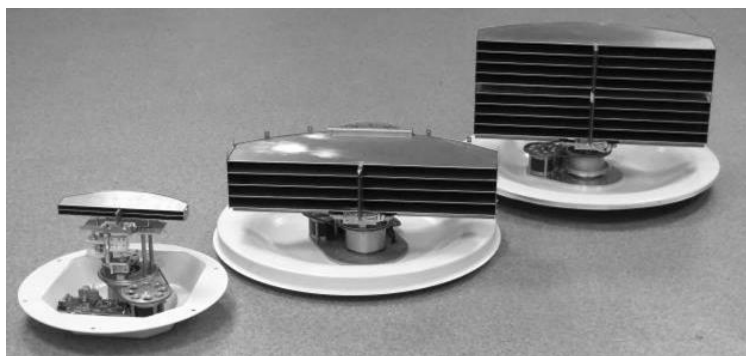


Рис. 7. Прототипы РЛС «Микран»: миллиметровые (вверху) и «Анти-Дрон» (внизу)

Источники финансирования и выражение признательности

Доклад подготовлен при поддержке Министерства Образования и Науки Российской Федерации в рамках выполнения соглашения 14.577.21.0279 от 26.09.2017, идентификатор проекта RFMEFI57717X0279.

Список литературы

- [1] Гуськов Ю. Н. МиГ-35 - лучший в России в классе средних боевых самолетов-истребителей // Фазотрон. - № 1-2 (15). - 2011. - С. 8-15.
- [2] Гюнтер В. Я., Аржанов, С.Н., Баров, А. А. Приемо-передающий модуль АФАР. Конструирование. Технология. Элементная база // Фазотрон. - № 1-2. - 2006. - С. 32-36.
- [3] Гюнтер В. Я., Аржанов С. Н., Баров А. А. Разработка и организация производства приемо-передающих модулей АФАР с использованием собственной компонентной базы // «Фазотрон» №1-2 (15), 2011 г., С34-40.
- [4] Патент на полезную модель РФ № 147 244. Клинюшин Е. А., Коноваленко М. О., Меньшиков А. А. Антенный излучатель. Приоритет 25 февр 2014г.
- [5] Buyanov, Yu.I., Dotsenko, V.V., Nosov, D.M., Osipov, M.V., Rovkin, M.E., Surkov, A.S., Khlusov, V.A. X-band narrow-beam antenna for surveillance radar with high resolution at range// CriMiCo 2010 - 20th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings, art. no. 5632448, pp. 538-539.
- [6] Popov, D.A., Buyanov, Yu.I., Khlusov, V.A., Klynyushcin, E.A. X-band narrow-beam wide-band antenna // CriMiCo 2011 - 2011 21st International Crimean Conference: Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings, art. no. 6069043, pp. 533-534.
- [7] Доценко В. В., Носов Д. М., Осипов М. В., Ровкин М. Е., Сурков А. С., Хлусов В. А. Судовая РЛС ближнего обзора с высоким разрешением по дальности. Сб.трудов 20-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМико» 2010). 13-17 сент. 2010 г. Севастополь., Изд.-во «Вебер». ISBN 978-966-335-329-6. IEEE Catalog Number: CEP10788-CDR. Стр.1253,1254.
- [8] Ильин Е. М., Полубехин А. И., Савостьянов В. Ю., Самарин О. Ф., Черевко А. Г. Малогабаритный многофункциональный бортовой РЛК для беспилотных летательных аппаратов малой дальности // Вестник СибГУТИ. 2017. № 4 , С104-109
- [9] Ильин Е. М., Самарин О. Ф., Савостьянов В. Ю., Кудашев В. С., Ровкин М. Е., Алексеев А. С., Руссков Д. А., Киселев С. В., Борзов А. Б. Многофункциональная интегрированная двухдиапазонная радиолокационная система для летательных аппаратов // Патент на изобретение: ФГБОУ ВО МГТУ им. Н. Э. Баумана, «НПФ „Микран“». Свидетельство №2621714 от 01.06.2016
- [10] Алексеев А. С., Кудашев В. С., Савостьянов В. Ю., Самарин О. Ф., Ровкин М. Е., Руссков Д. А. Многофункциональная малогабаритная радиолокационная система для летательных аппаратов // Патент на изобретение: «НПФ „Микран“». Свидетельство №2630278 от 27.06.2016
- [11] Rovkin M. E.; Khlusov V. A.; Malyutin N. D.; Hristenko A. V.; Novikov A. S.; Nosov D. M.; Osipov M. V., Konovalenko M. O.; Marchenko A. O.; Ilchenko V. E. Radar detection of small-size UAVs // 2018 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology, 7-8 May 2018, Ekaterinburg, Russia, pp 371 - 374. DOI: 10.1109/ US-BEREIT.2018.8384626

Tomsk area museum of communication

Sharygina L. I.

Tomsk State University of Communication Systems and Radioelectronics
 Lenin av. 40, Tomsk 634060, Russian Federation
 gssh@mail.tomsknet.ru

Abstract: Information about museum of communication history opened in May 1996 in Tomsk. Now there are about 2300 museum pieces: apparatus, models, documents, photos, videos.:

Keywords: history of electronics, museum, telephone, telegraph, TV set.

Музей связи Томской области в г. Томске

Шарыгина Л. И.

Томский государственный ун-т систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)
 пр. Ленина, 40, Томск, 634060, Россия
 gssh@mail.tomsknet.ru

Аннотация: Представлена информация об открытом в мае 1998 г. Музее истории связи в г. Томск. В настоящее время в музее насчитывается около 2300 экспонатов: аппаратура, модели, документы, фотографии, видеофильмы.

Ключевые слова: история электроники, музей, телефон, телеграф, телевизор.

1. Введение

Технические знания в области электроники развивались необычайно быстро. Например,

- телефон прошел путь от идеи до первого аппаратного образца за 56 лет;
- радио покрыло эту дистанцию за 35 лет;
- радару понадобилось всего 15;
- телевизору — 14;
- транзисторам — 5 лет.

А сегодня уже срок в один год (первый пример — Интернет), никого особенно не удивляет, и современному молодому человеку со смартфоном трудно представить как все начиналось. Чтобы осмыслить путь, необходимо хотя бы частично пройти его.

Музеи могут помочь почувствовать разницу и понять прошлое.

2. Томский музей

Музей истории связи в г. Томск, который был открыт в мае 1998 года. Идея создания музея возникла спонтанно — руководство тогда еще «Томсктелекома» (сейчас «Сибирьтелекома»), на одном из отраслевых конкурсов было поражено предоставленным многообразием историй о людях и событиях, способствовавших развитию связи. Так было решено создать музей истории связи.

Экспозиция начиналась с 700 единиц, а сейчас музей насчитывает порядка 2300 предметов — в их числе аппаратура, модели, документы, фотографии, видеофильмы.

Наиболее старинные предметы относятся к XIX в. Все они в разное время использовались на территории Томской области. Пополнять экспозицию музея приходилось аппаратами связи, не только сохранившимися в складских помещениях и у бывалых связистов, но и обращаясь за помощью к коллекционерам.

Экспонаты продолжают поступать в музей до сих пор. Все приборы — от аппарата Морзе до коммутаторов АТС, первых радиоприемников, телевизоров и первых сотовых телефонов (к слову, некоторые из них весят 8—12 кг!) — действующие. Отремонтированные и восстановленные, они получили вторую жизнь и теперь служат сохранению памяти, передаче ее от поколения к поколению.

Знакомство с экспонатами Музея истории связи, находящегося в здании «Сибирьтелекома», начинается уже в лифте, пока поднимаешься с первого на четвертый этаж. Здесь на протяжении многих лет «живет» старый советский таксофон.

Во время экскурсии по музею можно не только послушать интересные истории о работе телефонисток, но и попробовать себя в этой профессии. Стоит отметить, что во время экскурсий в музей, каждый желающий может не только послушать интересные и увлекательные истории, но и попробовать себя в роли телефониста, так как все экспонаты являются рабочими и их можно испытать.

Помимо телефонии, экспозиция показывает развитие телеграфа, радио и телевидения.

В музей проходят экскурсии. В числе посетителей — жители и гости Томска и области, студенты вузов, учащиеся колледжей, работники томских предприятий, иностранцы.

На рисунках 1—9 показаны некоторые экспонаты Музея связи Томской области.



Рис. 1. Громкоговорители и детекторный приемник.

Fig. 1. A speaker and a detector receiver



Рис. 2. Детекторный приемник (крупным планом).

Fig. 2. The detector receiver (inlarged)



Рис. 3. Телевизор с механической разверткой на 30 строк, размер экрана 12×16 мм (с линзой 27×35 мм), 1936 г.

Fig. 3. TV set with the mechanic 30 lines sweeping, screen 12×16 mm (with a lens 27×35 mm). 1936



Рис. 4. Приемник звукового сопровождения к механическому телевизору.

Fig. 4. The sound receiver of a mechanic TV set



Рис. 5. Характеристики приемника звукового сопровождения к механическому телевизору.

Fig. 5. Parameters of the mechanic TV set sound receiver

В музее находится экземпляр детекторного приемника (рис.1, 2). Для его настройки необходимо, как и в старые радиоловительские времена, найти наилучшую контактную точку.

В первых телевизорах изображение и звук передавались отдельными устройствами (рис. 3, 4), диаметр экрана составлял 12×16 мм. Даже линза не позволяла рассмотреть изображение, которое и была весьма нечетким, в том числе из-за малого числа строк.

А все начиналось с телеграфа, первых экземпляров которого в Томске нет. Но есть уже буквопечатающий телеграфный аппарат, работу которого можно попробовать (рис. 6), и телеграфный коммутатор (рис. 7).



Рис 6. Fig. 6



Рис. 7. Телеграфный коммутатор системы МБ 40×2 (производство США, 1942 г.), получен по ленд-лизу.

Fig. 7. Telegraph commutator of system МБ 40×2 (USA production), received by lend-lease

Есть даже копия телефона А. Белла (рис. 8) и громкоговоритель с прекрасным звуком (рис. 9). Такие громкоговорители были во всех городах и по ним во время войны сообщались последние известия.

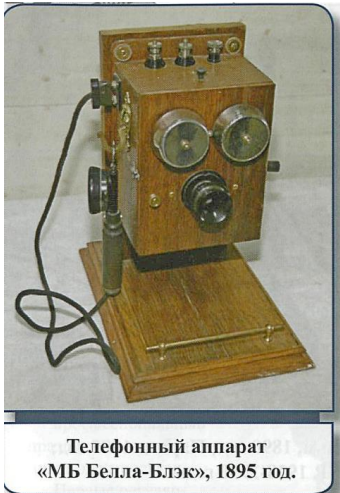


Рис. 8. Fig. 8



Рис. 9. Репродуктор «Рекорд», изготовлен на заводе им. Калинина. 1926 г.

Fig. 9. The speaker «Рекорд», produced at the plant named after Kalinin. 1926



Рис. 9. Общий вид музея.

Fig. 9. The museum room

3. Заключение

Экспонаты продолжают поступать в музей до сих пор. Сегодня у музея две главные особенности. Во-первых, здесь собрано почти все оборудование, на котором работали и работают связисты, — от первых дней существования отрасли до нынешних времен. Во-вторых, все приборы — от аппарата Морзе до коммутаторов АТС, первых радиоприемников, телевизоров и первых сотовых телефонов (к слову, некоторые из них весят 8—12 кг!) — действующие. Отремонтированные и восстановленные, они получили вторую жизнь и теперь служат сохранению памяти, передаче ее от поколения к поколению. Музей связи Томской области в г. Томске вносит свой скромный вклад в историю радиоэлектроники [1].

Список литературы

1. Шарыгина Л. И. История радиоэлектроники. Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2017. 548 с.

References

- [1] L. I. Sharygina, *Istoriya radioelektroniki* [History of radio electronics]. Tomsk: TUSUR Publ., 2017. (In Russ.).

Researcher of the tropospheric radio channels over the sea surface. In memory of Professor G. S. Sharygin (1934–2018)

Yermolov P. P.

*Institute of Radio Electronics and Information Security
Sevastopol State University
33, Universitetskaya Str., Sevastopol, 299053, Russian Federation
p.p.yermolov@mail.ru*

Abstract: On the 6th of January, 2018, passed away German Sergeyevich Sharygin, a well-known specialist in the research area of tropospheric radio channels over the sea surface, one of the important professors in the history of the Tomsk University of Control Systems and Radio Electronics, a doctor of technical science, a Honoured Worker of Russian Federation Science, an honourable officer of the higher professional education, and a distinguished professor of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. The paper presents Prof. Sharygin's biography, parts of his previously unpublished papers. His interest in history and methodology of science and technique, is also mentioned with the fact that Prof. Sharygin took part in the 2nd Region 8 IEEE Conference on the History of Telecommunications (Madrid, 2010), and in the session of "History and methodology of radio technology and telecommunication" at CriMiCo conference (Sevastopol, 2014 and 2015). Some events connected with his departure are mentioned in the present paper.

Keywords: Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, history and methodology of science and technology.

Исследователь тропосферных радиоканалов над морской поверхностью. Памяти профессора Г. С. Шарыгина (1934—2018)

Ермолов П. П.

*Институт радиоэлектроники и информационной безопасности
Севастопольского государственного университета
ул. Университетская, 33, Севастополь, Россия, 299053
p.p.yermolov@mail.ru*

Аннотация: 6 января 2018 г. ушел из жизни Герман Сергеевич Шарыгин — известный специалист в области исследования тропосферных радиоканалов над морской поверхностью, один из самых заметных профессоров в истории становления и развития Томского государственного университета систем управления и

радиоэлектроники, доктор технических наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный работник высшего профессионального образования, заслуженный профессор ТУСУРа. В докладе приведены краткие биографические сведения, цитирование из неопубликованных воспоминаний Г. С. Шарыгина, отражен факт его интереса к вопросам истории и методологии науки и техники, а также участия в работе 2nd Region 8 IEEE Conference on the History of Telecommunications (Мадрид, 2010 г.) и в работе секций по направлению «История развития радиотехнологий и телекоммуникаций, история и методология науки и техники» конференции КрыМиКо (Севастополь, 2014 и 2015 гг.). Освещаются события, связанные с уходом Г. С. Шарыгина из жизни.

Ключевые слова: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, история и методология науки и техники.

1. Введение. Краткая биография

Герман Сергеевич родился 18 сентября 1934 году в Москве. В 1957 г. с отличием окончил радиотехнический факультет Томского политехнического института, в котором остался работать преподавателем. В 1962 г. вместе с радиотехническим факультетом перешел в новый томский вуз — ТУСУР. Здесь в период 1962—1967 гг. заведовал кафедрой радиоприемных устройств, а с 1974 по 2015 гг. — кафедрой радиотехнических систем. В период 1986—1991 гг. — декан РТФ, с 1991 по 1999 гг. — проректор университета по научной работе. Герман Сергеевич Шарыгин — создатель и научный руководитель научной школы по анализу и синтезу радиотехнических систем, НИИ радиотехнических систем ТУСУРа, академик Международной академии наук высшей школы и Академии инженерных наук Российской Федерации, член бюро научного совета РАН по комплексной проблеме «Рас-



Рис. 1. Г. С. Шарыгин. 1990-е гг.

Fig. 1. G. S. Sharygin. 1990s

пространение радиоволн», член IEEE, председатель и член диссертационных советов, заслуженный деятель науки Российской Федерации. Награжден несколькими именными медалями Федерации космонавтики России, медалью Академии инженерных наук РФ «За вклад в развитие инженерных наук», знаком «Изобретатель СССР», юбилейной медалью «За доблестный труд», отмечен грамотами и благодарностями университета, городской и областной администраций, Совета ректоров вузов Томской области, а также российских предприятий.

В докладе приведены краткие биографические сведения, цитирования из неопубликованных воспоминаний Г. С. Шарыгина, отражен факт его интереса к вопросам истории и методологии науки и техники, а также участия в работе 2nd Region 8 IEEE Conference on the History of Telecommunications (Мадрид, 2010 г.) и в работе секций по направлению «История развития радиотехнологий и телекоммуникаций, история и методология науки и техники» конференции КрыМиКо (Севастополь, 2014 и 2015 гг.). Освещаются события, связанные с уходом Г. С. Шарыгина из жизни.

2. Из воспоминаний¹

В декабре 1958 года сотрудниками кафедры радиотехнической аппаратуры Томского политехнического института был составлен отчет по 1-му этапу научно-исследовательской работы «Пункт-МВО», выполнявшейся по заказу Главного артиллерийского управления Министерства обороны СССР. Аббревиатура «МВО» означала принадлежность исполнителя к Министерству высшего образования и свидетельствовала о том, что работа выполняется по решению правительственного органа — Комиссии по военно-промышленным вопросам при Совете министров СССР. Научным руководителем работы был доцент Е. И. Фиалко, ответственным исполнителем — кандидат технических наук Ф. И. Перегудов. В составлении отчета принимали участие молодые аспиранты В. П. Денисов, Б. П. Дудко, Б. А. Редькин, Г. С. Шарыгин, инженеры Г. Б. Григорьев, Б. Я. Маслов, Э. К. Немирова, Н. А. Сысоев, В. А. Федоров. Четверо из этой группы исследователей стали в дальнейшем докторами наук, двое — Г. С. Шарыгин и В. П. Денисов — до настоящего времени работают на кафедре РТС.

НИР «Пункт-МВО» являлась родоначальником большой серии научных исследований в области радиолокации и распространения волн радиолокационного диапазона в тропосфере над поверхностью суши и моря. Сформировавшийся в те далекие годы коллектив научных работников и инженеров оказался весьма стабильным и устойчивым к разного рода жизненным переменам и испытаниям. В 1962 году этот коллектив в составе РТФ ТПИ был переведен во вновь организованный Томский институт радиоэлектроники и электронной техники.

В новом вузе возникла лаборатория, затем отдел, а затем и НИИ радиотехнических систем, в котором за прошедшее время были успешно выполнены более 30 крупных научно-исследовательских работ государственного значения.

¹ Шарыгин Г. С. Подвиг экспериментатора (рукопись). Материал предоставлен вдовой Г. С. Шарыгина — профессором Людмилой Ивановной Шарыгиной.

Как возникают научные школы? Что движет энтузиастами и заставляет их забывать обо всем ради своей работы? Ведь они жертвуют многим: своим материальным благополучием, временем, здоровьем, часто даже своей семейной жизнью. Мгновенье успеха приходит после многих месяцев и даже лет тяжелого труда, без вечернего отдыха, без выходных, без отпуска. Что это — самоотверженность и подвиг ради идеи или то, что приносит высшее удовлетворение и называется счастьем? И что мы должны испытывать, глядя на этих людей, — жалость или зависть? Презрение или восхищение?

Нет однозначного ответа на эти вопросы. Каждый отвечает на них по-своему. Часто встает вопрос — какую работу можно считать научной, а какую — нет. Я для себя решил этот вопрос так: задачами научного поиска является либо получение новых, ранее не известных, фактов и сведений о природных явлениях, либо осмысливание этих данных, приведение их в стройную систему и создание соответствующих моделей. Первую из этих задач преимущественно решают экспериментаторы, вторую — теоретики. Экспериментаторы всегда находятся на переднем крае науки, именно новые факты дают толчок к разработке гипотез и теорий. А поиск фактов начинается тогда, когда у общества возникают новые потребности. В нашем случае — необходимость достижения таких показателей в радиолокационных измерениях, которые не могла обеспечить существующая аппаратура. В конце 50-х годов потребовалось измерять направление на цель с ошибкой не более 10—20 угловых секунд в 50—100 раз точнее, чем было до этого достигнуто.

Именно такая задача и была поставлена перед нами в те далекие годы. Задача настолько сложная, что и сейчас она решена не полностью. Но мы были молоды, полны энтузиазма и оптимизма. Почти сразу стало ясно, что основная трудность не в создании аппаратуры, а в преодолении тех трудностей и ограничений, которые накладывает среда распространения радиоволн. А каковы эти ограничения, можно было решить только путем опыта, эксперимента. Тогда и началась наша экспедиционная эпопея.

В молодости человек берется за такие дела, что, будь он поопытнее и постарше, никогда бы не влез в эту авантюру. Но авантюризм в науке необходим. Ведь в том и состоит научная проблема, что никто не знает ответа на поставленный вопрос и часто даже не знает, как к нему подступиться. Человек осторожный не возьмется за проблему — и найдет тому десяток объективных причин и оправданий. А авантюрист возьмется. Ведь знания и опыт — дело наживное, если голова на плечах. Недаром говорят, что дорогу осилит идущий. И если взяться за дело с охотой и упорством, то рано или поздно проблема будет решена.

Первая экспедиция на левый берег реки Томи была организована нами в 1960 году. В памяти остались снежные заносы, холодная заводка дизелей, ночное замерзание к стенке вагончика, вооруженное «отражение атаки» местного пса на секретную технику, круглосуточные дежурства около самодельных приемников, первое изобретение студента-дипломника Марка Райзмана, предложившего метод сверхточных измерений «на подручных средствах», среди замерзших волноводов и разбросанных полушубков. И гордая поездка лаборанта Андрианова на гусеничном артиллерийском тягаче по улицам Томска на глазах у изумленных и растерявшихся гаишников. Возвращались из первой экспедиции через Томь на тягачах и тяжелых машинах по льду, залитому весенней водой, рискуя жизнью, стоя на ступеньках открытых кабин и каждую секунду ожидая катастрофы.

Экспедиции последовали одна за другой, почти каждый год, летом и зимой. Курлек и Варюхино, Ярское и Зелеевское, Мальцево и Юрга, Новосибирская и Кемеровская область, тягачи, автомашины, геодезические вышки, антенны, дизельные электростанции, мороз и жара, снег и грязь. Зимой от ближайшей дороги ходили «на точку» пешком по 15—20 км, в мороз и пургу. «Капкан-один, я Капкан-два, как слышите меня? Прием...»

Работа «Пункт-МВО» была успешно завершена, ее результаты переданы для опытно-конструкторских разработок в Томское КБ «Проект» и в один из ленинградских НИИ. Как раз в это время был организован ТИРиЭТ, и мы сразу, без «раскачки», бросились в очередную авантюру. На сей раз нашим заказчикам потребовалось с самолетов обнаруживать работающие радиолокационные станции далеко за пределами горизонта. Таких систем в Советском Союзе, да и нигде в мире не было. Снова потребовались эксперименты, но такие, которые имитировали бы расположение приемной аппаратуры высоко над землей. Пришлось из Сибири перебазироваться в горы. Подходящее место нашли на восточном Кавказе, в горах Дагестана, а передатчики РЛС расположили в пустыне Кара-Кум, на другом берегу Каспийского моря. В глазах стоит красивый белый город Шевченко без единой капли природной воды, бесконечные пески, верблюды, взявшийся неизвестно откуда и съевший у нас ящик мыла, тысячи заснувших осетров, почему-то выбросившихся на берег. Были и трагикомические случаи. В горах Дагестана машина с главным бухгалтером нашего вуза, который ехал проверять, правильно ли мы расходует государственные средства, сорвалась в пропасть, и, слава Богу, он отделался только переломом руки. После этого И. В. Пахотнов без слов подписывал все наши финансовые требования.

Толя Ерохин, Боря Рыбаков, Олег Киселев, Коля Барабанов, Гриша Глазов, Ваап Сеитов, Валя Слюсарчук, Юра Полищук, Камил Нафигин — сколько их было, самоотверженных энтузиастов, настоящих друзей, романтиков шестидесятых годов!

1963 год. Мы — я, О. Н. Киселев и А. В. Ерохин — в горах Дагестана выбираем место для будущей научно-экспериментальной базы. Пройдет год, и на этом голом обрыве на высоте 2500 метров вырастет палаточный городок, будут установлены антенны и аппаратные кабины, десятки студентов, аспирантов и молодых научных работников будут круглосуточно принимать сигналы, посылаемые нашими товарищами из пустыни Кара-Кум через Каспийское море.

В 1971 году лаборатория РТС вышла на новую орбиту. Интересы Военно-Морского Флота [СССР] потребовали исследований так называемого дальнего тропосферного распространения радиоволн (ДТР). Еще в 40-х годах было замечено, что радиолокационные станции на южном берегу Крыма иногда «видят» турецкие берега, а иногда не могут обнаружить цели даже на расстояниях в 30—50 километров. Проблема оказалась настолько важной и многоплановой, что на ее решение были направлены усилия многих научных учреждений Ленинграда, Харькова, Москвы, Томска и других городов. Работы коллектива нашего университета заняли в этих исследованиях достойное место. В восточной части Черного моря нами был создан большой полигон с научно-экспериментальными базами в районах Судак — Феодосия и Туапсе — Сочи — Очамчиры. Целыми железнодорожными составами вывозилось из Томска в эти районы и устанавливалось оборудование, сооружались антенные системы, линии связи и управления. В работах участвовали десятки сотрудников и студентов. Рядом с нашим антенным полем располагался экспедиционный отряд СФТИ Томского госуниверситета во главе с В. Б. Фортесом, в исследованиях участвовали корабли и полигоны Черноморского флота.

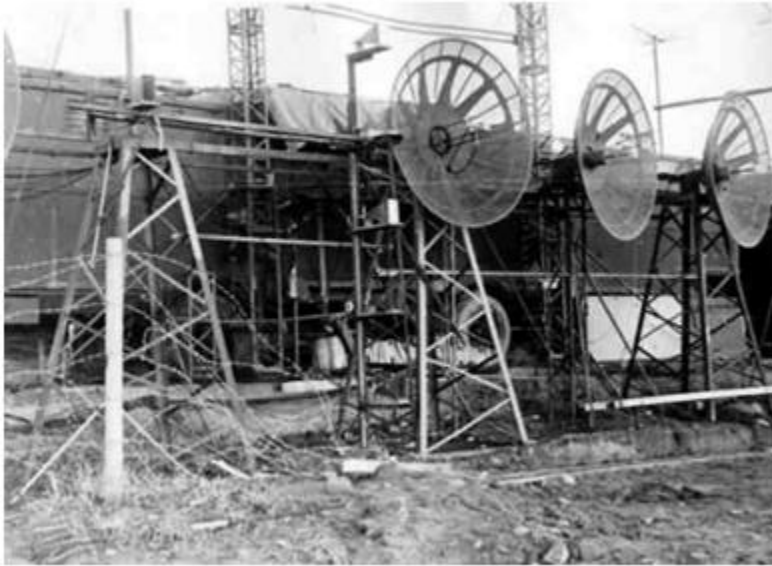


Рис. 2. Монтаж антенн на полигоне. Fig 2. Mounting of antennas at the range

В 1976 году, воспользовавшись временным отсутствием нашего экспедиционного отряда и задержкой выхода очередного постановления Правительства о продлении работ, директор винсовхоза «Солнечная долина» с помощью бульдозеров разрушил нашу с таким трудом построенную базу на берегу Черного моря. Он мало кого боялся — в его совхозе угощались изысканными винами самые высокопоставленные лица СССР и зарубежных стран.

К тому времени мы уже ориентировались на развертывание широких исследований в Дальневосточном регионе. Советский Военно-Морской Флот утверждал свое присутствие на океанах, и, естественно, исследования характеристик радиосигналов, влияющих на работу корабельных и береговых радиосистем, нужно было проводить в условиях, максимально приближенных к реальному театру действий флота.

На нашу долю выпал Тихий океан — невообразимо громадный и разнообразный по своим условиям район Мирового океана. Последовало несколько рекогносцировок, а затем — строительство и эксплуатация Охотского радиофизического полигона в южной части Охотского моря с базами на островах Сахалин и Итуруп. Кроме полигона, для исследований использовались специально оборудованные нами научно-исследовательские суда, вертолеты и самолеты.

Регулярные исследовательские работы на Дальнем Востоке начались с 1977 года. Общее время сложнейших измерений составило более 4000 часов. В 1977—1986 гг. были проведены 40 рейсов научно-исследовательских судов Гидрометслужбы и Гидрографического управления ВМФ, на которых работали наши сотрудники со своей аппаратурой. Для сопоставления результатов с метеорологическими условиями было использовано 1,2 млн метеорологических и около 40 тысяч аэрологических наблюдений. В работах, координируемых нашим институтом, принимали участие научные организации и учреждения Владивостока, Иркутска, Йошкар-Олы, Томска и других городов.



Рис. 3. Fig. 3



Рис. 4. Fig.4

1984 год. На рис. 3 показана одна из позиций на острове Сахалин. Здесь, «на краю света», были размещены 12 РЛС, для перевозки которых потребовался целый железнодорожный состав. В 500 километрах отсюда — остров Итуруп. Там круглые сутки принимали сигналы этих станций сотрудники, аспиранты и студенты кафедры РТС.

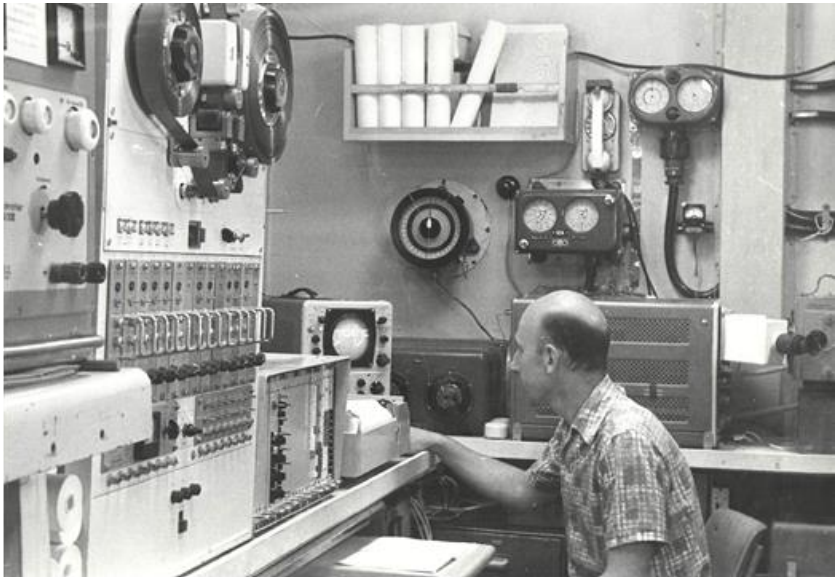


Рис. 5. Fig. 5

На рис. 4 — так называемая «Чебурашка» — система антенн на НИС «Академик Шишов», сделанная руками сотрудников отдела РТС в 70-х годах. На этом судне десятки научных сотрудников, инженеров и аспирантов «прошли боевое крещение» в плаваниях по Тихому и Индийскому океанам. С помощью аппаратуры собственного изготовления принимались радиосигналы береговых и корабельных передатчиков на расстояниях до 1000 км. Американские полицейские и журналисты смотрели на нас подозрительно — никак не верили, что мы всего-навсего исследуем распространение радиоволн.

На рис 5. — наша лаборатория на НИС «Академик Шишов». Здесь днем и ночью несли вахту профессора Е. С. Коваленко и В. П. Денисов, доценты Л. Я. Серебrenников и В. И. Тисленко, инженеры А. В. Лопатин, И. Л. Корнеев, Л. Н. Бабушкин, В. И. Белов, Е. В. Малиновская, О. О. Вальнер и многие, многие другие [на фото — Г. С. Шарыгин]. Компьютеров не было, писали на 12-канальный магнитограф. А в перерывах — кальмары и киты, проливы и вулканы, Полярная звезда и Южный Крест, штормы и штили, кокосовые пальмы и ледовые поля, Сингапур, Фиджи, Папуа — Новая Гвинея и Гавайские острова. Всю оставшуюся жизнь мы не забудем эти 40 рейсов 70—80-х годов.

Работы нашего коллектива были высоко оценены и широко использовались при разработке новых радиолокационных средств. Поздравляя меня с пятидесятилетием, командование Научно-исследовательского института ВМФ отмечало: «С чувством глубокого уважения к Вам и Вашим заслугам в развитии радиофизики выражаем Вам особую признательность за Ваше личное участие в работах над решением актуальных проблем в интересах нашего Военно-Морского Флота. Выражаем уверенность, что наше тесное сотрудничество с Вашим научным коллективом будет способствовать дальнейшему развитию средств Военно-Морского Флота».

Я вспоминаю имена и фамилии тех, кто в разные годы трудился в лаборатории, в отделе, на кафедре и в НИИ радиотехнических систем. Мне повезло — какие прекрасные и чистые люди окружали меня всю жизнь! О каждом из них можно написать книгу или рассказ, каждый неповторим, каждый — профессор или шофер — оставил свой след в истории нашего славного коллектива. Хочется, чтобы, найдя себя в списке ветеранов, каждый из них знал, что его труд не забыт, что он навсегда остается вместе со своими друзьями и соратниками, чтобы каждый вспоминал и передавал детям и внукам энергию и азарт своей молодости.

3. История и методология науки и техники

Акцент на этом аспекте деятельности связан с близостью научных интересов автора настоящего доклада и Г. С. Шарыгина, которым опубликовано около 40 работ в этой области. Цитируемые три работы [1—3] далеко не исчерпывают всего объема исследований, а только свидетельствуют о фактах непосредственного с ним общения автора настоящего доклада на конференциях в Мадриде (2010) и Севастополе (2014, 2015).



Рис. 6. Г. С. Шарыгин, Л. И. Шарыгина, В. В. Шилов, О. В. Махровский, П. П. Ермолов, В. А. Китов. Мадрид, 3 ноября 2010 г.

Fig. 6. G. S. Sharygin, L. I. Sharygina, V. V. Shilov, O. V. Makhrovskiy, P. P. Yermolov, V. A. Kitov. Madrid, November 3, 2010

В докладе [1] рассмотрена история и результаты исследований дальнего тропосферного распространения радиоволн, которые были проведены в СССР во второй половине XX в., дан сравнительный анализ результатов исследований в этой области в СССР и США, отмечена роль и значение работ, выполненных Томским университетом систем управления и радиоэлектроники.

В докладе [2] приведен обзор экспериментальных исследований тропосферного загоризонтного распространения УКВ- и СВЧ-радиоволн над поверхностью северо-восточной части Черного моря, проведенных в Крыму в 30-х—70-х гг. XX в. Комплекс экспериментов позволил уточнить механизмы дальнего тропосферного распространения над морем, создать базу данных о множителе ослабления, пространственно-временных искажениях и частотно-селективных замираниях сигналов. На основе проведенных исследований была разработана методика прогноза множителя ослабления и сделан ряд рекомендаций по синтезу адаптивных радиолокационных систем.

В докладе [3] обосновывается необходимость изучения истории техники в высших технических учебных заведениях на примере истории радиоэлектроники. Раскрывается цель такого изучения и его значение для подготовки молодого специалиста, обладающего необходимыми компетенциями. Предлагаются формы и содержание учебного процесса, делается обзор необходимого учебно-методического обеспечения.

6. Уход из жизни

Герман Сергеевич скончался 6 января на 84-м году жизни.

Прощание с профессором Г. С. Шарыгиным состоялось 9 января 2018 г. с 10:30 до 12:00 по адресу: г. Томск, просп. Ленина, 40, главный корпус ТУСУРа, 2-й этаж, актовый зал. Поминальный обед состоялся в 14:30 в столовой корпуса РК.

Соболезнования по поводу кончины Германа Сергеевича выразили, в частности, АО «Информационные спутниковые системы им. акад. М. Ф. Решетнёва» и Научный совет «Распространение радиоволн» Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН (рис. 7, 8).

7. Заключение

Творческая деятельность профессора Г. С. Шарыгина, специалиста в области исследования тропосферных радиоканалов над морской поверхностью, одного из самых заметных профессоров в истории становления и развития Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, заслуживает более детального исследования.



Акционерное общество
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ»
имени академика М.Ф. Решетнёва



ул. Ленина, д. 51, г. Железнодорожный, ЗАТО Железнодорожный, Красноярский край, Российская Федерация, 662971
Тел. (3919) 76-40-02, 72-24-39, Факс (3919) 72-24-35, 75-41-46, e-mail: office@info-reshetnev.ru, http://www.info-reshetnev.ru
ОГРН 1032452000299, ИНН 245204898

Дата: 09.01.2018 Иск: 791-8/2 Стр: 1

Кому	Адрес	Факс
Ректору ТУСУР, д. т. н., профессору А.А. Шелупанову	Проспект Ленина, д. 40, г. Томск, 634050	(382 2) 513-262, 526-365

Тема:

Ссылка:

Уважаемый Александр Александрович!

Администрация акционерного общества «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва приносит свои соболезнования коллективу Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, родственникам и близким в связи с уходом из жизни инициатора и куратора активного сотрудничества между нашими организациями, заслуженного профессора университета Шарыгина Германа Сергеевича – яркого научного деятеля, выдающегося педагога, отзывчивого и ответственного человека.

Генеральный директор

И.А. Тестоводов

Рис. 7. Fig. 7.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ ИМ. В.А. КОТЕЛЬНИКОВА РАН
НАУЧНЫЙ СОВЕТ
“РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН”

125009, Москва, центр,
улица Моховая, 11, корпус 7
телефон 8-495-629-34-37,
факс 8-495-629-36-78,
E-mail: rdn@tospon.ru

Ректору ТУСУР А. А. Шелупанову

“ 8 ” января 2018 г.

Научный Совет РАН «Распространение радиоволн» выражает глубокое соболезнование родным, близким и коллегам в связи со смертью доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, действительного члена Международной Академии наук высшей школы и Академии инженерных наук Российской Федерации, члена Академии электромагнетизма и IEEE (США) Шарыгина Германа Сергеевича.

Шарыгин Герман Сергеевич является одним из ярких представителей российских ученых в области радиофизики. Им были выполнены несколько важных циклов работ, во многом определивших состояние радиолокации и радионавигации, спутниковых систем радиомониторинга в отечественной науке.

Г.С. Шарыгин — неизменный организатор и участник Всесоюзных и Всероссийских конференций, симпозиумов, семинаров и научных школ по распространению и дифракции волн. На протяжении многих лет Герман Сергеевич был членом бюро и председателем Западно-сибирского отделения Научного Совета РАН «Распространение радиоволн».

Мы глубоко скорбим по поводу кончины Шарыгина Германа Сергеевича. От нас ушел интеллигентный, образованный человек. Его человеческая теплота, открытость, желание сотрудничать и делиться своим огромным опытом, постоянная готовность к совместной работе спускали заслуженное уважение и признательность окружающих. Жизненный путь Германа Сергеевича является ярким примером величия человека труда и долга. Таким он и останется в нашей памяти.

От имени Научного Совета РАН

Председатель Научного Совета,
д.ф.-м.н., профессор
Зам. Председателя,
д.ф.-м.н., профессор
Зам. Председателя,
д.ф.-м.н., профессор
Учебный секретарь,
к.ф.-м.н., доцент

Д.С. Лукин

Б.Г. Кутуза

А.С. Крюковский

Д.В. Растягив

Рис. 8. Fig. 8.

Список литературы

1. Sharygin G., Sharygina L. Long-distance tropospheric propagation investigations in USSR last century. В кн. : 2nd Region 8 IEEE Conference on the History of Telecommunications : A Century of Broadcasting — HISTELCON 2010 (Мадрид, 3—5 нояб. 2010 г.). 2010. С. [237—241].
2. Шарыгин Г. С., Шарыгина Л. И. Исследования тропосферного распространения радиоволн над поверхностью Черного моря. В кн. : 24-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» — КрыМиКо'2014 (Севастополь, 7—13 сент. 2014 г.). 2014. Т. 1. С. 47—48.
3. Шарыгина Л. И., Шарыгин Г. С. Изучение истории радиоэлектроники в техническом вузе. В кн. : 25-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» — КрыМиКо'2015 (Севастополь 6—12 сент. 2015 г.). 2015. Т. 1. С. 59—60.

References

- [1] G. Sharygin and L. Sharygina, “Long-distance tropospheric propagation investigations in USSR last century,” in *A Century of Broadcasting (HISTELCON), 2010 2nd Region 8 IEEE Conference on the History of Telecommunications*, 2010, pp. [237–241].
doi: 10.1109/HISTELCON.2010.5735321
- [2] G. S. Sharygin and L. I. Sharygina, “Investigations of troposphere radiowave propagation over the Black sea surface,” in *Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo), 2014 24th International Crimean Conference*, 2014, pp. 47–48. (In Russ.).
doi: 10.1109/CRMICO.2014.6959286
- [3] L. I. Sharygina and G. S. Sharygin, “Study of electronics history in a technical university,” in *Microwave and Telecommunication Technology (CriMiCo), 2015 25th International Crimean Conference*, 2015, pp. 59–60. (In Russ.).

Scientist, teacher, enthusiast of science. In memory of Professor V. K. Marigodov (1930–2018)

Afonin I. L., Baburov E. F., Yermolov P. P.
Institute of Radio Electronics and Information Security
Sevastopol State University
33, Universitetskaya Str., Sevastopol, 299053, Russian Federation
p.p.yermolov@mail.ru

Abstract: *On the 17th of June, 2018, passed away a specialist in the area of increase in immunity of data-transmission systems, one of the most noticeable professors in the history of Sevastopol State University's establishment and development — a Doctor of Technical Science, a honourable worker of the national education of Ukraine, the author of more than 700 scientific works including more than 10 monographs issued by the main publishing houses of the Soviet era: “Nauka”, “Radio i svyaz”, “Energoatomizdat” (Moscow), “Naukova dumka”, “Vyshcha shkola”, “Tekhnyka” (Kiev) etc. The report contains the periodization of the creative activity of Professor V. K. Marigodov, as well as some events related to his passing.*

Keywords: *immunity of data-transmission systems, adaptive pre-distortion and signal adjustment, game-theoretic method, ergonomic-heuristic approach, Sevastopol State University.*

Ученый, учитель, организатор науки. Памяти профессора В. К. Маригодова (1930—2018)

Афонин И. Л., Бабуров Э. Ф., Ермолов П. П.
Институт радиоэлектроники и информационной безопасности
Севастопольского государственного университета
ул. Университетская, 33, Севастополь, Россия, 299053
p.p.yermolov@mail.ru

Аннотация: *17 июня 2018 г. ушел из жизни специалист в области повышения помехоустойчивости систем передачи информации, один из самых заметных профессоров в истории становления и развития Севастопольского государственного университета — доктор технических наук, заслуженный работник*

народного образования Украины, автор более 700 научных работ, в числе которых более 10 монографий в центральных издательствах советского времени: «Наука», «Радио и связь», «Энергоатомиздат» (Москва), «Наукова думка», «Вища школа», «Техніка» (Киев) и др. В докладе проведена периодизация творческой деятельности профессора В. К. Маригодова, а также освещаются события, связанные с его уходом из жизни.

Ключевые слова: помехоустойчивость систем передачи информации, адаптивное предсказание и корректирование сигналов, теоретико-игровой метод, эргономико-эвристический подход, Севастопольский государственный университет.

1. Введение

Профессор В. К. Маригодов — одна из самых заметных фигур в истории становления и развития Севастопольского государственного университета. Доктор технических наук, заслуженный работник народного образования Украины, В. К. Маригодов является автором более 700 научных работ, в числе которых более 10 монографий в центральных издательствах советского времени: «Наука», «Радио и связь», «Энергоатомиздат» (Москва), «Наукова думка», «Вища школа», «Техніка» (Киев) и др. С 1965 года В. К. Маригодов трудился в коллективе университета, являясь не только одним из ведущих преподавателей, но и руководителем ряда структурных подразделений. Он 18 лет заведовал кафедрой радиоустройств и кафедрой электротехники, 7 лет был проректором по учебной работе. Им подготовлено 5 докторов и 16 кандидатов технических наук [1, 2].



Рис. 1. В. К. Маригодов. 1980-е гг.

Fig. 1. V. K. Marigodov. 1980s

В настоящем докладе проведена периодизация творческой деятельности профессора В. К. Маригодова, а также освещаются события, связанные с его уходом из жизни.

2. Краткая биография

В. К. Маригодов родился 14 июня 1930 г. в городе Городня Черниговской области в семье учителей. В 1949 г. окончил Городнянскую среднюю школу с серебряной медалью, хотя имел все отличные оценки (в облоно исправили оценку по устному экзамену по геометрии на «хорошо» и не дали золотой медали, потому, по-видимому, что проживал на временно оккупированной немцами территории).

В 1949 г. поступил, а в 1954 г. окончил факультет радиосвязи и радиовещания Ленинградского электротехнического института связи им. М. А. Бонч-Бруевича. Получив диплом инженера радиосвязи, В. К. Маригодов был направлен по распределению в Омск на радиозавод им. А. С. Попова, где работал инженером, старшим инженером конструкторского отдела, старшим мастером цеха, инженером контрольно-приемного аппарата начальника войск связи, старшим инженером радиолaborатории. В свободное время участвовал в создании Омского телецентра, за что награжден Почетной грамотой Омского горкома КПСС. С 1960 по 1962 гг. работал начальником лаборатории Опытного конструкторского бюро, радиозавода.

В 1959 г. поступил в заочную аспирантуру кафедры телевидения Ленинградского электротехнического института связи им. М. А. Бонч-Бруевича. В 1962 г. в качестве представителя Госкомитета по экономическим связям при Совете Министров СССР В. К. Маригодов выполнял работу по рекламации радиоаппаратуры в Сирийской Арабской Республике.



Рис. 2. Из фондов музея СевГУ. Инв. № 1518.

Fig. 2. From collections belonging to SevSU museum. Item. no 1518

В конце 1962 г. В. К. Маригодов переезжает в г. Ленинград, где по 1965 г. работает старшим инженером НПО им. Коминтерна, участвуя в создании первой в стране радиолинии метеорной связи Ленинград — Одесса.

В 1965 г. Минвузом УССР Маригодов В. К. был направлен на преподавательскую работу в Севастопольский приборостроительный институт, где после избрания по конкурсу до 1975 г. работал доцентом на кафедре теоретических основ радиотехники. В 1966 г. защитил кандидатскую диссертацию в Ленинградском электротехническом институте им. М. А. Бонч-Бруевича, в 1967 г. был утвержден в звании доцента. С 1975 г. — проректор по учебной работе и заведующий кафедрой радиоустройств.

Преподавательскую работу доцент Маригодов В. К. успешно совмещал с общественной деятельностью: дважды избирался секретарем партбюро радиотехнического факультета, председателем профбюро этого же факультета, два срока избирался народным депутатом Ленинского района г. Севастополя, возглавлял Совет кафедр общественных наук.

В. К. Маригодов руководил аспирантами, являлся научным руководителем в общей сложности 32 хоздоговорных НИР, дважды был назначен ВАКом СССР председателем специализированного совета вуза по защите кандидатских диссертаций по двум специальностям: «Системы и устройства передачи информации по каналам связи» и «Радиотехнические измерения».

В 1985 г. В. К. Маригодов получил диплом и денежную премию Минвуза УССР, участвуя в конкурсе на лучшую научную работу (монография «Помехо-устойчивая обработка информации». М.: Наука, 1983).

С 1985 по 1987 гг. В. К. Маригодов работал начальником отдела СКБ «Прибой» при Севастопольском приборостроительном институте. В 1986 г. защитил докторскую диссертацию в Московском ордена Трудового Красного Знамени электротехническом институте связи, с 1987 г. — заведовал кафедрой электротехники и электроники, с 1988 г. — профессор.

В 1999 г. согласно указу Президента Украины В. К. Маригодов получил Почетный диплом Заслуженного работника народного образования, с 2006 г. стал государственным стипендиатом в области науки.

В. К. Маригодов выступал в качестве официального оппонента по докторским и кандидатским диссертациям в Москве, Ленинграде, Киеве, Рязани и других городах. Круг научных интересов профессора Маригодова В. К. относится к следующим основным направлениям науки: помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации, распознавание сложных образов, теоретико-игровой синтез сложных систем, теория массового обслуживания, энергетика, педагогика.

Под научным руководством В. К. Маригодова подготовлено 5 докторов наук и 16 кандидатов наук. В последние годы В. К. Маригодов выполнял работу научного редактора технических серий сборника научных трудов «Вестник СевНТУ» и других изданий, был членом докторского специализированного совета в ВМА им. П. С. Нахимова.

Полученные профессором В. К. Маригодовым результаты как теоретического, так и прикладного характера имеют большое значение для решения многих важных задач. Его работы в области помехоустойчивости и эффективности систем передачи информации явились важным вкладом в теорию связи, теорию игр и теорию массового обслуживания.

Всю творческую деятельность профессора В. К. Маригодова можно условно разделить на три периода.

3. Исследования 1963—1974 гг.

Повышение помехоустойчивости систем передачи информации путем введения предварительного искажения (предыскажения) передаваемых и корректирования принимаемых сигналов в условиях действия аддитивных и мультипликативных помех

Результаты исследований широко опубликованы в статьях, монографиях, авторских свидетельствах и патентах. Научное и практическое значение выполненных исследований характерно тем, что при помощи синтеза сравнительно простых устройств удалось получить значительное повышение помехоустойчивости как известных, так и вновь разрабатываемых систем передачи информации.

Следует отметить, что исследования, проводимые профессором В. К. Маригодовым в этот период, согласуются с исследованиями, выполняемыми в институте проблем передачи информации АН СССР (ИППИ АН СССР).

Киевское отделение научно-исследовательского института связи СССР (КОНИИС) использовало результаты исследований профессора В. К. Маригодова при их внедрении в системы связи. Выполнение ряда хозяйственных работ обеспечило практическую направленность проводимых исследований.

Новой областью исследований явилось использование предыскажения зондирующих и корректирования принимаемых сигналов в гидролокации. Полученные результаты позволили решить важную в теоретическом и практическом смысле задачу обнаружения малоразмерных и малоподвижных объектов.

4. Исследования 1974—1992 гг.

Использование теоретико-игрового подхода к задачам синтеза систем передачи информации с адаптивным предсказанием и корректированием

Наличие нестационарности в передаваемых сигналах, в частности в сигналах передаваемых изображений, вызвало необходимость создания адаптивных систем, способных обеспечить высокую помехоустойчивость с учетом проявляющейся нестационарности.

Системы с адаптивным предсказанием сигналов должны были реагировать как на плавное изменение основных статистических параметров передаваемых сигналов, так и на передачу сигналов с отличающимися спектральными плотностями мощности. Синтез таких систем обладает мировой новизной, которая подтверждена рядом авторских свидетельств и патентов на изобретения.

Заслугой профессора В. К. Маригодова является использование им теории игр для математического описания работы адаптивных систем и определения их эффективности. Теоретико-игровой подход позволил вскрыть возможности систем с адаптивным предсказанием передаваемых сигналов при наличии аддитивных помех с отличающимися спектральными плотностями. Результаты исследований опубликованы в статьях, монографиях, авторских свидетельствах и патентах.

5. Исследования с 1992 г.

Использование современных методов и технологий для решения актуальных задач передачи информации, распознавания образов, энергетики и вузовской педагогики

В эти годы профессор В. К. Маригодов при исследовании новых современных технических систем все больше внимания уделяет технико-экономическим характеристикам разрабатываемой аппаратуры.

Одновременно с этим актуальной становится проблема обучения студентов в вузах, и профессор В. К. Маригодов берется за решение многих аспектов педагогики, поиск оптимизации процесса обучения студентов. Понимая многоплановость этой проблемы, он рассматривает методы активизации познавательной деятельности. Новая социально-экономическая обстановка диктует свои условия при комплексной подготовке инженеров, и В. К. Маригодов исследует эти вопросы, обращая особое внимание на формирование творческой личности будущего инженера,

для чего рассматривает аспекты творчества и готовности к профессиональной деятельности выпускаемых вузами специалистов.

Следует отметить оригинальность исследования психологических процессов обучения студентов, для чего использованы эргономико-эвристический подход и теория массового обслуживания.

Обширными публикациями профессора Маригодова В. К., посвященными вопросам педагогики, имеют возможность пользоваться преподаватели как технических, так и гуманитарных вузов.



Рис. 3. В. К. Маригодов и ученики (П. П. Ермолов, Э. Ф. Бабуров, В. Б. Силев). 14 июня 2010 г.

Fig. 3. V. K. Marigodov and his students (P. P. Yermolov, E. F. Baburov, V. B. Silov). June 14, 2010

6. Уход из жизни

Владимир Константинович скончался 17 июня на 89-м году жизни.

Отпевание состоялось 21 июня в 10:30 в храме во имя святой великомученицы Варвары на кладбище «Кальфа» (5-й километр Балаклавского шоссе). На церемонии прощания присутствовали коллеги профессора Маригодова: И. Л. Афонин, Э. Ф. Бабуров, Е. Б. Башук, П. П. Ермолов, Н. Г. Канаки, Л. А. Краснодубец, А. Г. Лукьянчук, А. М. Олейников, В. В. Чмут.

На могилу Владимира Константиновича были возложены венки с надписями на лентах: «Уважаемому Владимиру Константиновичу от коллег кафедры РТ» и «Профессору Маригодову В. К. от учеников».



Рис. 4. Вдова Валентина Ивановна, её племянница Марина и сын Юрий. 21 июня 2018 г.

Fig. 4. Valentina Ivanovna, the widow, her niece Marina and son Yuri. June 21, 2018

7. Заключение

Творческая деятельность профессора В. К. Маригодова, специалиста в области повышения помехоустойчивости систем передачи информации, одного из самых заметных профессоров в истории становления и развития Севастопольского государственного университета, заслуживает более детального исследования.

Список литературы

1. Трощенко В. И. Севастопольский национальный технический университет: очерки становления и развития. Севастополь : СевНТУ, 2005. 180 с.
2. Бабуров Э. Ф., Ермолов П. П. О научной, педагогической и общественной деятельности Владимира Константиновича Маригодова (к 80-летию со дня рождения). В кн. : Маригодов Владимир Константинович... : биобиблиогр. указ. / под ред. П. П. Ермолова. Севастополь : Вебер, 2010. С. 3—8.

References

- [1] V. I. Troshchenko, *Sevastopol'sky natsional'ny tekhnichesky universitet : ocherki stanovleniya i razvitiya* [Sevastopol National Technical University: Essays on formation and development]. Sevastopol: SevNTU, 2005. (In Russ.).
- [2] E. F. Baburov and P. P. Yermolov, "O nauchnoy, pedagogicheskoy i obshchestvennoy deyatel'nosti Vladimira Konstantinovicha Marigodova (k 80-letiyu so dnya rozhdeniya)" [On the scientific, pedagogical and social activities of Vladimir K. Marigodov (To the 80th anniversary of birthday)], in *Marigodov Vladimir Konstantinovich... biobibliogr. index* / Ed. P. P. Yermolov. Sevastopol: Weber, 2010, pp. 3–8. (In Russ.).

Daryal-type VHF-band radar in Sevastopol. Dedicated to the 50th anniversary of the group's creation for construction of the 5N86 Dnepr radar station

Polyakov A. L., Didus T. S., Lysenko-Didus O. I., Yermolov P. P.

Institute of Radio Electronics and Information Security

Sevastopol State University

33, Universitetskaya Str., Sevastopol, 299053, Russian Federation

AL_Polykov@inbox.ru, p.p.yermolov@mail.ru

Abstract: *The present paper concerns the 50th anniversary of the historic event – the decision to deploy the 5N86 Dnepr radar station at the cape of Chersonesos in Sevastopol for the detection of artificial Earth's satellites (AES) and ballistic rockets (BR's) in the southwestern aerospace direction. The construction of a Daryal-type VHF-band radar was an important step in creating a perimeter missile defense alarm system of the USSR. The report shows the role and place of the Sevastopol radar in the domestic missile warning system, names of specialists associated with the development, construction and operation of the facility, as well as information concerning the awards for the successful performance of combat missions. Periodization of the object's history is carried out.*

Keywords: *Daryal-type VHF-band radar, detection of artificial Earth's satellites, detection of ballistic rockets, missile defense alarm system.*

Надгоризонтная РЛС в Севастополе. К 50-летию создания группы строительства РЛС 5Н86 «Днепр»

Поляков А. Л., Дидус Т. С., Лысенко-Дидус О. И., Ермолов П. П.

Институт радиоэлектроники и информационной безопасности

Севастопольского государственного университета

ул. Университетская, 33, Севастополь, Россия, 299053

AL_Polykov@inbox.ru, p.p.yermolov@mail.ru

Аннотация: *Доклад посвящен 50-летию исторического события — принятия решения о размещении на мысе Херсонес в г. Севастополе радиолокационной станции 5Н86 «Днепр» для обнаружения искусственных спутников Земли (ИСЗ) и*

баллистических ракет (БР) на юго-западном воздушно-космическом направлении. Строительство надгоризонтной РЛС метрового диапазона волн стало важным шагом в создании круговой системы предупреждения о ракетном нападении СССР. В докладе показаны роль и место севастопольской РЛС в отечественной системе предупреждения о ракетном нападении, названы фамилии специалистов, связанных с разработкой, строительством и эксплуатацией объекта, а также сведения о наградах за успешное выполнение боевых задач. Проведена периодизация истории объекта.

Ключевые слова: надгоризонтная РЛС метрового диапазона, обнаружение искусственных спутников Земли, обнаружение баллистических ракет, система предупреждения о ракетном нападении.

1. Введение

Наиболее полно системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН) СССР были описаны в издающемся в Филадельфии (США) журнале *Science & Global Security* [1]. Протицируем эту статью в части, касающейся РЛС в Севастополе.

Советский Союз начал строительство первых РЛС раннего предупреждения в 1963—1964 гг. Первая система предупреждения состояла из двух РЛС типа Днестр-М, построенных на узлах в Оленегорске (Кольский полуостров) и в Скрунде (Латвия) и командного центра, расположенного возле Москвы. Строительство системы было завершено в 1968—1969 гг. В августе 1970 г. она была принята на вооружение. Судя по расположению РЛС системы, она была рассчитана на обнаружение баллистических ракет, пуск которых мог быть произведен с территории США или из акваторий Норвежского и Северного морей. Возможно, что основной задачей системы было предоставление раннего предупреждения для системы противоракетной обороны, развертывавшейся вокруг Москвы.

<...>

В 1967—1968 гг., одновременно со строительством РЛС в Оленегорске и Скрунде, Советский Союз начал сооружение четырех РЛС типа Днепр. РЛС этого типа представляли собой результат модернизации РЛС Днестр-М... Две таких РЛС были расположены на узлах в Балхаше (Казахстан) и Мишелевке (возле Иркутска). На обоих этих узлах с середины 60-х годов работали РЛС Днестр... Одна из РЛС Днепр была построена на узле в Скрунде, где к тому времени уже работала РЛС Днестр-М, и еще одна — на новом узле в Севастополе.

Новые РЛС были призваны обеспечить более широкий сектор обзора системы предупреждения, чем первые РЛС в Скрунде и Оленегорске, расширив его на Северную Атлантику, районы Тихого и Индийского океана (см. рис. 1). Создаваемые РЛС, по всей видимости, были призваны стать компонентами некоей системы предупреждения, но точной информации об предполагаемой окончательной конфигурации этой системы или о роли, которую она была призвана играть в системе управления стратегическими силами, практически нет. Возможно, что эта система должна была обеспечивать раннее предупреждение для противоракетных систем, возможность развертывания которых обсуждалась в то время в Советском Союзе.

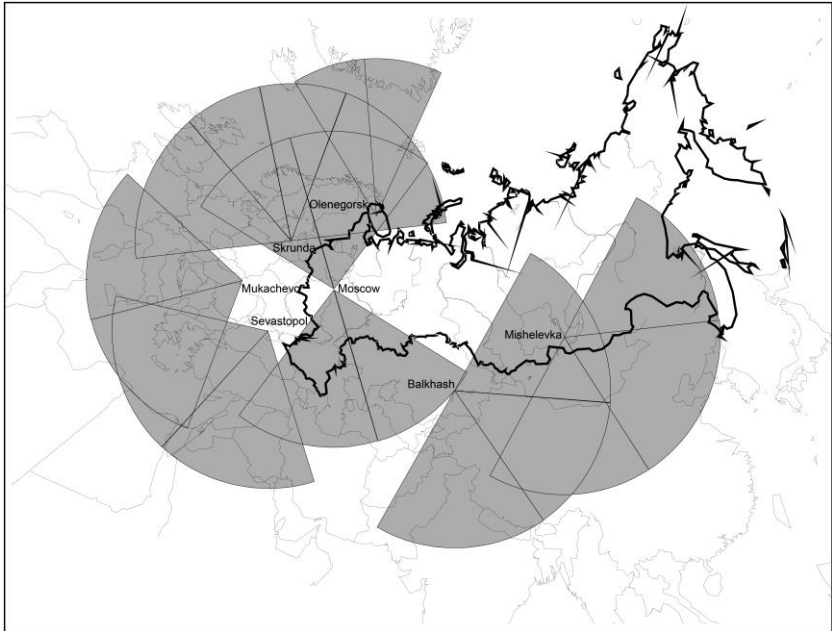


Рис. 1. Состав системы РЛС раннего предупреждения по состоянию на 1979 г.

Fig. 1. The structure of a long-range early warning radar system as at 1979

К 1972 г. разработчики представили эскизный проект системы предупреждения. Предполагалось, что новая система будет объединена с существовавшими в то время и создаваемыми новыми средствами противоракетной обороны. Соответственно, первым практическим шагом новой программы стало включение в систему предупреждения РЛС Дунай-3 (Dog House, Кубинка) и Дунай-3У (Cat House, Чехов) системы ПРО Москвы. Работа по объединению систем была начата в 1973 г. и продолжалась до 1978 г.

Кроме этого, представленный проект предполагал окончание работ по строительству РЛС Днепр в Балхаше, Мишелевке, Севастополе и Скрунде и создание новой РЛС этого типа на новом узле в Мукачево (Украина). РЛС Днепр были призваны дополнить РЛС Днестр-М в Оленегорске и Скрунде и стать основой новой системы предупреждения о ракетном нападении. Эта система была принята на вооружение в два этапа. Первая очередь системы, в состав которой входили РЛС на узлах в Оленегорске, Скрунде, Балхаше и Мишелевке, начала боевое дежурство 29 октября 1976 г. Вторая очередь, в состав которой входили РЛС на узлах в Севастополе и Мукачево, была поставлена на боевое дежурство 16 января 1979 г.

<...>

В настоящем докладе названы фамилии специалистов, связанных с разработкой, строительством и эксплуатацией севастопольской РЛС, а также сведения о наградах за успешное выполнение боевых задач. Проведена периодизация истории объекта.

2. 1968—1991 гг.

С целью укрепления противоракетной защиты государства 21 октября 1968 г. решением Главного штаба войск ПВО СССР была создана группа по строительству объекта, предназначенного для выявления баллистических ракет на юго-западном направлении. Группу, в которую входили В. А. Исаев, В. Н. Колотухин, А. И. Колесов, 4 сержанта и 15 солдат, возглавил майор Михаил Николаевич Троненко (рис. 2). Место для размещения узла РО-4 было выбрано на мысе Херсонес в г. Севастополе.

РЛС «Днепр» должна была стать основной и наиболее массовой в круговой системе предупреждения о ракетном нападении, предназначенной для автоматического обнаружения и сопровождения баллистических ракет, искусственных спутников Земли и космических помехоносителей [2, 3].

Как и предшествующие РЛС главного конструктора Ю. В. Поляка, РЛС 5Н86 «Днепр» структурно состояла из двух секторных РЛС, объединенных общим вычислительным комплексом, комплексом управления, функционального контроля и инженерным комплексом. Но за счет того, что на РЛС «Днепр» были установлены более надежные и мощные передающие устройства, созданы в каждой секторной РЛС по два независимых радиолокационных канала, введен режим фазо-траекторного накопления, увеличена производительность вычислительного комплекса и усовершенствована программа обработки информации, она стала, практически новой РЛС.

РЛС имела следующие основные тактико-технические характеристики:

- несущая частота — 158 ± 4 МГц;
- импульсная мощность передающего устройства — 1,6 МВт;
- зона обзора: по азимуту — 120° , по углу места — 29° ;
- дальность обнаружения — до 5000 км;
- коэффициент надежности — 0,99;
- пропускная способность: в режиме обнаружения — 150 целей; в режиме сопровождения — 18 целей и 3—4 помехоносителя.



Рис. 2. М. Н. Троненко. 1970-е гг.

Fig. 2. M. N. Tronenko. 1970s

К концу 1971 г. РЛС 5Н86 «Днепр» и вся обеспечивающая инфраструктура были построены. Руководить вновь созданным узлом предупреждения в г. Севастополе был назначен ветеран Великой Отечественной войны, кавалер шести боевых орденов полковник Николай Николаевич Дворников. После выхода в 1977 году Н. Н. Дворникова в отставку его эстафету принял полковник Иван Макарович Полтава.

С 1977 по 1989 гг., выполняя задачи стратегического значения, узел девять раз добивался звания отличного, пять раз признавался лучшим в 3-й отдельной армии предупреждения о ракетном нападении (особого назначения) и был награжден Красным знаменем Военного совета. За обнаружение несанкционированного пуска израильской баллистической ракеты узел был награжден Вымпелом министра обороны СССР «За мужество и воинскую доблесть». За выполнение боевых задач по охране и обороне рубежей нашей Родины на южном и западном стратегическом воздушно-космическом направлении 23 офицера узла были награждены орденами «Красной звезды» и «За службу Родине в Вооруженных Силах», 16 офицеров — медалями «За боевые заслуги».

3. 1992—2016 гг.

В результате распада Советского Союза, создания независимого государства и Вооруженных Сил Украины 8 июля 1992 г. узел перешел под юрисдикцию Украины, но продолжал выполнять боевую задачу в интересах СПРН России, находясь в оперативном подчинении 3-й Отдельной армии предупреждения о ракетном нападении (ОА ПРН).

В ноябре 1994 г. правопреемником войсковой части 03864 стала войсковая часть А 3370.

В 1996 г. на должность командира части назначен подполковник Николай Николаевич Петрушенко.

С 1998 г. до июля 2011 г. часть возглавлял полковник Сергей Александрович Корняков.

В декабре 2006 г. вооружение 808 ОРТУ было выведено из состава Министерства обороны Украины и передано в Национальное космическое агентство Украины, после чего на базе войсковой части А 3370 создан Южный центр радиотехнического наблюдения Национального центра управления и испытаний космических средств.

31 декабря 2006 г. 808 ОРТУ прекратил свое существование как военный объект.

Боевое знамя узла, вымпел Министра обороны сданы в архив. Передача информации на КП СПРН России была прекращена.

В июле 2011 г. начальником Южного центра радиотехнического наблюдения назначен полковник Александр Леонидович Поляков.

В связи с вхождением Республики Крым и города Севастополя в марте 2014 г. в состав Российской Федерации и во исполнение директивы начальника Генерального штаба Вооружённых Сил РФ (№314/4/1246 от 22.03.2014) на базе Южного центра радиотехнического наблюдения сформирован Радиотехнический центр (наблюдения) войсковой части 81415 в составе Войск воздушно-космической обороны РФ. В декабре этого года Радиотехнический центр стал Радиотехническим отделом (г. Севастополь) войсковой части 81415.

Началась новая страница в истории 808 отдельного радиотехнического узла (ОРТУ) СПРН.

В августе 2015 г. войска ВКО вошли в состав Воздушно-космических Сил Вооружённых Сил Российской Федерации.

В августе 2016 г. Радиотехнический отдел посетил Главнокомандующий Воздушно-космических Сил РФ Герой России генерал-полковник В. Н. Бондарев.¹

Итак, в 1992—2009 гг. РЛС 5Н86 «Днепр» выполняла задачи двух государств — Российской Федерации и Украины.

В связи с денонсацией российско-украинского соглашения о совместном использовании РЛС в Севастополе и Мукачеве прекратили свою деятельность как элементы системы предупреждения о ракетном нападении в полночь с 25 на 26 февраля 2009 г.²

28 декабря 2005 был зарегистрирован Южный центр радиотехнического наблюдения как структурное подразделение Государственного космического агентства Украины.³ В это время центром решались задачи поиска безопасных орбит и обеспечения безопасного функционирования космических аппаратов (предупреждения столкновений с космическим мусором). Для этого на Украине была создана система контроля и анализа космической обстановки, которая была предназначена для сбора, обработки и анализа данных о состоянии космической обстановки от украинских средств контроля космического пространства различной принадлежности и других источников, включая иностранные; подготовки и выдачи потребителям данных о космических объектах, состоянии и тенденции развития космической обстановки и космической деятельности государств [4].

¹ Войсковая часть 03864, войсковая часть А 3370, Южный центр радиотехнического наблюдения, Радиотехнический отдел (г. Севастополь) войсковой части 81415 [Буклет к 45-летию, 2016]. 28 с.

² Коммунист. 2009. № 11 (1155). 13 февраля.

³ <https://uabiz.org/ПІВДЕННИЙ-ЦЕНТР-РАДІОТЕХНІЧНОГО-СПОСТЕРЕЖЕННЯ-33719765/> (дата обращения 10.07.2018).

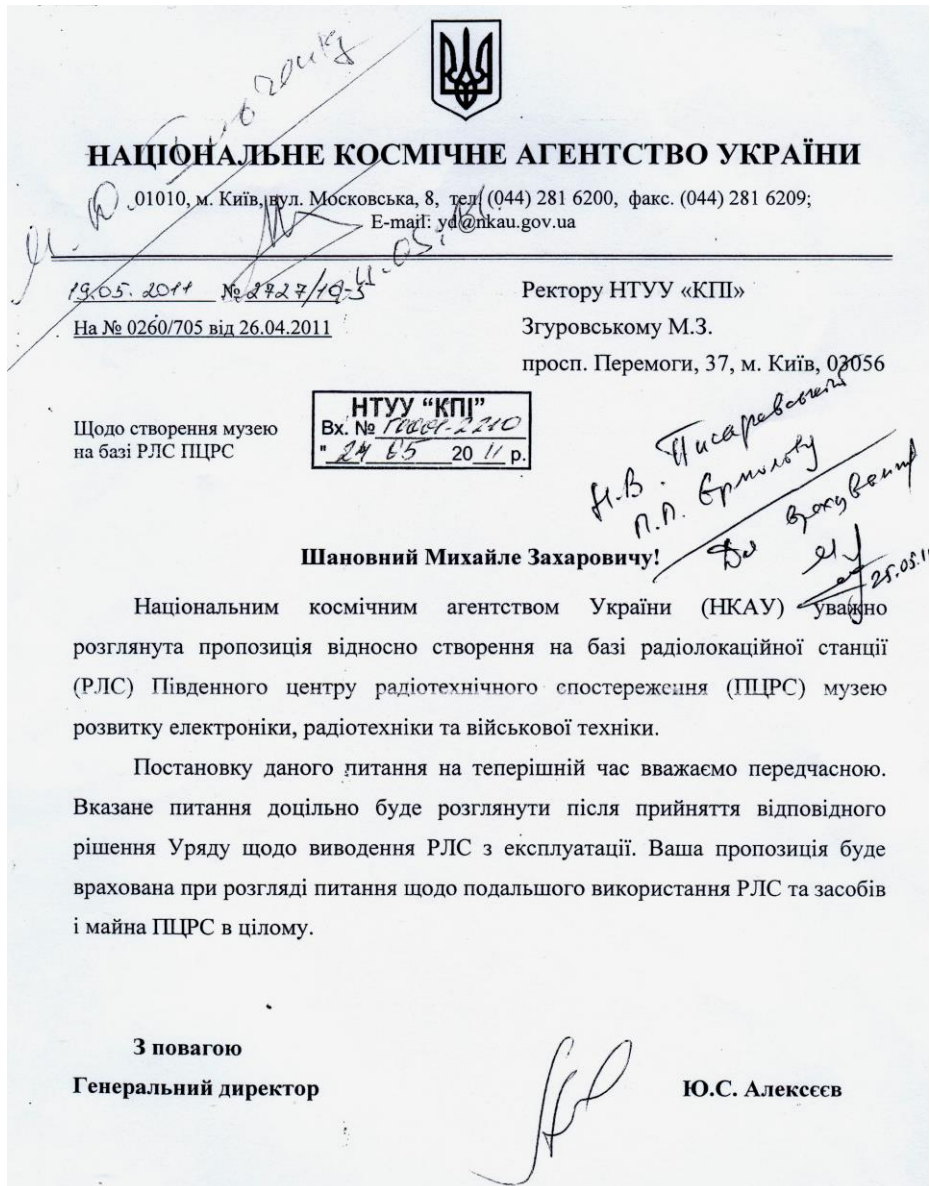


Рис. 3. Письмо генерального директора Национального космического агентства Украины ректору НТУУ «КПИ».

Fig. 3. Letter of General Director of State Space Agency of Ukraine to the rector of The National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

В апреле 2011 г. на фоне активно ведущихся разговоров о ликвидации в Севастополе РЛС «Днепр» Государственным политехническим музеем при Национальном техническом университете Украины «Киевский политехнический институт» была предпринята попытка организации на базе РЛС «Днепр» «музея развития электроники, радиотехники и военной техники». Генеральный директор Национального космического агентства Украины Ю. С. Алексеев в своем ответе на обращение по этому поводу ректора НТУУ «КПИ» академика М. З. Згуровского ответил: «Постановку данного вопроса... считаем преждевременной. Указанный вопрос целесообразно рассмотреть после принятия соответствующего решения Правительства относительно вывода РЛС из эксплуатации. Ваше предложение будет учтено при рассмотрении вопроса относительно дальнейшего использования РЛС и имущества Южного центра радиотехнического наблюдения в целом» (рис. 3).

Рассматриваемому нами объекту посвящен созданный в марте 2014 г. блог неизвестного автора,⁴ названный им «РЛС системы предупреждения о ракетном нападении «Днепр» в Севастополе внутри и снаружи».

Интересным является комментарий автора к блогу: «Разработка московского Радиотехнического института (РТИ) им. Минца. Второе поколение РЛС с фазированной антенной решеткой метрового диапазона. Эффективная дальность обнаружения типовой цели «МБР» — порядка 2500 км. Встала на боевое дежурство в 1970 году. После развала СССР оказалась на территории Украины и некоторое время арендовалась Россией. Последние лет 10 станция не работала и постепенно приходила в негодность. Впрочем, состояние ее гораздо лучше, чем у аналогичной РЛС на Балхаше, которая была восстановлена и сейчас проходит госиспытания. Внешне станция выглядит как два длиннющих ангароподобных здания (антенные павильоны длиной 250 метров, высотой 25) соединенных посередине зданием, где находится приемо-передающая аппаратура и центр управления...».

Еще более интересным является один из комментариев блога, в котором автор (комментария) сообщает детали и называет некоторых участников строительства станции: «А я строил эту РЛС. Монтаж строительных и технологических конструкций осуществляли монтажники монтажного управления № 21 треста «Спецстальконструкция», а шефмонтаж выполняли специалисты Таганрогского авиационного завода (руководитель Сырцов Н. И.), в настоящее время проживает в г. Гомеле. Точность монтажа конструкций антенны составляла ± 1 мм... я предложил изготовить пе-

⁴ 568. РЛС СПРН «Днепр» в Севастополе внутри и снаружи [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://lgreywind.livejournal.com/496310.html> (дата обращения 03.02.2015).

реходные стальные плиты с новыми анкерными болтами... Эти плиты хорошо видны на фотографиях. Стальные плиты были рассчитаны на сейсмические нагрузки при землетрясениях, на них в свою очередь опираются технологические чугунные плиты. Привязку антенны выполняли военные геодезисты... Состояние радиопрозрачных щитов просто ужасное, но это поправимо. Эти щиты изготавливали на заводе в г. Вятские Поляны... автор немного ошибся, станция была введена в строй в 1971 г., так что металлоконструкции внешнего каркаса были изготовлены в 1969 г., а алюминиевые технологические конструкции в 1970 г...».

В блоге содержится 65 фотографий, одна из них приведена ниже.



Рис. 4. Волноводы.

Fig. 4. Waveguides

4. Заключение

Боевое применение РЛС 5Н86 «Днепр» на протяжении более 40 лет полностью подтвердило правильность технических и технологических решений, принятых при проектировании и практической реализации проектных решений. История надгоризонтной РЛС в Севастополе заслуживает более детального исследования.

Список литературы

1. Podvig P. History and the Current Status of the Russian Early-Warning System // *Science & Global Security*. 2002. Т. 10, № 1. С. 21—60.
2. Панченко В. П. Заметки о создании и развитии системы предупреждения о ракетном нападении. М. : «СамПолиграфист», 2014. 252 с.
3. Стрельников В. К. Последнее предупреждение. М. : Компания «Информационный мост», 2008. 112 с.
4. Моргун О. А., Поляков О. Л., Ломоносов С. Є. Аналіз основних напрямків модернізації окремих радіотехнічних вузлів для вирішення завдань системи контролю і аналізу космічної обстановки // *Системи обробки інформації*. 2012. Вып. 6 (104). С. 75—80.

References

- [1] P. Podvig, “History and the Current Status of the Russian Early-Warning System,” *Science & Global Security*, vol. 10, no. 1, pp. 21–60, 2002.
- [2] V. P. Panchenko, *Zametki o sozdanii i razvitii sistemy preduprezhdeniya o raketnom napadenii* [Notes on the creation and development of a missile attack warning system]. Moscow: SamPoligrafist, 2014. (In Russ.).
- [3] V. K. Strel'nikov, *Posledneye preduprezhdeniye* [Last warning]. Moscow: Informatsionny most Co., 2008. (In Russ.).
- [4] A. A. Morgun, A. L. Polakov, and S. E. Lomonosov, “Analysis main directions of modernization of certain radio engineering units for solving problems of control and analysis space conditions,” *Information Processing Systems*, no. 6 (104), pp. 75–80. (In Ukr.).

Четыре ключевых технических решения в истории развития ILS

¹Жданов Б.В., ¹Войтович Н.И.

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Россия, 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76
boris.z@inbox.ru, voytovichni@mail.ru

Аннотация: В статье представлены основные технические проблемы, возникшие на различных этапах развития ILS и пути их решения.

Ключевые слова: ILS, ИКАО, система посадки самолетов, ГРМ, КРМ.

1. Введение

Приближается 90-летний юбилей начала практических работ по созданию радиотехнических систем, помогающих пилоту выполнить безопасную посадку самолета в условиях ограниченной видимости Земной поверхности. основополагающей в работе была идея создания в пространстве, в зоне захода самолетов на посадку, траектории, по которой самолет мог бы безопасно снижаться. Эта траектория должна выводить самолёт в заданную точку на оси взлетно-посадочной полосы (ВПП). Задаваемую траекторию, позднее названной глиссадой, должны «видеть» бортовые приборы самолета и индцировать величину отклонения самолета от этой траектории. Таким образом, эта приборная (в тот период времени ее называли инструментальной) информация, получаемая пилотом, а позднее и автопилотом, обеспечивает безопасную посадку самолетов. Основная часть технических решений по формированию глиссады и их апробация выполнялась в начале прошлого века в США и Европе. После проведения многочисленных конкурсов и довольно значительного периода практической эксплуатации, наконец, в 1947 году Международной Организацией Гражданской Авиации (ИКАО) был утвержден формат (частоты, виды модуляции сигналов, точностные и другие характеристики) системы посадки и рекомендовано ее использовать как международную систему. Система посадки получила аббревиатуру ILS (Instrumental Landing System). В отечественных стандартах она получила сокращенное название СП.

Следует отметить, что на определенных этапах развития ILS возникали проблемы, требующие принципиально новых технических решений. Благодаря совместным усилиям ученых и инженеров, такие решения были получены и их внедрения давали новый толчок к дальнейшему развитию и распространению систем посадки. В статье нами выделены четыре ключевых технических решения, сыгравших важную роль в модернизации ILS. При этом не рассмотрены этапы модернизации ILS, связанные с развитием элементной базы и внедрения новых, цифровых методов обработки и формирования сигналов.

2. Исторически первый глиссадный радиомаяк: навигационный параметр – постоянное значение напряженности электрического поля

В 30-е годы прошлого столетия на момент разработки первых вариантов ILS, у инженеров имелось довольно смутное представление о влиянии на формирование диаграмм направленности антенн в вертикальной плоскости радиоволн, отраженных от подстилающей поверхности. Тем не менее, был разработан вариант радиомаяка, формирующий наклонную траекторию снижения – глиссадный радиомаяк (ГРМ). Он отличался удивительной простотой: содержал в наземной части передатчик с антенной, а на борту самолета антенну и приемник с измерителем уровня сигнала. Эта система получила название маяка с «постоянным уровнем» сигнала. И это являлось первым ключевым техническим решением в разработке ILS. При подлете к аэродрому пилот фиксировал некоторую измеряемую величину сигнала, пропорциональную напряженности электрического поля, и выполнял снижение самолета таким образом, чтобы не изменялся этот зафиксированный уровень сигнала. Получалась почти параболическая траектория, которая, тем не менее, обеспечивала безопасную посадку самолета в условиях ограниченной видимости земли [1]. На рис.1 приведена фотография такого маяка. Передатчик закреплялся непосредственно на активном вибраторе. На рис. 2 представлены формируемые этим маяком траектории снижения –глиссады. Эта система имела два принципиальных недостатка: во-первых, формировалась не прямая, а почти параболическая траектория снижения и, во-вторых, проявлялась большая зависимость показаний пилотажного прибора от величины абсолютных параметров наземной и бортовой аппаратуры.

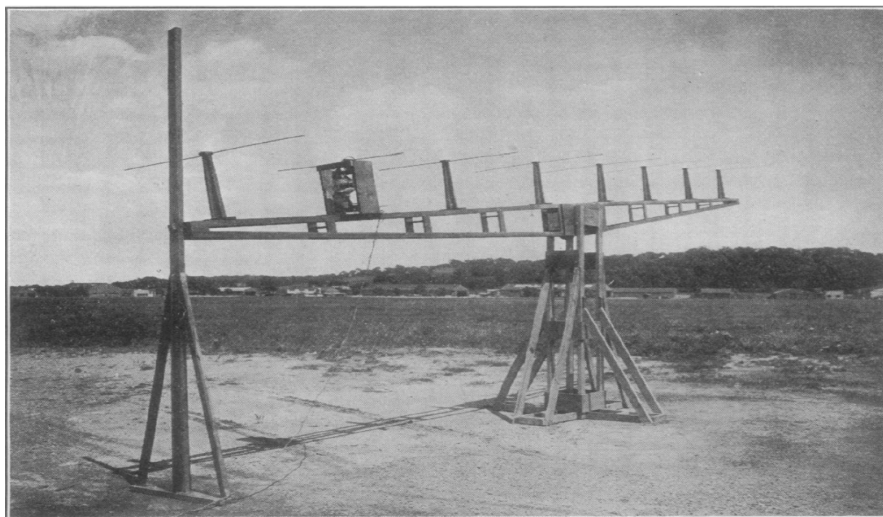


Рис. 1. Первый ГРМ с «постоянным уровнем» (Н. Diamand, W. Dunmore 1930г.)

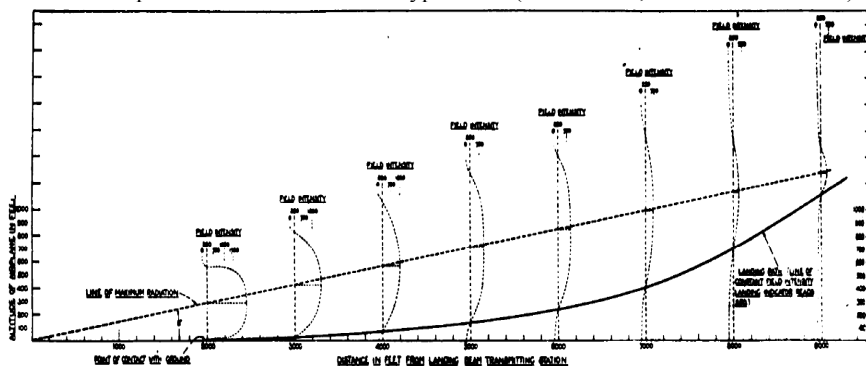


FIGURE 7

True landing path as determined experimentally.

Рис. 2. Задаваемая траектория снижения ГРМ с «постоянным уровнем»

3. Введение нового навигационного параметра – относительной величины амплитуд составляющих сигнала: разность глубин модуляции

В рассмотренном выше варианте глиссадного маяка, по сути, были абсолютные измерения напряженности электрического поля, которые, как

известно, очень нестабильны. Вторым ключевым техническим решением преодоления вышеуказанных недостатков ILS было предложение использовать для формирования глиссады две разнесенные по высоте антенны и использовать амплитудную модуляцию со своей окраской сигналов в каждой антенне. Эта техническая идея принадлежит Е.Крамару [2]. На рис.3 представлена схема глиссадного радиомаяка Е.Крамара. С помощью простого антенного переключателя в одной антенне формировалась последовательность коротких сигналов (точки), а в другой - последовательность длинных сигналов (тире). Пилот определял свое положение относительно глиссады по преобладанию в звуковом сигнале «точек» или «тире»

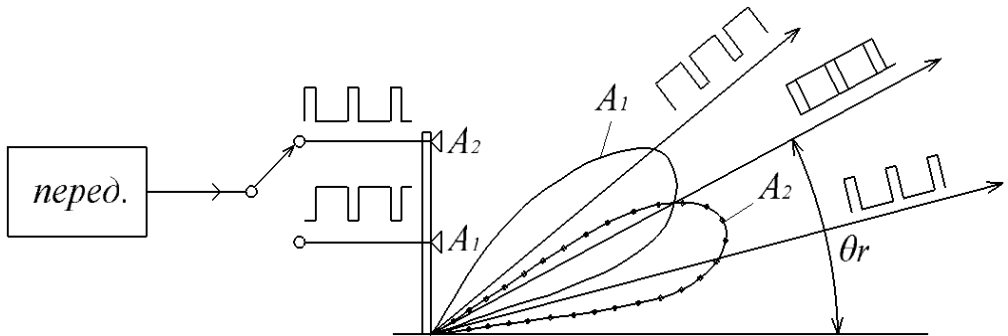


Рис. 3. Глиссадный радиомаяк Е. Крамара (Е. Kramar)

Дальнейшая модернизация радиомаяков была связана с заменой телеграфной модуляции на классическую амплитудную модуляцию. В современном виде сигналы для всех систем ILS имеют стандартный вид и обозначаются как сигналы «боковых частот»- БЧ и «несущая плюс боковые частоты»-НБЧ.

$$U_{бч} = m[\cos(\Omega_1 t) - \cos(\Omega_2 t)]\cos(\omega t); \quad (1)$$

$$U_{нбч} = [1 + m\cos(\Omega_1 t) + m\cos(\Omega_2 t)]\cos(\omega t), \quad (2)$$

где m -индекс глубины модуляции;

Ω_1 и Ω_2 тональные частоты амплитудной модуляции;

ω – несущая частота высокочастотных колебаний.

Информационный параметр – разность глубин модуляции, индицируемая на пилотажном приборе, определялась как результат уже относительных измерений, что позволило существенно повысить стабильность задаваемой траектории снижения. При этом ее положение уже не зависело от колебаний мощности передатчика, коэффициента усиления приемника

и потерь мощности на трассе распространения радиоволн. Сама траектория снижения при этом была прямолинейной, удобной для пилотирования

4. Устранение проблем с искажениями выходных параметров глиссады и курса на аэродромах с неблагоприятной формой рельефа местности: введение двухканальных маяков

В середине 60-х годов прошлого века при повсеместном внедрении ILS обнаружилось довольно значительное количество аэродромов, на которых не получалось сформировать требуемые прямолинейные траектории захода самолёта на посадку. Причина этих дефектов заключалась в наличии в зоне действия радиомаяков возвышающихся складок местности и местных предметов. Отраженные от этих препятствий радиоволны попадали на вход бортовых приемников и вызывали интерференцию с прямыми сигналами, что обуславливало появление искривлений задаваемых траекторий снижения (рис 4). Выход был найден в построении двухканальных маяков. И это третье ключевое техническое решение на пути развития ILS. В состав радиомаяков, глиссадного и курсового, вводился вспомогательный, так называемый, широкий (clearance) канал, который обеспечивал излучение во всей зоне действия системы, а основной – узкий канал имел узкую зону действия и не облучал отражающие препятствия. При этом препятствия облучались сигналами широкого канала и также попадали на вход бортового приемника. Однако сигналы широкого канала имели другую частоту излучения и по уровню были заметно меньше сигналов узкого канала. В этом случае «работал» известный эффект подавления сильным сигналом слабого некогерентного сигнала и таким образом величина искажений задаваемых траекторий значительно уменьшалась. Наиболее остро эта проблема стояла для глиссадных радиомаяков. Возвышающиеся складки местности перед антеннами ГРМ, расположенные на удалении вплоть до 6-8 км от аэродрома вызывали большие искривления глиссады. Была разработана трехэлементная глиссадная антенна, получившая название – решетка типа М. Выбор высот подвеса излучающих элементов антенной решётки ГРМ и соответствующее амплитудно-фазовое распределение сигналов по излучающим элементам позволили обеспечить формирование требуемой глиссады в узком секторе наведения и при этом существенно уменьшался уровень облучения складок местности (рис.4). Требуемая зона действия маяков обеспечивалась за счет сигналов широкого канала, также подключаемых к излучающим элементам решетки М. Изобретателями решетки М можно считать американцев

Floyd W.I. и Butt H.H. Floyd W.I. в 1950 году спроектировал трехэлементную глиссадную антенну и назвал ее решеткой М. Однако эту антенну нельзя было использовать без широкого канала. Позднее Butt H.H. доработал ее введением распределительного устройства для сигналов широкого канала и получил на нее патент США [3]. Практически на всех «сложных» аэродромах с неблагоприятной формой рельефа местности удалось существенно уменьшить величины искривлений до допустимых норм путем замены одночастотных систем посадки на двухчастотные. Подробный анализ совместной работы узкого и широкого каналов маяков представлен в [4].

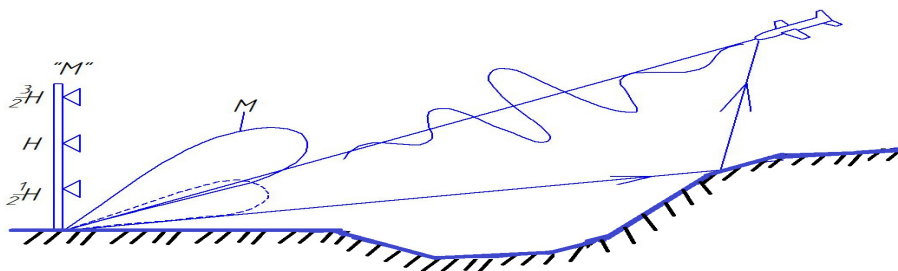


Рис. 4. Формирование искривлений линии глиссады. Антенна ГРМ-решетка типа «М»

5. Устранение влияния снежного покрова на стабильность угла глиссады: разработка новой глиссадной антенной решетки

Почти последняя проблема ILS – это значительные эксплуатационные расходы в зимний период на аэродромах, на которых устанавливается снежный покров. Особенностью построения антенных решеток ранее разработанных глиссадных радиомаяков является принципиальная зависимость задаваемого угла глиссады от высот подвеса излучающих элементов антенной решетки ГРМ относительно подстилающей поверхности Земли. С изменением высоты снежного покрова эти высоты изменяются и глиссада «уходит». В нормативных документах ИКАО установлен порог на высоту снежного величиной в 20 см. Если высота снежного покрова превышает эту величину, то ILS выводится из регламента и производится расчистка от снега с площади порядка 10 Га. Расчистка от снега может выполняться несколько раз за зимний период. На рис. 5 зафиксирован момент уборки снега перед ГРМ. При подготовке данного направления посадки к эксплуатации пришлось убирать снежный покров высотой 70-80 см. Высота перемещенного снега, складываемого сбоку от зон формирования отраженного поля, достигала 3 метров.



Рис.5 Уборка снега перед ГРМ

Авторами данной статьи разработана и внедрена в новую систему посадки СП-2010 оригинальная глissадная антенная решетка с четырьмя излучающими элементами. Формируемая этой антенной решёткой траектория снижения не изменяется при изменении высоты снежного покрова (до 80 см), что позволяет исключить расчистки территории перед ГРМ от снега и тем самым существенно снизить эксплуатационные затраты [5]. И это техническое решение мы относим к четвертому ключевому техническому решению в развитии ILS.

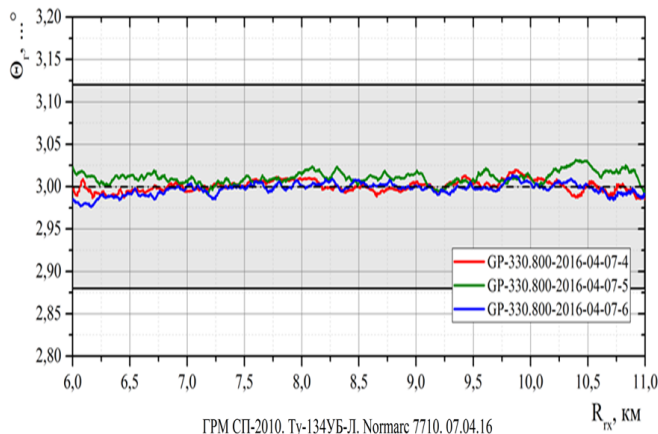
Основная техническая идея формирования стабильной глissады, не зависящей от изменения электродинамических свойств и уровня подстилающей поверхности, состоит в формировании диаграмм направленности разностного и суммарного вида с общим фазовым центром. Эти диаграммы направленности (ДН) антенн используются для формирования пространственного распределения сигналов ILS «БЧ» (используется ДН разностного типа) и сигналов ILS «НБЧ» (используется ДН суммарного типа). Пример такой глissадной антенной системы посадки СП-2010 представлен на рис.6 и рис 7.

На графиках 6б и 7б по вертикали-угол глissады в градусах, по горизонтали-удаление от торца ВПП в км.

В период проведения испытаний на стабильность угла глissады в 2015-2017 годах высоты снежного покрова на аэродроме испытаний ГРМ достигали 40-45 см. Многократные летные измерения характеристик глissады, проведенные в этот период, подтвердили стабильность угла глissады. Для имитации влияния более высокого уровня снежного покрова был

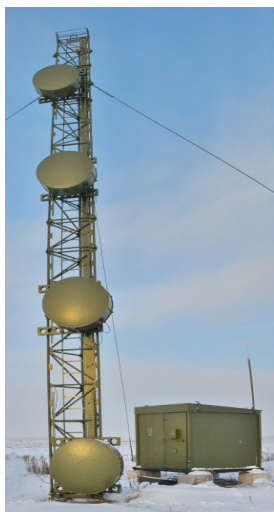


6а

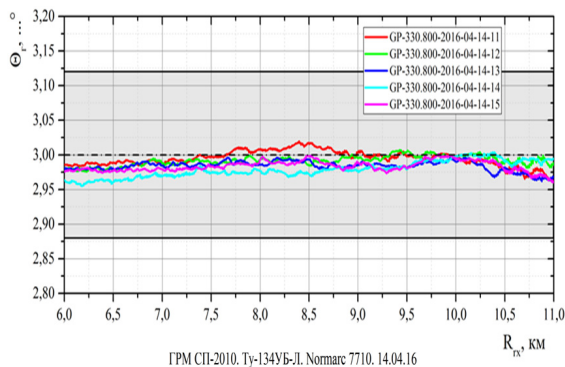


6б

Рис. 6. Глиссадная антенная решётка с четырьмя излучающими элементами системы СП-2010 (6а) и измеренное положение линии глиссады (6б).



7а



7б

Рис. 7. Глиссадная антенна с опущенными на 1 м вниз излучающими элементами (7а) и измеренное положение линии глиссады для данного расположения излучающих элементов глиссадной антенны (7б).

поставлен специальный эксперимент. При этом все излучатели антенны опустили вниз на 1 метр, что эквивалентно появлению снежного покрова

высотой 1 метр. Летные измерения подтвердили стабильность глиссады для этих двух случаев (Рис. 6б и Рис. 7б). По субъективной оценке пилотов воздушных судов они не заметили разницы в положении линии глиссады в этих двух летных измерениях.

Полученное техническое решение позволяет создать действительно необслуживаемую систему посадки формата ILS, для которой можно исключить уборку снега в зимний период и которая может эксплуатироваться в районах Крайнего Севера и Арктики.

Перечисленные технические решения позволяют ILS, несмотря на почтенный возраст, оставаться основным техническим средством обеспечения безопасной посадки самолетов.

6. Заключение

В заключении статьи хочется отметить, что история первых трёх ключевых технических решений в развитии ILS описана во многих статьях [8] и монографиях, из которых выделим замечательную книгу Watts C.B.[6]. Развитие первых отечественных систем посадки метрового (СП) и дециметрового диапазонов начиналось во Всесоюзного НИИ радиоаппаратуры (ВНИИРА) и описано в [7]. Четвёртое техническое решение было впервые представлено в патенте авторов на изобретение [9] и в докладе на предыдущей 27-ой конференции КрыМиКО 2017 [5] авторами данной статьи.

Список литературы

- [1] H. Diamond, F.W. Dunmore A radio beacon and receiving system for blind landing of aircraft. Proceeding of IRE, vol. 19, №4, April 1931.
- [2] E. Kramar. Wie un sere Navigationsabteilung entsand. Lorenz. 1978.
- [3] Патент США, №3.325.812. - 1967.
- [4] Н.И. Войтович, Б.В. Жданов, А.В. Зотов Моделирование работы двухчастотной системы посадки самолетов. Вестник Южноуральского госуниверситета, сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника, 2013, том 13, №4, с. 55-69.
- [5] Н.И. Войтович, Б.В. Жданов Глиссадный радиомаяк для аэродромов с высоким уровнем снежного покрова. КрыМиКо, 2018, том 1, с 433-440.
- [6] Watts, C. B., Jr. Instrument Landing Scrapbook / C. B., Jr. Watts. – Trafford Publishing, 2005. 392 p.p.
- [7] ВНИИРА. История становления и развития Всесоюзного НИИ радиоаппаратуры – СПб.: 2007. – 291 с..
- [8] Frank Roepcke ILS - Past and Present IEEE AES Magazine, May 1990, p.9-11
- [9] Глиссадный радиомаяк (варианты). Патент РФ №2429499 на изобретение по заявке №2009116323/09 28.04.2009 авторов Войтович Н.И., Жданов Б.В., Соколов А.Н.

История развития терминологии в области радиотехники и инфокоммуникационных технологий

¹ Яхина Р. Р., ¹ Веденькин Д. А.

¹ Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева — КАИ
ул. Карла Маркса, 10, Казань, 420111, Россия
shroza1981@yandex.ru

Аннотация: Доклад посвящен исследованию когнитивно-семантических свойств терминологических единиц в области радиотехники и инфокоммуникационных технологий, рассматриваемых в историческом аспекте их развития.

Ключевые слова: терминология, термины, радиотехника, развитие радиотехники.

1. Введение

За последние годы наметился значительный прогресс в создании радиотехнической и инфокоммуникационной инфраструктуры. Значительным лексическим пластом, выполняющую функции наименования и передачи новых научных понятий, является терминологическая лексика. В современном мире вопрос о заимствовании технической терминологии приобретает особое место в связи с тем, что техника и технология занимают важное место в развитии общества. Усиление международных, научных контактов, активация терминов иноязычного происхождения оказывает влияние на разные стороны общества: на систему коммуникации, обмена и получения информации, на общественную и личную жизнь людей. Появление иноязычной лексики на любом языке требует номинации нового явления, процесса, воздействует на систему понятий и терминов приминающего языка. Следовательно, возникает некая потребность в исследовании усвоения огромного количества терминологического материала.

2. Объекты терминологических исследований

Рассматривая вопрос о развитии и формировании русского научного языка, особое место занимает М. В. Ломоносов, который предпринял первые шаги в этом направлении. Однако полное понимание формирования русского научного языка сложилось только во второй половине XIX в., благодаря научной деятельности крупнейших ученых того времени. О терми-

нологии нового времени написано много работ (монографий, диссертаций, научных статей). Вопросами терминологии занимались многие известные ученые: Л. Н. Никулина, А. С. Гринштейн, В. Л. Напелин, Ю. Н. Марчук, С. В. Гринев, В. М. Лейчик, Д. С. Лотте, А. Г. Анисимова, А. П. Юшкевич, В. П. Зубов, и др. [1—5]. Следует отметить, что именно Д. С. Лотте является основателем отечественной терминологической школы.

В настоящей работе рассматривается проблема становления терминологии в области радиотехники и инфокоммуникационных технологий. Для рассмотрения этого вопроса в качестве источников использованы печатные работы начала XIX в., учебники по радиотехнике, словари, энциклопедии по радиотехнике, этимологические словари.

В нашем исследовании под понятием *термин*, мы опираемся на определение, представленное С. В. Гриневым: «термин — это слово или словосочетание, связанное с понятием, принадлежащим какой-либо области знаний или деятельности» [6].

Сам термин *радиоэлектроника* образовался в результате объединения понятий *радиотехника* и *электроника*. Согласно Толковому словарю Т. Ф. Ефремовой *электроника* ж. — «раздел науки и техники, являющийся основой современной автоматики, радиотехники, кибернетики и т.п. и объединяющий изучение, и использование электронных и ионных явлений, протекающих в различных средах, а также на их границах» [7].

Словарь иностранных слов русского языка дает следующие значения термину *радиотехника* -и, ж. 1. мн. нет. Наука об электромагнитных колебаниях высокой частоты и радиоволнах. 2. мн. нет. Отрасль техники, осуществляющая применение радиоволн и электромагнитных колебаний для практических нужд [8].

3. Этапы развития терминология в области радиотехники и связи

Потребность общества в новых информационных и телекоммуникационных услугах определяет пути развития новых технологий, которые в будущем станут новыми системами связи. Ошибочно предполагать, что разработка и создание новых технологий осуществляется без изучения опыта предыдущих столетий. Данная статья попытка показать появление терминов в области информационных и телекоммуникационных технологий в диахронии.

Поскольку вторая половина XVIII века и начало XIX — начальный этап в становлении нового научного языка в области радиотехники, в данной работе нас интересует история развития техники, а также вопрос о времени вхождения определенных терминов.

XIX век считается веком технической и промышленной революции, где Англия занимает особую роль. Англия была одной из передовых стран в области развития научной мысли. Важные шаги, можно сказать даже промышленный переворот, выдвинул страну на лидирующие позиции в мировой экономике, а среди европейских государств Англия заняла лидирующую позицию. В результате этой революции появляются технологические машины, тепловой двигатель, радио, происходят кардинальные изменения в материально-технической базе промышленности, открывается железная дорога и масштабно распространяется по всей стране. Человечество всегда стремилось использовать различные средства связи, способы передачи информации между людьми. К XIX веку потребность в связи на больших расстояниях стала совершенно очевидной. Появление различного рода кодов стало большим достижением для человечества: *телеграфный код* (1858, П. Л. Шиллинг), *код «Морзе»* (1844) [9].

Особенностью научной литературы начала XIX века — ярко выраженный просветительский характер. Публикуются следующие книги, М. М. Боресков, «Руководство по минному искусству в применении его к подрывным оборонительным минам и гидротехническим работам», который был курсом Минного офицерского класса Морского ведомства, в Санкт-Петербурге в 1876 году; Ф. Ф. Петрушевский «Экспериментальный практический курс электричества, магнетизма и гальванизма» (1876). До изобретения радио делались попытки использовать электрические способы связи на расстоянии без металлических проводов [10]. В 1820 году датский физик Ханс Кристиан Эрстед во время чтения лекции студентам сделал свое главное открытие — магнитный эффект электричества обладает круговым движением вокруг него. Англичанин Майкл Фарадей проявил большой интерес к исследованиям Эрстеда и начал изучать связи между электрическими и магнитными полями. Через год он создал прототип электродвигателя, наблюдая за вращением магнита вокруг проводника с током. Благодаря работам М. Фарадея, связанных с электрохимией, в русской, а также в мировой научной терминологической системе входят такие термины как *электрохимия* (*electro-chemistry*), *электроток* (*current*), *электролиз* (*electrolysis*), *диэлектрика* (*dielectric*), *электрод* (*electrode*). В 1841 году Д. К. Максвелл изучал идеи Фарадея и придал им строгую математическую форму. В этом периоде наблюдается введение терминов законы Кулона и Ампера. К 1869 все основные закономерности поведения электромагнитного поля были установлены и сформулированы в виде системы четырех уравнений, получивших название Максвелла уравнений. Далее Генрих Герц (1886—1889) в процессе долгих лет исследований придал

«удобную форму» уравнениям Максвелла и дополнил их теорией электромагнитного излучения, в результате в широкое употребление вошли термины *вибратор* (высокочастотный генератор), *резонатор* (детектор излучаемых им колебаний), осциллятор (генератор колебаний).

Начало технической революции в России относится к 20-м гг. 19 века: развитие машиностроения, широкое применение паровых машин в производстве. Английский технический переворот и промышленная революция оказали большое влияние на внутренние политические и социальные процессы, развитие науки в России. Россия 19 века характеризуется несколькими факторами: 1. отмена крепостного права; 2 территория расширяется за счет присоединения Крыма, Казахстана, Прибалтики, Правобережной Украины и Западной Белоруссии; 3. Увеличение казны более чем в три раза по сравнению с 18 веком; 4. рост значения и привлекательности научной деятельности; 5. зарубежные контакты русских ученых с иностранными коллегами. Востребованными областями науки считались — математика, физика и химия, особенно такие отрасли, как электричество, органическая химия. Имя Бориса Семенович Якоби связано с открытием в области практического применения электричества — электрических машин, телеграфа, минной электротехники, электрохимии. Он открыл метод гальванопластики. В техническую область вводится термин *мультипликатор* (от *multiplicare*, умножать, от *multum*, много), то же, что *гальванометр*. Александр Григорьевич Столетов (1839—1896) провел исследования в области фотоэлектрических явлений, которое применяется при создании современной электронной техники. Открытие мирового значения — изобретение радио 7 мая 1895 г., когда А. С. Попов выступил с публичным докладом и демонстрацией работы своего радиоприёмника на заседании Физического отделения Русского физико-химического общества в Петербурге. Следует отметить, что практически одновременно с А. С. Поповым свою радиотелеграфную установку представил молодой итальянский исследователь Г. Маркони, который быстро совершенствовал свое изобретение и уже через несколько лет опережал в своих разработках А. С. Попова. В результате появляются термин *джиггер* (высокочастотный трансформатор, первичная обмотка которого включалась в одну цепь с антенной). В 1890 году Э. Бранли изобрел регистратор электромагнитных колебаний — *когерер*, которые стал настолько востребованным, что об ученом сразу же заговорили в научных кругах. Позже его изобретением воспользовались Оливер Лодж (1894), Александр Попов и Гульельмо Маркони. Среди специалистов в области радиотехники бытует мнение, что именно благодаря Эдуарду Бранли стало возможным создание радио,

хотя он не проводил сеансов радиопередачи. Развитие радиотехники в России шло по трем направлениям: на военно-морском флоте, в армии и для гражданских целей.

Рассмотрим дальнейшие этапы развития электроники после изобретения радио. Можно выделить четыре этапа:

- радиотелеграфный,
- радиотехнический,
- электроники,
- микроэлектроники.

В первый этап — это развитие радиотелеграфии и закладывание научных основ радиотехники. Словарь Ушакова дает следующее толкование: «*радиотелеграфия* — беспроволочная телеграфия». В этом периоде разработка и совершенствование электровакуумных приборов, создания простейшей двухэлектродной электронной лампы — *диод*, *трехэлектродная лампа* — *триод*. Наука обогащается следующими терминами: *карборундовый детектор*, *диод*, *триод*, *незатухающие электрические колебания*, *радиолампа*, *регенеративный приёмник*, *кристадин* (*безламповый приёмник*).

Рассмотрим историю появления термина *диод*. Начало возникновения диода можно отнести к 1873 г., когда британский профессор и автор научных трудов в области магнетизма и электричества Фредерик Гатри открыл принцип работы ламповых вакуумных диодов с прямым накалом. Однако, это открытие не получило должной поддержки научного сообщества и о ней на некоторое время забыли. Сам термин *диод* появилось в научном обиходе лишь в 1919 году, когда британский физик Вильям Генри Икссл объединил две части греческих слов: *Di* (два) и *odos* (путь). До этого диод называли по-разному, из-за принадлежности к радиоприемникам он был назван «детектором». Среди радиолюбителей диод именуют детектором до сих пор.

Второй этап — радиотехнический (радиотелеграфирование, радиотелефонирование, радионавигация, радиовещание, радиолокация). Выпуск различных электронных и ионных приборов. Наука продолжала двигаться вперед, появлялись новые разработки, изобретения, старые заменялись более совершенными, что вело появлению новых терминов (*тетрод*, *пентод*, *схема супергетеродина*, *комбинированная лампа*, *металлокерамические триоды и маячковые лампы*). Разработка электровакуумных приборов с новым принципом управления электронным потоком способствовала появлению *многорезонаторных магнетронов*, *клистронов*, *ламп бегущей волны*. Усовершенствование электровакуумной техники привело к развитию радиолокации, радионавигации, импульсной многоканальной радиосвязи,

телевидения и др. Параллельно шло усовершенствование ионных приборов, использующих электронный разряд в газе (*газотрон* (1928—1929 гг.), *тиратрон* (1931 г.), *стабилитрон*, *неоновые лампы*), конденсатор.

Рассмотрим историю возникновения конденсатора. Питер ван Мушенбрук проводил в 1745 году свои опыты с электрической машиной, случайно опустил один из ее электродов в банку с водой. А затем также случайно прикоснулся к электроду, когда машина не работала, и ощутил достаточно мощный электрический заряд. Поскольку опыт проводился в городе Лейдене, то эту банку — прототип *конденсатора*, стали называть Лейденской банкой. Ученые и исследователи немного доработали «эту банку» и получила название *конденсатор*.

Развитие указанных отраслей сопровождалось необходимостью разработки и усовершенствования различных фотоэлектрических приборов (фотоэлементы, фотоэлектронные умножители, передающие телевизионные трубки) и электронографических приборов для *осциллографов*, *радиолокации* и *телевидения*. Этот этап характеризуется появлением таких терминов как, *акцептор*, *акцепторный уровень*, *валентная зона*, *темновая проводимость*, *коллектор*. Также созданием композитов с компонентом *фото-*: *фотопроводимость*, *фоторегистратор*, *фототок*, *фотодиоды*, *фотогенератор*, *фотопреобразователь*, *фототранзистор* [11—12].

На этом этапе радиотехника сформировалась как самостоятельная инженерная наука. Параллельно науке развивалась радиопромышленность. Были разработаны инженерные методы расчёта радиотехнических схем, проведены широчайшие научные исследования, теоретические и экспериментальные работы.

И третий период (60-е—70-е годы) начало эпохи полупроводниковой техники и собственно электроники. Электроника, особо тесно связанная с радиотехникой, получила название радиоэлектроники (радиосвязь и телевидение). Эта область является одной из быстро развивающихся отраслей науки, техники, народного хозяйства. Одни приборы заменяются другими. Например, появление электронных ламп казалось высшей точкой развития науки, но полупроводниковые приборы быстро заменили их и нашли широкое применение в технике. Электроника тесно связана с другими областями науки и техники. Электроника применяется в авиации, космических кораблях и кибернетических устройствах, космических и астрономических исследованиях, автоматизации научных исследований и производственных процессов, компьютерная техника, радиосвязь и телевидение, системы записи и воспроизведения информации и во многих других достижениях современной науки и техники.

Область электроники, занимающаяся применением в промышленности, на транспорте и сельском хозяйстве различных электронных устройств, позволяющих осуществлять контроль, регулирование и управление производственными процессами называется промышленной электроникой. В этот период терминологическая база области обогащается следующими терминами: *транзистор, кремниевый точечный триод, тетрод, дрейфовый транзистор, туннельные диоды, варикапы, терморезисторы.*

С развитием электроники возникает потребность в миниатюризации электронных компонентов, позволяющих создавать компактные устройства, снижать потери и потребление энергии, достигать более высоких частот.

Четвертый этап — микроэлектроника. Дальнейшее совершенствование области электроники привело проектированию и изготовлению электронной аппаратуры в микроминиатюрном варианте. В современных электронных оборудовании широко используются интегральные схемы. Современные термины: *фаундри, чип, маришуп, ALD (Atomic Layer Deposition), CCZ, CVD, design kit, Die-on-Die, ELTV (Extremely Low Threshold Voltage), Fabless, FBR, GAA (Gate-All-Around), IP-блоки, PVD, SMIF-контейнер, TSV.* Развитие современных средств вычислительной техники, робототехники, аппаратуры цифровых коммуникаций основано на использовании достижений микроэлектроники в разработке и выпуске интегральных микросхем (ИМС), а также на широком применении микропроцессоров и микрокомпьютеров, создаваемых на базе больших и сверхбольших интегральных схем (БИС и СБИС).

4. Заключение

Рассмотрев все этапы становления радиотехнической области как науки, вслед за Д. С. Лотте, мы выделяем следующие способы терминообразования:

1. Термины ранее существовавшие в этой области. Некоторые термины со временем теряют свое первоначальное значение, либо приобретают новое значение. Этот способ терминообразования свойственен первому этапу развития радиотехники.

2. Самостоятельное построение производных слов, сложных слов и словосочетаний. На втором этапе развития науки прослеживаются яркие примеры такого способа терминообразования. Продуктивными компонентами являются: *радио-, фото-, ди-, теле-.*

3. Перенос терминологии с другого языка, заимствования. Следует отметить, современный этап образования терминологических единиц ха-

рактируется заимствованием иноязычных элементов (аббревиации, вкраплений, композиты с иноязычными элементами).

Л. П. Крысин считает очевидной классификацию по причинам заимствования — экстралингвистическим (внеязыковым) и лингвистическим. Он относит к экстралингвистическим причинам следующее:

- культурное влияние одного языка на другой;
- наличие устных и письменных контактов стран с разными языками;
- повышение интереса к изучению языка;
- исторически обусловленное увлечение определённых социальных слоёв культурой чужой страны;
- условия языковой культуры социальных слоёв, принимающих новое слово.

Современный этап развития терминообразования характеризуется наплывом иноязычных терминологических единиц. Главной целью иноязычных терминологических единиц является наименование новых технологий внедряемые в реалии российской действительности. Вместе с новыми технологиями заимствуются новые названия процессов, явлений, предметов. Однако не все новые наименования остаются в языке, по истечении определенного времени они уходят из терминологического употребления. Например, современное сочетание «графический планшет» — устоявшееся выражение, которое характеризует конкретный класс устройств. Однако, ещё десять лет назад распространённым обозначением было слово «дигитайзер», или «диджитайзер» (калька с английского digitizer, от digitize — «оцифровывать»).

Список литературы

- [1] В. А. Зорэ, Н. С. Кузикова, Н. Н. Малов, Л. Н. Никулина «Несколько новых лекционных демонстраций» 77 197—200 (1962).
- [2] Гринштейн, А. С. Понятия и термины морфологии современного английского языка в лингводидактическом освещении. Кандидатская диссертация по специальности 10.02.04 — германские языки (филол. науки), М.—1988.
- [3] Марчук Ю. Н. Лексические проблемы новых информационных технологий // Современный ученый, 2017, № 5, с. 56—62
- [4] Лотте Д. С. Основы построения научно-технической терминологии. Вопросы теории и методики. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 157 с.
- [5] В. М. Лейчик Терминоведение. Предмет, методы, структура. — М. : 2014. — 264 с.
- [6] Гринев-Гриневиц С. В. Терминоведение. Учебное пособие. — М.: Академия, 2008. — 304 с.
- [7] Ефремова Т. Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный. — М.: Русский язык, 2000

- [8] Словарь иностранных слов. 9-е изд. Издательство «Русский язык» 1979 г., испр. — М. : «Русский язык», 1982 г. — 608 с.
- [9] Черных, П. Я. Историко-этимологический словарь современного русского языка : в 2 т. / П. Я. Черных. — М.: Русский язык. — Медиа, 2006. Т. 2. — 559 с.
- [10] Бренев И. В. Начало радиотехники в России. Изд-во «Советское радио», 1970, 256 с.
- [11] Виноградов Ю. В. «Основы электронной и полупроводниковой техники». Изд. 2-е, доп. М. : «Энергия», 1972 г. — 536 с.
- [12] Виргинский В. С. Очерки истории науки и техники XVI — XIX веков (до 70-х гг. XIX в.). — М. : Просвещение, 1984. — С. 157.

Weagant Valves

Victor M. Pestrikov

Saint-Petersburg State University of Film and Television

13, Pravda str. Saint-Petersburg, 191119, Russia

pvm205@yandex.ru

Abstract: The inventor of the vacuum three-electrode tube, Lee de Forest, so successfully formulated the formula of the invention, which forced competitors to invent new designs of radio tubes to bypass his invention. This allowed competitors to not pay Lee De Forest's money for using his invention. The proposed designs of three-electrode radio tubes united one - the installation of a control electrode or an anode from the outside of the glass cylinder. Such designs were offered quite a lot and this despite the fact that by the time Harold Arnold had perfected the audio of Lee de Forest. Among the three-electrode tubes with an external control electrode, only Roy Weagant's tube patent was embodied in a real design.

Keywords: Roy Weagant, Weagant tube, external control electrode, vacuum triode with external grid, four-electrode Weagant tube.

Лампы Виганта

Пестриков В. М.

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения

Россия, 191119, Санкт-Петербург ул. Правды 13

pvm205@yandex.ru

Аннотация: Изобретатель вакуумной трехэлектродной радиолампы Ли де Форест настолько удачно сформулировал формулу изобретения, что вынудил конкурентов изобретать новые конструкции радиоламп, чтобы обойти его изобретение. Это позволяло конкурентам не платить деньги Ли де Форесту за использование его изобретения. Предложенные конструкции трехэлектродных радиоламп объединяло одно — установка управляющего электрода или анода с наружи стеклянного баллона. Таких конструкций было предложено достаточно много и это невзирая на то, что к тому времени Гарольд Арнольд довел до совершенства аудион Ли де Фореста. Среди трехэлектродных ламп с внешним управляющим электродом, только патент лампы Роя Виганта был воплощен в реальную конструкцию.

Ключевые слова: Рой Вигант, лампа Виганта, внешний управляющий электрод, вакуумный триод с внешней сеткой, четырехэлектродная лампа Виганта.

1. Введение

Эффект поля радиолампы (Field Effects Tube), как известно, состоит в управлении потоком электронов, летящих от катода к аноду. В вакуумном триоде Ли де Фореста в качестве управляющего электрода была использована так называемая «сетка», которую он расположил между анодом и катодом внутри стеклянной колбы. Четко сформулированная формула изобретения устройства аудиона Ли де Форестом, заставила конкурентов создавать новые конструкции электронных вакуумных триодов, чтобы обойти его патент и не платить деньги за использование этого изобретения. Благодаря этому и появились различные конструкции трехэлектродного вакуумного триода отличные от конструкции Ли де Фореста. Одни патенты на такие триоды были воплощены и опробованы в реальных радиоустройствах, другие так и остались на бумаге, удивляя своим конструкторским решением. Среди первых патентов наиболее известным является вакуумная радиолампа Виганта, рис.1 [1].



Рис. 1. Ли де Форест и Рой Вигант.

Fig. 1. Lee de Forest and Roy A. Weagant

2. Вакуумный триод с внешней сеткой

В конце 1914 г. — начале 1915 года главный инженер Marconi Wireless Telegraph Company¹ (USA) Рой Вигант (Roy Alexander Weagant,

¹ Для работы на американском рынке, Г. Маркони в 1899 году зарегистрировал в штате Нью-Джерси новую компанию под названием «Marconi Wireless Telegraph Company of American», которое несколько отличалось от его британской компании (Marconi's Wireless Telegraph Company, Ltd, существовала с 1897г. по 2006г.). Альтернативное название образованной компании «American Marconi» или «Marconi, American». Основной продукцией компании были радиолампы. Компания просуществовала до апреля 1920 года, после ее активы были приобретены компанией RCA.

29.03.1991—23.09.1942) обнаружил, что третий электрод для управления электронных токов между нитью накала и анодом, может размещаться не внутри баллона радиолампы, а вне его стеклянного корпуса, рис.2. Если управляющий электрод правильно установить на внешней стороне лампы, то такой триод можно использовать в качестве детектора, усилителя или генератора электрических колебаний.

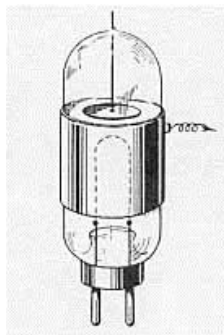
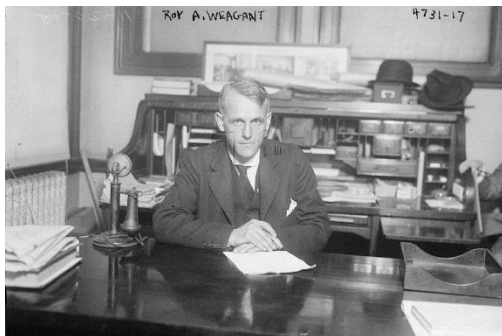


Рис. 2. Р. Вигант (1915) и его вакуумный триод с внешней кольцевой сеткой. 1915 г.

Fig. 2. R. Weagant (1915) and its vacuum triode with an external annular grid. 1915

Заявку на изобретение Рой Вигант подал 2 апреля 1915 года и только через 3 года получил патент, на радиоприемник, построенный на электронном триоде с внешним электродом, выполняющим функции сетки, рис. 3 [2].

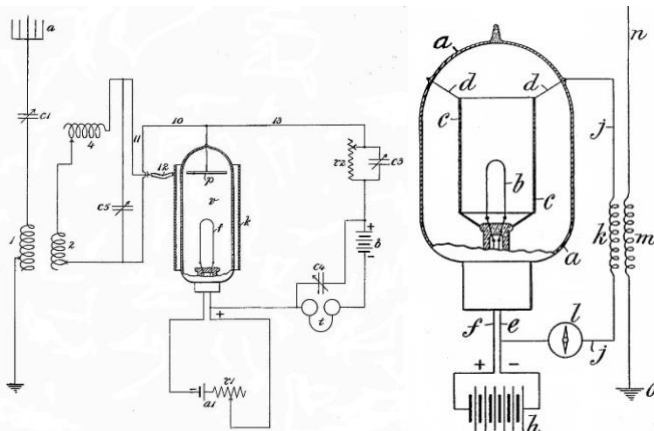


Рис. 3. Принципиальная схема радиоприемника на вакуумном триоде с внешней кольцевой сеткой из патента Роя Виганта (слева) [2]. Приемник Флеминга на вакуумном диоде (справа). Patent US803684.

Fig. 3. Schematic diagram of a radio receiver on a vacuum triode with an external ring grid from the patent of Roy Weagant (left) [2]. The Fleming receiver on a vacuum diode (on the right). Patent US803684

В патенте Р. А. Виганта (рис. 3) в качестве прототипа выбран вентиль Флеминга, который был описан в его американском патенте № 803684 от 7 ноября 1905. В тексте патента Р. А. Виганта указано, что целью изобретения является улучшение радиоприемника на базе вакуумного диода. В этом патенте дается и описание лампы Виганта.

Экспериментальный образец лампы Виганта показан на рис. 4. В этой конструкции нить накала сделана из вольфрама, а внешний управляющий электрод представляет собой подвижную медную трубку, одетую на стеклянный баллон. Отметим, что конструкция радиолампы допускала изготовление управляющего электрода в виде металлического покрытия, непосредственно нанесенного на стеклянный баллон. В первых образцах лампы Виганта внешний электрод представлял собой туго намотанную на стеклянный баллон проволоку. Одним из основных преимуществ лампы Виганта явилось то, что ток накала составлял всего 0,5—0,6 А, а анодное напряжение — 100—150 В. Срок службы лампы был около 3000 часов.



Рис. 4. Экспериментальный образец лампы Виганта. 1915 г.

Fig. 4. Experimental sample of a tube of Weagant. 1915

Клапан Виганта отличался стабильностью и эффективностью в работе, и что особенно важно, имел простую конструкцию. Это позволяло в дальнейшем надеяться на дешевизну его производства. Было разработано несколько конструкций электронных триодов с внешним управлением потока электронов, идущих от катода к аноду, как выпрямительных, так и усилительных, и генераторных.

Радиолампа Виганта была изготовлена в лаборатории в Marconi Wireless Telegraph Company (USA) в нескольких модификациях, с целью найти наиболее приемлемую конструкцию лампы. В экспериментах с одной из конструкций лампы, пытались использовать в качестве управляющего электрода, черный налет, образующийся на стекле внутри колбы от теплового излучения нити накала. Результаты оказались отрицательными, так как выяснилось, что налет играет роль конденсатора. Это подтвердило тот факт, что в лампе Виганта управление электронным потоком можно осуществлять только кольцевым электродом со стороны стеклянной колбы.

Коэффициент усиления ламп Виганта зависел не только от размеров электродов и диэлектрической постоянной стекла, но также весьма значи-

тельно и от проводимости стекла колбы. При очень больших и очень малых значениях проводимости он сильно падал.

3. Четырехэлектродная лампа Виганта

Рой Вигант, постоянно совершенствовал свою первую радиолампу, и для эффективного управления электронным потоком в ней, было предложено поместить внутри стеклянной колбы металлическую сетку, рис.5 [3]. Так появилась четырехэлектродная лампа, которая отличалась от трехэлектродной лампы тем, что она имела несвязанный электрод в виде сетки G, расположенный между нитью накала F и анодом P. Это позволило повысить чувствительность лампы как детектора колебаний.

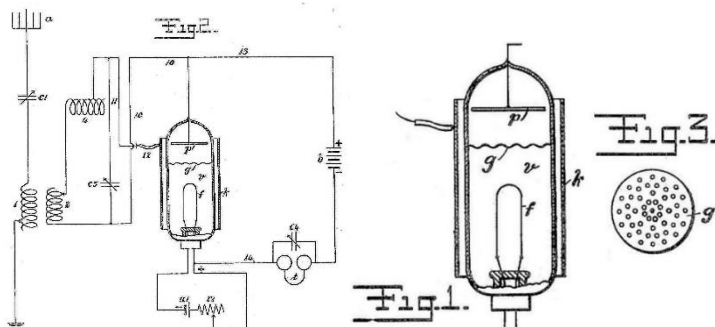


Рис. 5. Устройство четырехэлектродной лампы Виганта и схема радиоприемника на этой лампе [3].

Fig. 5. The device of the four-electrode tube of Weagant and the radio receiver circuit on this tube [3]

Все лампы Виганта конструировались таким образом, чтобы обойти патент «Аудион» Ли де Фореста. У более поздних конструкций ламп этого типа были колпачки с каждого конца. Был сконструирован усилитель с 10 лампами, но ни одна ламповая конструкция, так и не была воплощена в виде промышленной конструкции.

В 1916 году National Electrical Manufacturing Co. (NEM, Chicago USA) была произведена и рекламировалась лампа с внешним управляющим электродом типа Tigerman Detecto-Amplifier DC Det/Amp Triode, рис.6. Лампа содержала два внешних электрода и две нити накала, по одной с каждой стороны стеклянного корпуса. Управляющие электроды устанавливались снаружи стеклянной лампы и были простыми металлическими лентами, зажатыми вокруг ее внешней стороны. Лампа имела длину

около 12,7 см (5 дюймов) и на концах стеклянного цилиндра стояли цоколи E12 от электрических лампочек. По сути, в одной такой лампе было два ламповых триода Виганта.

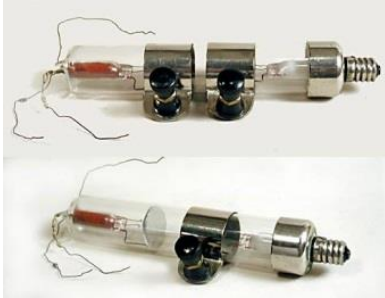


Рис. 6. Tigerman детектор-усилитель DC Det/Amp триоде. 1916 г.

Fig. 6. Tigerman Detecto-Amplifier DC Det/Amp Triode. 1916

Лампы Виганта были разработаны, как уже было сказано, чтобы обойти патентные преграды. Они не получили распространение, так как не смогли потеснить традиционные вакуумные триоды на рынке радиоламп [4].

Нужно отметить, что компания Westinghouse (WE), прежде чем она присоединилась к RCA, экспериментировала с различными конструкциями вакуумных радиоламп. Целью экспериментов было разработать для рынка усилительную приемную лампу и при этом не нарушить патенты Ли де Фореста. Поиск удачных ламповых конструкций велся в разных направлениях.

На рис. 7 (слева) представлен вакуумный диод, который использовался в экспериментах по управлению электронным потоком, с помощью внешнего электрода. С этой целью, на стеклянную колбу диода, в верхней его части, наматывались витки толстого медного провода. Эта обмотка была внешним управляющим электродом, рис.7 (справа).

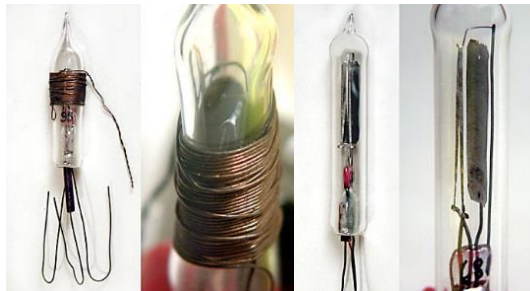


Рис. 7. Вакуумный диод WE (слева) и триод с внешним управляющим электродом (справа). 1919 г.

Fig. 7. Vacuum diode WE (left) and a triode with an external control electrode (right). 1919

Внешняя структура сетки была хорошо известна к этому времени разработчикам компании WE, но они так и не смогли создать такую лампу, которая была бы столь же эффективной в работе, как и стандартный вакуумный триод.

4. Нереализованные промышленностью патенты вакуумных триодов

Среди нереализованных промышленностью патентов вакуумных трехэлектродных радиоламп с внешним управляющим электродом, отметим четыре наиболее характерных патента. Не удержался от изобретения новой конструкции вакуумной трехэлектродной лампы (рис.8) и помощник Ли де Фореста, Клиффорд Бэбкок (Clifford Dudley Babcock). Как известно, он придумал название «аудион» для трехэлектродной лампы де Фореста.

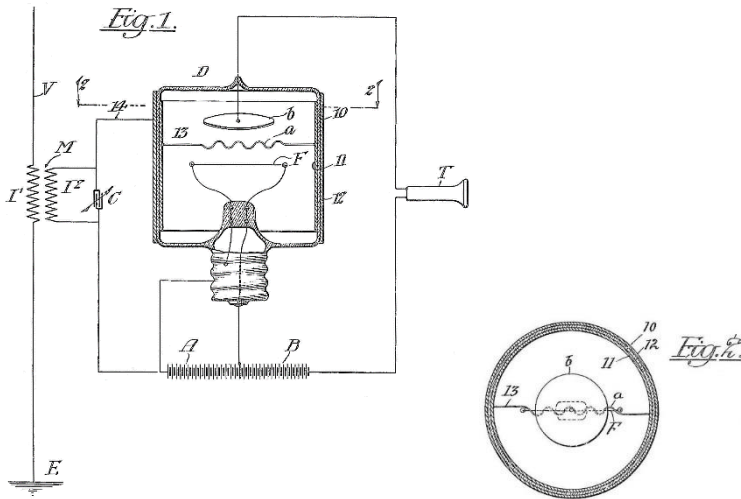


Рис. 8. Конструкция радиолампы К. Бэбкока [5]. 1916 г.

Fig. 8. The design of the radiotube K. C. Babcock [5]. 1916

В 1916 году Клиффорд Бэбкок взял патент на усовершенствование ионизированного стеклянного баллона радиоламп, которые используются в качестве детекторов, усилителей и т.п. Основной целью его изобретения явилось уменьшение количества проводов, которые выводятся через стенки стеклянного баллона, а также исключение конденсатора связи, и тем самым уменьшение стоимости лампы [5]. Этот конденсатор, обычно, используется для связи управляющей сетки с входным колебательным контуром. Для до-

стижения цели снаружи и внутри стеклянного баллона он предложил установить два металлических цилиндра, которые образуют конденсатор. Диэлектриком в таком конденсаторе выступает стекло лампы, рис. 8.

В 1918 году, 23 марта, главный инженер Connecticut Telephone and Electric Company (Meriden, Connecticut, USA) Гарольд Донле (Harold P. Donle, 04.03.1888—1942) подал заявку на изобретение трехэлектродной лампы с двумя внешними электродами: управляющей сеткой и внешним анодом, рис.9 (слева) [6]. Если присмотреться к этой конструкции лампы, то можно увидеть, что она представляет собой обычную осветительную лампу на которую одеты кольцо (внешний управляющий электрод 15) и полусфера (внешний анод 5). Целью изобретения было удешевление стоимости производства радиоламп. К 1918 году наметился прогресс в производстве радиоламп по технологии Гарольда Арнольда и такого сорта конструкции, по указанной причине не были реализованы промышленностью.

В том же, 1918 году, 8 августа, Г. Донле подает еще одну заявку на изобретение трехэлектродной лампы с внешним анодом, рис.9 (справа) [7]. Его изобретение касалось устранения определенных недостатков радиоламп того времени, в частности, в том, что они довольно тонкие и хрупкие, имеют дорогую сложную конструкцию и требуют специально обученных работников для их производства. Одним из решений проблемы, явилось предложение по установке внешнего анода. По утверждению автора изобретения, якобы стекло при нагревании становится проводящим и оказывает малое влияние на поток электронов, идущих от катода к внешнему аноду.

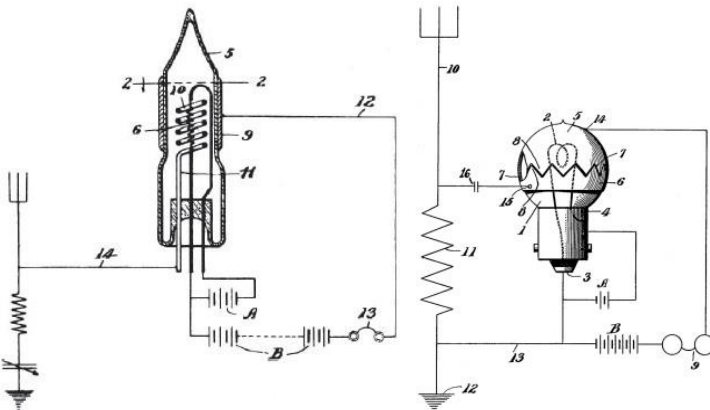


Рис. 9. Трехэлектродные лампы конструкции Г. Донле: с внешним управляющим электродом и анодом (слева) [6] и с внешним анодом (справа) [7]. 1918 г.

Fig. 9. Three-electrode tube of H.P. Donle: with an external control electrode and anode (left) [6] and with an external anode (right) [7]. 1918

Трехэлектродные вакуумные лампы конструкции Г. Донле интересовали больше радиолюбителей, особенно конструкция по патенту [6]. По этому патенту можно было изготовить в домашних условиях трехэлектродную усилительную лампу на базе обычной электрической лампы. При этом финансовые затраты на изготовление такой лампы были значительно меньше стоимости промышленного образца.

По патенту [7] Г. Донле провел обширные экспериментальные исследования. Был изготовлен экспериментальный образец триода с внешним анодом. Анод представлял собой металлическое покрытие, нанесенное непосредственно на внешнюю поверхность стеклянного баллона. В качестве покрытия было использовано серебро.

Главное внимание в исследованиях было уделено прохождению анодного тока через стекло. Было известно, что стекло являясь изолятором, вблизи температуры плавления² становится проводником, а при контакте с некоторыми материалами становится хорошим проводником и при более низкой температуре. В связи с этим были проведены исследования проводимости различных металлов в контакте со стеклом. Стекло, с большинством рассмотренных материалов, поляризовалось, что значительно увеличивало сопротивление, и не давало желаемых результатов. Было обнаружено, что, только с серебром почти полностью отсутствует этот эффект и при определенной температуре стекло становится хорошим проводником.

Сконструированная Донле лампа с внешним анодом приведена на рис. 10. Обращает на себя внимание то, что объем вакуумной камеры небольшой. Это позволило снизить внутреннее сопротивление лампы и, самое главное, эффективно нагревать стеклянную стенку от нити накаливания.

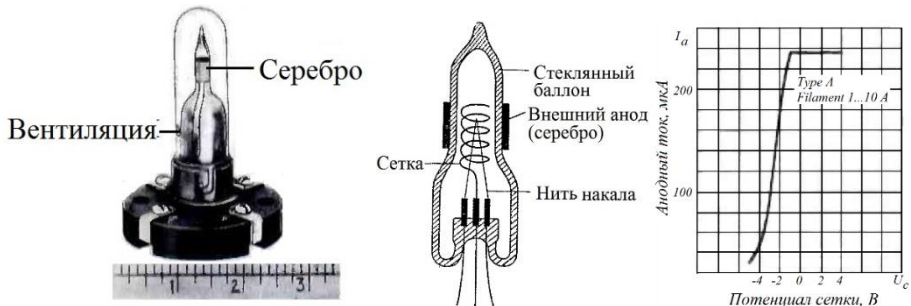


Рис. 10. Внешний вид триода Донле с внешним анодом, его устройство и анодно-сеточная характеристика. 1919 г.

Fig. 10. An exterior view of the Donle triode with an external anode, its device and anode-grid characteristics. 1919

² Для обычных промышленных стекол размягчение начинается в интервале температуры 400—600°C.

Эксперименты показали, что лампа с внешним анодом подходит в первую очередь в качестве детектора, однако некоторые испытанные типы, например, тип С, могут очень эффективно работать в качестве усилителя. Для работы лампы требовалось анодное напряжение 20 В, а для нагрева нити накала — 6 В. Измеренный коэффициент усиления лампы типа С составил чуть более 19, что значительно выше, чем получали от известных вакуумных триодов.

Компанией Connecticut Telephone and Electric Co. в 1921 году был разработан экспериментальный образец радиоприемника на триоде с внешним анодом.

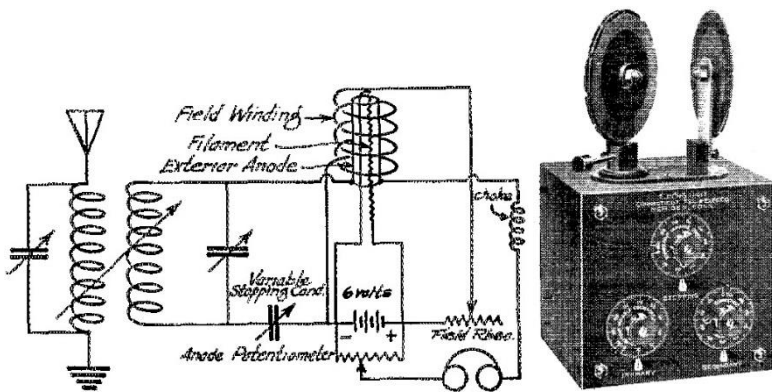


Рис. 11. Общий вид радиоприемника на триоде Донле с внешним анодом и его принципиальная схема. 1921 г.

Fig. 11. General view of the radio receiver on a triode Donle with an external anode and its principle schematic diagram. 1921

Лампа Донле с внешним анодом, несмотря на положительные результаты экспериментов, так и не стала промышленным образцом, не пошла в серию и не составила конкуренцию стандартному вакуумному триоду.

В 1921 году, казалось, что вакуумный триод доведен до совершенства, но известный издатель научно-популярных журналов и книг по различным отраслям науки Хьюго Гернсбек (Hugo Gernsback, 16.08.1884—19.08.1967) подает заявку на получение патента на изобретение электронной лампы с внешним управляющим электродом, рис.12 [8].

Целью изобретения Хьюго Гернсбека было создание более простой по конструкции электронной лампы, нежели аудион Ли де Фореста. Им было обнаружено, что нагретая до красного или белого каления нить накала при контакте со стеклом, способна испускать поток электронов,

который может достичь внешнего управляющего электрода. В патенте предполагается, что под действием тепла нити накала стекло становится проводником и пропускает электронный заряд. В патенте не приводятся экспериментальные данные по этому вопросу. Предложенная оригинальная конструкция вакуумного триода с внешним управляющим электродом, хотя и обходит патент Ли де Фореста, но насколько она работоспособна — неизвестно.

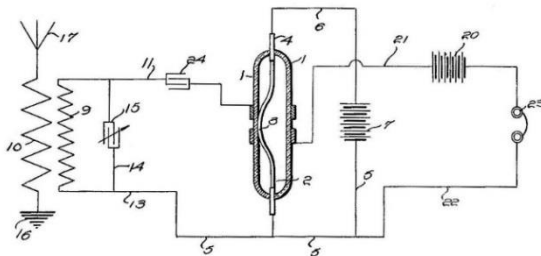


Рис. 12. Принципиальная схема радиоприемник на лампе Хьюго Гернсбека [8]. 1921 г.

Fig. 12. Schematic diagram of the radio receiver on the tube of Hugo Gernsback [8]. 1921

5. Заключение

Проведенные эксперименты показали, что электронные лампы с внешней сеткой и внешним анодом уступают в работе аудионам. Это в принципе и предопределило их судьбу, они не были запущены в производство.

Список литературы

1. McNicol Donald Monroe. *Radio's Conquest of Space the Experimental Rise in Radio Communication*. New York, Taylor & Francis, 1946. 374 с.
2. Weagant R. A. Пат. 1 252 520 (США). Wireless signaling apparatus. Jan. 8, 1918.
3. Weagant R. A. Пат. 1 290 438 (США). Wireless signaling apparatus. Jan. 7, 1919.
4. «Tube Collection». Weagant Tubes. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tubecollection.de/ura/weagant.htm> (дата обращения: 13.07.2018).
5. Babcock C. D. Пат. 1 222 916 (США). Ionized-chamber device. Apr. 17, 1917.
6. Donle H. P. Пат. 1 291 641 (США). Radio Communication. Jan. 14, 1919.
7. Donle H. P. Пат. 1 291 441 (США). Electron Valve. Jan. 14, 1919.
8. Gernsback Hugo. Пат. 1 488 337 (США). Electric Valve. Mar. 25, 1924.

References

- [1] McNicol Donald Monroe. *Radio's Conquest of Space the Experimental Rise in Radio Communication*. New York: Taylor & Francis, 1946. 374 p.

- [2] R. A. Weagant, “*Wireless signaling apparatus*,” U.S. Patent 1 252 520, Jan. 8, 1918.
- [3] R. A. Weagant, “*Wireless signaling apparatus*,” U.S. Patent 1 290 438, Jan. 7, 1919.
- [4] “*Tube Collection*”. Weagant Tubes. [Online]. Available:
<http://www.tubecollection.de/ura/weagant.htm> [Accessed: 13.07.2018].
- [5] C. D. Babcock, “*Ionized-chamber device*,” U.S. Patent 1 222 916, Apr. 17, 1917.
- [6] H. P. Donle, “*Radio Communication*,” U.S. Patent 1 291 641, Jan. 14, 1919.
- [7] H. P. Donle, “*Electron Valve*,” U.S. Patent 1 291 441, Jan. 14, 1919.
- [8] Hugo Gernsback, “*Electric Valve*,” U.S. Patent 1 488 337, Mar. 25, 1924.

Valves Arcotron

Victor M. Pestrikov

Saint-Petersburg State University of Film and Television
13, Pravda str. Saint-Petersburg, 191119, Russia
pvm205@yandex.ru

Abstract: In 1930, Telefunken produced a new type of Arcotron valves, which had a control electrode on the outer surface of the glass cylinder. Telefunken Arcotron valves were supposed to revolutionize the market for cheap receivers. However, because of the short period of operation of radio receivers on vacuum triodes with an external grid, their unreliability was revealed, besides they had a short service life. After 1930, the production of these valves was discontinued.

Keywords: Arcotron valves, a gridless tube, Günter Jobst, valves Arcotron 301, Arcotron 201, Telefunken 12, Mende 25N.

Лампы Arcotron

Пестриков В. М.

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения
Россия, 191119, Санкт-Петербург ул. Правды 13
pvm205@yandex.ru

Аннотация: В 1930 году Telefunken выпустила новый тип ламп Arcotron, которые имели управляющий электрод на внешней поверхности стеклянного баллона. Лампы Telefunken Arcotron должны были революционизировать рынок дешевых приемников. Однако в результате короткого периода эксплуатации радиоприемников на вакуумных триодах с внешней сеткой выявилась их ненадежность, к тому же они имели небольшой срок службы. После 1930 года производство этих ламп было прекращено.

Ключевые слова: лампы Arcotron, бессеточная лампа, Гюнтер Джобст, Arcotron 301, Arcotron 201, Telefunken 12, Mende 25N.

1. Введение

В 1930 году в Берлине на Большой немецкой выставке¹ (нем. Großen Deutschen Funkausstellung) впервые был открыт отдел «Радио и телевиде-

¹ По окончании Второй мировой войны, с 1950 года, из названия слово «большая» исчезло и с тех пор она «Международная Радио выставка Берлина» или «Берлинское радио шоу» (Internationale Funkausstellung, IFA).

ние», на котором демонстрировались плоские электронные вакуумные трехэлектродные лампы Arcotron. К слову, выставка была памятна не только этим, Одним из запоминающихся событий выставки было, то, что ее 28 августа открывал выдающийся физик Альберт Эйнштейн, речь которого транслировали по радио в прямом эфире, рис.1. Вступительную речь, он начал с фразы: «Если вы слушаете радио, так что не забывайте о том, как люди овладели таким замечательным инструментом коммуникации. Источниками всех технических достижений является божественная любознательность и желание мастерить, а также мышление исследователя и не менее важное конструкторское воображение технических решений изобретателем. Что касается радио, то перед ним стоит уникальная задача — примирение народов». На последнем высказывании он сделал акцент.



Рис. 1. Альберт Эйнштейн в отделе «Радио и телевидение» IFA. Август 1930 г.

Fig. 1. Albert Einstein in the department of "Radio and Television" IFA. August 1930

2. Появление ламп Arcotron

Появление ламп Arcotron стало результатом более чем двух лет работы лаборатории Telefunken. Лампы были специально сделаны для работы радиоаппаратуры от сети переменного тока в условиях больших электромагнитных наводок. При таком типе внешних воздействий, лампы Arcotron не теряли свою работоспособность. Это явилось результатом исследований известных методов статического внешнего управления электронным током, которые не позволяли ранее достигнуть более выгодной, чем 40 % проницаемости. Благодаря этому, в разработанных новых конструкциях ламп этого типа, удалось получить проницаемость до 3—4 %, т. е. до величины, свойственной детекторным и усилительным лампам.

Эта новая лампа, под названием «Arcotron», имела управление совершенно иное, нежели обычная радиолампа. Лампы типа Arcotron имели наружный управляющий электрод в виде металлического покрытия на внешней поверхности стеклянной колбы.

В рекламных целях, чтобы подчеркнуть простоту конструкции новой лампы, ее называли «Telefunken-Stange» (Telefunken-стержень). В таком триоде, количество материалов необходимых для его изготовления

было доведено до минимума. Благодаря этому лампы Arcotron продавались по более низкой цене, чем известные до этого лампы с питанием от сети, что позволило значительно снизить цену на радиоприемники. Отсюда следовал вывод, что плоская конструкция лампы представляла собой единственную возможность для дальнейшего понижения цен на дешевые радиоприемники с питанием от сети.

Удивительным является тот факт, что почти через 16 лет после экспериментов Р. А. Виганта, немецкая фирма “Телефункен” сумела выпустить промышленный вариант лампы с баллоном особой формы и малого размера, имеющей, вместо сетки специальный кольцевой электрод, в виде металлического напыления на поверхности колбы, рис. 2 [1].



Рис. 2. Реклама ламп Arcotron в немецкой газете MIRAG-Rundfunkzeitung (Мираж вещания) Nr.39, Sept. 1930.

Fig. 2. Advertising of Arcotron tubes in the German newspaper MIRAG-Rundfunkzeitung (Mirage broadcast) Nr.39, Sept. 1930

Нужно заметить, что идея управления электронным потоком в вакуумной лампе с внешним расположением сетки не является новой. Однако, не только опыты Р. А. Виганта, но и других ученых, проведенные в период с 1913 г. по 1920 г. не дали каких-либо реальных результатов. Не удалось получить требуемой величины усиление принимаемого электрического сигнала, необходимого для работы радиоаппаратуры. Это происходило главным образом от того, что при использовании ламп с таким расположением электрода, сетка не могла оказать существенное влияние на пространственный заряд, расположенный вокруг катода.

3. Отличие ламп Arcotron и Виганта

Лампы с внешней сеткой были разработаны в лаборатории Telefunken под руководством доктора Гюнтера Джобста (Jobst Günter, 1894—1956) [2]. Конструкция лампы Arcotron отличается от клапанов Виганта, рис. 3. Главное отличие этих двух ламп лежит в конструкции пары анод — катод.

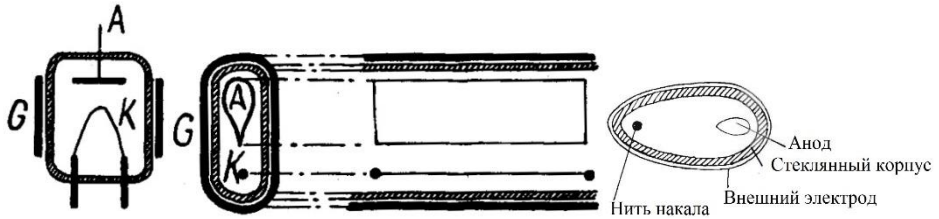


Рис. 3. Конструкция ламп: слева — Виганта, справа — Arcotron.

Fig. 3. Tube construction: on the left – Wigant and on the right – Arcotron

У лампы Виганта конструкция анода и катода традиционные, они находятся в малом объеме и полностью окружены металлическим управляющим электродом в виде кольца.

Хорошие усилительные свойства лампы Arcotron явились следствием совершенно нового устройства электродов. С целью получения как можно меньшего расстояния между управляющей металлической накладкой на наружной стороне лампы и остальными электродами, стеклянному баллону лампы была придана своеобразная (плоская) форма. У лампы Arcotron, анод и катод вытянуты в длину и параллельны друг другу. Это и есть причина, по которой новая лампа получила рекламное название Telefunken-стержень.

В лампе Arcotron анод представляет собой металлическую пластину с сечением в форме капли, а катод — длинная нагревательная нить. Исходя из этого лампа Arcotron имеет большее поле радиолампы (Field radio tube), чем у лампы Виганта, что и позволяет осуществить действенное управление электронным потоком в лампе.

Еще одна особенность трехэлектродной лампы типа Arcotron — это невозможность снять ее статические характеристики, так как при положительном напряжении обкладки сетки, стеклянная стенка баллона заряжается электронами и компенсирует влияние обкладки. Такое же явление в большей или меньшей степени наблюдается по отношению к любому отрицательному напряжению на сетке, при условии наличия следов газа в лампе, потому что ионы, выделившиеся из газа, создают компенсирующий заряд. На низких частотах ионы подвижны, и компенсация не нарушается. В то время, как на радиочастотах, уже с влиянием ионов можно не считаться, и коэффициент усиления лампы может достигать обычных величин. Так, например, на частоте 100 Гц коэффициент усиления новой газонаполненной лампы равен 0,02, на 10 кГц — около 1, а на радиочастотах коэффициент усиления доходит до 25—33.

Такая нечувствительность новой лампы к переменному току низкой частоты весьма ценна при накаливании ламп таким током, который обычно наводит на сетку переменное напряжение. Обычные детекторные лампы для удовлетворительной работы требуют косвенного нагрева (лампы с подогревом). Этого типа лампы имеют сложную конструкцию и начинают работать после включения только через 30—60 с. Новые же лампы «Telefunken» весьма просты по конструкции и, следовательно, дешевле, небольшие по размерам и начинают работать сразу же после подачи питания. Другое полезное свойство новых ламп — это простота включения в схему, в виду того, что отпадает необходимость в конденсаторах и утечках в связях между каскадами, рис. 4. Так как внутреннее сопротивление этих ламп велико, то связь делается на сопротивлениях [3].

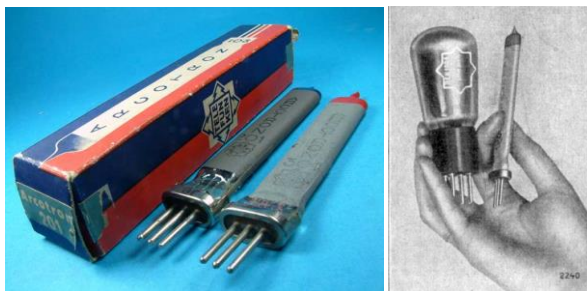


Рис. 4. Лампы Arcotron 201 (слева) и 301. Сравнение лампы Arcotron с обычной трехэлектродной вакуумной лампой «Телефункен» [4].

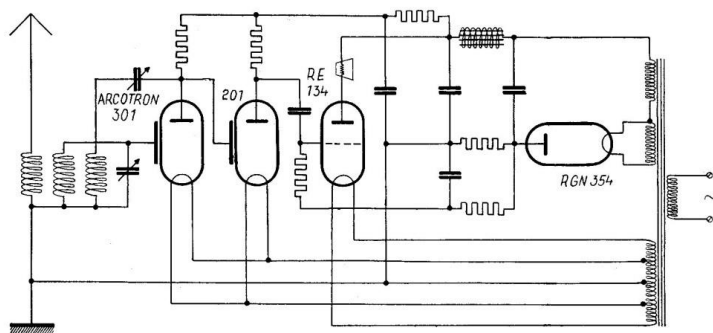
Fig. 4. Tubes Arcotron 201 (left) and 301. Comparison of the Arcotron tube with a conventional three-electron vacuum tube “Telefunken” [4]

Плоские лампы при их применении отличаются совершенно особым действием. Так, например, для получения одинакового с другими лампами эффекта обратной связи нужно применять катушку обратной связи с значительно большим числом витков.

4. Радиоприемники на лампах Arcotron

Схема радиоприемника прямого усиления с питанием от сети переменного тока на лампах Arcotron представлена на рис. 5. На входе радиоприемника установлена детекторная, газонаполненная лампа Arcotron. В следующем каскаде происходит предварительное усиление низкочастотного сигнала специальной лампой Arcotron с высоким вакуумом, предназначенной специально для этих целей. В выходном каскаде установлена обычная трехэлектродная лампа, так лампа Arcotron вследствие их большого внутреннего сопротивления не может развить на выходе необходимую мощность [5—7].

Нечувствительность детекторной лампы к переменному электрическому току, позволяет использовать фильтр выпрямителя переменного тока менее сложный, чем обычно.



Arcotron. 1930 [6]

Рис. 5. Принципиальная схема радиоприемника на лампах Arcotron. 1930 г. [6].

Fig. 5. Schematic diagram of the radio receiver on the tubes

Telefunken выпустила две модели ламп с внешней сеткой: Arcotron 301 и Arcotron 201. На рис. 6 приведен общий вид ламп Arcotron и их цоколевка, которые использовались в схеме радиоприемника представленной на рис.5. В таблице 1 приведены основные параметры ламп Arcotron 301 и Arcotron 201

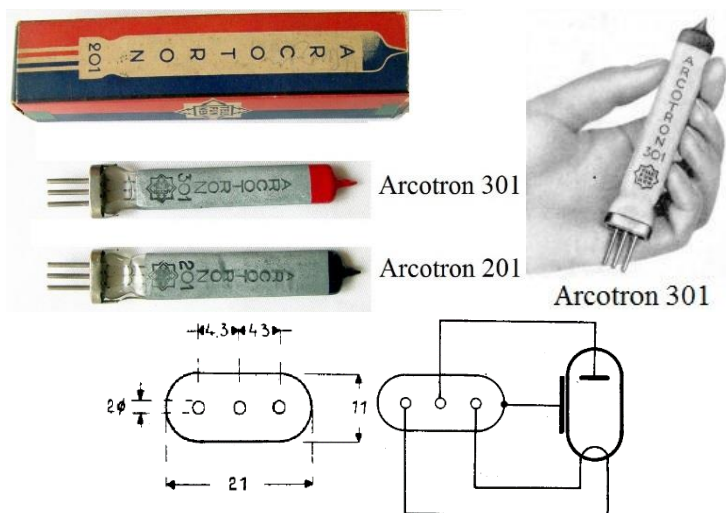


Рис. 6. Общий вид ламп Arcotron 301, Arcotron 201 и их цоколевка. 1930 г. [6, 7].

Fig. 6. General view of Arcotron 301, Arcotron 201 tubes and their base. 1930 [6, 7]

Табл. 1. Основные параметры Arcotron 301 и Arcotron 201
Table 1. The main parameters of Arcotron 301 and Arcotron 201

Параметры Parameters	Тип лампы Tube type	
	Arcoren 201	Arcoren 301
Напряжение накала, В Filament voltage, V	1,0	1,0
Ток накала, А Filament current, A	0,25	0,25
Напряжение анода, В Anode voltage, V	150	140
Максимальный анодный ток, мА Maximum anode current, mA	0,5	0,5
Емкость сеточной цепи, пФ The capacity of the grid circuit, pF	—	666
Наличие в баллоне газа Presence in the gas cylinder	Вакуум Vacuum	Пары ртути Мер- cury vapor
Маркировка вершины лампы, цвет Marking of the top of the tube, color	Синий Blue	Красный Red
Габариты ($l \times \varnothing$), мм Dimensions ($l \times \varnothing$), mm	140×16	140×16

На лампах Arcotron 301 и Arcotron 201 был налажен промышленный выпуск несложного по схемному решению радиоприемника «Telefunken 12», рис. 7.



Рис. 7. Внешний вид радиоприемника «Telefunken 12» и его внутреннее устройство. Изготовитель Telefunken Austria. 1930 г. [8].

Fig. 7. Appearance of the radio receiver “Telefunken 12” and its internal device. The manufacturer is Telefunken Austria. 1930 [8]

Радиоприемник “Telefunken 12” содержал 4 радиолампы (Arcotron 301, 201, RE 134, RGN 354) и был прост в эксплуатации, рис. 8. Прием радиостанций осуществлялся в двух диапазонах MW/LW 200—2000 м, выбор нужного диапазона волн производился переключателем. Включался приемник отдельным выключателем. Для его питания требовалось напряжение сети переменного тока 110—220 В. Выбор напряжения устанавливался переключателем. Вес аппарата составлял 5,5 кг, а его габариты — ширина 38,5 см, высота 42 см, глубина 18,3 см.



Рис. 8. Реклама радиоприемника «Telefunken 12». 1930 г.

Fig. 8. Advertising radio “Telefunken 12”. 1930

Для работы радиоприемника требовалась внешняя антенна, рис.9 [9]. Плавный поиск радиостанций осуществлялся специальной ручкой. При приеме удалённых радиостанции, с целью увеличения усиления приема, можно было воспользоваться ручкой обратной связи, а для повышения селективности приема предназначалась ручка управления антенной связью. Прослушивание радиостанций осуществлялось на громкоговоритель или наушники. Регулятора громкости не было.

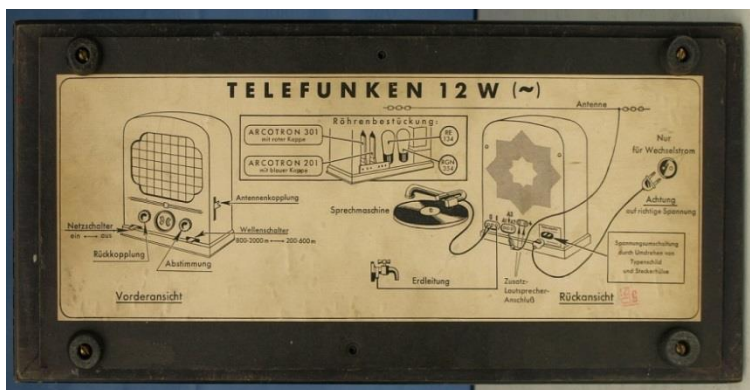


Рис. 9. Инструкция подключения радиоприемника «Telefunken 12». 1930 г.
Информация наклеена под нижней стенкой корпуса.

Fig. 9. Instructions for connecting the radio receiver “Telefunken 12”. 1930.
Information is pasted under the bottom wall of the case

Помимо, радиоприемника «Telefunken 12» были выпущены и другие модели радиоприемников. В сентябре 1930 года в продаже появился регенеративный радиоприемник Mende 25N, который содержал две обычные радиолампы RE134 и RGN354 и две лампы Arcotron-Röhren типа REA201 и REA301, рис. 10. Выходной каскад усилителя звуковой частоты был собран на ламповом триоде RE134. В блоке питания, в выпрямительном кас-

каде, использовался кенотрон RGN354. Однако, в преysкурантах продаж радиоаппаратуры, выпущенных весной 1931 года, этого радиоприемника уже не было, и больше эта модель в них не фигурировала.

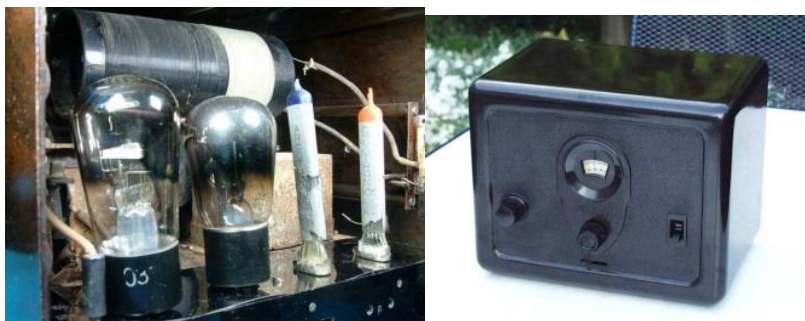


Рис. 10. Внешний вид радиоприемника «Mende 25N» и его внутреннее устройство. 1930 г. [10].

Fig. 10. Appearance of the radio “Mende 25N” and its internal device. 1930 [10]

На радиолампах с внешней сеткой был известен еще радиоприемник Нора. Все выпущенные радиоприемники собирались практически по одной схеме прямого усиления (подобной рис. 5), но с некоторыми небольшими модификациями.

Лампы Telefunken-стержень, официально объявленные в качестве замены обычных радиоламп, в преysкурантах содержались только до 1932 г.

5. Бессеточные радиолампы Valvo Co.

«Valvo» была достаточно известной немецкой компанией по производству электронных ламп отличного качества, которые не уступали по этому показателю аналогичной продукции таких компаний, как Telefunken, Philips, Siemens или Mullard, рис. 11.

Компания Telefunken покупала лампы у Valvo с начала 30-х годов XX века, и продавала их под своей маркой «Telefunken». В те времена мало кто интересовался производителями электронных ламп.

«Valvo» вышла из компании «C.H.F. Mueller GmbH Hamburg», которая была основана в 1865 г. Карлом Мюллером² (Carl Heinrich Florenz Müller, 29.01.1845—22.11.1912), рис. 12. Компания до 1914 года производила

² На основе открытия Рентгеном X-лучей, уроженец Тюрингии Карл Генрих Флоренц Мюллер, владелец стеклодувной фабрики, разработал первую рентгеновскую трубку в Гамбурге в 1896 г. Новое излучение получило название «рентгеновские лучи», но часто его называют X-лучи (англ. X-ray(s)).

только рентгеновские трубки. Наиболее известная модель такой трубки называлась "Roentgen-Mueller" (Рентген-Мюллер). После 1916 года, компания наладила производство электронных ламп.



Рис. 11. Реклама электронных ламп компании Valvo Co. (Гамбург). 1930 г.

Fig. 11. Advertising of electronic tubes by Valvo Co. (Hamburg). 1930



Рис. 12. Карл Мюллер (Carl Heinrich Florenz Müller) и его ранний промышленный образец рентгеновской трубки (1896 г.).

Fig. 12. Carl Heinrich Florenz Müller and his early industrial X-ray tube (1896).

В апреле 1924 года компания создал дочернюю фирму под названием «Radio-Röhren-Fabrik GmbH» (RRF) или просто «RRF GmbH», то есть радиоламповый завод. К этому заводу и перешло все производство радиоламп от компании «C.H.F. Mueller GmbH Hamburg».

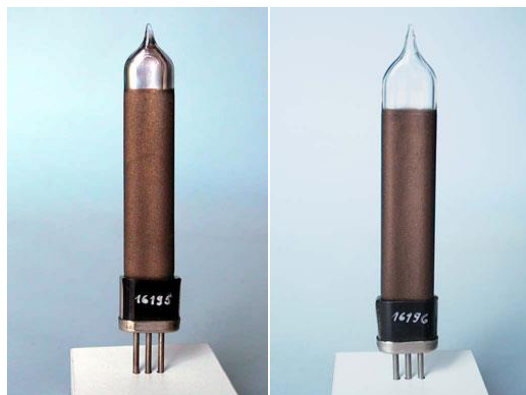
В 1926 году RRF был переименован в «Valvo». С тех пор Valvo пользуется логотипом в виде зубчатого колеса с написанными внутри стилизованными буквами «Valvo». Эта торговая марка сохранялась за компанией без изменений более 5 лет, рис. 13. В 1927 году у «C.H.F. Mueller GmbH Hamburg» возникли финансовые проблемы. Это стало причиной ее покупки немецким отделением компании Philips «Deutsche Philips GmbH Berlin». Затем, в 1932 году, Valvo стала дочерней компанией Philips.



Рис. 13. Торговая марка Valvo Co. (Гамбург)

Fig. 13. Trademark of Valvo Co. (Hamburg)

Поэтому неудивительно, что не только компания Telefunken, но и «Valvo» наладила выпуск моделей вакуумных триодов с внешней сеткой. Компания Valvo Co. (Гамбург, Hamburg) выпускала, в частности, лампы MW125 и MA125, рис. 14 [11]. По конструкции лампы «Valvo» хотя и напоминали аналогичные модели компании Telefunken, но имели некоторое конструктивное отличие. В лампах типах Arcotron внешнее соединение сетки со штырьком цоколя производилось с помощью припайки к нему провода, в то время как в подобном типе лампы Valvo (предположительно) контакт с внешней сеткой был выполнен с помощью металлического зажима.



MA125

MW125

Рис. 14. Вакуумные триоды с внешней сеткой компании Valvo Co. (Гамбург). 1930 г. [12].

Fig. 14. Vacuum triodes with an external grid of the company Valvo Co. (Hamburg). 1930 [12]

6. Заключение

Лампы Telefunken Arcotron должны были революционизировать рынок дешевых приемников. Однако в результате короткого периода их эксплуатации оказалось, что эти стержневые лампы Telefunken имели небольшой срок службы. Работа ламп Arcotron зависела от статических зарядов и даже от влажности. Если рядом с приемником происходило включение или выключение устройства в электрической сети, то это приводило к накоплению отрицательного заряда на сетке управления. Из-за отсутствия резистора в цепи сетки, заряд в течение длительного времени блоки-

ровал лампы, что было причиной отсутствия приема. По этой причине Telefunken перестал выпускать радиоприемники на этих радиолампах.

Более совершенные бессеточные электронные лампы, так называемые «стержневые лампы», были изобретены в СССР (USSR) в 50-е годы XX века.

Список литературы

1. Dietmar Rudolph. Scott Taggart Negatron. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.radiomuseum.org/forum/negative_resistance_oscillators.html (дата обращения: 16.06.2018).
2. Naafs H., Walz R. Empfänger mit Arcotron-Flachstabröhren // *Funkgeschichte (FG)*. 2000. Т. 23, № 132. С. 164—172.
3. Электронная лампа с наружно расположенной сеткой // *Наука и техника*. 1931. № 20—21. С. 22.
4. Die Flachrohre, eine neue Empfängerröhre // *Funk Bastler*. 1930. № 34.
5. Rudolf von Urtel. Außensteuerröhren. Die Flachrohre, eine neue Empfängerröhre // *Funk Bastler*. 1930. № 34.
6. Roschy Jacob. Arcotron201. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.radiomuseum.org/forum/arcotron201_arcotron201.html#1. (дата обращения: 16.06.2018).
7. Roschy Jacob. Arcotron301. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.radiomuseum.org/forum/arcotron301_arcotron301.html#1. (дата обращения: 16.06.2018).
8. Telefunken T12. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.oldradio.de/wiki/index.php/Telefunken_T12. (дата обращения: 16.06.2018).
9. Telefunken. German Broadcast Museum (Deutsches Rundfunk-Museum e.V.). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.drm-berlin.de/ausstellung-radiogeräte-1-10578.html>. (дата обращения: 16.06.2018).
10. Trioden – Die Arcotron 201 und 301. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.jogis-roehrenbude.de/Roehren-Geschichtliches/Trioden/Arcotron.htm> (дата обращения: 16.06.2018).
11. Erb E. Radios von Gestern. Luzern, 1997.
12. Arcotron. Tube Collection Udo Radtke, Germany. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tubecollection.de/ura/arcotron.htm> (дата обращения: 16.06.2018).

References

- [1] Rudolph Dietmar. Scott Taggart Negatron. [Online]. Available: http://www.radiomuseum.org/forum/negative_resistance_oscillators.html (Accessed: 16.06.2018).
- [2] H. Naafs, R. Walz, “Empfänger mit Arcotron-Flachstabröhren,” *Funkgeschichte (FG)*. 2000, vol. 23, Nr. 132. S. 164–172.
- [3] “Elektronnaya lampa s naruzhno raspolozhennoy setkoy” [An electronic valve with an externally arranged grid], *Nauka i tekhnika* [Science and Technology] (USSR), no 20–21, p. 22, 1931. (In Russ.).
- [4] “Die Flachrohre, eine neue Empfängerröhre,” *Funk Bastler*, no 34, 1930.

- [5] Rudolf von Urtel, “Außensteuerröhren. Die Flachrohre, eine neue Empfängerröhre,” *Funk Bastler*, no 34, 1930.
- [6] Jacob Roschy, *Arcotron201*. [Online]. Available: http://www.radiomuseum.org/forum/arcotron201_arcotron201.html#1. (Accessed: 16.06.2018).
- [7] Jacob Roschy, *Arcotron301*. [Online]. Available: http://www.radiomuseum.org/forum/arcotron301_arcotron301.html#1. (Accessed: 16.06.2018).
- [8] *Telefunken T12*. URL: [Online]. Available: http://www.oldradio.de/wiki/index.php/Telefunken_T12. (Accessed: 16.06.2018).
- [9] *Telefunken*. German Broadcast Museum (Deutsches Rundfunk-Museum e.V.). [Online]. Available: <http://www.drm-berlin.de/ausstellung-radiogeräte-1-10578.html>. (Accessed: 16.06.2018).
- [10] *Trioden – Die Arcotron 201 und 301*. URL: [Online]. Available: <http://www.jogis-roehrenbude.de/Roehren-Geschichtliches/Trioden/Arcotron.htm> (Accessed: 16.06.2018).
- [11] E. Erb, *Radios von Gestern*. Luzern, 1997.
- [12] *Arcotron*. Tube Collection Udo Radtke, Germany. [Online]. Available: <http://www.tubecollection.de/ura/arcotron.htm> (Accessed: 16.06.2018).

Developments by Irving Langmuir on electron tubes

Victor M. Pestrikov

Saint-Petersburg State University of Film and Television
13, Pravda str. Saint-Petersburg, 191119, Russia
pvm205@yandex.ru

Abstract: An important step in the development of electronic tubes, in the second decade of the 20th century, was the recognition by radio technicians of the fact that a high vacuum is required for the stable operation of radio tubes. The patents received in this period in the USA and in Germany made a great contribution to understanding that the era of gas-filled triodes is over. General Electric Co., thanks to a well-thought-out program of scientific research on the creation of high vacuum, the study of thermionic emission of filament filaments coated with various oxides, and the improvement of the production technology of radio tubes, it was possible to establish an industrial production of pliotrons (hard triodes triodes). The development and introduction of hard radio tube in production has made it possible to achieve substantial progress in radio electronics.

Keywords: thoriated filaments, Irving Langmuir, kenotron, Saul Dashman, pliotron, condensation pump, high vacuum, production of pliotron.

Разработки Ирвинга Ленгмюра по электронным лампам

Пестриков В. М.

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения
Россия, 191119, Санкт-Петербург ул. Правды 13
pvm205@yandex.ru

Аннотация: Важным шагом в развитии электронных ламп, во втором десятилетии 20 века, стало осознание радиотехниками того факта, что для стабильной работы радиоламп требуется высокий вакуум. Полученные в этот период времени патенты в США и в Германии внесли большой вклад в понимание того, что эпоха газонаполненных триодов закончена. General Electric Co., благодаря продуманной программе научных исследований по созданию высокого вакуума, изучению термоэлектронной эмиссии нитей накала с покрытием различных окислов и усовершенствованию технологии производства радиоламп, удалось наладить промышленный выпуск плиотронов (жестких триодов). Разработка и внедрение в производство жестких радиоламп позволила достичь существенного прогресса в радиоэлектронике.

Ключевые слова: торированная нить накала, Ирвинг Ленгмюр, кенотрон, Саул Дэшмен, плиотрон, конденсационный насос, высокий вакуум, производство плиотронов.

1. Введение

Важным шагом в развитии электронных ламп, во втором десятилетии 20 века, стало осознание радиотехниками того факта, что для стабильной работы радиоламп требуется высокий вакуум. Полученные в этот период времени патенты в США и в Германии внесли большой вклад в понимание того, что эпоха газонаполненных триодов закончена.

2. Подсказка Эрнста Александерсона

Электронные лампы в первое десятилетие 20 века были „мягкие“ (пониженный вакуум с давлением 104... 105 мм рт. ст.), то есть с относительно невысоким разрежением внутри баллона, поэтому в работе этих электронных приборов очень большую роль играла вторичная ионизация.

Компания General Electric Company¹ (сокращенно GE) заинтересовалась электронными лампами, благодаря научным поисковым исследованиям своего инженера-консультанта Эрнста Александерсона (Ernst Frederick Werner Alexanderson, 25.01.1878 — 14.05.1975), которому понадобилось эффективное устройство для модуляции выходного сигнала машинного генератора.

В конце 1912 года он посетил научно-исследовательскую лабораторию американского изобретателя Джона Хейса Хэммонда младшего² (John Hays Hammond, Jr., 13.04.1888 — 12.02.1965), который приобрел два машинных генератора для своих экспериментов с радиоуправляемыми торпедными катерами, рис.1. Лаборатория занималась проблемами дистанционного радиоуправления, которое в дальнейшем послужило основой для современных систем наведения ракет. В это время в лаборатории велись поиски подходящего приемника радиосигналов для дистанционного управления устройствами. Радиоприемник должен был обладать высокой избирательностью и чувствительностью.

Помощник Хэммонда показал опытный образец радиоприемника на аудионе (ion-controller), который использовался в некоторых эксперимен-

¹Компания GE берет свое начало с Edison Electric Light Company (EEL), которая была зарегистрирована в Нью-Йорке 15 ноября 1878 года. После нескольких объединений EEL с другими компаниями в 1889г. и 1892г. компания получила нынешнее название.

²Джон Хаммонд в 1911 году основал научно-исследовательскую лабораторию (Hammond Radio Research Laboratory), а к 1914 разработал основы дистанционного радиоуправления. Он изобрел систему поиска целей и начал первые разработки по использованию радиоволн для наведения торпед. У него было более 800 американских и иностранных патентов, более чем 400 изобретений в области радиоуправления. Его иногда называют «отцом радиоуправления».

тах. В лаборатории попросили Э. Александерсона протестировать один из опытных образцов радиоприемника.



Рис. 1. Джон Хейс Хэммонд-младший. 1922 г.

Fig. 1. JohnHays Hammond, Jr. 1922

В докладной записке от 4 февраля 1913 Э. Александерсон уведомил менеджера GE Лоуренса Хокинса (Laurence A. Hawkins) о том, что он отправил тому «детектор накаливания», который он получил в лаборатории Хэммонда, и «готов протестировать устройство в качестве высокочастотного реле». В том же месяце, Эрнст Александерсон показал образец радиоприемника лаборатории Джона Хэммонда сотрудникам GERL. При этом, он высказал свою уверенность в том, что Ирвинг Ленгмюр (Irving Langmuir, 31.01.1881—19.08.57) и его коллеги могли бы усовершенствовать это устройство, в частности, аудион, таким образом, чтобы его можно было использовать в усилителе высокой частоты, рис. 2.



Рис. 2. Ирвинг Ленгмюр.

Fig. 2. Irving Langmuir

В начале марта один настроенный радиоприемник был послан для изучения шеф-электрику GE Чарлзу Протеусу Штейнметцу (англ. *Charles Proteus Steinmetz*, нем. *Carl August Rudolph Steinmetz*, (09.04.1865—26.10.1923). Анализ работы устройства выявил слабое усиление аудиона на высоких частотах. При этом Чарлз Штейнмец подтвердил мнение Э. Александерсон, что преодолеть этот недостаток аудиона можно дальнейшими исследованиями в GERL. Это и стало импульсом для GERL в быстрой разработке усовершенствованного Audion.

3. Организация научных исследований по электронным лампам

Лоуренс Хокин увидел связь между исследованиями нитей накала вакуумных электроламп Ирвинга Ленгмюра и электронными лампами, типа аудиона. Это и стало поводом для того, чтобы поручить работы по усовершенствованию аудиона именно И. Ленгмюру. Для работы над новым научным проектом был привлечен еще и младший научный сотрудник компании Уильям Белый (William Comings White, 24.03.1890—29.01.1965), рис.3. В 1912 году Уильям Белый окончил Колумбийский университет с дипломом инженера-электрика и в том же году был зачислен в штат GERL. Он приходился И. Ленгмюру двоюродным братом. У. Белый, невзирая на это, внес заметный вклад в развитие радиоламп и электронных устройств, им было получено более 40 патентов на изобретения.



Рис. 3. Уильям Уайт.

Fig. 3. William Comings White

Вскоре после начала работы над новым научным проектом, Ленгмюр записал в своем лабораторном журнале, что "все поле чистого электронов разряда является очень важным".

Несколько недель спустя, он сделал запись в блокноте от 12 мая 1913 года о том, что он и Уильям Уайт протестировали недавно построенный триод на частоте 75 кГц, и результаты оправдали их ожидания.

14 мая 1913 с Ленгмюра он стал свидетелем тестирования новой лампы. 18 мая 1913 года, Ленгмюр сообщил об успешных испытаниях двух каскадных усилителей на вакуумных триодах. Он заявил, что во время испытаний они "получили поразительные результаты" и что настройка во геометрической прогрессии по схеме Александерсона является свершившимся фактом." После этого начались разработки собственных конструкций радиоламп в GE.

4. Торированный катод

Директор GE Research Уиллис Р. Уитни (Willis Rodney Whitney) инициировал поиск путей улучшения ламп накаливания, которые являлись основным источником доходов для GE.

В 1911 году Уильям Д. Кулидж (1873—1975) сделал оксидный катод, предложив для этого использовать в ламповой промышленности вольфрамовую проволоку, покрытую окисью тория. Кулидж установил, что добавление небольшого количества оксида тория делает вольфрам более пластичным. В том же году компания начала продажи ламп с нитями из пластичного вольфрама, подчеркивая их более высокую эффективность и больший срок службы в сравнении предыдущими конструкциями ламп. Это научное открытие было сделано благодаря тесному сотрудничеству около 20 квалифицированных научных исследователей, а также других сотрудников в GERL и заводе ламп.

Вольфрамовые нити с добавлением оксида тория оказались к стати при разработке термоэлектронных вакуумных ламп. Катоды первых радиоламп были вольфрамовые и потребляли много электроэнергии для разогрева, так как были заимствованы из осветительных ламп.

Через два года, после работ Кулиджа, И. Ленгмюр, занимаясь исследованием способности испускания электронов узкой пластинкой вольфрама, покрытой оксидом тория, обнаружил новый эффект. Эффект состоял в том, что торий (оксид тория), предварительно смешанный с вольфрамом для уменьшения роста зерен в вольфрамовой нити, способен значительно *увеличивать термоэлектронную эмиссию* в нормальных условиях. Было установлено, что металлический торий, полученный восстановлением при высоких температурах, диффундирует к поверхности вольфрама и формирует слой толщиной в одну молекулу. Кроме этого, было обнаружено, что электроположительный дипольный эффект этого мономолекулярного слоя уменьшает работу выхода у вольфрама³ до 2,63 эВ, что меньше, чем значение 3,35 эВ для чистого тория.

Применительно к радиолампам, такое покрытие понижает температуру катода и способствует его нормальной работе. Это открытие заставило ученого обратиться к изучению поверхностных явлений — молекулярной активности, которая наблюдается в тонких покрытиях или на поверхностях. В 1932 г. И. Ленгмюру была присуждена Нобелевская премия по химии с формулировкой: «за открытия и исследования в области химии поверхностных явлений».

В результате исследований, проведенных И. Ленгмюром, удалось значительно повысить экономичность существовавших катодов, однако, усовершенствование катода на этом не закончилось.

³ Работа выхода электронов из вольфрама 4,54 эВ

5. Кенотрон

После изобретения вентиля Флеминга и особенно аудиона, развитие вакуумных технологий применительно к радиолампам, несколько замедлилось. Это было связано с тем, что по распространенной в то время теории, считалось, что проводимость тока через вентиль зависит от ионизации газа, и что малое содержание газа в баллоне лампы, важно для успешной её работы. Этой точки зрения придерживался и Ли де Форест.

В 1912 году У. Уитни пригласил в лабораторию GE Саула Дэшмена⁴, который недавно получил докторскую степень (PhD) в университете города Торонто. Позднее коллеги по лаборатории отзывались о нем, как о человеке с высокими моральными принципами и «катализаторе» с редкой способностью объединять людей, которые могли бы способствовать исследованиям друг друга.

Директор лаборатории позволил Саулу Дэшмену определиться самому с тематикой исследований. Выбор пал на исследования высокого вакуума, тему актуальную в тот период для работы радиоламп. Саул Дэшмен писал в своих воспоминаниях: «Внимание ламповых инженеров в течение многих лет было направлено на создание высокого вакуума, с целью повышения эффективности ламп накаливания. Я не видел причин сомневаться в их взглядах. Но вместо того, чтобы пытаться получить лучший вакуум, что было трудно сделать, я решил, что гораздо легче сделать плохой вакуум и узнать все о плохом вакууме. Поэтому мы наполняли баллоны ламп различными газами, чтобы увидеть, насколько пагубно они влияют на их работу. Некоторые из них — азот, аргон и ртуть — способствовали тому, что лампа работала в сотни раз дольше, чем без них. В исследовательской работе вы не можете планировать открытия, но можете планировать работу, которая, вероятно, приведет к открытиям».

Дэшмен с энтузиазмом взялся за исследования вакуума и написал несколько научных статей по вакуумным технологиям, чем обратил на себя внимание Ленгмюр. Через некоторое время, он попросил Дэшмена присоединиться к разработке вопросов по применению накаливаемых катодов в устройствах с высоким вакуумом. Таким образом в GE образовалась группа по исследованию глубокого вакуума, в составе Ирвина Ленгмюра, У. К. Уайтаи Саула Дэшмена при руководстве Ленгмюра. Эта группа исследователей внесла весомый вклад в продвижение радиоламп типа аудиона.

⁴ Саул Дэшмен (Saul Dushman, 12.07.1883-07.07.1954), выходец из России, родился в Ростове-на-Дону. В 1891 году семья эмигрировала в Канаду, потом переехала в США и там в 1917 г. получила гражданство.

Саул Дэшмен говорил: «Жизнь, кажется, изобилует расхождениями. Когда вы понимаете, что расходящиеся явления часто затрагивают человеческие жизни, вы должны признать, что полное планирование не оправдано. Планы должны быть сделаны, но часто только общего характера».

Группа Ленгмюра установила необходимость разработки «жестких» ламп и предложила новые вакуумные технологии. Они обнаружили преимущества, которыми обладают радиолампы с высоким вакуумом

Сконструированная Кулиджем рентгеновская трубка хотя и представляла собой выпрямитель для больших величин переменного тока, но не предназначалась специально для этой цели. В рентгеновской трубке из-за большого расстояния между анодом и катодом, и наличия фокусирующего устройства около катода, эффекты пространственного заряда очень сильно дают о себе знать. Чтобы получить ток 10 мА, необходимо приложить напряжение в несколько тысяч вольт. Такое напряжение необходимо для преодоления пространственного заряда, когда трубка используется в качестве выпрямителя.

В 1915 году Дэшмен опубликовал важную статью под названием «Новое устройство для выпрямления переменного тока высокого напряжения», в которой описал разработку высоковольтного вакуумного диода (рис. 4), который мог выпрямлять до 10 кВт мощности переменного тока при 100 000 вольт [1]. Он изложил некоторые важные данные в отношении конструкции таких диодов. В его исследованиях использовались лампы с молибденовыми анодами.

Для этого выпрямительного устройства потребовалось новое название «Kenotron», чтобы отличить его от предыдущих конструкций диодов с горячим катодом, в которых важную роль играли положительные ионы. Дэшмен и Ленгмюр провели воскресное утро в 1914 году в доме доктора Беннетта (Bennett), профессора греческого колледжа (Greekat Union College), обсуждая греческие корни, которые могут помочь. Это означало рождение семейства вакуумных устройств. В своей работе Дэшмен объяснил, что обозначение кенотрона было особенно придумано из греческих корней, которые означали «пустое», а суффикс — инструмент или прибор. После этого семейство -тронов пополнилось плеотроном, радотроном, динотроном, магнетроном, тиратроном и, гораздо позже, циклотроном, бетатроном, клистроном и многими другими.

Кенотрон явился разновидностью электровакуумного диода. Небольшие по размерам лампы этого типа можно было использовать в качестве колебаний детекторов для приема беспроводных сигналов. Первые конструкции кенотронов были использованы в рентгеновских установках. GE

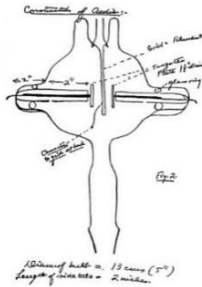


Рис. 4. Саул Дэшмен (1937г.) и его конструкция вакуумного диода для выпрямления переменного тока высокого напряжения (страница из записной книжки С. Дэшмена. 14 мая 1913 г.) [2].

Fig. 4. Saul Dashman (1937) and his design of a vacuum diode for rectifying an alternating current of high voltage (page from S. Dashman's notebook, May 14, 1913) [2]

выпустила кенотроны типа UV214, которые нашли применение в выпрямительных блоках мощных радиовещательных станций. Для достижения требуемой мощности эти кенотроны, обычно, включались по несколько штук параллельно. Известная радиостанция WEAf (50 кВт) в Нью-Йорке в 1922 году питалась от выпрямительного блока, в котором содержалось шесть параллельно включенных кенотронов UV214, рис.5.

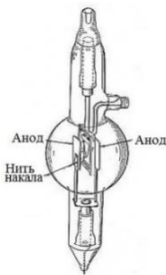


Рис. 5. Общий вид мощного кенотрона (слева) и блок кенотронов UV214 на радиостанции WEAf в Нью-Йорке (1922 г.).

Fig. 5. General view of the powerful kenotron (left) and block of kenotrons UV214 on the radio station WEAf in New York (1922)

Из-за отсутствия газовых эффектов кенотрон явился идеальным выпрямителем, поскольку выпрямленный ток не течет в обратном направлении, даже когда приложено напряжение 100 000 В или более. По тем же причинам кенотрон способен выпрямлять радиочастотные токи, а также звуковые частоты, при этом не проявляя ни малейших признаков каких-либо эффектов задержки.

6. Триоды с «жестким вакуумом»

Группа Ленгмюра после создания кенотрона, продолжила исследования по изучению электронных потоков в высоком вакууме. К этому времени уже были известны различные конструкции усилительной вакуумной лампы типа триода. Ленгмюр, невзирая это, выбрал свой путь в разработке конструкции триода, не похожую на других, но с управлением электронного потока по патенту Ли де Фореста.

Первый триод с весьма высоким вакуумом („жесткие" лампы), работающий с чисто электронным разрядом, был изготовлен в 1913 году на базе кенотрона, рис.6. Для этого между анодом и катодом был установлен управляющий электрод в виде сетки из тонкой проволоки. Триод с высоким вакуумом был назван «плиотроном» (pliotron, от греческого слова "pleion", что означает "больше"). Плиотрон, таким образом, явился «инструментом для получения большего» или усилителем. Следует отметить, что авторы названия «плиотрон», помимо прочего, преследовали еще одну цель — отметить особую группу триодов с высоким вакуумом, которые производила GE. Ту же цель преследовала и Western Electric Co., дав название «vacuum tube» производимым ею «жестким» триодам.

Электроды плиотрона были сделаны из металлической проволоки, которую можно было нагревать вовремя вакуумирования⁵. Таким путем удавалось удалить из электродов находящиеся в них газы.

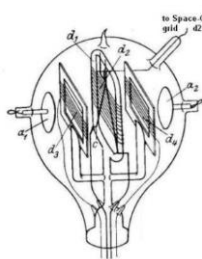


Рис. 6. Устройство одного из первых плиотронов (1913 г.) и И. Ленгмюра с экспериментальным образцом плиотрона (1930 г.).
Fig. 6. The device of one of the first pliotrons (1913) and I. Langmuir with an experimental sample of a pliotron (1930)

Ленгмюр было разработано несколько экспериментальных конструкций плиотронов, которые отличались габаритами и особенностям устройств электродов. На две конструкции плиотронов им были получены патенты [3, 4]. Главная особенность конструкции плиотронов заключалась в том, что аноды наматывались зигзагом на стеклянной раме вольфрамовой проволокой диаметром 0,01 мм и располагались с двух сторон плоской сетки. Нить накала была установлена внутрисетки. Другими словами, все электроды плиотрона (анод, сетка и нить накала) были изготовлены из вольфрамовой проволоки. Роль электродов у этих ламп та же, что и у аудиона. Большой плиотрон по патенту US1558437 содержал еще катодную сетку, подключаемую к плюсу отдельного гальванического элемента. Плиотроны по обоим патентам имели катод прямого накала.

⁵Вакуумирование — создание вакуума путём удаления воздуха, газа откуда-либо с помощью специальных установок.

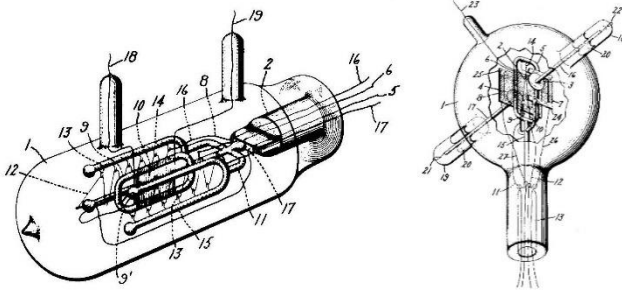


Рис. 7. Конструкции пλιο-
тронов: малый [3] (слева) и
большой [4] (справа). 1913 г.

Fig. 7. Pliotron designs: small
[3] (left) and large [4] (right).
1913

7. Достижение высокого вакуума

Разработка жестких радиоламп требовала новых вакуумных технологий. Ртутные насосы, имевшиеся в GERL не позволяли достичь необходимой степени вакуума. Практическое использование принципов молекулярно-кинетической теории газов привело немецкого физика Вольфганга Геде (Wolfgang Gaede, 25.05.1878 — 24.06.1945) в 1913 году к созданию высоковакуумного насоса, основанного на диффузии газа в струю пара [5]. На идею диффузионной откачки натолкнула Геде работа русского физика П. Н. Лебедева [6, 7].

В 1915 году вышла статья Геде с описанием диффузионного насоса, рис.8 [8]. У этого насоса Геде максимальная скорость откачки составляла $80 \text{ см}^3/\text{с}$ при температуре ртутного пара 100°C . Давление паров ртути при этой температуре составляло $0,27 \text{ мм рт.ст.}$, а длина свободного пробега молекул газа $0,25 \text{ мм}$. Ширина щели⁶ в перегородке была равна $0,12 \text{ мм}$. В отличие от прежде известных насосов, он не имел теоретического предела достижимого давления в откачиваемом объеме. Однако, с точки зрения практического использования, диффузионный насос Геде имел два существенных недостатка: низкая скорость откачки, ограничиваемая размерами диффузионной диафрагмы и необходимость тщательного контроля температуры ртутного пара.

Дэшмен, в том же 1915 году, прочитал опубликованную в Германии статью Геде и обратил на нее внимание Ленгмюра. После этого Дэшмен построил один из насосов Геде и тщательно его изучил. Это стало предметом обсуждений с Ленгмюром. Именно во время обсуждения этих экспериментов возникли идеи об устранении недостатков насоса Геде, в частности, ликвидации узкой щели в насосе, что позволяло снять ограничения

⁶ Газ из откачиваемой системы поступает через трубку в область перед щелью, а затем диффундирует через неё.

скорости откачки. После этого Дэшмен сконструировал новый насос и провел его испытания. Насос был назван «конденсационный насос». В первой модели насоса скорость откачки составила около $3000 \text{ см}^3/\text{сек}$.

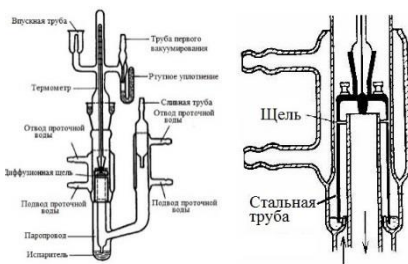


Рис. 8. Вольфганг Геде и устройство его диффузионного насоса. 1913 г.

Fig. 8. Wolfgang Gaede and the device of his diffusion pump. 1913

В 1916 г. в журнале «General Electric Review» появилось описание насоса Ленгмюра [9]. В насосе Ленгмюра производилось интенсивное охлаждение стенок вблизи сопла. Благодаря этому, молекулы пара, движущиеся не в направлении струи, конденсируются на стенках. Насос способен откачивать газы при значительно более низких давлениях, чем эжектор. По мнению Ленгмюра, решающую роль в насосе играет процесс конденсации, а не диффузии. Соответственно с его теорией насос был назван конденсационным.

Нужно отметить, что теория Ленгмюра имела существенное отличие от теории Геде, определенную роль сыграли патентные соображения, рис. 9 [10]. Между тем, в конструкцию Ленгмюра перенесены основные черты насоса Геде, не свойственные эжектору. Это, во-первых, наличие значительного предварительного разрежения газа; во-вторых, использование ртутного пара; в-третьих, применение пара малой плотности [11].

Насос Ленгмюра, в тот период времени, был в 100 раз более мощнее, чем любой из ранее существовавших тогда для этих целей насосов. С помощью нового насоса, удалось создать низкое давление (10^{-6} мм рт. ст.), необходимое для изготовления «жестких» радиоламп.

Ленгмюром были изготовлены различные типы конденсационных насосов: стеклянные и металлические. Большое удобство стеклянных насосов Ленгмюра заключалось в том, что их можно было изготовить в лаборатории опытным стеклодувом. На рис.9 представлен конденсационный насос в том первоначальном виде как предложил Ленгмюр. В этом виде насос имеет два недостатка: 1) большая высота колонки заставляет усиленно защищать её от потери тепла наружу, 2) короткое расстояние от холодильника до баллона с ртутью опасно в смысле попадания холодной ртути на горячие части насоса.

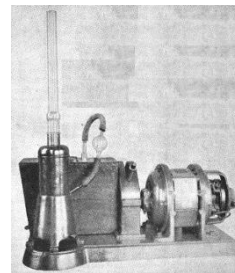
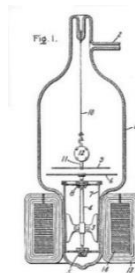
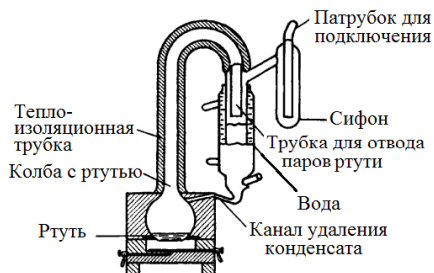


Рис. 9. Типы конденсационных насосов И. Ленгмюра; стеклянный (первоначальная конструкция, 1913 г.) (слева), металлический [10] и реальная конструкция (справа).

Fig. 9. Types of condensing pumps I. Langmuir; glass (original design, 1913) (left), metal [10] and real construction (right)

Работы в области разработки радиоламп с высоким разряжением в компании GE привлекли внимание конкурентов, в частности, компании AT&T. Это стало причиной патентного спора между этими компаниями. Благодаря работам И. Ленгмюра и В. Геде, предложивших эффективный способ откачки ламп до очень малых давлений, приблизительно с 1915 г. начали использовать вакуумные лампы с чисто электронным разрядом.

8. Производство плиотронов

General Electric, благодаря продуманной программе научных исследований по созданию высокого вакуума, изучению термоэлектронной эмиссии нитей накала с покрытием различных окислов и усовершенствованию технологии производства радиоламп, удалось наладить промышленный выпуск плиотронов (жестких триодов). Плиотроны выпускались с различными характеристиками, применительно для приема, усиления и генерирования радиосигналов. Промышленные образцы не были похожи на экспериментальные образцы. Аноды у серийно выпускавшихся ламп аноды были из листового металла, нити накала V-образная из вольфрама с оксидным покрытием, сетка — спиральная с креплением на мощных стойках, цоколь металлический с 4-я ножками (4 pin). Поздние модели плиотронов имели бакелитовый цоколь.

Компания General Electric занималась разработкой плиотронов с 1917 по 1927 год. После образования RCA в 1919 году стандартные лампы General Electric были проданы RCA. Большинство ранних ламп имели маркировку GE на колбе или коробке. Компания Cunningham продавала нелегальные лампы GE до Первой мировой войны под маркой Audio-

tron. Через некоторое время Cunningham начала производить фирменные лампы, которые соответствовали конструкции ламп GE.

Компания GE наладила производство плиотронов разных типов, для радиоприемников (тип P) и радиопередатчиков различной мощности (типы: T, U и P) [12,13].

Плиотроны типа G представляли собой вакуумные триоды, которые предназначались для детекторных и усилительных каскадов, рис.10. Тип G использовался в радиоаппаратуре как на военно-морском флоте, так и в войсках связи (Signal Corps) США. К этому типу относится плиотрон CG-886 с 3-х контактным цоколем. Позднее для войск связи был выпущен плиотрон VT11 с 4-х контактным цоколем, а для флота эта версия лампы получила название CG-890.

Триод VT-11 имел вертикально расположенный цилиндрический анод ($\varnothing 6,5$ мм и $l=8$ мм) и был эквивалентом WE-1 производства компании WE. В январе 1918 года компания GE изготовила для американских войск связи 80 000 триодов типа VT-11. Особенностью лампы CG-890 было то, что она могла работать и в радиопередатчиках, при анодном напряжении 750В, она была способна дать на выходе 10 Вт.



CG-886 3-pin Socket



VT11 4-pin Socket



CG-890. 1918 г.

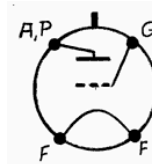


Рис. 10. Плиотроны типа G.

Fig. 10. Pliotrons G-Type

Плиотроны типа Т предназначались для радиопередатчиков и были рассчитаны на мощность 5 Вт. К этому типу относятся лампы VT-12. Эти триоды несколько позже были усовершенствованы и выпущены для войск связи под маркой VT-14, а для военно-морского флота — CG-1162, рис. 11.

Плиотроны типа U предназначались для радиопередатчиков и были рассчитаны на мощность 50 Вт. Лампы этого типа компанией GE были выпущены в 1918 году для военно-морского флота под маркой CG-1144, а для войск связи — VT-18, рис.12. Эти оригинальные лампы имели большой цоколь (Jumbo 4 pin), который был сделан для GE компанией Shaw Insulator. В начале 1919 года GE начала изготавливать цоколи с изолято-

ром в виде диска из слюды для поддержки опорных штифтов. Около 1200 триодов типа CG-1144 было сделано для военно-морского флота и 200 триодов типа VT-18 — для армии.



Рис. 11. Плиотроны типа Т.

Fig. 11. Pliotrons Type T

Триод VT-18 стал прототипом для плиотронов UV203 производства RCA (RCA Victor Co. Inc.; New York (NY)) в 1922 г. Триод UV203 допускал на аноде напряжение 1000 В при токе 150А. Габариты UV203 51×191×51 мм. Эта лампа получила широкое распространение в коммерческой и любительской радиоаппаратуре.

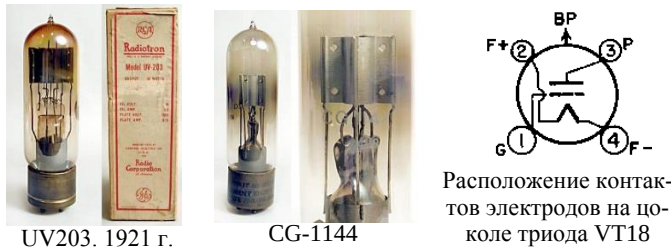


Рис. 12. Плиотроны типа U.

Fig. 12. U-Type Pliotrons

Плиотроны типа Р представляли собой генераторные триоды большой мощности до 250 Вт. Для войск связи они поставлялись в 1918—1919 годах под маркой VT10, а для военно-морского флота — под маркой CG-916, рис. 13. Триод CG-916 допускал на аноде напряжение 1500—2000 В. Эти триоды использовались в радиопередатчиках, установленных на подводных лодках и гидросамолетах.



Рис. 13. Плиотрон типа Р для военно-морского флота марки CG-916. 1918—1919 гг.

Fig. 13. Pliotron Type P for the Navy CG-916. 1918-19

На рис. 14 представлен общий вид плиотрона GERJ-8, который был предназначен для усилителей звуковой частоты и имел катод прямого накала. Для накала нити требовался источник питания напряжением 4,5В и током 1А. Максимальное анодное напряжение 350В, коэффициент усиления - $\mu = 8,5$, выходная мощность 0,6 Вт. Габариты лампы 12,7 см $\times$ 5,08 см.



Рис. 14. Общий вид плиотрона GERJ-8 и его устройство.

Fig. 14. General view of the plotron GERJ-8 and its device

Плиотрон GERJ-8 выпускался в различных модификациях, в частности, UX 210. На рис.15 приведен общий вид плиотрона UX 210 и его упаковка. На этом же рис.15 приведена также схема усилителя звуковой частоты на триоде UX 210 с питанием от гальванических батарей.

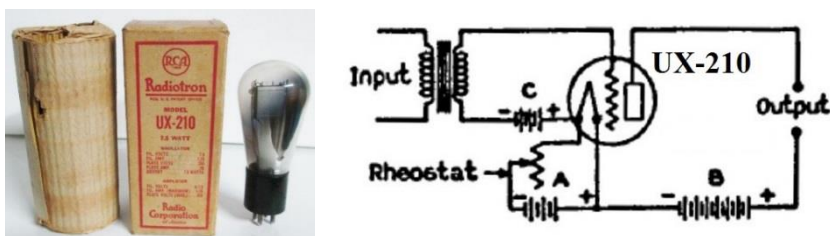


Рис. 15. Общий вид плиотрона UX 210, его упаковка и использование этого триода в схеме усилителя звуковой частоты.

Fig. 15. The general view of the UX 210 plotron, its packaging and the use of this triode in the amplifier circuit of an audio frequency

9. Заключение

Разработка новых ламповых технологий, в частности, изобретение оксидных катодов, позволила достичь ощутимого прогресса в радиоэлектронике. Это позволило снизить тепловой режим работы радиоаппаратуры и увеличить ее срок службы.

После изобретения диффузионного насоса Геде, в течение нескольких лет, появилось большое количество разнообразных конструкций ртутных пароструйных насосов. Наибольшую роль в совершенствовании насо-

са Геде сыграли лаборатории крупнейших электрических компаний, в особенности научно-исследовательские лаборатории GE в Скенектеди, под руководством И. Ленгмюра и AT&T под руководством Г. Арнольда.

Появление новых вакуумных технологий позволило различным радиотехническим компаниям разработать новые типы вакуумных триодов с высоким вакуумом. Производимые компаниями такие триоды, в большинстве случаев, хотя и отличались по конструкции, но были взаимозаменяемы. Они имели одинаковые цоколи и цоколёвку.

Достигнутый прогресс в области радиоламп произошел благодаря новой форме организации научно-исследовательских работ, когда на смену эмпирическим подходам изобретателям одиночкам приходят научные коллективы, объединенные одной целью в достижении результата в рамках лаборатории.

Список литературы

[1] Dushman Saul. New device for rectifying high-tension alternating current//General Electric Review 1915. Vol. 18. P.156-167. (Новое устройство для выпрямления переменного тока высокого напряжения).

[2] Redhead Paul A. Vacuum Science and Technology: Pioneers of the 20th Century. Springer Science & Business Media, 1997. P.36.

[3] Langmuir I. Electrical Discharge Apparatus and Process of Preparing and Using the Same. Patent US1558436. Original Filed Oct. 16, 1913. Patented Oct. 20, 1925.

[4] Langmuir I. Electrical Discharge Apparatus. Patent US1558437. Original Filed Oct. 29, 1913. Patented Oct. 20, 1925.

[5] Gaede W. Vorrichtung zum Evakuieren (Устройство для вакуумирования). Deutsches Reich Patent № 286404 (25. 09. 1913).

[6] Lebedew P. Untersuchungen über die Druckkräfte des Lichtes // Annalen der Physik. 1901. B. 6 (4). S. 433-458.

[7] Florescu N. A. II Vacuum. 1963. Vol. 13. P. 569.

[8] Gaede W. Die Diffusion der Case durch Quecksilberdampf bei niederen Drucken und die Diffusionsluftpumpe // Annalen der Physik. 1915. B. 46. S. 357-392.

[9] Langmuir I. General Electric Review. 1916. 19 (12). P. 1060.

[10] Langmuir I. Vacuum Gage. Patent US1126233. Application Filed Mar. 8, 1913. Patented Jan. 26, 1915.

[11] Страница автора: Борисов Василий Петрович. Борисов В. П. Вакуум: от натурфилософии до диффузионного насоса. Глава 4. Формирование основ современной вакуумной техники (после 1915 г.). URL: <http://www.vacuum.ru/file/misc/borisov/vacuum/part4.html> (05.07.2018)

[12] Web Site "Tube Collection". General Electric. URL: <http://www.tubecollection.de/ura/generalelectric.htm> (05.07.2018).

[13] Web Site "Bill's Vintage Tube Site". URL: <http://www.bill01a.com/> (05.07.2018).

References

- [1] Dushman Saul. New device for rectifying high-tension alternating current//General Electric Review 1915. Vol. 18. P. 156–167.
- [2] Redhead Paul A. Vacuum Science and Technology: Pioneers of the 20th Century. Springer Science & Business Media, 1997. P. 36.
- [3] Langmuir I. Electrical Discharge Apparatus and Process of Preparing and Using the Same. Patent US1558436. Original Filed Oct. 16, 1913. Patented Oct. 20, 1925.
- [4] Langmuir I. Electrical Discharge Apparatus. Patent US1558437. Original Filed Oct. 29, 1913. Patented Oct. 20, 1925.
- [5] Gaede W. Vorrichtung zum Evakuieren. Deutsches Reich Patent № 286404 (25.09.1913).
- [6] Lebedew P. Untersuchungen über die Druckkräfte des Lichtes // Annalen der Physik. 1901. B. 6 (4). S. 433–458.
- [7] Florescu N. A. II Vacuum. 1963. Vol. 13. P. 569.
- [8] Gaede W. Die Diffusion der Gase durch Quecksilberdampf bei niederen Drucken und die Diffusionsluftpumpe // Annalen der Physik. 1915. B. 46. S. 357–392.
- [9] Langmuir I. General Electric Review. 1916. 19 (12). P. 1060.
- [10] Langmuir I. Vacuum Gage. Patent US1126233. Application Filed Mar. 8, 1913. Patented Jan. 26, 1915.
- [11] URL: <http://www.vacuum.ru/file/misc/borisov/vacuum/part4.html> (05.07.2018).
- [12] Web Site “Tube Collection”. General Electric. URL: <http://www.tubecollection.de/ura/generalelectric.htm> (05.07.2018).
- [13] Web Site “Bill’s Vintage Tube Site”. URL: <http://www.bill01a.com/> (05.07.2018).

Henry Round radio direction finding (RDF)

Victor M. Pestrikov

Saint-Petersburg State University of Film and Television

13, Pravda str. Saint-Petersburg, 191119, Russia

pvm205@yandex.ru

Abstract: In 1912, Marconi acquired the Bellini-Tosi patents for antennas for radio direction finding and began the installation of RDF equipment on commercial ships. The Royal Navy captain Henry Round improved the RDF technology. He installed a number of RDF stations along the east coast of the UK. These stations actively followed the German fleet during the First World War. In May 1916, the stations monitored the transmissions of the German Navy, which were anchored in Wilhelmshaven. May 30, the station reported a 1.5-degree change in the direction of signals. From this it was concluded that enemy ships are in motion. The British Admiralty ordered its fleet to go to sea to intercept the German fleet. The next day there was a battle at Jutland, the biggest naval battle of all time.

Keywords: Radio direction finders, Bellini-Tosi patents, Marconi company, Captain Henry Round, Jutland battle.

Радиопеленгаторы Генри Раунда

Пестриков В. М.

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения

Россия, 191119, Санкт-Петербург ул. Правды 13

pvm205@yandex.ru

Аннотация: В 1912 году компания Маркони приобрела патенты Беллини—Тоси (Bellini-Tosi) на антенные системы для радиопеленгования и начала установку оборудования RDF на коммерческих судах. Технология RDF была улучшена капитаном Королевского флота Генри Раундом. Он установил ряд станций RDF вдоль восточного побережья Великобритании. Эти станции активно следили за немецким флотом во время Первой мировой войны. В мае 1916 года станции отслеживали передачи ВМС Германии, которые стояли на якоре в Вильгельмсхафене. 30 мая станции сообщили о 1,5-градусном изменении направления сигналов. Из этого был сделан вывод, что корабли противника находятся в движении. Британское адмиралтейство приказало своему флоту выйти в море для перехвата немецкого флота. На следующий день произошла битва при Ютландии, самая большая морская битва всех времен.

Ключевые слова: Радиопеленгаторы, патенты Беллини—Тоси, компания Маркони, капитан Генри Раунд, Ютландское сражение.

1. Введение

В 1906 году случилась рецессия¹ в компании Маркони, когда Г. Раунд (Henry Joseph Round, 02.06. 1881 — 17.08.1966) работал в ее американском отделении. Оказавшись в сложно экономическом положении, он вынужден был искать работу. В связи с этим, он подал заявление на работу в компанию Томаса Эдисона, но потом отказался от своих намерений, почувствовав, что не сможет прожить на \$12 в неделю, да еще в Нью-Йорке. Для Г. Раунда оказался приемлемым вариант в Нью-Йоркской телефонной компании (New York Telephone Company), в которой он потом проработал в течение последующих 2 лет. В этот период, в свободное от работы время, он по своей инициативе, занимался исследованием работы одинарных и двух взаимно перпендикулярных рамочных (в виде петли) антенн. Помимо этого, он начал разработку беспроводного телефона. Сделанные научные заделы оченьгодились Г. Раунду, когда он вернулся в компанию Маркони, и продолжил начатые разработки.

2. Патенты Беллини — Тоси

В 1912 году компания Маркони приобрела патенты Беллини — Тоси (Bellini–Tosi) на антенные системы для радиопеленгования, и только после этого Г. Раунд разработал практическую схему радиопеленгатора (*англ.* radio direction finder) [1]. Конструкция была почти готова, как раз перед Первой мировой войной.

В 1907 году итальянский инженер Этторе Беллини (Ettore Bellini, 13.04.1876—1943) и капитан Королевских ВМС Италии Алессандро Тоси (Alessandro Tosi, 1866—1936) во время экспериментов² по распространению радиоволн открыли принцип радиопеленгования с помощью комбинации двух скрещенных направленных антенн (примером могут служить две взаимно перпендикулярные рамочные антенны) и вращающейся катушки гониометра для определения направления приходящей волны. Конструкция радиопеленгатора, запатентованная (рис. 1) этими исследователями состояла из системы неподвижных рамочных антенн (рис. 1, Fig. 1), приемно-гониометрического устройства (рис. 1, Fig. 2) и звукового индикатора (телефонные наушники) [2, 3].

¹ Рецессия (лат. recessus отступление) — относительно умеренный, некритический спад производства или замедление темпов экономического роста.

² Исследования проводились в рамках проекта компании Giovanni Agnelli

ками. Радиопеленгаторная установка системы Marconi — Bellini — Tosi (рис. 2) включала в себя модифицированную направленную антенную систему Беллини — Тоси (Bellini-Tosi), радиоприемник на электронных лампах конструкции Раунда и индикатор. Ко входу лампового радиоприемника подключалась роторная обмотка радиогониометра.

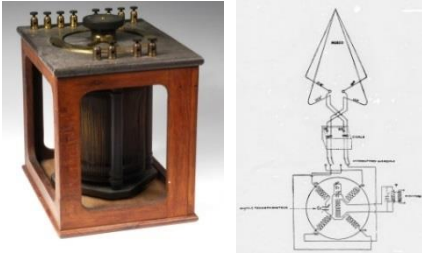


Рис. 2. Общий вид и схема радиогониометра радиопеленгатора системы Marconi—Bellini—Tosi производства Marconi's Wireless Telegraph Co. Ltd, и схема его включения.1916 г.

Fig. 2. General view of the radio-goniometer of the Marconi-Bellini-Tosi radio direction-finder system manufactured by Marconi's Wireless Telegraph Co. Ltd, and its inclusion scheme.1916

Радиоприемник пеленгатора компании Marconi, в зависимости от конструкции, мог содержать до 9 каскадов усиления сигнала на лампах V24, рис. 3. Возникает вопрос, почему в данном устройстве использовалось такое большое каскадов усиления? Число каскадов можно было уменьшить, если применить, например, регенеративную схему. Объяснения по этому поводу Г. Раунд дал в 1920 году [4]. Многоступенчатый усилитель напрямую соединен с антенной и не производит в нее излучение, все другие схемные решения дают излучение в антенну, которое может быть запеленговано противником.

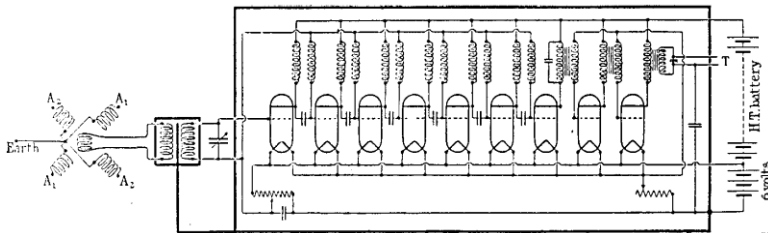


Рис. 3. Принципиальная схема пеленгатора на электронных лампах типа V24.

Fig. 3. Schematic diagram of direction finder on electron tubes of type V24

В радиопеленгаторных приемниках, использовались не только вакуумные триоды типа V24, но и типа Q. Эти радиолампы не имели цоколя, вместо него на стеклянном корпусе располагались четыре конусных контактных головки, в виде концов креста. В радиоустройство лампа вставлялась в соответствующие контактные зажимы, которые надежно ее фиксировали и позволяли быструю замену при необходимости, рис.4. Особенно это было важно в условиях боевых действий.



Рис. 4. Детекторный приемник с усилителем на лампах типа V24 и варианты их крепления.

Fig. 4. Detector receiver with an amplifier on tubes of type V24 and their mounting options

Работа радиопеленгаторных станций (РПС) была настолько успешной в вопросах выявления вражеских радиопередатчиков и сканирования передаваемой информации, что Г. Раунда отозвали в Англию для постройки там подобной радиопеленгаторной сети. Одной из основных функций создаваемых станций радиопеленга должно было стать слежение за перемещениями немецких военных кораблей и немецких дирижаблей Цеппелинов. Цеппелины использовались для разведки и бомбардировки на восточном побережье Великобритании, рис. 5.

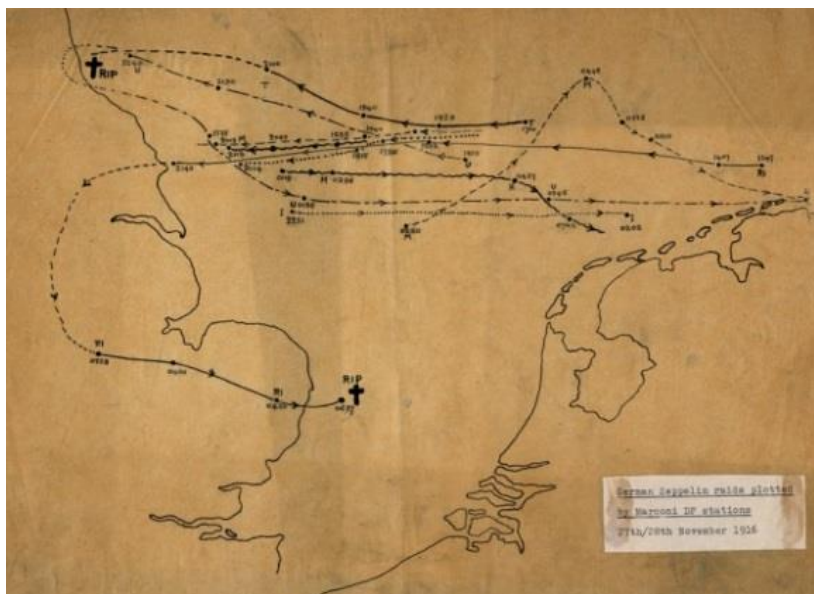


Рис. 5. Карта маршрутов Цеппелинов, отслеженных радиопеленгаторами системы Marconi — Bellini — Tosi 27—28 ноября 1916 года [5].

Fig. 5. Map of the Zeppelin routes tracked by the Marconi–Bellini–Tosi radio direction finders on November 27–28, 1916 [5]

Построенные англичанами станции радиопеленга позволили обнаружить пути вражеских дирижаблей и составить карту их маршрутов (рис.5). Благодаря этому было сбито несколько немецких дирижаблей. На карте места уничтожения немецких Цеппелинов обозначены крестами.

4. Накануне Ютландского сражения

К весне 1915 года Королевский Флот построил 5 радиопеленгаторных станций на берегах Северного моря. Позднее появились станции, способные засечь передатчики в Северной Атлантике. Эта система оказала большую помощь британскому флоту в ходе борьбы с немецким Флотом открытого моря³.

Немцы также построили радиопеленгаторные станции на побережье Северного моря, однако крайняя сдержанность, которую проявляли англичане при радиообмене, ограничивала их эффективность.

Благодаря улучшению качества радиосвязи и появлению радиопеленгации, морская разведка, стратегическая и тактическая, теперь могла следить за всем театром военных действий. Благодаря этому ее линия фронта проходила там, где находились передовые корабли флота. Район боя тоже значительно увеличился. Это стало особенно заметно на главном театре — в Северном море, где прогресс морской артиллерии умножился на рост численности сражающихся флотов [6—7].

Военное министерство Великобритании, оценив все возрастающую роль радиоразведки, решило создать специализированный отдел в составе управления английской военно-морской разведки. Этот отдел при английском Адмиралтействе получил название: Оперативный разведывательный центр (ОРЦ). ОРЦ практически явился центральной нервной системой не только в борьбе с подводными лодками, но и во всей морской войне с Германией. Нужно сказать, что ОРЦ больше известно, как «Комната 40». Название связано с номером помещения в старом здании Адмиралтейства, где он тогда находился.

Благодаря ОРЦ, Британское адмиралтейство, получило сведения о готовящемся выходе в море крупных сил противника. С помощью системы радиопеленга Г. Раунда было обнаружено семимильное изменение положения германского флота через Кильский канал в Вильгельмсхафен, в 300 милях. И уже вечером 30 мая 1916 года началось развертывание глав-

³ Флот открытого моря (нем. *Hochseeflotte*) - основной военный флот германских кайзеровских ВМС в ходе Первой мировой войны, который базировался в Вильгельмсхафене.

ных сил (Гранд-Флита⁴) под командованием адмирала Дж. Джеллико в районе северо-западнее Ютландского полуострова для перехвата и уничтожения германских кораблей, рис. 6.



Рис. 6. Развертывание главных военно-морских сил Великобритании перед Ютландским сражением. 1916г. Художник-маринист Бернар Финниган Гриббл (The Battle of Jutland — May 31, 1916 by Nautical Artist Bernard Finnigan Gribble).

Fig. 6. Deployment of the main naval forces of Great Britain before the Jutland battle. 1916. Marinist Bernard Finnigan Gribble (The Battle of Jutland – May 31, 1916 by Nautical Artist Bernard Finnigan Gribble)

Утром 31 мая 1916 г. корабли германского Флота открытого моря вышли из рек Яде и Эльбы с намерением внезапно атаковать линейные крейсера, которыми командовал Битти, до того, как на помощь к нему мог подоспеть Джеллико с главными силами британского Гранд-Флита. Немцам хотелось к тому же заманить Джеллико в ловушку из расставленных на позициях подводных лодок.

Признаки этой операции «Комната 40» обнаружила примерно за двенадцать часов, о чем должным образом был поставлен в известность Джеллико. Благодаря этому его флот вышел в море за два часа до выхода из Гавани первых кораблей Шеера и взял курс на юг. Пока все шло гладко.

⁴ Гранд-Флит (англ. *Grand Fleet* - «Большой Флот») - название британского Хоум-Флита в ходе Первой мировой войны. Гранд-Флитом командовал адмирал флота сэр Джон Джеллико, первый граф Джеллико, а впоследствии — командующий линейными крейсерами Гранд-Флита адмирал сэр Дэвид Битти.

Около полудня 31 мая 1916 года в «Комнату 40» вошел начальник оперативного отдела капитан ВМС Томас Джексон и спросил, откуда радиопеленгаторные станции зафиксировали позывной сигнал «DK», которым обычно пользовался командующий германскими ВМС. Ему совершенно точно ответили: из Яде. Каждый в «Комнате 40» знал, что, когда Шеер выходил в море, он передавал позывной сигнал «DK» в Вильгельмсхафен береговому штабу, а сам обычно пользовался другим, надеясь перехитрить англичан [8]. Это была предтеча битвы Ютландии.

5. Ютландское сражение

Ютландское сражение (31 мая — 1 июня 1916) стало крупнейшим морским сражением Первой мировой войны между немецким и британским флотом близ датского полуострова Ютландия, рис.7. Немцы планировали выманить британский флот и разгромить его в генеральном сражении. Приманкой должна была послужить эскадра вице-адмирала Хиппера. Однако, немецкий флот не смог прорвать блокаду и перехватить инициативу. Впоследствии немецкий надводный флот перестал предпринимать активные действия.

Время Ютландского сражения, со всей очевидностью обнаружилась ограниченность и нежизнеспособность как стратегии «генерального сражения» для укрепления господства на море, выдвигаемой английским адмиралтейством, так и теории «уравнивания сил», проповедуемой кайзеровскими адмиралами. Фактическая сторона Ютландского боя хорошо известна: англичане потеряли 14 судов общим тоннажем 113 570 т; при этом 6097 человек были убиты, 510 ранены и 177 взяты в плен. Немцы потеряли 11 судов общим тоннажем 60250 т при 2551 убитых и 507 раненых. Таким образом, «по очкам» победа вроде бы досталась немцам, однако все было не так-то просто [9].

В исторической литературе сражение чаще оценивается как ничья, поскольку оба флота покинули место сражения. Невзирая на это можно утверждать, что победила все же Великобритания, так как она помешала немецкому флоту достичь поставленные перед ним цели.

6. Заключение

Благодаря радиопеленгаторам Г. Раунда немецкому флоту не удалось застать английский флот врасплох и уничтожить его. В 1918 году за заслуги перед Британской короной Г. Раунд был награжден Военным крестом. Капитан Раунд считал, что этой награды удостоиваются только за

храбрость в боях, а в них, по его мнению, он не участвовал. На этом основании он отказался идти во дворец получать награду. В конечном итоге, Военный крест ему прислали по почте.

Парадоксально, но Генри Раунд, которого называли не иначе, как «отец Британского радиовещания», и который имел 7 детей, умер забытый всеми после непродолжительной болезни в доме престарелых 17 августа 1966 в возрасте 85 лет.

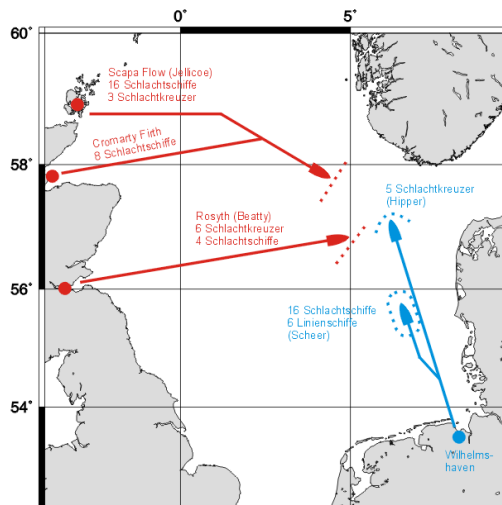


Рис. 7. Схема движения флотов перед Ютландским сражением во время первого его этапа. 1916 г.

Fig. 7. The scheme of the movement of the fleets in front of the Battle of Jutland during its first stage. 1916

Список литературы

- [1] Marconi's Wireless Telegraph Co. and Round H. J. Improvements in Receivers for use in Wireless Telegraphy. Patent GB191328413. Application 9 December 1913.
- [2] Ettore Bellini and Alessandro Tosi, System of directed wireless telegraphy, Patent US943960, Application Filed Oct. 1, 1907. Patented December 21, 1909.
- [3] Ettore Bellini and Alessandro Tosi, Directed wireless telegraphy, Patent US948086, Application Filed Mar. 2, 1909. Patented February 1, 1910.
- [4] Round H.J. Direction and Position Finding//Journal of the Institution of Electrical Engineers. March 1920. Vol.58. Issue: 289. P.224-257.
- [5] Map of Zeppelin routes tracked by Marconi Direction Finding equipment on 27–28 November 1916. Web Site «Wireless World: Marconi & the making of radio». URL: <http://www.mhs.ox.ac.uk/marconi/exhibition/worldwarone.htm> (16.06.2018).
- [6] Интродукция В. Дредноутная революция (1905—1916). Сб. Великие адмиралы / Сост. Д. Свитмэн/ пер. с англ. А. Больных. М.: АСТ, 2002. 668 с.

- [7] Лиддел Гарт Б.Х. Стратегия не прямых действий. М.: ИЛ, 1957. URL: http://militera.lib.ru/science/liddel_hart1/23.html (16.06.2018).
- [8] Бизли П. Разведка особого назначения. История оперативного разведывательно-го центра английского адмиралтейства 1939-1945: пер. с англ. / П. Бизли ред. Б.Д. Яшин; предисл. Б.Д. Яшин; пер. С.Т. Логинов. М.: Прогресс, 1981. 336 с. URL: <http://lib.rus.ec/b/348318/read> (16.06.2018).
- [9] Ютландское сражение. Сайт «Великие сражения XX века». URL: <http://battle.oruzie.su/utland> (16.06.2018).

References

- [1] Marconi's Wireless Telegraph Co. and Round H. J. Improvements in Receivers for use in Wireless Telegraphy. Patent GB191328413. Application 9 December 1913.
- [2] Ettore Bellini and Alessandro Tosi, System of directed wireless telegraphy, Patent US943960, Application Filed Oct. 1, 1907. Patented December 21, 1909.
- [3] Ettore Bellini and Alessandro Tosi, Directed wireless telegraphy, Patent US948086, Application Filed Mar. 2, 1909. Patented February 1, 1910.
- [4] Round H.J. Direction and Position Finding//Journal of the Institution of Electrical Engineers. March 1920. Vol.58. Issue: 289. P. 224–257.
- [5] Map of Zeppelin routes tracked by Marconi Direction Finding equipment on 27–28 November 1916. Web Site «Wireless World: Marconi & the making of radio». URL: <http://www.mhs.ox.ac.uk/marconi/exhibition/worldwarone.htm> (16.06.2018).
- [6] The Great Admirals: Command at Sea, 1587–1945, ed. by Sweetman J. Annapolis, Md.: Naval Institute Press, 1997). URL: <http://alexgbolnych.narod.ru/sweetman> (16.06.2018).
- [7] Liddel Hart B.H. Strategy The Indirect Approach. - N.-Y., 1954. URL: http://militera.lib.ru/science/liddel_hart1/23.html (16.06.2018).
- [8] Beesly P., Very Special Intelligence. The Story of the Admiralty's Operational Intelligence Centre 1939–1945. London: Hamish Hamilton, 1977). URL: <http://lib.rus.ec/b/348318/read> (16.06.2018).
- [9] Jutland battle. The site "Great battles of the XX century". URL: <http://battle.oruzie.su/utland> (16.06.2018).