

УДК 621.37(09)

У истоков отечественной радиоэлектроники

Золотинкина Л. И.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина)
ул. Профессора Попова, 5, 197022, Российская Федерация
radioemc@yandex.ru*

Получено: 20 мая 2023 г.

Отрецензировано: 31 мая 2023 г.

Принято к публикации: 31 мая 2023 г.

Аннотация: *Одной из первых отечественных радиоэлектронных систем стала первая ламповая система связи «Блокада-1» для Морских Сил рабоче-крестьянского Красного Флота (МС РККФ), создателем научно-обоснованной концепции построения и реализации которой был первый председатель секции связи Научно-технического комитета МС РККФ профессор Иммант Георгиевич Фрейман — заведующий (1917—1929) первой в России кафедры радиотехники Электротехнического института им. В. И. Ульянова (Ленина), прямой наследник дела А. С. Попова во всех областях их научной и общественной деятельности. Научно-исследовательская и педагогическая деятельность И. Г. Фреймана, включающая и активную экспериментальную работу, дает основание определить его роль в истории радиотехники и радиоэлектроники как основателя научно-инженерной школы радиотехники в России.*

Ключевые слова: *радиотехника, радиофизика, электронная лампа, радиоэлектроника, И. Г. Фрейман, А. С. Попов, «Блокада-1», излучение электромагнитных волн, распространение радиоволн, ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина), Научно-технический комитет Морских сил.*

Для цитирования (ГОСТ 7.0.5—2008): Золотинкина Л. И. У истоков отечественной радиоэлектроники // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2023. Т. 6, № 3. С. 308—326.

Для цитирования (ГОСТ 7.0.100—2018): Золотинкина, Л. И. У истоков отечественной радиоэлектроники / Л. И. Золотинкина // *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. — 2023. — Т. 6, № 3. — С. 308—326.

1. Введение

Большая советская энциклопедия определяет термин «радиоэлектроника» как термин, объединяющий обширный комплекс областей науки

и техники, связанных главным образом с проблемами передачи, приема и преобразования информации с помощью электромагнитных волн; радиоэлектроника перекрывается по диапазонам частот с электроакустикой.

К первому такому устройству мы можем отнести «телефонный приемник депеш», запатентованный А. С. Поповым в ведущих европейских странах и в США, в котором прием информации в виде комбинаций телеграфного кода, передаваемого с помощью электромагнитных волн, осуществлялся с помощью первого в мире (в современной терминологии) полупроводникового диода и передавался на телефонные наушники [1].

Одной из первых отечественных радиоэлектронных систем стала первая ламповая система связи «Блокада-1» для Морских Сил рабоче-крестьянского Красного Флота (МС РККФ), создателем научно-обоснованной концепции построения и реализации которой был первый председатель секции связи Научно-технического комитета МС РККФ профессор Имант Георгиевич Фрейман — заведующий (1917—1929) первой в России кафедрой радиотехники Электротехнического института им. В. И. Ульянова (Ленина) [2].

Основная и наиболее яркая часть недолгой и очень интенсивной творческой жизни И. Г. Фреймана (1890—1929) совпала со временем коренного технического переворота в истории развития радиотехники: переходом от техники затухающих колебаний с ее чисто эмпирическими основами проектирования к применению незатухающих электромагнитных колебаний. Радиотехника во всем мире в начале XX века развивалась очень бурно. Однако многочисленные статьи, опубликованные большей частью в зарубежных журналах, в основном были посвящены решению конкретных вопросов — изобретению и построению новых приемных или передающих устройств, новых электронных приборов, других составляющих радиосистем. Не было научных работ, объединяющих все необходимые сведения для научно-обоснованного подхода к решению практических задач радиотехники, «совмещающих знакомство с задачами, как теоретическими, так и узкопрактическими».

И первый в мире такой фундаментальный труд — «Курс радиотехники», изданный дважды (в 1924 и в 1928 гг.) — создал профессор Ленинградского электротехнического института (ЛЭТИ) им. В. И. Ульянова (Ленина), заведующий первой в России кафедрой радиотехники Имант Георгиевич Фрейман [3, 4]. Он заложил основы научно-инженерного подхода к решению практических задач радиотехники. Его лекции, освещавшие новые вопросы радиотехники, формировали и новые курсы, которые уже читали и развивали его ученики.

В числе его учеников — выпускники ЛЭТИ: академики АН СССР А. А. Харкевич, А. Н. Щукин, члены-корреспонденты АН СССР В. И. Сифоров, С. Я. Соколов, профессора Б. П. Асеев, Н. С. Бесчастнов, М. П. Долуханов, Н. М. Изюмов, М. Ф. Конторович, В. Н. Лепешинская, Е. Г. Мотот, С. И. Панфилов, А. Ф. Шорин, Е. Я. Щеголев и другие. Многие из них создали и свои научные школы. Многие выпускники кафедры радиотехники, разделенной в 1925 году на две — кафедру специального курса радиотехники, заведующий — проф. И. Г. Фрейман, и кафедру общей радиотехники, заведующий — проф. Н. А. Скрицкий (1878—1951) — стали руководителями и ведущими специалистами радиотехнических предприятий.

В 1960-х годах было несколько попыток издать книгу об И. Г. Фреймане. В рецензии на одну из них историк науки проф. Б. А. Остроумов писал: «Несомненно, что книга, отдающая должное трудам этого выдающегося ученого, пионера современной радиотехники, как его часто называют, «учителя всех учителей от радиотехники», необходима. Без нее история советской радиотехники остается неполной и может оказаться превратной» [5].

В понятие «радиотехника» И. Г. Фрейман вносил гораздо более глубокий смысл, чем просто передача сообщений без проводов (радиотелеграфия и радиотелефония). В первом издании его замечательной книги «Курс радиотехники» (1924), Иммант Георгиевич дает определение радиотехники как «совокупности технических приемов, которые позволяют передавать электрическую энергию без помощи соединительного провода между источником и потребителем и использовать такую беспроводно передаваемую электрическую энергию» [3]. По свидетельству историка радиотехники проф. И. В. Бренева (1974), именно Иммант Георгиевич ввел понятие «радиотехника» — это определение новой науки вместо «беспроводной телеграфии», «радиотелеграфии» или «радиотелефонии» [16].

Рассмотрение списка научных трудов И. Г. Фреймана, анализ их содержания показывает, что научные труды ученого можно соотнести со следующими современными рубриками: радиофизика, электроника, общие вопросы радиотехники.

2. От искры и дуги к электронной лампе

Иммант Георгиевич Фрейман в полной мере следовал завету профессора А.С. Попова — фундаментальная теория Максвелла — Герца стала настоящим инструментом в его дальнейшей инженерной и научной деятельности. Теория Максвелла получила дальнейшее развитие в трудах Г. Герца и Х. Лоренца, в результате чего была создана электродинамиче-

ская картина мира. С 1895 по 1904 годы шла череда революционных открытий и изменений во взглядах на природу вещей, происходил переход к новой, современной физике, фундамент которой заложили специальная теория относительности и квантовая теория. Было положено начало созданию новой физической картины мира — квантово-релятивистской. Больше всего Фреймана увлекала теория электромагнитного поля, физика процессов переноса электромагнитной энергии.

Назначенный после окончания Электротехнического института императора Александра III (ЭТИ) помощником делопроизводителя Междуведомственного радиотелеграфного комитета (МРК), И. Г. Фрейман прошел хорошую школу научной и организаторской работы, впитал самые передовые идеи, появлявшиеся в физике, в радиотехнике. Из записей в журналах заседаний МРК видно, что научные дискуссии, которые возникали при принятии решений, были достаточно частыми и весьма бурными. В значительной степени именно благодаря связям, появившимся за время работы в МРК (1913—1918), у Иманта Георгиевича сформировался широкий круг общения в сфере его профессиональных интересов [6, 7].

Появление генераторов незатухающих колебаний открывало новые возможности к развитию способов телефонирования без проводов. На третьем съезде инженеров-электриков, выпускников ЭТИ, состоявшемся в 1915 году, И. Г. Фрейман выступил дважды: с докладом «Современное состояние беспроводного телефонирования» и сообщением «К последнему успеху радиотелефонирования» о работах в этом направлении в Америке, в которых особое внимание уделил перспективности применения нового электронного прибора — пустотного реле. [8, 9].

С 1915 года Имант Георгиевич сотрудничал с научно-исследовательской лабораторией Радиотелеграфного депо Морского ведомства, открытого в Петербурге на базе Кронштадтской мастерской для изготовления и ремонта приборов телеграфирования без проводов (1900). Именно представители флота инициировали и, хотя и с трудом, продвигали развитие практических и научных работ в области радиотехники (А. С. Попов, А. А. Реммерт, И. И. Ренгартен, А. А. Петровский и др.).

Публикуемые в период с 1915 по 1924 годы статьи и книги И. Г. Фреймана отражают практически все этапы перехода от искровых и дуговых методов генерирования электромагнитных колебаний, которые он изучал еще в студенческие годы в ЭТИ, к электромашинным и электронно-ламповым [10, 11, 12].

В статье «Основные задачи для машин высокой частоты для радиопередачи», в которой он, исходя из «общности задачи, которая ставится всем подобным машинам (*генераторам высокочастотных колебаний* —

Л. З.), и которая состоит в возбуждении незатухающих колебаний в радиосети» определяет, с инженерной точки зрения, некоторые общие требования к проектированию машин. И. Г. приводит расчеты, подчеркивая при этом, что «сеть является наиболее существенным органом радиоустановки, требующим со стороны других органов, в частности генератора колебаний, подчинения. Свойства же радиосети не могут изменяться беспредельно по желанию, и именно в двух важных отношениях, в отношении эффективной высоты и емкости они встречают предел, ставящийся конструктивными соображениями» [10].

Дальнейший путь развития радиоаппаратуры Имант Георгиевич видел в применении электронной лампы. В статье «Приложение электронного реле в радиотелеграфном деле», опубликованной в журнале «Морской сборник», он подробно и очень доступно объясняет устройство и работу нового прибора, рассматривает варианты его применения в радиотехнике: — как усилителя переменного тока, — как генератора колебаний высокой частоты, — как выпрямителя колебаний высокой частоты [12]. В начале 1917 г. вышла в свет небольшая брошюра Иманта Георгиевича «Краткий очерк основ радиотехники», в которой были изложены физические основы беспроводной передачи энергии, особое внимание уделялось описанию процесса формирования электромагнитного излучения и обзору технических средств, обеспечивающих его генерирование. В разделе, посвященном генераторам высокочастотных электромагнитных колебаний, особо отмечается возможность использования для этой цели электронной лампы [14].

Еще летом 1919 г. И. Г. Фрейман подал заявку на «Устройство для многократного телефонирования», патент на устройство он получил только в 1925 г. (Патент № 787 от 30 октября 1925 г.) [15]. Устройство давало возможность коммутации каналов передачи сигналов путем применения катодных трубок-распределителей; каждая из них имела ряд электродов, на которые под действием вращающегося электрического или магнитного поля поочередно падает катодный поток. Эти катодные трубки-распределители включаются в телефонные линии своими катодами и электродами с целью попеременного присоединения абонентов к линии при помощи вращающегося катодного потока, а для обеспечения их синхронизма используется общий источник высокой частоты, дающий ток для обоих катодных распределителей на том и на другом конце линии. Это изобретение намного опередило свое время. Информации о его практической реализации не выявлено.

В 1921 году И. Г. Фрейман защищает магистерскую диссертацию на тему «О законах подобия радиосетей», получает должность профессора и

заведующего кафедрой радиотехники ЭТИ. Надо отметить, что уже с 27 ноября 1917 года он практически исполнял должность заведующего образованной в декабре 1916 года кафедры радиотелеграфных станций в связи с отсутствием проф. Н. А. Скрицкого, «застрявшего» во Владивостоке на строительстве мощной радиостанции для Морского ведомства [6].

Электротехнический институт должен был выпускать инженеров, способных рассчитать и проектировать радиоаппаратуру на всех этапах ее разработки и эксплуатации. Для этого необходимо было подготовить соответствующие курсы лекций, составить учебник по всем разделам радиотехники. В 1921—1928 годах Имант Георгиевич вел общие и специальные курсы радиотехники, а также смежные дисциплины (электровакуумные приборы, радиоизмерения). В те годы чтение этих курсов означало, в сущности, создание новых научных дисциплин. При кафедре радиотехники в 1921 году была организована и первая в России научно-учебная электровакуумная лаборатория [6].

Сравнительный анализ отечественной и зарубежной библиографии начала 1920-х годов показывает, что в России имело место явное отставание в научных разработках по этим вопросам. Число оригинальных работ было незначительным, в основном наши журналы печатали переводы статей зарубежных ученых.

3. «Курс радиотехники»

Для разработки курсов лекций и методики проведения практических занятий с будущими инженерами-радиотехниками требовался новый инженерный подход к изложению теории распространения электромагнитных волн и основам расчета радиоаппаратуры и радиосооружений, уход от «царившего тогда эмпиризма». Об этом И. Г. Фрейман пишет в предисловии к первому изданию «Курса радиотехники» (1924 г.) Разрабатывая курсы лекций, Имант Георгиевич стремился к тому, чтобы студенты ЭТИ и слушатели военных академий, где он преподавал (Военно-морской и Военной электротехнической, будущей Военной академии связи им. С. Я. Будённого), представляли всю совокупность задач, возникающих при разработке радиотехнических систем, могли найти способы их практического решения с инженерной точки зрения.

Прекрасное владение основными европейскими языками и японским, который он изучил во время работ по строительству Владивостокской радиостанции, позволило Иманту Георгиевичу использовать весь накопленный к этому времени опыт мировой науки по радиотехнике. Принятый им подход к построению «Курса» в значительной степени осно-

вывался на результатах работ японского ученого Шенкичи Кимура 1912—1913 гг. «Он впервые собрал имеющиеся экспериментальные и теоретические данные в стройное целое технического расчета радиопередачи. Это и следует по справедливости считать основателем радиотехники как самостоятельной научно-обоснованной отрасли техники» [3].

Надо отметить, что уже в первом издании «Курса радиотехники» были намечены основные пути инженерного расчета лампового генератора. Обосновывая возможности использования электронной лампы для этой цели, И. Г. Фрейман рассматривает процесс формирования электронного потока в лампе, математически описывает условия ее работы в режиме генерирования колебаний, излагает основы разработанной им «Методики расчета лампового генератора», получившей свое завершение во втором издании «Курса» 1928 г. Проф. А. А. Чернышев в своей рецензии, в частности, писал: «С выходом из печати курса проф. И. Г. Фреймана восполняется существенный пробел в русской технической литературе, посвященной вопросам радиотехники. Труд этот представляет оригинально построенный специальный курс радиотехники, изучение которого позволяет не только основательно ознакомиться с современным состоянием этой важной отрасли электротехники, но также в значительной степени дает читателю возможность подготовиться к самостоятельному решению технических задач по проектированию и исследованию радиотехнических сооружений» [17].

Фрейман раскрывает и горизонты развития радиотехники. В современной терминологии эти вопросы можно отнести к задачам, рассматриваемым в радиофизике. «Дальнейшие вопросы, входящие в содержание радиотехники, касаются излучения энергии, ее приема из пространств и использования. Оказывается, что энергия излучается в электромагнитной форме не только при искусственном пропускании переменного тока по определенным проводам, но и при очень многих естественных процессах местного, всемирного и космического масштаба. Ввиду этого, почти во всякое время и почти во всяком месте на поверхности нашей земли в диэлектрической среде происходят электромагнитные дрожания, которые воспринимаются радиоприемными устройствами. Для исследователей и любителей природы эта невольная тесная связь радиотехники с электромагнитной жизнью мира представляется весьма ценной, для техников же, ставящих своей целью использовать радиопередачу для совершенно определенных, наперед заданных действий, возникает задача борьбы со всякими возможными видами произвольного вмешательства сил природы» [3, с. 9].

Необходимо отметить, что до появления этой книги систематизированного курса радиотехники не было практически и в зарубежной литературе. Поэтому Имант Георгиевич Фрейман может по праву считаться основателем радиотехники как инженерной науки. Он отмечал, что основное внимание за прошедшие после изобретения радио годы (с 1895 г.) уделялось разработке в определенной степени вспомогательных для радиотехники вопросов: созданию новых типов и конструкций генераторов незатухающих колебаний, электронных ламп. Основной же задачей радиотехники ученый считал изучение и решение задач оптимизации процессов излучения и приема электромагнитной энергии, разработку принципов построения радиосетей [18].

Выступая на торжественном заседании в мае 1925 года, посвященном 30-летию изобретения радио, Имант Георгиевич подчеркнул: «Обращаясь к работам родоначальника как нашей, так и всемирной радиотехники Александра Степановича Попова, мы не можем не признать, что одну из наиболее оригинальных деталей его изобретения составляет именно радиосеть» [19]. И. Г. Фрейман отмечает, что большая часть работ, выполненных за 30 лет, была посвящена вопросам генерирования колебаний высокой частоты. Эта, с принципиальной точки зрения, «вспомогательная техническая задача» поглотила почти все внимание исследователей. Задачи же излучения энергии, задачи изучения центрального органа радиостанции — радиосети остались «как-то в тени». «Было бы естественно ожидать, — писал И. Г. Фрейман в статье «Об эволюции радиосети», — что работы радиотехников, самим своим существованием обязанных проникновению в этот специальный круг явлений, будут почти на все сто процентов посвящены его изучению и его систематическому освещению. На самом деле ничего подобного. Не более пяти процентов всех научно-технических работ по радиотехнике и еще меньший процент патентных заявок и вообще изобретений касаются так называемого явления электромагнитного излучения» [20].

Для работ И. Г. Фреймана в области антенн характерно то, что, рассматривая какую-либо задачу, он дает не только теоретический анализ, но и методику инженерного расчета, а также анализ способов экспериментального определения соответствующих параметров. Теоретические результаты подтверждались большим количеством экспериментальных исследований, проводившихся на кораблях в реальных условиях работы радиостанций. Уже ко времени выхода в свет первого издания «Курса» произошли «совершенно исключительные изменения как в технических приемах радиотехники, так и в тех задачах, которые она призвана решать». Стали ясны преимущества ламповых методов генерирования незатухаю-

щих колебаний. Поэтому для второго издания «Курса радиотехники» (1928 г.) заново была написана глава о ламповых генераторах, в которой излагался способ расчета лампового генератора.

Во втором издании «Курса радиотехники», исправленном и дополненном, Имант Георгиевич обобщил результаты своих теоретических работ и последние достижения мировой радиотехнической науки. «Последние немногие годы, — писал Имант Георгиевич, — произвели совершенно исключительные изменения как в технических приемах радиотехники, так и в тех задачах, которые она призвана разрешать. Поэтому вопрос о переиздании моего курса, поднятый Государственным издательством в середине 1927 года, поставил меня перед задачей почти полной его переработки».

Он писал: «Я стремился выдвинуть на первый план такие количественные соотношения между рассматриваемыми в радиотехнике явлениями, которые позволили бы произвести законченный технический расчет работы радиостанции. В этом я разошелся с установившейся традицией составления курсов радиотехники, которая состояла в том, чтобы осветить преимущественно физическую сторону процессов, имеющих место при радиопередаче. При освещении физической картины количественная сторона отстает обыкновенно на задний план; в технических же расчетах важна достаточная точность определенного количественного результата, полученного хотя бы путем рассмотрения некоторого фиктивного процесса, эквивалентного в отношении искомых величин тем процессам, которые происходят в действительности» [4, с.3]. Особую признательность Имант Георгиевич выражает проф. Л. И. Мандельштаму, советами которого он «воспользовался в наибольшей мере». [4, с. 4].

О содержании и ценности изложенного в книге материала лаконично и очень информативно было сказано в рецензии проф. Д. А. Рожанского (с 1933 г. члена-корреспондента АН СССР), которая была опубликована в начале 1929 г., уже после кончины И. Г. Фреймана [19]. Он писал: «Только редкий и исключительный талант мог создать произведение, которое должно быть настольной книгой всякого радиоспециалиста. Таковой, несомненно, будет новое издание курса радиотехники проф. И. Г. Фреймана. Богатство материала, охватывающего все области современной радиотехники, свежесть сведений, которые обнаруживают перед нами упорную работу самого автора в наиболее важных вопросах этой молодой науки, исключительная эрудиция, которая совмещает знакомство с задачами, как теоретическими, так и узкопрактическими, по необходимости для радиоинженера, все это вместе делает курс И. Г. исключительным явлением нашей технической литературы. С самого начала, после блестя-

щего теоретического введения, автор в первой главе вводит читателя в гущу вопросов, имеющих основное значение для радиотехники. Свойства элементов контура, расчет лампового генератора и других источников высокой частоты, — все это получило прекрасное теоретическое освещение, но при этом везде приняты во внимание задачи технического расчета. Мы видим полную картину генерирующего устройства, его элементов и условий его работы, не перегруженную математическими формулами или вариантами схем. Эта глава является не только одной из лучших в курсе, но прямо образцовой и выдающейся по мастерству изложения. Не останавливаясь на главе об источниках энергии и трансформации колебаний, содержащей много интересного материала по выпрямительным устройствам и возбуждению колебаний в связанных цепях, мы особо отметим главу четвертую, касающуюся вопросов о стабилизации колебаний и модулировании их. По первому вопросу до сих пор нет связного и полного изложения, и поэтому тот основной материал, который мы находим в курсе И. Г., может служить основанием для дальнейшего развития идей, интересовавших его в последние годы его деятельности и приобретающих основное значение в технике высокой частоты... Гораздо больше времени автор уделяет вопросам расчета радиосети, которыми он сам много занимался в свое время. Эта одна из глав (глава 5), в которой математический материал (иногда может быть излишне громоздкий) играет видную роль. Наибольший интерес представляет в ней § 6, в котором в простой и доступной форме излагаются явления, связанные с излучением радиосети, в том числе излучение на гармониках и в сложных антеннах. В следующей главе мы находим много совсем свежего материала по распространению волн. Кроме прекрасного изложения теории влияния проводимости сферы на распространение волн, автор дает изложение учения о распространении коротких волн с теоретической и опытной стороны. Последние главы посвящены приему и анализу элементов приемных устройств. Все основные вопросы, которые могут интересовать практического инженера, здесь затронуты, но в этой области, как замечает сам автор в предисловии, не пришлось время дать полную количественную теорию, и приходится довольствоваться изложением, допускающим скорее качественные, чем количественные заключения. Эту рецензию приходится писать, когда автора уже нет среди нас и чувство безвременной утраты одного из талантливейших представителей русской радиотехники еще не потеряло своей остроты. Перелистывая страницы его книги, этого основного труда его жизни, в который он сумел вложить свои обширные знания, свой опыт и умение использовать его для решения насущной задачи, можно с уверенностью утверждать, что это духовное наследие будет долго питать новые поколе-

ния радиоинженеров и сохранит память о профессоре Фреймане и среди тех, кто уже не мог испытать на себе влияния его личного обаяния и таланта». Список литературы 2-го издания включает 26 наименований книг, изданных в Париже, Лондоне, Берлине, Лейпциге, Нью-Йорке. Эти книги по своему содержанию или изложению могли служить дополнением к «Курсу» и были полезны при более подробном изучении отдельных затронутых в нем вопросов.

«Курс радиотехники» и научные статьи Иманта Георгиевича содержат оригинальные трактовки ряда вопросов теории. Результаты теоретических и практических исследований, направленных на изучение свойств электронной лампы, были обобщены в соответствующих разделах «Курса радиотехники» (1928 г.).

Многие положения в радиотехнике, впервые сформулированные И. Г. Фрейманом, стали общеизвестными, классическими, постоянно излагаемыми на лекциях, они естественно вошли в книги, написанные его учениками. Проф. С. И. Зилитинкевич отмечал, что «“Курс радиотехники”», изданный дважды, опередил многие иностранные книги своим строго выдержанным научно-инженерным подходом... Для создания этого труда необходимо было всестороннее знакомство с литературой по радиотехнике и электротехнике, а также солидное знакомство с математикой и физикой и, наконец, умение объективно и правильно подходить к оценке всего существующего громадного материала исследований. Эта задача удалась ему вполне, и школа его учеников, им созданная, училась по этим лекциям, а весь остальной радиотехнический мир пользуется курсом, как необходимой настольной книгой» [22]. Многие работы И. Г. Фреймана на много лет опередили соответствующие иностранные, в частности, американские статьи, появившиеся в периодической литературе лишь в 1930-х годах.

«Курс радиотехники» в течение многих лет был настольной книгой каждого радиоспециалиста и во многих отношениях не утратил интереса и теперь. Заложенные в нем идеи получили дальнейшее развитие в трудах многих учеников и последователей И. Г. Фреймана (А. Н. Щукина, М. С. Неймана, В. И. Сифорова, Б. П. Асеева, А. Л. Минца и др.).

Над развитием теории построения радиоаппаратуры Имант Георгиевич работал до последних дней жизни. Его ученик, член-корреспондент АН СССР С. Я. Соколов, выступая в 1954 г. на заседании Ученого совета ЛЭТИ, посвященном памяти И. Г. Фреймана, вспоминал: «Впоследствии я очень часто бывал у Иманта Георгиевича, и видел, как много он работал над собой. Поражала его неутомимая энергия. Он курс читал великолепно. Та книга, по которой он читал курс («Курс радиотехники, 1928 — Л. 3.), к концу года вся была переложена отдельными, исписанными листами, что уве-

личивало ее объем в 2 раза. Таким образом, курс лекций превосходил материал, изложенный в книге. Даже стоял вопрос об издании этой книги в Англии. Не знаю, была ли она издана» [23]. Книга издана не была, все научные материалы, все результаты научных исследований, весь «письменный стол» Иманта Георгиевича были переданы его вдовой Н. Н. Фрейман А. И. Бергу (1893—1979), ассистенту с 1926 года профессора И. Г. Фреймана по кафедре «Специальный курс радиотехники», его ученику по Военно-Морской академии (выпуск 1925 г.). В 1930 году он защитил диссертацию и получил должность профессора по кафедре «Специальный курс радиотехники» ЛЭТИ, а в 1932 году вышла из печати книга А. И. Берга «Теория и расчет ламповых генераторов», переизданная в 1935 году, в которой в списке рекомендуемой литературы «Курса радиотехники» И. Г. Фреймана не было. В 1937 году была опубликована последняя научная работа А. И. Берга в области радиотехники, тематика которой, кстати, упоминается и в рецензии Д. А. Рожанского на «Курс радиотехники».

В книге воспоминаний известного радиоспециалиста проф. З. И. Моделя можно прочесть достаточно «любопытный» отзыв об А. И. Берге: «К некоторым работам А. И. Берга я, как и мои коллеги по работе, относился критически, считая, что они объясняются его оторванностью от практики. Но позднее я понял, что А. И. Берг, руководивший вооружениями ВМФ, обладает глубокими познаниями в обширной области, о которой я с моими товарищами не имеем никакого представления. Его, может быть, недостаточная осведомленность о практической радиотехнике компенсируется глубокими знаниями в совершенно неизвестной нам области. В результате его суммарный научно-технический потенциал гораздо выше нашего!» [24]. Цитата примечательна своей недосказанностью.

К сожалению, во многих печатных изданиях именно А. И. Бергу (члену-корреспонденту АН СССР с 1943 г., академику АН СССР с 1946 г.) приписывается «большой вклад в развитие отечественной радиоэлектроники».

3. Морские силы ставят задачу...

Для определения научно-обоснованной линии развития вооружения в 1923 году был создан Научно-технический комитет Морских Сил (НТКМС). Перед Комитетом стояли задачи разработки вопросов и предложений, касавшихся теории и практики военно-морского дела и техники: рассмотрение новых изобретений и предложений; руководство исследованиями в данной области; разработка основных технических заданий для составления проектов новых кораблей для военного флота и их боевого во-

оружения, ознакомление с состоянием науки и военно-морской техники за границей; организация проверки и испытания радиооборудования [2].

Учитывая глубокие знания в области радиотехники, понимание проблем радиотехнического вооружения флота, 3 апреля 1924 года И. Г. Фреймана, мобилизованного в 1919 году в ряды РККФ на должность радиотелеграфного приемщика, назначают председателем только что организованной секции связи и навигации научно-технического комитета Морских сил Рабоче-крестьянской Красной Армии (МС РККА). И уже в январе 1925 года на заседании секции обсуждается вопрос об основных требованиях к будущей системе радиовооружения флота. «Перспективы, которые открываются при полном использовании новых достижений радиотехники — более, чем заманчивы...» Обосновав требования к аппаратуре, которые должен предъявлять флот, Имант Георгиевич заканчивает свой доклад словами: «Таким образом, цель, к которой мы должны всеми силами стремиться при радиотехническом перевооружении и которая при современном состоянии этой отрасли техники вполне достижима — это автоматический радиообмен» [7, с. 32]. (Кстати, эта задача была решена для систем радиосвязи ВМФ только в середине 1970-х годов!).

Важнейшей заслугой И. Г. Фреймана было доказательство перспективности применения электронных ламп не только в радиоприемных устройствах, но и в радиопередатчиках. Переход от электромашинных методов генерирования электромагнитных волн к применению ламповых генераторов был очень болезненным, вызывал ожесточенные споры, вплоть до сообщений в органы о некомпетентности ученых, «защищавших электронную лампу». О перспективах применения электронной лампы в беспроводной радиотелефонии И. Г. Фрейман писал уже в самых первых своих публикациях. Приведенная выдержка из доклада свидетельствует о том, что уже к 1925 году у И. Г. Фреймана была продуманная концепция построения принципиально новой системы радиовооружения флота. Но при этом вставала проблема эффективного использования новых систем вооружения. Поэтому И. Г. Фрейман много внимания и сил уделял организации службы наблюдения и связи, а также вопросам подготовки специалистов. Рождение службы наблюдения и связи как самостоятельного органа происходило в очень трудных условиях.

Целенаправленно занимаясь проблемами создания средств связи и наблюдения для Флота и постоянно расширяя тематику исследований, И. Г. Фрейман привлек в 1924 году сотрудников ЛЭТИ Б. П. Козырева и С. И. Панфилова к экспериментальным работам по распространению инфракрасных лучей в атмосфере. В 1926 году А. А. Шапошников и Б. П. Козырев приступили к созданию пробной модели пьезокварцевого

гидрофона. [7, с. 34]. 25 февраля 1925 года в помещении Опытного судостроительного морского бассейна были проведены успешные испытания макета гидрофона. Весной 1925 года на Пленуме НТК МС по инициативе секции связи НТК было принято решение об организации полигона для поведения испытаний радиоаппаратуры.

С 1926 года И. Г. Фрейман совмещал руководство секцией связи с деятельностью в Государственном электротехническом тресте заводов слабого тока (ЭТЗСТ), который был исполнителем заказа на новую радиоаппаратуру. Среди первоочередных вопросов, над которыми работали И. Г. Фрейман и флагманский связист штаба КБФ, военный инженер 1-го ранга, его ученик по ВМА А. Н. Гриненко-Иванов (1900—1938), была разработка ТЗ на ламповую систему радиосвязи для флота, обеспечение связи с погруженными подводными лодками, разработка предложений по улучшению характеристик антенн для радиосвязи с кораблями, повышение помехоустойчивости связи с самолетами морской авиации.

В 1927 году Научно-техническим комитетом УВМС РККА были разработаны теоретические положения о задачах, стоящих перед Балтийским флотом. Работа называлась «Рассуждения о Балтфлоте». О ней знали лишь немногие. Это было руководство к действию, составленное из отдельных глав по каждой секции. В этом документе была отражена позиция Комитета по вопросам строительства и развития Флота, на нем стоял гриф «совершенно секретно». Сюда вошли и работы И. Г. Фреймана, которые представляли собой научно обоснованные записки, касающиеся радиотехнического вооружения кораблей Военно-морского флота и способы их использования.

В своих записках И. Г. Фрейман впервые затронул вопрос об электромагнитных волнах как носителе информации, отраженной от цели в результате облучения. Но сделать соответствующую аппаратуру, создать радиоустройства слежения за целью в то время было трудновыполнимой задачей [25].

Стремясь пополнить круг специалистов, занимавшихся подводной акустической аппаратурой, в 1925 году Иммануил Георгиевич пригласил своего ученика выпускника ЛЭТИ С. Я. Соколова (член-корр. АН СССР, 1953) для работ по созданию прибора «сверхтональной акустической волны». И. Г. Фрейман и сам проводил экспериментальные исследования с ультразвуковыми излучателями. 3 декабря 1927 года в радиолаборатории ЛЭТИ были испытаны пьезоэлектрические вибраторы с целью получения интенсивных ультразвуковых колебаний в жидкостях.

В дальнейшем, делаясь воспоминаниями о своем учителе И. Г. Фреймане, С. Я. Соколов подчеркивал, что заслуга самой постановки работ в

области акустики в интересах Военно-Морского Флота принадлежит Фрейману, вопрос о связи между подводными лодками также был поставлен им [7, с. 34]. По предложению А. И. Берга, являвшегося с 1927 по 1932 годы председателем секции связи НТК МС (он сменил в 1927 году на этом посту И. Г. Фреймана, сосредоточившего свои силы на работе в промышленности в качестве консультанта Центральной радиолaborатории ЭТЗСТ), все научно-исследовательские работы по гидроакустике в ЛЭТИ были свернуты, и было решено закупать гидроакустическую аппаратуру в Германии [26].

25—27 мая 1927 года на пленуме НТК МС был заслушан доклад И. Г. Фреймана «Проблемы связи военного флота». В принятом по докладу постановлении НТК МС РККА излагались основные тактико-технические требования к радиопередатчикам и радиоприемникам, составленные по свидетельству инженеров, работавших над разработкой этой аппаратуры на предприятиях ЭТЗСТ, лично Имантом Георгиевичем. Указанным постановлением было положено начало созданию новой системы радиовооружения Флота, известной под названием «Блокада-1».

Начальник Военно-морской академии проф. Б. Б. Жерве, оценивая вклад Фреймана в развитие средств связи ВМФ, писал в 1929 г.: «Морские Силы РККА привыкли видеть на своих кораблях во время практических плаваний и маневров Иманта Георгиевича, внимательно исследующего на практическом опыте вопросы радиосвязи, и эти его исследования не ограничивались теоретическими рамками. Последние достижения в технике и организации связи на Морских Силах долгое время еще будут свидетельствовать о знаниях, энергии и трудах профессора И. Г. Фреймана» [27].

3. Заключение

Радиотехника как область знаний и практической деятельности человека за сто с лишним лет своего развития прошла огромный путь — от первой системы беспроводной передачи сигналов до современных радиоэлектронных систем и космических радиосистем. Научно-исследовательская и педагогическая деятельность профессора И. Г. Фреймана, включавшая и активную экспериментальную работу, дает основание определить его роль в истории радиотехники как основателя научно-инженерной школы радиотехники в России. «Счастливым сочетанием теоретика, владеющего могущественным оружием математического анализа, и инженера-практика, все время работавшего над задачами промышленной радиотехники, определили лидирующее в те годы положение профессора И. Г. Фреймана в отечественной радиотехнике» [28]. Сложная и напря-

женная обстановка в стране в 30-х годах, ограниченность информации о репрессированных людях, сыграла свою отрицательную роль в сохранении памяти об И. Г. Фреймане. Он ушел из жизни совсем молодым (в возрасте 38 лет), но, тем не менее, как уже признанный лидер ленинградской школы радиотехники. Но в 1930 году был репрессирован его ближайший учитель и коллега проф. Н. А. Скрицкий, в 1931 году по делу «Промпартии» был осужден его учитель проф. П. С. Осадчий (1866—1943), и этот момент также не способствовал сохранению памяти об ученом. В 1937—1940 гг. ушли из жизни или были расстреляны многие ученики и соратники Иманта Георгиевича. Их имена были практически забыты, и сейчас с благодарностью за вклад в развитие отечественной науки и техники реальная история восстанавливается.

Список литературы

1. Золотинкина Л. И., Партала М. А. Некоторые проблемные вопросы истории зарождения и развития радиотехники и их разработка в Мемориальном музее А. С. Попова СПбГЭТУ «ЛЭТИ» // Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии. 2019. Т. 2, № 4. С. 547—559.
2. Биккенин Р. Р. И. Г. Фрейман : научное обоснование развития военно-морской связи в период строительства флота // В кн. : Биккенин Р. Р., Глущенко А. А., Партала М. А. Очерки о связистах Российского флота / Под ред. Ю. М. Кононова. СПб, 1998. С. 254—276.
3. Фрейман И. Г. Курс радиотехники. Л. : ГИЗ, 1924. 342 с.
4. Фрейман И. Г. Курс радиотехники : 2-е изд., перераб. и доп. Л. : ГИЗ, 1928. 495 с.
5. АЦМС, ф. Радио, оп. 1, д. 932, л. 4.
6. Золотинкина Л. И., Шошков Е. Н. Имант Георгиевич Фрейман. Л. : Наука, 1989. 144 с.
7. Имант Георгиевич Фрейман Избранные труды / Сост., вступ статья Л. И. Золотинкина ; под. ред. В. Н. Ушакова. СПб. : Изд-во «Пропаганда», 2015. 340 с.
8. Фрейман И. Г. Современное состояние беспроводного телефонирования // Известия Общества инженеров-электриков. 1915. № 2. С. 32—39.
9. Фрейман И. Г. К последнему успеху радиотелефонирования // Известия Общества инженеров-электриков. 1916. № 5. С. 151—152.
10. Фрейман И. Г. Основные задачи для машин высокой частоты для радиопередачи // Телеграфия и телефония без проводов. 1921. № 19. С. 331—341.
11. Золотинкина Л. И. От «беспроволочной телеграфии» до «радиотехники». В сб. : 25-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» — КрыМиКо'2015 (Севастополь, 6—12 сент. 2015 г.). 2015. С. 54—56.
12. Фрейман И. Г. Приложение электронного реле в радиотелеграфном деле // Морской сборник. 1918. № 1. С. 109—115.
13. Фрейман И. Г. Чем определяется качество усилительной лампы // Техника связи. 1924. Т. 2, вып. 3, 4. С. 293—296.
14. Фрейман И. Г. Краткий очерк основ радиотехники. Петроград : тип. М. П. Фроловой (влад. А. Э. Коллинс), 1917. 73 с.
15. Фрейман И. Г. Патент № 787 (СССР) от 30 октября 1925г. Устройство для многократного телефонирования. Заявка от 6 авг. 1919 г.
16. АЦМС, ф. Радио, оп. 1, Ед. хр. 36, л. 6.

17. Чернышев А. А. Проф. И. Г. Фрейман. Курс радиотехники // Электричество. 1924. № 11, С. 561.
18. Фрейман И. Г. Положение вопроса о распространении электромагнитных волн // Журнал прикладной физики. 1927. Т. 4, вып. 4. С. 59—76.
19. Фрейман И. Г. Об эволюции радиосети // Электричество. 1925. № 4. С. 242—246.
20. Золотинкина Л. И. Об эволюции радиосети. В сб. : 27-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» — КрыМиКо'2017 (Севастополь, 10—16 сент. 2017 г.). 2017. С. 1832—1838.
21. Рожанский Д. А. Курс радиотехники : Фрейман И. Г. // Электричество. 1929. № 13-14. С. 384.
22. Зилитинкевич С. И. Имант Георгиевич Фрейман // Телеграфия и телефония без проводов. 1929. № 3. С. 291—294.
23. Архив Мемориального музея А. С. Попова. Ф.2.7.4. Фрейман. Вх. № 12543. Выписка из протокола заседания Ученого совета ЛЭТИ от 12 марта 1954 г.
24. Модель З. И. Воспоминания. СПб. : Изд. СПбГУТ, 1995. С. 156—157, 198.
25. Лезин А. В., Сергеев Э. А., Ященко В. В. Из истории создания отечественных флотских научно-исследовательских учреждений радиосвязи (1923—1932) // Радиоэлектроника и связь. 1991. № 2-3 (4-5). С. 50—56.
26. Справочник по гидроакустике / А. П. Евтютов и др. Л. : Судостроение, 1982. 339 с.
27. Жерве Б. Б. Имант Георгиевич Фрейман // Морской сборник. 1929. № 2. С. 3—5.
28. Циклинский Н. Н. Памяти И. Г. Фреймана // Электросвязь. 1929. № 8. С. 5—7.

Информация об авторе

Золотинкина Лариса Игоревна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заслуженный работник культуры РФ, директор Мемориального музея А. С. Попова Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

At the Origins of Domestic Radio Electronics

L. I. Zolotinkina

*Saint Petersburg Electrotechnical University (LETI)
5, Professor Popov str., Saint Petersburg, 197022, Russian Federation*

Received: May 20, 2023

Peer-reviewed: May 31, 2023

Accepted: May 31, 2023

Abstract: *The first tube communication system “Blokada-1” designed for The Naval Forces of Workers’ and Peasants’ Red Fleet (MS RKKF) was among the first domestic radio-electronic systems. The scientifically grounded concept for its construction and implementation was developed by the first chairman of the Communications Section of the MS RKKF Science and Technology Committee, a professor Imant Georgievich Freiman, a head (1917–1929) of the first national department of radio engineering in Electrotechnical Institute, who continued the work A. S. Popov in all scientific and social areas. Research and teaching activities of I. G. Freiman, including active experimental work, gives grounds for determining his role in the history of radio engineering and radio electronics as the founder of the scientific and engineering school of radio engineering in Russia.*

Keywords: *radio engineering, radio physics, electron tube, radio electronics, I. G. Freiman, A. S. Popov, “Blokada-1”, electromagnetic radiation, Electrotechnical Institute n. a. V. I. Ulyanov (Lenin), MS RKKF Science and Technology Committee.*

For citation (IEEE): L. I. Zolotinkina, “At the Origins of Domestic Radio Electronics,” *Infocommunications and Radio Technologies*, vol. 6, no. 3, pp. 308–326, 2023, doi: 10.29039/2587-9936.2023.06.3.24. (In Russ.).

References

- [1] L. I. Zolotinkina and M. A. Partala, “Some problematic issues in the history of the origin and development of radio engineering and their development in the A. S. Popov Memorial Museum of St. Petersburg Electrotechnical University ‘LETI’” // *Infocommunications and radio technologies*, vol. 2, no. 4, pp. 547–559, 2019. (In Russ.).
- [2] R. R. Bikkenin, “I. G. Freiman : scientific substantiation of the development of naval communications during the construction of the fleet” in : Bikkenin R. R., Glushchenko A. A., Partala M. A. *Essays on signalmen of the Russian fleet*, ed. Yu. M. Kononov, St. Petersburg, pp. 254–276, 1998. (In Russ.).
- [3] I. G. Freiman, *Course of radio engineering*, Leningrad : GIZ, 1924. (In Russ.).
- [4] I. G. Freiman, *Course of radio engineering*, 2nd ed., Leningrad : GIZ, 1928. (In Russ.).
- [5] Archive of the Central Museum of Communications, f. Radio, op. 1, d. 932, l. 4. (In Russ.).
- [6] L. I. Zolotinkina and E. N. Shoshkov, *Imant Georgievich Freiman*, Leningrad : Nauka, 1989. (In Russ.).
- [7] *Imant Georgievich Freiman. Selected works* / Compiled, introductory article by L. I. Zolotinkina ; ed. V. N. Ushakov, SPb. : Propaganda Publishing House, 2015. (In Russ.).

- [8] I. G. Freiman, "Current state of wireless telephony," *Izvestiya Obshchestva inzhenerov-elektrikov*, no. 2, pp. 32–39, 1915. (In Russ.).
- [9] I. G. Freiman, "To the last success of radiotelephony," *Izvestiya Obshchestva inzhenerov-elektrikov*, no. 5, pp. 151–152, 1916. (In Russ.).
- [10] I. G. Freiman, "Main tasks for high-frequency machines for radio transmission," *Telegrafiya i telefoniya bez provodov*, no. 19, pp. 331–341, 1921. (In Russ.).
- [11] L. I. Zolotinkina, "From 'wireless telegraphy' to 'radio engineering'", in: *25th Intern. Crimean Conf. "Microwave and telecommunication technology" – CriMiCo'2015* (Sevastopol, September 6–12, 2015), 2015, pp. 54–56. (In Russ.).
- [12] I. G. Freiman, "Application of an electronic relay in radiotelegraph business," *Morskoj sbornik*, 1918, no. 1, pp. 109–115. (In Russ.).
- [13] I. G. Freiman, "What determines the quality of an amplifying lamp," *Tekhnika svyazi*, vol. 2, no. 3, 4, 1924, pp. 293–296. (In Russ.).
- [14] I. G. Freiman, *Briefessay on the fundamentals of radio engineering*, Petrograd : 1917. (In Russ.).
- [15] I. G. Freiman, Patent No. 787 (USSR) dated October 30, 1925. Device for repeated telephoning. Appl. dated Aug. 6, 1919. (In Russ.).
- [16] Archive of the Central Museum of Communications, f. Radio, op. 1, unit 36, l. 6. (In Russ.).
- [17] A. A. Chernyshev, "Prof. I. G. Freiman. Course of radio engineering," *Electrichestvo*, no. 11, p. 561, 1924. (In Russ.).
- [18] I. G. Freiman, "Position of the issue of propagation of electromagnetic waves," *Journal of Applied Physics*, vol. 4, no. 4, pp. 59–76, 1927. (In Russ.).
- [19] I. G. Freiman, "On the evolution of the radio network," *Electrichestvo*, no. 4, pp. 242–246, 1925. (In Russ.).
- [20] L. I. Zolotinkina, "On the evolution of a radio network," in: *27th Intern. Crimean Conf. "Microwave and telecommunication technology" – CriMiCo'2017* (Sevastopol, September 10–16, 2017), pp. 54–56, 2017. (In Russ.).
- [21] D. A. Rozhansky, "Course of radio engineering : Freiman I. G.," *Electrichestvo*, no. 13-14, p. 384, 1929. (In Russ.).
- [22] S. I. Zilitinkevich, "Imant Georgievich Freiman," *Telegrafiya i telefoniya bez provodov*, no. 3, pp. 291–294, 1929. (In Russ.).
- [23] Archive of the A. S. Popov Memorial Museum. F.2.7.4. Freiman. Inv. no. 12543, Extract from the protocol of the meeting of the Academic Council of LETI on March 12, 1954. (In Russ.).
- [24] Z. I. Model, *Memories*, SPb. : SPbGUT, pp. 156–157, 198, 1995. (In Russ.).
- [25] A. V. Lezin, E. A. Sergeev, and V. V. Yashchenko, "From the history of the creation of domestic naval research institutions of radio communication (1923–1932)," *Radioelektronika i svyaz*, no. 2-3 (4-5), pp. 50–56, 1991. (In Russ.).
- [26] A. P. Evtyutov et al. *Reference book on hydroacoustics*, Leningrad : Sudostroyenie, 1982. (In Russ.).
- [27] B. B. Zherve, "Imant Georgievich Freiman," *Morskoj Sbornik*, no. 2, pp. 3–5, 1929. (In Russ.).
- [28] N. N. Tsiklinskii, "In memory of I. G. Freiman," *Elektrosvyaz*, no. 8, pp. 5–7, 1929. (In Russ.).

Information about the author

Larisa I. Zolotinkina, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Honored Worker of Culture of the Russian Federation, Director of the A. S. Popov Memorial Museum of St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russian Federation.