



И.Г. Фрейман

ПРОФЕССОР И.Г. ФРЕЙМАН — ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ТЕЛЕГРАФИЯ И ТЕЛЕФОНИЯ БЕЗ ПРОВОДОВ»

Л.И. Золотинкина

Развитие любого научного направления, техническая и промышленная реализация научных разработок немалымы без информационной поддержки: от сообщений о зарождении научного направления, информации о его формировании и развитии — публикаций ученых и инженеров, внедряющих свои разработки, до отчетов о результатах испытаний технических новинок и эффективности их применения.

Сравнительный анализ отечественной и зарубежной библиографии этого периода показывает, что в России имело место явное отставание в научных разработках по радиосвязи. Число оригинальных работ было незначительным, в основном российские журналы печатали переводы статей зарубежных ученых. Так, профессором Политехнического института В.К. Лебединским был издан сборник переводов на русский язык классических работ по радиосвязи под названием «Электрические колебания и волны». В течение 1910–1911 годов вышло шесть выпусков сборника, каждый из которых посвящен специальному кругу вопросов и снабжен комментариями.

Статьи о средствах беспроводной телеграфии регулярно печатались на страницах неофициального отдела «Почтово-телеграфного журнала», издававшегося Главным управлением почт и телеграфов (ГУПиТ). В основном это были обзорные статьи, посвященные последним достижениям в области электросвязи и почтовой связи.

Изобретение электронной лампы (А. Флеминг — диод, 1904; Ли де Форест — триод, 1907) стало решительным шагом вперед в развитии приемной техники беспроводного телеграфирования. Появление генераторов незатухающих колебаний (дуговых и электромашинных) принципиально меняло подходы к способам телефонирования без проводов. Изобретения А. Мейсснера, Ли де Фореста (1913) и ряда других инженеров и ученых, разработавших первые ламповые генераторные схемы, наметили путь к решению задачи построения ламповых генераторов.

С 1912 года в России выходил журнал «Вестник телеграфии без проводов», но он прекратил свое существование в 1914 году в связи с Первой мировой войной. Издание «Вестника» возобновили в марте — июле 1917 года под новым названием «Вестник военной радиотелеграфии». С осени 1918 года радиотехнические журналы в России не издавались.

После декрета о централизации радиотехнического дела вновь созданный Ра-



В.К. Лебединский. 1910 год



диосовет НКПиТ признал необходимым издание радиотехнического журнала и организовал редакционный комитет под председательством профессора В.К. Лебединского. Журналу было дано название «Телеграфия и телефония без проводов» («ТиТбп»).

Первый номер «ТиТбп» вышел в Москве в сентябре 1918 года с предисловием редактора журнала В.К. Лебединского, в котором подчеркивалось, что «Русская радиотехническая литература имеет уже свою историю. Она началась в журнале “Электричество” статьей А.С. Попова, в которой заключалось первое в мире наглядное выражение мысли о возможности радиотелеграфа (1896 г.)»¹.

Журнал «Телеграфия и телефония без проводов» в определенной степени является летописью отечественной радиотехники 1920-х годов, времени бурного ее развития во всем мире. Высокое качество публикаций журнала во многом являлось заслугой профессора В.К. Лебединского, бессменного ответственного его редактора. «Журнал “Телеграфия и телефония без проводов” приобрёл большую известность и за границей; часто рефераты его статей появлялись в иностранной печати. В 1927 г. Нью-Йоркская публичная библиотека обратилась в редакцию с просьбой выслать ей прежние выпуски журнала №№ 1–19, которые стали уже тогда библиографической редкостью»².

По признанию редколлегии журнала профессор Иммануил Георгиевич Фрейман (1890–1929) был «одним из основных авторов нашего журнала, только один сотрудник ТиТбп (М.А. Бонч-Бруевич. — Л.З.) напечатал большее число статей, чем Фрейман»³. Им было

опубликовано 18 статей в журнале и его приложении «Радиотехник», а также ряд рецензий и критических писем в редакцию по поводу публикаций в журнале.

Электронная лампа — перспективный путь в радиотехнике

Свою практическую деятельность в области радиотехники студент Электротехнического института императора Александра III (ЭТИ) Иммануил Фрейман начал, участвуя в строительстве мощных радиостанций в Риге, на о. Руно (1911), а затем в Архангельске и на Югорском шаре (1912). Публикуемые в период с 1915 по 1924 год статьи и книги И.Г. Фреймана отражают практически все этапы перехода от искровых и дуговых методов генерирования электромагнитных колебаний к электромашинным и электронно-ламповым⁴. На этом этапе развития радиотехники (до начала 1920-х годов) Иммануил Георгиевич в числе других инженеров решал задачи повышения эффективности применяемых тогда передающих устройств, использующих дуговые и электромашинные методы генерирования электромагнитных волн. В «ТиТбп» № 13 за 1920 год в разделе «Смесь» был напечатан краткий реферат статьи М.В. Шулейкина и И.Г. Фреймана «Многосекционный искрогасящий разрядник» (On the multi-section quenched gap), опубликованной в американском журнале Proc. IRE. Vol. 7. 1919. № 45. Статья вызвала достаточно большой интерес и за границей, и в России.

В докладе «К последнему успеху радиотелефонирования», прочитанном в 1915 году на третьем съезде

Лариса Игоревна Золотинкина — руководитель музейного комплекса Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), к.т.н., заслуженный работник культуры РФ, почетный радист России, член ИКОМ.



А.С. Попов



Электротехнический институт императора Александра III (ЭТИ). 1912 год

инженер-электриков, окончивших Электротехнический институт императора Александра III, и опубликованном в «Известиях Общества инженер-электриков», Имант Георгиевич основное внимание уделил новому достижению в радиотелеграфии — применению электронной лампы. Он писал: «За последние годы к числу генераторов переменного тока высокой частоты прибавилось еще так называемое катодное реле. Этот прибор в своей первоначальной форме вошел в радиотелеграфную практику лет 10 назад, в качестве детектора при приеме. Он был предложен приблизительно одновременно и, по-видимому независимо проф. Флемингом в Англии и инженером де-Форестом в Америке, и представлял из себя угольную или металлическую лампочку накаливания с введенным в нее добавочным электродом»⁶. С самого появления электронной лампы Имант Георгиевич был активным пропагандистом ее применения не только в приемных, но и в передающих устройствах. Однако теория и технология конструирования электронных ламп была еще на стадии зарождения. Большая часть ученых и инженеров, работавших в направлении развития приемных устройств, сомневались в возможности применения электронных ламп в передатчиках радиостанций, в эффективности их использования. Сторонники электромашинных методов генерирова-

ния оказывали большое сопротивление внедрению новшества.

В начале 1917 года Имант Георгиевич опубликовал небольшую брошюру под названием «Краткий очерк основ радиотехники». Термин «радиотехника», в современном понимании, по свидетельству историка радиотехники профессора И.В. Бренёва впервые в отечественной литературе появился именно в работах И.Г. Фреймана⁷.

В понятие «радиотехника» И.Г. Фрейман вносил гораздо более глубокий смысл, чем просто передача сообщений без проводов (радиотелеграфия и радиотелефония), а включал в него все способы использования электромагнитных излучений в различных диапазонах волн, реализуемых в технических средствах.

В «Кратком очерке» он изложил физические основы радиотехники, уделяя особое внимание описанию процесса формирования электромагнитного излучения и обзору технических средств, обеспечивающих его генерирование. Отдельный раздел посвящен возможности использования электронной лампы в генераторах высокочастотных электромагнитных колебаний.



Студенты ЭТИ на практике в г. Риге (И.Г. Фрейман — 3-й справа). 1911 год



Студенческий билет Иманта Фреймана. 1911 год

К вопросу о терминологии

С самого начала своей профессиональной деятельности работая в МеждудеPARTMENTном радиотелеграфном комитете (1913—1918), Имант Георгиевич много внимания уделял вопросам научной и технической терминологии, что в условиях создания новой отрасли знания — радиотехники — вполне понятно. Практически во всех своих публикациях он старался давать совершенно точные определения тех явлений и понятий, о которых шла речь. Надо подчеркнуть, что до 1915 года библиография по новому научному направлению — радиотехнике — свидетельствует о преимущественном употреблении привычных для того времени следующих терминов: телеграфия без проводов и/или беспроводная и/или беспроводная телеграфия, телефония без проводов и/или беспроводная телеграфия, радиотелеграфия, радиотелефония. Такая терминологическая «смесь» прослеживается, например, в трудах Н.А. Скрицкого (ЭТИ): «Общий курс беспроводного телеграфа» (1913), «Радиотелеграфные измерения» (1914), «Радиотелеграфное дело» (1919). Аналогичная картина наблюдается и в названиях учебных пособий преподавателей МОК (Л.П. Муравьев, И.И. Ренгартен, И.Г. Энгельман) и ВЭШ (Ф.Я. Юхницкий, Д.М. Сокольников, М.Н. Критский).

Долгие годы И.Г. Фрейман был бессменным председателем ленинградских комиссий по вопросам радиотехнической терминологии. Интересно отметить, что и на конференции физиков по пьезоэлектрическим колебаниям он также был выбран вместе с Д.А. Рожанским и Н.Д. Папалекси в состав терминологической комиссии.

В статье «О терминологии и об основных величинах в технике пустотных приборов» автор отмечал: «Для нашего взаимного понимания важно, чтобы все мы называли эти новые величины одинаковыми именами, и чтобы в одинаковые названия все мы вкладывали одинаковое содержание!» Как инженер, Имант Георгиевич подчеркивает: «Устанавливая техническую терминологию и символы, мы в первую очередь должны иметь в виду нужды технических расчетов... Задача всякого технического расчета заключается в том, чтобы верно предсказать необходимый конечный результат»⁸.

Эта статья начинала серию статей о радиотерминах. Предложенная И.Г. Фрейманом замена слова «широковещание» на «радиовещание» получила повсеместное признание. Действительно, «меткость слова должна была очень интересовать человека, ум которого всегда так многосторонне охватывал каждое понятие»⁹.



Н.Д. Папалекси.
1940-е годы



Д.А. Рожанский.
1911 год



Н.А. Скрицкий.
1910 год



И.И. Ренгартен.
1914 год



Так, в редакционной аннотации к статье проф. И.Г. Фреймана «О терминологии по радио», опубликованной в журнале «Друг радио», отмечалось: «Печатаемая статья нашего виднейшего радиоспециалиста представляет особый интерес не только потому, что касается большого у нас вопроса о терминологии по радио, но и потому, что приводит в ясную систему разнообразие типов приемников и других устройств, а также явлений встречающихся в практике радио»¹⁰. В заключительной части этой статьи Иммант Георгиевич пишет: «Мы не можем не остановиться на двух уже сравнительно старых терминах, которые у нас никак не могут установиться и на которых наиболее ярко отражается наше неряшливое отношение к терминологии». Первый из упомянутых терминов касался «разброда» в применении названия пустотных электронных приборов. И.Г. Фрейман предлагает остановиться на терми-



Члены правления Ленинградского отделения Российского общества радиоинженеров (ЛО РОРИ). Слева направо: 1-й ряд – В.К. Лебединский, Н.Н. Циклинский, А.А. Петровский, В.Ф. Миткевич, И.Г. Фрейман; 2-й ряд – Г. А. Кьяндский, В. И. Волынкин, В. В. Лермонтов, В. А. Гуров, С. И. Зилитинкевич. 1928 год

не «электронная лампа». Второй термин – для обозначения известной безадресной радиопередачи – «радиовещание». Оба этих термина утвердились в жизни»¹¹.

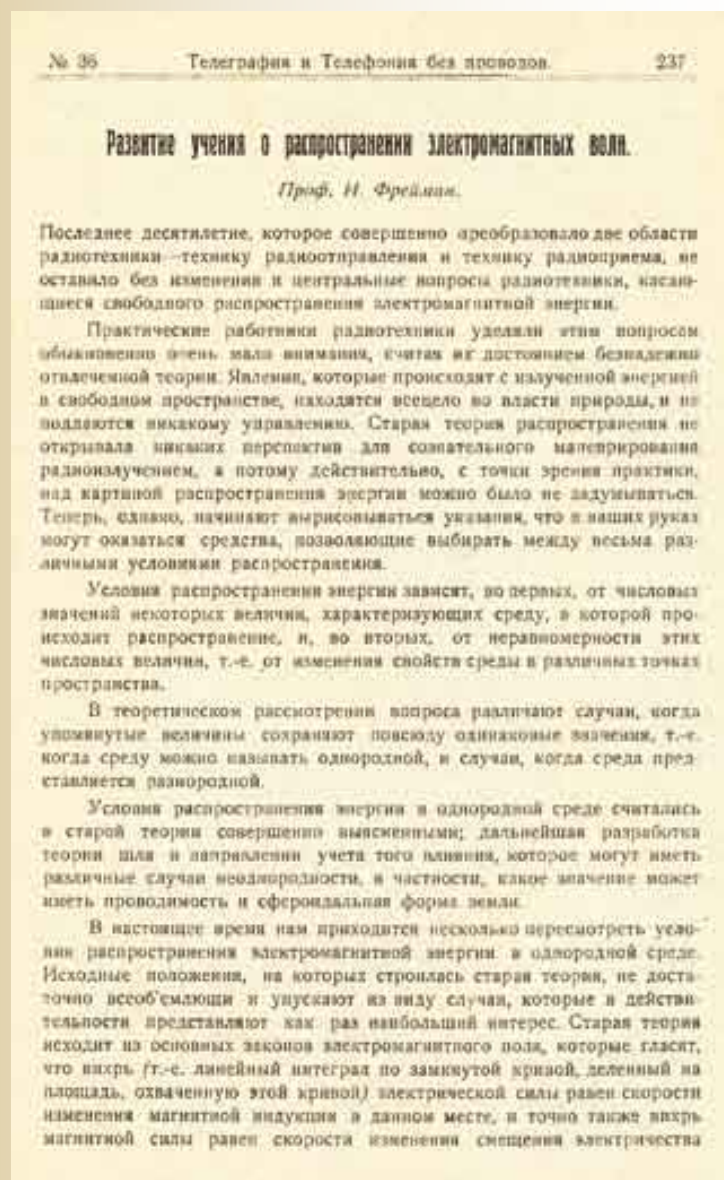
На протяжении многих лет И.Г. Фрейман боролся против использования иностранных слов в нашей технической литературе. Так, в своей рецензии на книгу проф. И.А. Чердынцева «Основы векторного и тензорного анализа» он критикует автора за излишнюю привязанность к иностранным словам¹². А перевод книги немецкого ученого Г. Баркгаузена «Катодные лампы» под редакцией А.А. Савельева он вообще не рекомендует читателям. В письме, направленном в июне 1926 года в редакцию журнала «ТиТбп», Иммант Георгиевич, в частности, отмечает: «Редактор начинает с предисловия, в котором считает необходимым выдать русской радиолитературе о лампах аттестацию в крайней бедности и выражает уверенность, что своим переводом он эту литературу обогащает. <...> Редактор, вероятно, не обратил внимания, что перевод именно этой же книги выпущен на русском языке уже более года тому назад и вышел в двух изданиях. <...> В 1924 г. вышло второе переработанное немецкое издание. Наконец, тоже, вероятно, ввиду недо-

статочного внимания к русской литературе, редактор перевода допускает произвольное словотворчество, <...> [поэтому] рекомендовать перевод А.А. Савельева ввиду его крупных недочетов по части терминологии нельзя»¹³.

Инженер, ученый, генератор идей

И.Г. Фрейман был настоящим инженером. Хорошая подготовка в ходе обучения в ЭТИ, где он получил фундаментальные знания по физике и математике, опыт работы на строительстве первых радиостанций выработали определенные практические навыки и убеждение в том, что в инженерном деле, как и в науке, все начинается с измерений. В этом плане интересна небольшая статья И.Г. Фреймана «Некоторые опыты по выяснению пригодности термогальванометра Дудделя для измерения силы радиотелеграфного приема» – первая из опубликованных в «ТиТбп»¹⁴.

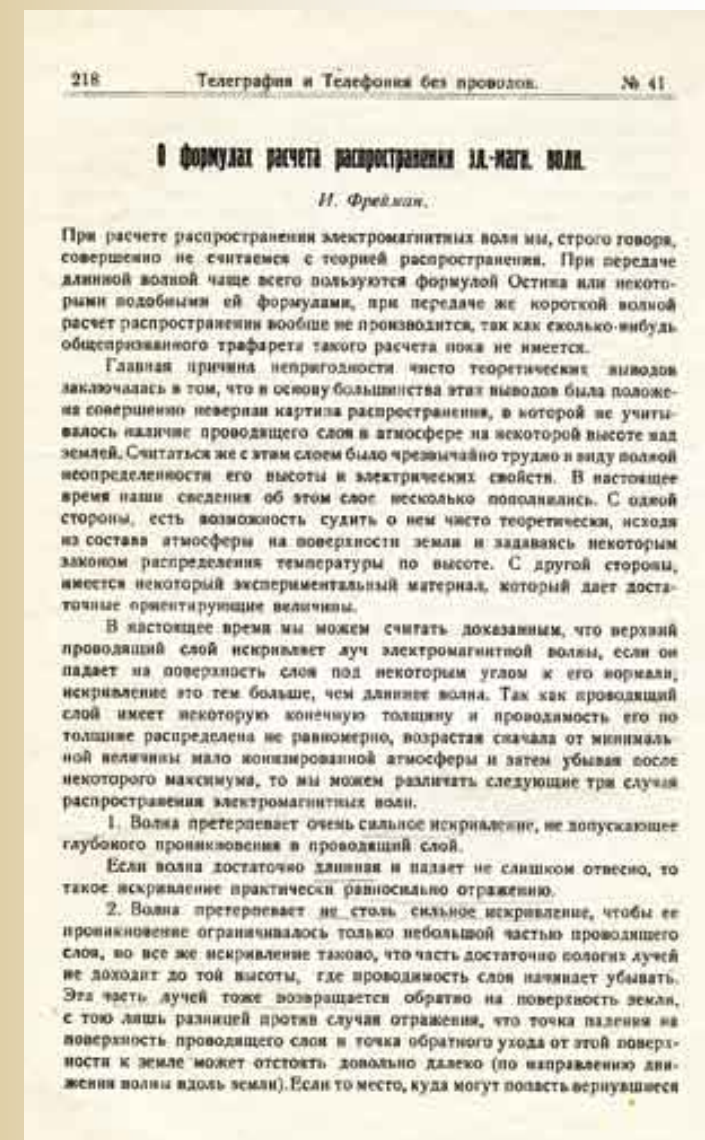
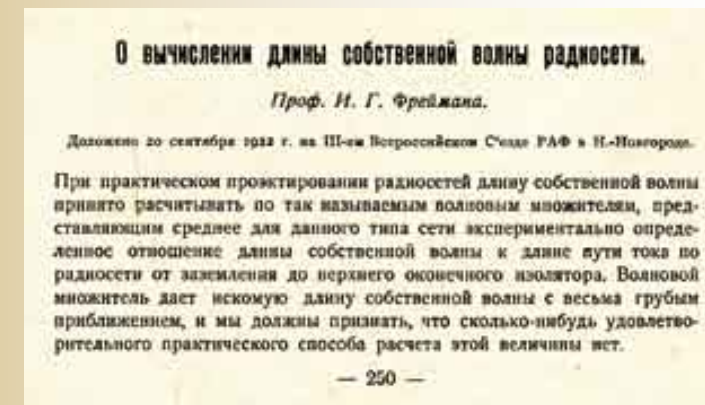
На Первом радиотехническом съезде, проходившем в сентябре 1920 году в Нижнем Новгороде, был сделан 21 доклад и 69 участников выступили в прениях. Про-



Профессор Фрейман выступил с докладом «О техническим приемах оценки пустотных приборов», в котором предложил перечень основных характеристик электронной лампы и некоторые формулы их расчета. Особое внимание Имант Георгиевич. обращал на то, что «электрические явления в пустоте могут иметь важные технические приложения; вследствие этого для техников выступает необходимость выработать такие приемы и установить такие величины, посредством которых действие приборов, основанных на этих явлениях в пустоте, можно было бы охарактеризовать удобнее всего с достаточной полнотой». Доклад вызвал большой интерес и оживленную дискуссию. В его обсуждении приняли участие 10 человек, в том числе А.А. Петровский, В.К. Лебединский. Небольшое резюме этого доклада было напечатано в «Радиотехнике»¹⁵.

Одна из первых работ И. Г. Фреймана, опубликованная в журнале «ТиТбп», — «Основные задания для машин высокой частоты для радиопередачи»¹⁶, помеченная сентябрем 1919 года. «С этой первой статьи определилась основная черта автора, — писал в редакционной статье В.К. Лебединский, — умение подойти к вопросу с новой, оригинальной точки зрения, поставить вопрос в новом виде, доводя эту свою новую обработку до значительной исчерпанности, математической значимости. Всякому ясна громадная ценность этой способности, открывающей новые перспективы в тех вопросах, которые грозят омертветь, кажутся исчерпанными»¹⁷.

Профессор Электротехнического института и Военно-морской академии, первый председатель секции связи НТК Морских сил РФ И.Г. Фрейман стал непосредственным продолжателем дела А.С. Попова во всех направлениях научной, преподавательской и практической деятельности, разработчиком концепции радиовооружения Флота и создателем первой ламповой системы связи для кораблей Морских Сил России, известной под названием «Блокада-1». В ходе испытаний на кораблях Флота он проверял адекватность разработанных им инженерных методов расчетов, основное содержание которых он представлял в статьях, публикуемых, в том числе, и в ТиТбп [3,4,6].



К середине 1920-х годов очень мало было сделано в области изучения антенн. Неудивительно, что большая часть научных работ Фреймана была посвящена изучению радиоволн, теории антенн и смежным вопросам. Особенно много публикаций приходится на 1921–1922 годы — в них отражены результаты научных исследований, изложенных в его диссертации «О законах подобия радиосетей» (ЭТИ, 1921). В 1921–1923 годах Имант Георгиевич написал работу «О процессе передачи электрической энергии»¹⁸, «характерную для другой стороны его ищущего ума: разрабатывая вопросы радио, Фрейман нащупывал их корни в той необычной почве, какую представляет собою наука о физических явлениях; техник усматривал соки, идущие из этой почвы к его сооружениям. Примеры этой живой связи техники с наукой можно было видеть во многих работах и соображениях И.Г. Фреймана»¹⁹. Представления и подтверждающие их примеры расчетов, приведенные в цитированной статье, давно уже стали классическими и вошли во многие учебники радиотехники.

Антенная техника того времени требовала разрешения многих принципиальных вопросов, разработки методов технического расчета и методики измерений. В частности, значительная путаница царил в вопросах эквивалентности радиосети и контура с сосредоточенными параметрами. Вопросу об эквивалентных параметрах радиосети И.Г. Фрейман уделял много внимания. Этим вопросам посвящены статьи «Об эквивалентной схеме радиосети»²⁰ и «Об эквивалентных постоянных радиосети»²¹.

К работам профессора И.Г. Фреймана в области, антенной техники тесно примыкают его исследования явлений распространения электромагнитных волн. Придавая большое значение организации ионосферных радиостанций, а также рассматривая вопросы распространения радиоволн, И.Г. Фрейман писал: «В настоящем положении учения о распространении электромагнитных волн центр тяжести дальнейших работ переносится на выяснение свойств высших слоев атмосферы»²².



16–21 сентября 1922 года в Нижнем Новгороде проходил 3-й съезд Российской ассоциации физиков. В работе съезда участвовало 239 делегатов из 22 городов, было заслушано 99 докладов, участники съезда познакомились с работами Нижегородской радиолaborатории, а 17 сентября 1922 года они смогли прослушать первый радиоконцерт из Москвы.

20 сентября 1922 года на дневном заседании секции технической физики И.Г. Фрейман сделал доклад «Расчет собственных длин волн антенны». В своем выступлении относительно этого доклада В.П. Волгодин отмечал, что вопрос, разбираемый Фрейманом, является слабым местом радиотехники и поэтому весьма ценны глубокие исследования столь трудного вопроса. Статья по теме доклада была опубликована в журнале «ТиТбп» в 1923 году²³.

Последней публикацией И.Г. Фреймана в журнале стала статья «О глубине модуляции», помеченная «1 марта 1928 г.»²⁴, которая произвела большое впечатление по своему неожиданному подходу к рассматриваемому вопросу²⁵.

Заключение

С искренним вниманием и интересом следил профессор И.Г. Фрейман за работами и публикациями сотрудников Нижегородской радиолaborатории. В журнале «Электричество» была опубликована его рецензия на ряд книг, вышедших в серии «Библиотека радиолюбителя», подготовленных сотрудниками НРЛ.

Имант Георгиевич очень высоко оценивал уровень научных статей, публикуемых в журнале «ТиТбп». В статье «Об американской болезни», отмечая пятилетие журнала, он писал: «Я вполне уверен, что много, очень много ярких, оригинальных мыслей, рассеянных на страницах “ТиТбп”, остаются неиспользованными, подобно тому, как слишком густо засеянные семена мешают друг другу правильно развиваться. Концентрация научного материала в “ТиТбп” чрезвычайно высока. Из одной тетрадки “ТиТбп” легко можно было бы выкроить три–четыре тетрадки, например, WirelessWorld, если разбавить ее содержание тем полубеллетристическим, полунформационным материалом, который характерен для иностранных радиожурналов²⁶».

В некрологе, опубликованном в первом номере журнала за 1929 год, практически сразу после скоростной кончины профессора И.Г. Фреймана (8 февраля 1929 года), отмечалось: «Нельзя не отметить теперь, что этой “высокой концентрации материала” журнал был обязан именно таким авторам, кипящим мыслями, как Фрейман. Способность поставить вопрос в новом виде, доводить эту свою новую обработку до значительной исчерпанности, математической значимости И.Г. Фрейман обнаруживал до последней своей работы. Всякому ясна громад-

ная ценность этой способности, открывающей новые перспективы в тех вопросах, которые грозят омертветь, кажутся исчерпанными. От исследователя, обладающего ею, всегда ожидают очень много не только в его собственном исследовании, но в его инициативе для дальнейших работ. С горестью мы должны признать, что ранняя смерть И.Г. оставила неизвестными для нас много ценных мыслей»²⁷.

«Автор, полною горстью бросавший эти семена, с особенно острой нетерпеливостью ждал их результатов. Он ожидал их от сотен, тысяч, от масс, от радиолюбителей. <...> Для нашего журнала Фрейман замолк навсегда с последними словами на устах о глубине модуляции, о теории того искусства, с помощью которого радио учит истине и звуковой красоте и переносит к человеку зрительные образы. В истории нашей радиотехники и, в частности, радиовещания имя Фреймана останется в первых рядах»²⁸.



Статьи и рецензии И.Г. Фреймана

1. Некоторые опыты по выяснению пригодности термогальванометра Дудделя для измерения силы радиотелеграфного приема // ТиТбп. 1919. № 5. С. 15–20.
2. О технических приемах оценки пустотных приборов // Радиотехник (приложение ТиТбп). 1920. № 13. С. 306–309.
3. Об измерении динамической емкости радиосети // ТиТбп. 1921. № 11. С. 20–27.
4. Об измерении собственной длины волн радиосети // ТиТбп. 1921. № 11. С. 28–33.
5. Основные задачи для машин высокой частоты для радиопередачи // ТиТбп. 1921. № 19. С. 331–341.
6. Об эквивалентной схеме радиосети // ТиТбп. 1922. № 13. С. 303–306.
7. О терминологии и об основных величинах в технике пустотных приборов // ТиТбп. 1922. № 15. С. 508–514.
8. О процессе передачи электрической энергии // ТиТбп. 1922. № 16. С. 624–633.
9. Об эквивалентных постоянных радиосети // ТиТбп. 1923. № 19. С. 117–126.
10. О вычислении длины собственной волны радиосети // ТиТбп. 1923. № 20. С. 250–257.
11. Об американской болезни // ТиТбп. 1923. № 21. С. 422–425.
12. Об измерении действующей высоты радиосети // ТиТбп. 1925. № 28. С. 29–33.
13. Об единице излучения радиосети // ТиТбп. 1925. № 30. С. 309–314.

14. Расчет приемной рамки // ТиТбп. 1925. № 33. С. 648–653.
15. Развитие учения о распространении электромагнитных волн // ТиТбп. 1926. № 3 (36). С. 237–246
16. О формулах расчета распространения электромагнитных волн // ТиТбп. 1927. № 2 (41). С. 218–222.
17. Эквивалентная схема пьезоэлектрического резонатора // ТиТбп. 1928. № 47. С. 231.
18. О глубине модуляции // ТиТбп. 1928. № 47. С. 220–227.
19. Черданцев И.А. Основы векторного и тензорного анализа: Рецензия // ТиТбп. 1922. № 17. С. 796–797.
20. Библиотека радиолюбителя / под ред. проф. В.К. Лебединского. 1. Лебединский В.К. Электричество в радио. 52 с., 44 рис.; 2. Шапошников С.И., инж. Радиоприем и радиоприемники. 67 с., 31 рис.; 3. Самодельный радиоприемник с кристаллическим детектором / пер. с англ. О.В. Лосева. Кристадин, 22+. 18 с.; 4. Лбов Ф.А. Самодельный ламповый приемник. Н.-Новгород: Изд. Нижегородской Радиолaborатории, 1924. Рецензия // Электричество. 1924. № 12. С. 630.
21. Известия и труды русско-китайского политехнического института в Харбине / под ред. проф. И.М. Обухова: Рецензия // ТиТбп. 1925. № 33. С. 655–656.
22. Письмо в редакцию (о переводе А.А. Савельева книги «Г. Баркгаузен. Катодные лампы (электронные трубки)»). // ТиТбп. 1926. № 3. С. 258).

¹ Телеграфия и телефония без проводов (ТиТбп). 1918. № 1. С. ?.

² Никитин Н.А. Издательская деятельность радиолaborатории / В кн. «Нижегородская радиолaborатория имени В.И. Ленина». — М.: Связьиздат, 1954. С. 114–117.

³ И.Г. Фрейман // ТиТбп. 1929. № 1. С. 3, 4.

⁴ Имант Георгиевич Фрейман. Избранные труды // Сост, вступ. статьи к.т.н. Л.И. Золотинкина; под ред. проф. В.Н. Ушакова. — СПб.: Изд-во «Пропаганда», 2015. С. ?.

⁵ ТиТбп. 1920. № 13 за С. 354–355; Прог. IRE. Vol. 7. 1919. № 4. С. 417–426.

⁶ Там же. С. 80.

⁷ Архив Центрального музея связи (ЦМС). Ф. 40. Оп. 1. Ед. хр. 36. Л. 6.

⁸ ТиТбп. 1922. № 15. С. 508–514.

⁹ И.Г. Фрейман // ТиТбп. 1929. № 1. С. 3, 4.

¹⁰ И.Г. Фрейман // Друг радио. 1925. № 9, 10. С. 4–7.

¹¹ Имант Георгиевич Фрейман... Указ. соч. С. 317.

¹² ТиТбп. 1922. № 17. С. 796–797.

¹³ Там же. 1926. № 3. С. 258.

¹⁴ Там же. 1919. № 5. С. 15–20.

¹⁵ Радиотехник (приложение «ТиТбп»). 1920. № 13. С. 306–309.

¹⁶ ТиТбп. 1921. № 19. С. 331–341.

¹⁷ Там же. 1929. № 1. С. 3, 4.

¹⁸ Там же. 1922. № 16. С. 624–633.

¹⁹ Там же. 1929. № 1. С. 3, 4.

²⁰ Там же. 1922. № 13. С. 303–306.

²¹ Там же. 1923. № 19. С. 117–126.

²² Там же. 1926. № 3 (36). С. 237–246; 1927. № 2 (41). С. 218–222.

²³ Там же. 1923. № 20. С. 250–257.

²⁴ Там же. 1928. № 47. С. 220–227.

²⁵ Там же. 1929. № 1. С. 3, 4.

²⁶ Там же. 1923. № 21. С. 422–425.

²⁷ Там же. 1929. № 1. С. 3, 4.

²⁸ Там же.