МЫ БЫЛИ СВИДЕТЕЛЯМИ И УЧАСТНИКАМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭПОХИ «БУРИ И НАТИСКА» XX ВЕКА

Воспоминания и размышления к 50-летию ЛПДИ –
Научно-исследовательской Лаборатории Передачи Дискретной Информации
С.-Петербургского университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Мне писать воспоминания об ЛПДИ совсем не легко, ибо с этой лабораторией связана вся моя жизнь. В памяти так много событий и людей, триумфов и провалов, комедий, драм и трагедий – где взять времени и таланта, чтобы описать все это на протяжении полувека. Много о чем хочется рассказать, и много о ком... О блестящих мужчинах и прелестных женщинах, о научных озарениях и технических находках, о бессонных ночах на трассовых испытаниях и нелегкой борьбе с конкурентами, о триумфах на научных конференциях и поражениях в чиновничьих кабинетах... Хочется описать творческий вулкан научной школы ЛПДИ 1960-х и 70-х годов, хочется оценить по достоинству тревожные 80-е и нелегкие 90-е...

Однако стоп! Прежде чем погрузиться в сугубо личные юбилейные зарисовки без всякой систематизации, попробуем все же объективно оценить достижения и роль ЛПДИ в том научно-технологическом процессе, который называют эпохой «бури и натиска» XX века...

Достижения ЛПДИ – взгляд издалека

Время образования и становления ЛПДИ как ведущей отраслевой научно-исследовательской лаборатории СССР в области цифровой радиосвязи характеризовалось ломкой традиционных представлений и подходов к проектированию аппаратуры и систем связи – на смену десятилетиями устоявшимся радиотехническим схемам и методам их расчета приходили вычислительные устройства и вычислительные методы обработки сигналов. Логико-математический термин «алгоритм» был смело введен в

радиотехнический обиход – прежде радиоинженеры, да и ученые в области радио и связи, никогда не употребляли этого слова, а представление о том, что радиоприемник может что-то «вычислять» казалось технической ересью. Именно **в ЛПДИ получили развитие алгоритмические методы обработки сигналов, а в аппаратуре появились устройтва, напоминающие блоки вычислительных машин**, например, «блок вычисления разности фаз» вместо традиционного «детектора разности фаз», «перемножитель и интегратор» вместо «высокодобротного фильтра» и т.д. Техническая концепция Лаборатории формулировалась следующим образом – оптимальный приемник есть вычислительная машина, выполняющая последовательность математических операций над сигналом. В наши дни это звучит банально, а в те годы это была почти крамола. Тренд Лаборатории в компьютерном направлении был во многом связан с тем обстоятельством, что ее коллектив вышел из группы сотрудников кафедры Теоретических основ радиотехники (ТОР) Ленинградского электротехнического института связи имени проф. М.А. Бонч-Бруевича (ЛЭИС), разработавшей первые в Советском Союзе цифровые специализированные вычислительные машины «Синтез», «Интеграл» и «Полином» [1,2,3]. Таким образом, **ЛПДИ сыграла определенную, достаточно весомую роль в придании классической радиотехнике информационно-кибернетических черт, в переходе от традиционных радиотехнических схем к специализированным вычислительным устройствам и, в конце концов, – к цифровой обработке сигналов**[1]. Ключевыми, словами, а подчас и новыми словосочетаниями, при этом являлись: цифровая радиосвязь, алгоритмы обработки сигналов, оптимизация алгоритмов и системный подход к проектированию, обработка составных сигналов в целом, сигнально-кодовые конструкции, многоканальная система с ортогональными сигналами, модем, кодек, фазо-разностная модуляция и др.

Если перечислять достижения и фактический вклад ЛПДИ в научно-техническое развитие информатики и связи, то в первую очередь я бы упомянул научную школу Лаборатории. Ее создателем и руководителем был выдающийся ученый и замечательный человек, заведующий кафедрой ТОР, профессор, д.т.н. Александр Михайлович Заездный[2]. Более 70-ти аспирантов и научных работников защитили кандидатскую диссертацию в ЛПДИ или по темам, связанным с работами ЛПДИ (список до конца 1980-х годов приведен ниже). Многие из них заняли впоследствии ведущие позиции в радиотехнической промышленности и в академической сфере, имеют ученые степени и звания. Например, Альгис Каяцкас, Лев Яковлев, Олег Кустов, Владимир Лундин, Валентин Гиршов, Роман Гут, Георгий Смирнов, Юрий Арзуманян, Лариса Кузина, Владимир Ляндрес, Сергей Лутовинов, Семен Флейшер, Олег Работкин, Ариан Захаров и др. стали доцентами, профессорами, деканами и проректорами в ЛЭИС и в других университетах по всему миру; Виктор Гинзбург, Иосиф Гуревич, Борис Каган, Юрий Черкасский, Христо Дечев, Виктор Плотников, Анатолий Наумов, Борис Соколов, Геннадий Антонов, Сергей Ковров, Александр Бердников, Лев Гор и др. стали высококлассными научными работниками и руководителями различных

[1] Мне посчастливилось познакомиться и даже подружиться с двумя основоположниками цифровой обработки сигналов (ЦОС по-русски и DSP по-английски): научным сотрудником Линкольновской лаборатории Массачусетского технологического института Бернардом Голдом и профессором ЛЭИС Львом Гольденбергом; они не были лично знакомы, и мне довелось быть в некотором роде связующим звеном…

[2] Большой очерк об А.М. Заездном – «Солнечный человек» – можно найти в www.yuriokunev.com

исследовательских и промышленных предприятий; бывшие аспиранты ЛПДИ Вячеслав Писарев, Николай Сидоров и Владимир Решемкин многие годы возглавляли работы ведущего советского производственного объединения в области авиационной радиосвязи в Нижнем Новгороде; Любовь Беркман защитила докторскую диссертацию, получила кафедру в Киевском университете информационных технологий, была директором института, объединяющего учебную и научную работу нескольких кафедр университета в области техники связи, а ныне является проректором университета.

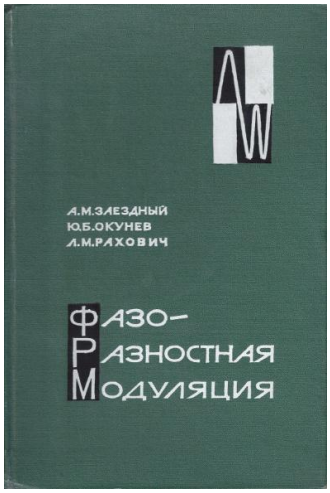
НАУЧНАЯ ШКОЛА ЛПДИ

1. Л. М. Рахович	1963	32. В. П. Табаков	1975
2. Ю. Б. Окунев	1965	33. А. С. Наумов	1976
3. А. А. Каяцкас	1967	34. Л. К. Кузина	1976
4. И. В. Гуревич	1968	35. Б. П. Соколов	1976
5. Б. Н. Бондарев	1968	36. К. В. Рангелов	1977
6. Л. А. Яковлев	1968	37. В. К. Решемкин	1977
7. В. Б. Оржелик	1969	38. С. С. Ковров	1977
8. Ю. А. Черкасский	1969	39. А. А. Степаненко	1978
9. В. А. Шилкин	1969	40. С. Б. Сичинава	1978
10. Б. Д. Каган	1969	41. Ю. В. Арзуманян	1979
11. В. В. Гинзбург	1969	42. Ю. П. Палочкин	1979
12. О. В. Кустов	1970	43. С. А. Мухаметшина	1980
13. В. З. Лундин	1970	44. М. Я. Лесман	1980
14. Р. Э. Гут	1970	45. А. А. Гришуков	1980
15. Г. И. Смирнов	1971	46. С. И. Лутовинов	1981
16. В. С. Гиршов	1971	47. А. А. Бердников	1981
17. Ю. М. Баранов	1971	48. В. С. Караваев	1981
18. А. И. Крапивницкий	1971	49. В. Г. Вишняков	1982
19. В. А. Писарев	1971	50. А. Калицки	1982
20. В. Г. Плотников	1971	51. Н. О. Дыкова	1982
21. О. Н. Работкин	1971	52. Л. А. Гор	1982
22. Э. А. Бесперстов	1973	53. А. А. Захаров	1982
23. В. В. Боровский	1973	54. А. М. Синильников	1983
24. О. Г Абрамянц	1973	55. Г. В. Антонов	1984
25. Х. М. Дечев	1973	56. Фостен Эбайи	1985
26. В. И. Маненков	1973	57. Л. В. Канатова	1986
27. В. З. Ляндрес	1973	58. Г. М. Сидельников	1987
28. В. В. Перьков	1974	59. Н. М. Сидоров	1987
29. И. В. Терентьев	1974	60. Н. Л. Нефедов	1988
30. В. А. Васильков	1974	61. Г. Г. Мурджикнели	1989
31. О. Э. Кангур	1974	62. Л. Н. Беркман	1989

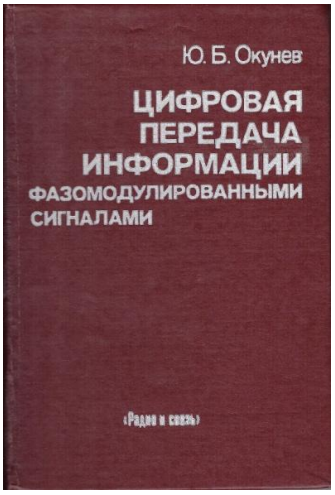
Но дело здесь не только в количестве защитивших диссертации по тематике ЛПДИ, но еще больше в том, что они разнесли научные идеи Лаборатории и, если хотите, ее дух сначала по многим уголкам бывшего СССР, а затем и по всему миру, так что научная школа ЛПДИ продолжает плодоносить даже в далеком отрыве от своей Alma Mater…

Хотел бы отметить здесь, что научная школа ЛПДИ формировалась при участии выдающихся советских ученых, многие годы непосредственно работавших в ней – это доктора наук, профессора Александр Михайлович Заездный, Лев Моисеевич Гольденберг, Исай Герцевич Кляцкин, Израиль Григорьевич Ханович, Лев Матвеевич Финк и Валерий Иванович Коржик – имена, не требующие комментариев.

В наши дни принято определять рейтинг научного коллектива количеством публикаций и ссылок на них. С этой точки зрения ЛПДИ всегда была наверху списка, а **по суммарному количеству изобретений, статей, научных докладов, монографий и учебных пособий в пересчете на одного сотрудника Лаборатория не знает себе равных.** Невозможно не только перечислить, но даже назать более или менее точную цифру публикаций – их много тысяч. В годы расцвета Лаборатории мы не секретили наши результаты, а, напротив, немедленно публиковали их со всеми подробностями. Некоторые доброжелатели удивлялись: «*Зачем вы публикуете все детали своих разработок, ведь это облегчает работу вашим конкурентам – по проложенной лыжне легче двигаться вперед!*» А.М. Заездный учил нас думать иначе: «*Действительно, идущему вторым легче, но он никогда не будет первым*». Культивируя эту философию первопроходцев среди сотрудников кафедры, он мощно поддерживал индивидуальную инициативу и рискованные вызовы; он же свел молодых авторов Лаборатории с издательством «Связь» в Москве, где публиковались наши книги. Многие публикации сотрудников Лаборатории были действительно первопроходческими: первые в мире публикации по обобщенной теории фазо-разностной модуляции [4,5], серия книг по цифровым системам с фазомодулированными сигналами [6,7,8], новый взгляд на системы с широкополосными сигналами [9], первая книга по системному подходу к проектированию техники связи [10], сборник материалов о результатах разработки и испытаний первой в мире многоканальной системы цифровой радиосвязи с ортогональными сигналами на базе активных фильтров [11], первая монография по синтезу параметрических функциональных преобразователей [12], учебники и учебные пособия по кодированию и оптимальной обработке сигналов и по расчету радиотехнических цепей [13, 14] и др. Многие концептуальные теоретические разработки и новаторские схемо- и системотехнические решения сотрудников Лаборатории в области цифровой связи были опубликованы в ведущих научно-технических и академических журналах Советского Союза и за рубежом – нет никакой возможности перечислить даже важнейшие из этих публикаций. Определенно знаю, что многие публикации ЛПДИ до сих пор используются инженерами и преподавателями университетов по всему миру...

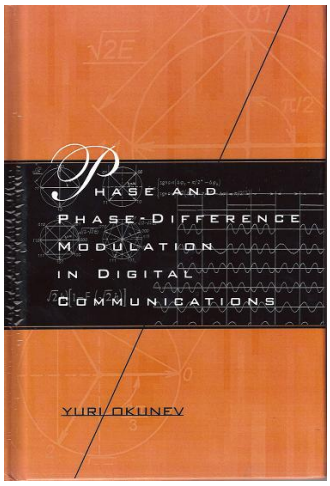

А.М.ЗЛЕЗДНЫЙ
Ю.Б.ОКУНЕВ
Л.М.РАХОВИЧ
ФАЗО-
РАЗНОСТНАЯ
МОДУЛЯЦИЯ

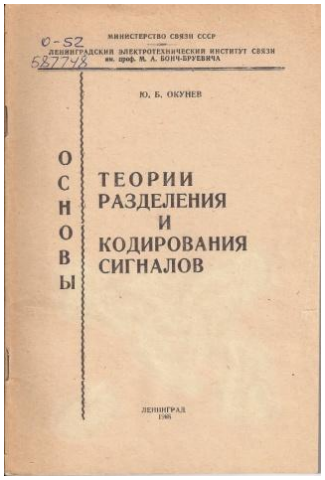
ОСНОВЫ
РАСЧЕТОВ
РАДИО-
ТЕХНИЧЕСКИХ
ЦЕПЕЙ
А.М.ЗЛЕЗДНЫЙ
И. В. ГУРЕВИЧ

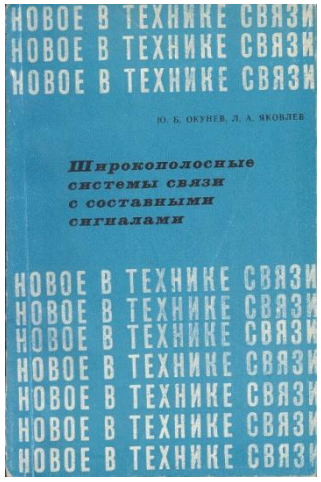

Ю. Б. Окунев
ЦИФРОВАЯ
ПЕРЕДАЧА
ИНФОРМАЦИИ
ФАЗОМОДУЛИРОВАННЫМИ
СИГНАЛАМИ
«Радио и связь»

И. В. ГУРЕВИЧ
СИНТЕЗ
ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Принципы
системного
подхода
к проектированию
в технике связи


PHASE AND
PHASE-DIFFERENCE
MODULATION
IN DIGITAL
COMMUNICATIONS
YURI OKUNEV


МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ СССР
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА
Ю. Б. ОКУНЕВ
ОСНОВЫ
ТЕОРИИ
РАЗДЕЛЕНИЯ
И
КОДИРОВАНИЯ
СИГНАЛОВ
ЛЕНИНГРАД


НОВОЕ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ
НОВОЕ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ
НОВОЕ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ
Ю. Б. ОКУНЕВ, Л. А. ЯКОВЛЕВ
Широкополосные
системы связи
с составными
сигналами
НОВОЕ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ
НОВОЕ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ
НОВОЕ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ
НОВОЕ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ
НОВОЕ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ
НОВОЕ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ

Ю. Б. ОКУНЕВ
СИСТЕМЫ СВЯЗИ
С ИНВАРИАНТНЫМИ
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ
x(t)
×
T
∫
0
I[x(t)]
S(t)

Союз Советских Социалистических Республик

Комитет по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

177450

Зависимое от авт. свидетельства № —

Заявлено 05.X.1964 (№ 923955/26-9)

с присоединением заявки № —

Приоритет —

Опубликовано 18.XII.1965. Бюллетень № 1

Дата опубликования описания 14.II.1966

Кл. 21a¹, 7₀₁

МПК H 04c

УДК 621.376.9(088.8)

Автор изобретения Ю. Б. Окунев

Заявитель —

СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ С ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ФАЗОВОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ

1

Известны способы передачи дискретных сообщений с помощью относительной фазовой манипуляции (ОФМ). В этом случае информация передается разностью фаз между двумя соседними посылками.

Предложен способ передачи дискретных сообщений посредством ОФМ, отличающийся тем, что информацию вводят не в разность фаз между двумя соседними посылками, а в разность фаз второго порядка. При этом в формировании одного передаваемого символа участвуют три последовательных символа исходного сигнала. Как развитие этого способа, предложено использовать разность фаз более высокого порядка.

Такой способ формирования фазоманипулированных сигналов дает возможность значительно ослабить влияние паразитных флюктуаций фазы, а также нестабильности частоты сигнала в канале при приеме методом сравнения фаз. Преимущество предложенного способа особенно сказывается при наличии в канале эффекта Допплера.

2

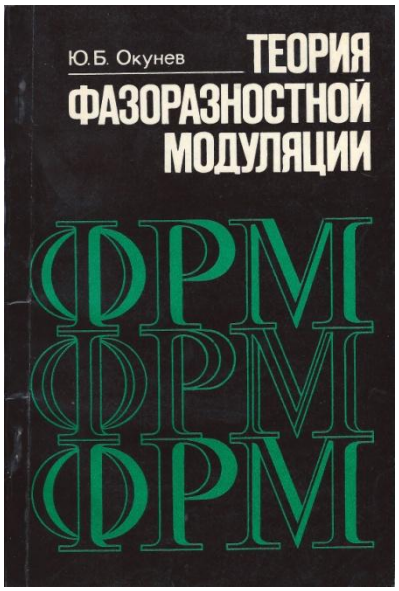
Предмет изобретения

Способ передачи дискретных сообщений с относительной фазовой манипуляцией, *отличающийся* тем, что, с целью ослабления влияния паразитных флюктуаций фазы и нестабильности частоты сигнала в канале, информацию вводят во вторую разность фаз передаваемых манипулированных посылок или в разность фаз более высокого порядка.

Это, вероятно, одна из самых кратких формул изобретения – 8 полустрочек.

Трудно перечислить, ничего не упустив, научные и практические разработки ЛПДИ, сыгравшие заметную роль в развитии цифровой связи. В определенном смысле абсолютно все разработки Лаборатории были теми толчками, которые двигали технологию нашего информационного века. Если, однако, ограничиться только конкретными разработками, которые принесли ЛПДИ мировое признание, то, вероятно, следует упомянуть

- изобретение фазоразностной модуляции высокого порядка (ФРМ-2) и разработку ее теории[3];
- изобретение оптимальной некогерентной обработки ФРМ сигналов с помощью активных фильтров и разработку на этой основе одной из первых в мире систем цифровой радиосвязи с ортогональными сигналами – системы МС;
- участие в разработке европейского стандарта цифрового радиовещания.



ФРМ-2 была запатентована в СССР в 1964 году, еще до формального открытия ЛПДИ [15], материал был впервые опубликован в 1966-м в статье [16], а теория ФРМ-2 была последовательно развита в монографиях [5-8] и в большом числе статей советских авторов. В начале 1970-х ФРМ-2 была внедрена в отечественной военной радиостанции для цифровой связи со сверхзвуковыми самолетами. В 70-е и 80-е годы инженеры и ученые из России, Великобритании, США, Италии, Канады, Израиля и даже из Королевского университета в Саудовской Аравии опубликовали десятки работ по теории ФРМ второго порядка и получили множество патентов на соответствующие методы и системы. Первая теоретическая работа по ФРМ-2 за рубежами СССР появилась в 1978 году в специальном журнале по авиационной цифровой связи, а несколько раньше в Великобритании был выдан патент на изобретение ФРМ-2 – **удивительно сознавать, что мы опередили всех более чем на 10 лет!** Только во второй половине 1990-х я узнал о серьезном интересе американских ученых к теории ФРМ-2 из фудаментальной монографии по технике цифровой связи «Digital Communication Techniques», опубликованной в 1995 году тремя учеными из знаменитой Лаборатории реактивного движения (JPL[4]) в Пассадене, Калифорния [17]. Оказалось, что с конца 80-х годов JPL проводила, не зная наших результатов, независимые исследования в области ФРМ-2, и выдающийся американский ученый доктор Марвин Саймон готовил публикацию результатов в новой монографии. На какой-то конференции бывший сотрудник ЛПДИ профессор Семен Флейшер рассказал о наших работах в этой области, после чего Марвин Саймон вынужден был перевести на английский язык наши работы 60-80-х годов и переписать заново одну из глав своей книги. С волнением открывал я Главу 8

[3] По-английски: high order Phase-Difference Modulation (PDM) or high order Phase Shift Keying (PSK).

[4] Jet Propulsion Laboratory – подразделение NASA и California Institute of Technology, мировой лидер в области космической радиосвязи и управления космическими объектами.

книги «Digital Communication Techniques», полностью посвященную ФРМ-2. В преамбуле было написано (перевод и выделение в тексте мои – Ю.О.): «*С исторической точки зрения* ***идея использования разностей фазы высокого порядка при модуляции и обработке сигналов была впервые высказана русскими учеными в начале 70-х годов...*** *Поскольку работы русских авторов малоизвестны в США, и фактически книга Окунева является единственным учебным пособием, в котором излагается теория приема сигналов ФРМ высокого порядка, мы приложим все усилия, чтобы познакомить читателей с этими работами...*». Далее в главе приводились обширные выдержки, формулы, схемы и графики из наших публикаций 70–80-х годов. В связи с работами по ФРМ-2 в списке литературы упоминались советские ученые Ю.Б. Окунев, Л.М. Финк, Е.З. Финкельштейн, В.А. Писарев, В.К. Решемкин, Н.М. Сидоров, Р.Э. Гут, В.И. Коржик, К.Н. Щелкунов, Е.С. Барбанель – все, так или иначе связанные с ЛПДИ.

Второе достижение ЛПДИ мирового уровня – система цифровой радиосвязи с ортогональными сигналами МС-5 – нынешним инженерам и ученым на Западе малоизвестна, хотя сведения о ней нетрудно найти в поисковых системах Интернета. Однажды, уже работая в Америке, попал я на большую международную конференцию по теории и технике телекоммуникаций. Один из центральных докладов конференции был посвящен будущему глобальной мобильной радиосвязи. Докладчик, молодой ученый из исследовательской лаборатории фирмы AT&T, объяснял, что следующее поколение мобильных цифровых телефонов будет основано на использовании многочастотных ортогональных сигналов[5], формируемых и разделяемых с помощью преобразования Фурье; он с гордостью утверждал, что эти сигналы и способ их обработки изобретены в лаборатории фирмы AT&T в начале 80-х годов. В перерыве я подошел к нему и рассказал, что в 60-х годах мы в Советском союзе разработали и испытали на коротковолновых радиоканалах аналогичную систему МС-5 – докладчик вежливо поблагодарил меня за информацию, но, видно было, не поверил. Мне оставалось лишь вспоминать те далекие годы напряженного труда и молодого энтузиазма, вспоминать охвативший нас восторг, когда летним днем 1968 года на коротковолновой радиотрассе Новосибирск-Куйбышев МС-5 показала рекордную по тем временам скорость передачи данных – 4800 бит в секунду!

[5] В технической литературе на английском языке эта технология ныне обозначается аббревиатурой OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing, что на русский язык переводится примерно так – частотное уплотнение ортогональными сигналами; обработка таких сигналов в приемнике реализуется путем так называемого быстрого преобразования Фурье (по-английски FFT – Fast Fourier Transform); технология OFDM в настоящее время является основополагающей при разработке и реализации современных систем цифровой мобильной радиосвязи.

То были годы упорной борьбы за технологию многочастотной передачи ортогональными сигналами. Подчас закрадывалось сомнение – может быть, мы на ложном пути. История, однако, доказала нашу правоту – сейчас тот подход, который мы так упорно отстаивали в 60–70-е годы, полностью победил в технике мобильных систем радиосвязи. Вот выдержка из обзора технологии 4-го поколения мобильных средств связи (новейший стандарт этой технологии имеет аббревиатуру LTE), опубликованного в февральском номере журнала IEEE Communications за 2012 год (перевод мой – Ю.О.): *«LTE – стандарт сотовой мобильной связи, основанный на технологии частотного уплотнения ортогональными сигналами (OFDM), находится сейчас на стадии коммерческой реализации многими операторами сотовой связи.»* Символично даже само современное название этого стандарта: «LTE – Long Term Evolution». Да, это так – **занявшая полвека «долгая эволюция» нашей разработки 1960-х годов привела в конце концов к созданию сотовой мобильной связи XXI века!** Напомню основные вехи этой зволюции: американская система «Кинеплекс» на пассивных электромеханических резонаторах (Rockwell Collins Radio, США, 1957); метод оптимальной некогерентной обработки ФРМ сигналов на базе прямого вычисления коэффициентов Фурье (Л.М. Рахович, ЛЭИС, СССР, 1962 – [18]); советская система МС-5 на активных фильтрах (ЛПДИ, СССР, 1968); публикация описания МС-5 (ЛПДИ, СССР, 1970 – [11]); технология микропроцессорной обработки многочастотных ортогональных сигналов на базе алгоритмов дискретного БПФ (AT&T, США, 1980-е годы); стандарт LTE 4-го поколения сотовой мобильной связи (США, Евросоюз, 2000-е годы).

Разработка системы МС-5 выполнялась по заказу Технического управления Министерства связи СССР и московского НИИ Радио, а во внедрении ее модификаций, испытаниях и эксплуатации участвовали крупнейшие научно-производственные объединения Советского Союза: Ленинградское (ЛОНИИС) и Киевское (КОНИИС) отделения Центрального НИИ связи (Москва), НИИ Радио (Москва), Куйбышевское (КОНИИР) отделение НИИ Радио, НИИ Автоматики (Москва), НИИ Элетротехнических Устройств (Ленинград), Центральный НИИ связи Военно-морского флота СССР (Ленинград) и другие предприятия и радиоцентры Министерства связи (МС), Министерства промышленности средств связи (МПСС) и Министерства обороны (МО) СССР. В разработке МС-5 участвовали практически все сотрудники ЛПДИ 60-70х годов, решающим был творческий и производственный вклад Льва Раховича, Валентина Гиршова, Виктора Гинзбурга, Александра Заездного, Бориса Кагана, Олега Кустова, Юрия Окунева, Николая Пуолакайнена, Юрия Ручкина, Георгия Смирнова, Бориса Черне... Коллектив разработчиков МС-5 был представлен на Государственную премию СССР в области науки и техники, но не получил ее по тем же причинам, по которым многие

достижения отечественной науки и техники не нашли в те времена мирового признания. Обсуждение этих причин, однако, выходит за рамки наших воспоминаний[6]...

Третье из важнейших достижений ЛПДИ связано с разработкой в конце 1980-х годов системы цифрового радиовещания, которая выполнялась по заказу Всесоюзного НИИ радиовещательного приема и акустики (ВНИИРПА, Ленинград). ВНИИРПА тогда участвовал в создании Европейского стандарта цифрового радиовещания и очень нуждался в нашем опыте разработки высокоскоростных систем передачи информации в цифровом виде по каналам с многолучевостью. Научным руководителем темы в ЛПДИ был выдающийся советский ученый, профессор, д.т.н. Л.М. Финк, а ответственным исполнителем с.н.с., к.т.н. М.Я. Лесман – надеюсь, что он расскажет об этой работе со всеми подробностями в своих воспоминаниях. Мне представляется, что совместная с ВНИИРПА разработка ЛПДИ была важным вкладом как в современное цифровое радиовещание, так и в цифровое телевидение.

Из множества индивидуальных достижений сотрудников ЛПДИ, принесших ей всеобщее признание и авторитет, хотелось бы, прежде всего, отметить работы В.В. Гинзбурга по теории синтеза и обработки сигнально-кодовых конструкций [19,20] и работы И.В. Гуревича по теории синтеза параметрических функциональных преобразователей [12] – это были исследования на уровне докторских диссертаций. Значительным научно-практическим вкладом стали работы: А.М. Заездного, Л.М. Раховича и Ю.Б. Окунева по теории и технике ФРМ, Л.А. Яковлева по оптимальному приему широкополосных составных сигналов, Б.Д. Кагана и Л.М. Финка по теории мажоритарных кодов, О.В. Кустова и В.З. Лундина по синтезу радиотехнических схем методом электронного моделирования, Е.З. Финкельштейна по теории автокорреляционного приема, Г.И. Смирнова по методам синхронной передачи данных от независимых источников, В.С. Гиршова по технике многочастотных модемов, М.Я. Лесмана по теории оценивания характеристик каналов связи, Л.М. Финка и Ю.Б. Окунева по теории многосимвольной некогерентной обработки сигналов, а также работы Ю.В. Арзуманяна, А.С. Наумова, С.И. Лутовинова, А.А. Захарова, Г.В. Антонова и Ю.П. Фомина по различным аспектам системо- и схемотехники цифровой радиосвязи.

Завершая этот краткий обзор важнейших достижений ЛПДИ, хочу подчеркнуть, что ключевым достижением является создание на базе Лаборатории уникального коллектива талантливых и, не побоюсь этого ненаучного определения, глубоко порядочных людей. Не могу перечислить всех, ибо список будет слишком большим, а ограничиться частичным перечислением значит обидеть тех, кого не упомянул. И тем не менее, привожу стенд с портретами Почетных членов ЛПДИ, избранных коллективом к ее 25-летию.

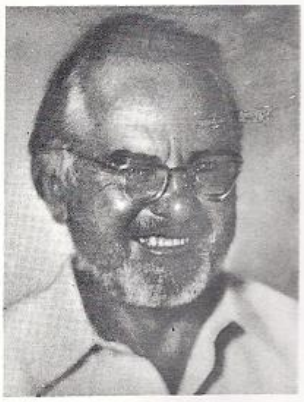
[6] Как удивились бы те «деятели», которые в начале 1970-х заблокировали присуждение Госпремии СССР за разработку МС-5, если бы прочитали стандарт всемирной мобильной связи XXI века. Они, на самом деле, заблокировали тогда приоритет советской науки и техники в важнейшем направлении информационной технологии. Это, наряду с другими факторами, привело к тому, что мобильные телефоны выпускает ныне не Россия, а ее бывшая глухая провинция – Финляндия.

ПОЧЕТНЫЕ ЧЛЕНЫ ЛПДИ

д.т.н
Александр Михайлович
ЗАЕЗДНЫЙ

к.т.н
Лев Моисеевич
РАХОВИЧ

д.т.н
Андрей Андреевич
ПИРОГОВ[7]



д.т.н
Николай Тимофеевич
ПЕТРОВИЧ[8]

д.т.н
Лев Матвеевич
ФИНК

к.т.н
Виктор Вульфович
ГИНЗБУРГ

[7] А.А. Пирогов – один из основоположников теории распознавания и синтеза речи и создателей цифрового вокодера.
[8] Н.Т. Петрович – один из создателей советской космической радиосвязи, изобретатель ФРМ.

На стенде портреты ученых, которые отражают как нельзя лучше творческую и духовную атмосферу ЛПДИ, это – интеллектуалы, интеллигенты высшей пробы. Среди них два человека, которые формально не работали в ЛПДИ, но многие годы тесно сотрудничали с Лабораторией, и, главное, были очень близки ей по духу – выдающиеся советские ученые, профессора, доктора наук Николай Тимофеевич Петрович и Андрей Андреевич Пирогов. К сожалению, никого из нашего стенда уже нет в живых – светлая им память!

Годы «бури и натиска»

Я окончил факультет Радиосвязи и радиовещания ЛЭИС имени проф. А.М. Бонч-Бруевича в далеком 1960 году, когда институту справляли 30 лет от роду. Был тогда Бонч молодым и веселым парнем, у которого все впереди и которому все по плечу. А происходило это ощущение не столько от молодости Юбиляра, сколько от интеллектуальной мощи коллектива. Меня учили выдающиеся ученые, профессора: Павел Васильевич Шмаков, Исай Герцевич Кляцкин, Марк Павлович Долуханов, Григорий Абрамович Зейтленок, Елизавета Владимировна Вороновская, Александр Михайлович Заездный, Лев Моисеевич Гольденберг, Владимир Борисович Романовский, Исаак Моисеевич Меттер, Владимир Владимирович Разумовский и многие другие – прошу прощения у памяти тех, кого не упомянул. Позже пришли доктора наук Лев Матвеевич Финк, Николай Никитич Буга, Александр Федорович Белецкий, Валерий Иванович Коржик, Федор Матвеевич Килин, Николай Сергеевич Бесчастнов, Артур Абрамович Ланне, Анатолий Дмитриевич Артым, Мстислав Всеволодович Сиверс... Поверьте, в те годы не было в Советском Союзе более мощной радиотехнической школы, чем школа Бонча!

А была создана эта школа волей и силой одного человека – Константина Хрисанфовича Муравьева. О Константине Хрисанфовиче – моем первом ректоре и старшем наставнике я всегда вспоминаю с большой теплотой, хотя был он человеком жестким, а подчас и грубым, но... никогда не был подлым. Генерал-лейтенант войск связи Муравьев был вполне под стать пышущему здоровьем Бончу – полный, выпивший с утра хорошего армянского коньяку, энергичный, всегда уверенный в себе. Последнее и подвело – не заметил Константин Хрисанфович, как его фронтовой друг Леонид Ильич Брежнев сменил курс. Новая партийная власть сняла Муравьева с ректорской должности и отправила на «заслуженный отдых». Через несколько месяцев я как-то увидел в узком коридоре Бонча маленького, сухонького старичка и едва узнал в нем бывшего ректора. «Константин Хрисанфович, здравствуйте!» – воскликнул я и обнял его за плечи. «Юра,

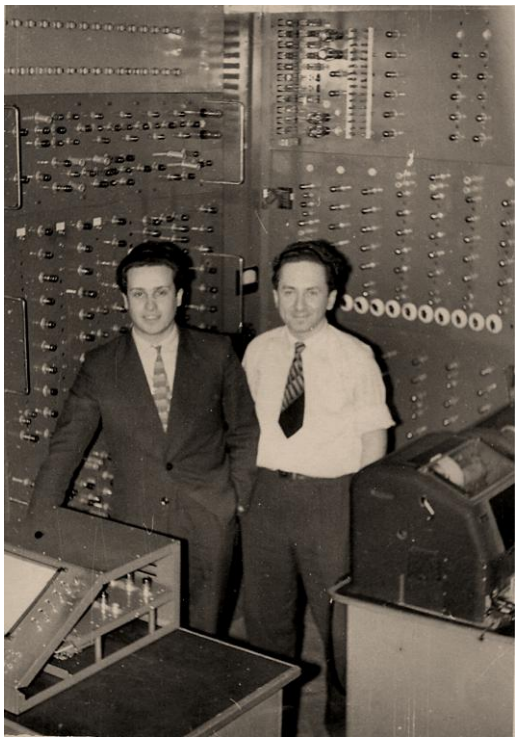
спасибо, что признал», – сказал Константин Хрисанфович и заспешил мелко вдоль стенки – больше я его никогда не видел.

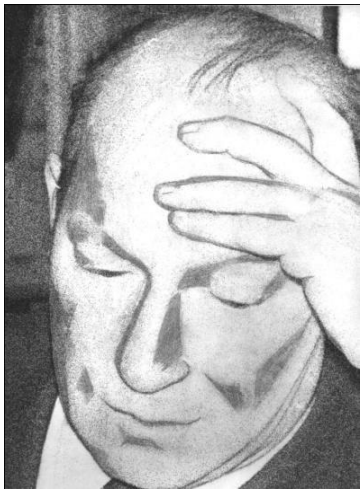
О научной школе Бонча я всегда вспоминаю с благодарностью, и это не пустая фраза – всё, чего я достиг в науке и в Советском Союзе, и потом в Соединенных Штатах, уходит корнями в научную школу Бонча 50–70-х годов. И в моменты научных озарений, и в обыденной профессиональной работе стоял я всегда на плечах великана Бонча – потому и видел подчас дальше и лучше.

Еще до окончания института начал я работать на кафедре Теоретических основ радиотехники, которую вскоре возглавил человек выдающегося интеллекта – Александр Михайлович Заездный. Я участвовал в испытаниях вычислительной релейной машины «Синтез» для суммирования тригонометрических рядов, а затем в разработке первого в СССР цифрового дифференциального анализатора (ЦДА) «Интеграл»[9] для решения дифференциальных уравнений. Мой дипломный проект был посвящен разработке методики программирования для специализированных цифровых вычислительных машин типа ЦДА. Вместе с моим научным руководителем Львом Моисеевичем Гольденбергом мы опубликовали тогда статью «*Программирование для ЦДА*» в ведущем академическом журнале СССР «Автоматика и телемеханика». Среди разработчиков «Интеграла» были молодые инженеры Лева Рахович, Миша Поляк и Гена Липчин – мои первые инженерные наставники.

После окончания института я был оставлен для работы на кафедре ТОР в должности инженера с окладом 88 р. в месяц. Первые мои шаги в науке были обнадеживающими – мы с моим научным руководителем Л.М. Гольденбергом фактически стояли тогда у истоков цифровой обработки сигналов, но кафедра приняла решение сосредоточиться на цифровой радиосвязи, и вскоре я был назначен руководителем исследовательской группы в этой новой для нас области.

[9] Вспоминаю сдачу «Интеграла» комиссии Министерства Связи, которую возглавлял Виктор Николаевич Смирнов – личность незаурядная и даже феерическая. Виктор Николаевич потребовал запрограммировать дифференциальное уравнение второго порядка. Я нервно набрал программу на пульте, установил коэффициенты, после чего он сам нажал кнопку «Пуск», потребовал удалить всех из помещения, собственноручно закрыл и опечатал комнату. Пока машина работала без моего присмотра, а я жутко нервничал, глава комиссии послал своего юного помощника Витю Цирлина (впоследствии известного специалиста по спутниковой связи) за водкой. Слегка подкрепившись и вскрыв запечатанную комнату, он взял распечатку результата и потребовал таблицы тригонометрических функций Брадиса. Держа в одной руке распечатку, а в другой таблицы, он проверял точность работы машины – результаты совпали с точностью до последнего знака в таблицах. Тогда Виктор Николаевич торжественно подписал акт приемки и предложил отпраздновать это событие, что мы, конечно, немедленно сделали в ресторане «Кавказский» на Невском проспекте.





А.М. Заездный Л.М. Гольденберг

Слева: с Мишей Поляком у стоек ЦЭВМ «Интеграл» (1961 год)

Лев Гольденберг из ЛЭИС (слева) и Бен Голд из MIT (справа) независимо пришли к фундаментальной идее ЦОС–DSP.

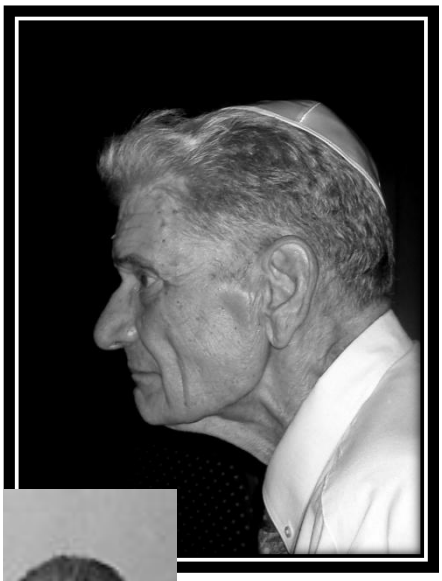
Это решение было результатом нелегких попыток определить будущее кафедральной науки. Дело в том, что к началу 60-х годов кибернетическое направление, приведшее к созданию трех специализированных вычислительных машин, исчерпало себя – большие универсальные ЭВМ наступали по всему фронту, транзисторы стремительно теснили старую схемотехнику. Можно было пойти по пути развития цифровой обработки сигналов, основы которой уже были провозглашены и испытаны на кафедре, но эта сфера научной деятельности в перспективе должна была отойти к новой кафедре Л.М. Гольденберга. И тогда А.М. Заездный принял неожиданное и рисковое решение – сосредоточиться на цифровой радиосвязи. Им была создана поначалу небольшая группа, и мне было поручено возглавить ее, резко переключившись с программирования для специализированных ЭВМ на передачу данных по радиоканалам. В этом назначении тоже был определенный риск, и некоторые сотрудники кафедры предостерегали А.М. Заездного – не следует выдвигать в начальники молодого неопытного инженера, вчерашнего студента, но он настоял именно на этом.

1961-й год:
лампа, перекидной календарь, телефон – мой первый «начальственный стол» в лаборатории кафедры Теоретической радиотехники ЛЭИС

Стратегический перевод кафедральной науки на проблемы цифровой радиосвязи был подкреплен очень смелым решением – будем делать систему для передачи данных по коротковолновым радиоканалам с невиданной в мире скоростью 4800 бит в секунду. Острота вызова, брошенного кафедрой, станет ясной, если напомнить, что отечественные системы КВ радиосвязи передавали тогда телеграфную информацию со скоростью 300 бит в секунду, а американская новейшая система «Кинеплекс» для передачи закодированной речи имела максимальную скорость 3000 бит в секунду. Наша уверенность в возможности превзойти американцев базировалась на изобретении Л.М. Раховича, который предложил использовать для обработки многочастотных

ортогональных сигналов прямое вычисление коэффициентов Фурье принятого сигнала. На базе этого изобретения мы стали разрабатывать систему МС, что можно было трактовать по-разному: «многоканальная система», «многочастотная система», «много синусоид», но скорее всего – «Министерство Связи».

****



Здесь я, отклонившись от хронологии, хочу сказать хотя бы пару слов о моем друге Лёве Раховиче[10] – светлая ему память! Сказать, что Лева был необыкновенно талантливым человеком, – ничего не значащая фраза. За мою долгую профессиональную работу и в исследовательских радиотехнических институтах бывшего Советского Союза, и в крупнейших телекоммуникационных фирмах США я не встречал столь талантливого инженера, как Лев Рахович. Главной чертой его таланта было находить нетривиальные решения любых технических проблем там, где, казалось бы, поиски бессмысленны. Его решения подчас были неожиданными до неправдоподобия и, в то же время, столь изящно простыми, что вызывали, как говорят, белую зависть – почему не я это придумал. Вспоминаю, что однажды я, будучи еще начинающим инженером, высказал в присутствии Александра Михайловича Заездного свое недоумение относительно одного изобретения Раховича – мол, как это он смог такое придумать. Александр Михайлович разъяснил: «*Дело вот в чем – Лева не знал, что так делать нельзя*». В этой лаконичной и парадоксальной формулировке заключалась, на самом деле, вся суть таланта Левы – находить в казалось бы запретной для поиска сфере такие решения, которые кажутся очевидными после того, как они предложены... Много позже узнал я одно из знаменитых изречений великого Уинстона Черчилля, аналогичным образом описывающее деяние талантливого человека: «*Все знали, что это невозможно. Потом однажды пришел человек, который этого не знал. И он сделал это.*» Лева пришел в науку, когда молодая кибернетика стала быстро опережать старую радиотехнику, но все знали, что невозможно построить радиоприемник по принципам электронной вычислительной машины. Лева этого не знал, и он сделал это... В 60-е годы он был главным авторитетом в ЛПДИ. Наша философия первопроходцев работала благодаря тому, что лыжню прокладывал Лева Рахович. Все сорудники лаборатории стремились получить одобрение Левы, но это было совсем не просто – он не был щедр на пустые похвалы, хотя всегда доброжелательно выслушивал всех, кивал, поддакивал и даже произносил слова «хорошо», «интересно», «любопытно». Все, однако, знали, что эти слова означают лишь вежливые формы очень средней оценки, оценки на троечку. Когда Лева действительно высоко оценивал чей-то результат, он говорил иначе: «Это сильно!». Высшая степень одобрения, на грани восхищения, была такой: «Это здóрово сильно!». Я, как и все, мечтал получить такую оценку, и однажды мне это удалось. В 1963 году на

[10] Большой очерк о Л.М. Раховиче – «Мироздание рационально» – можно прочитать на сайте www.yuriokunev.com

семинаре лаборатории я представил коллегами новый алгоритм тактовой синхронизации, а затем не выдержал и рассказал им о внезапно озарившей меня идее нового вида фазовой модуляции. После моего доклада воцарилась тишина – все с интересом ждали реакции Левы. Он поерзал спиной по спинке стула (была у него такая манера) и, показав рукой на схему синхронизации, сказал сдержанно: «Это... интересно», а потом, выдержав паузу, повернулся к схеме нового модулятора, улыбнулся и провозгласил: «А вот это – здóрово сильно!» После этого эпизода Лева признал меня равным, как бы включил в свой узкий доверительный круг. В те годы я быстро набирал очки, как руководитель лаборатории, но, на самом деле, очень стремился утвердиться в научном мире, поэтому Лёвино признание было весьма важным для меня. Лева был на восемь лет старше – это большой разрыв в молодые годы, но сначала совместная работа сблизила нас, а затем мы стали друзьями. Наверное, каждый из нас видел в другом что-то, чего ему недоставало, а вместе, дополняя друг друга, мы чувствовали себя очень уверенно – как сказал бы Лева, чувствовали себя «здóрово сильно». В 1967 году мы вместе с ним и А.М. Заездным опубликовали монографию (кажется, первую в мире) по теории фазо-разностной модуляции. Лева по настоящему радовался каждому моему продвижению в этой теории и ревниво огорчался, если не я, а кто-то другой получал в ней новый результат. Однажды я показал ему статью одного известного профессора, где весьма изящно, на мой взгляд, доказывалась уже известная нам теорема. Он помрачнел и на мой недоуменный вопрос пробурчал: «Это должен был сделать ты». Лева работал в ЛПДИ до середины 60-х годов, а затем уехал вместе с семьей в Одессу, где разработал, помимо прочего, один из первых модемов «последней мили» (технология ADSL)... Мы после этого виделись редко, но поддерживали переписку вплоть до кончины Левы в Израиле в 2010 году...

****

Вернемся, однако, в ЛПДИ, которая фактически существовала с начала 1962 года, но формально открылась весной 1965-го – Техническое управление Министерства связи СССР, впечатленное красочным рассказом А.М. Заездного о нашем проекте «перегнать Америку», равно как и поддержкой ректора К.Х. Муравьева и проректора по научной работе Ф.В. Кушнира, издало приказ об открытии отраслевой научно-исследовательской Лаборатории передачи дискретной информации (ЛПДИ) на базе группы разработчиков системы МС.

Фактически лаборатория создавалась под разработку новой системы коротковолновой (КВ) радиосвязи МС-5 для передачи речевой информации в цифровом виде, т.е. с помощью вокодера. Разработанный в НИИ Радио вокодер нуждался в системе передачи со скоростью 4800 бит/с – такую скорость могла обеспечить на КВ радиоканалах только МС-5.

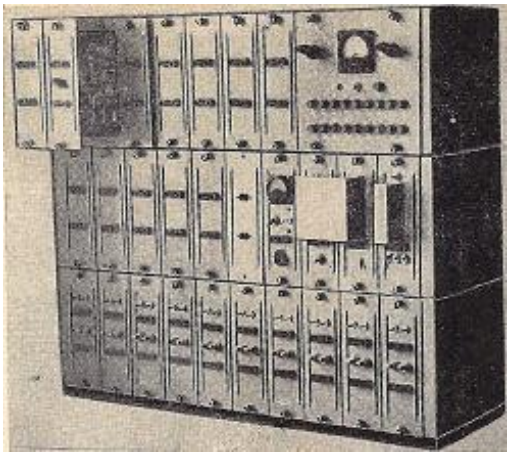
Три года, с 1965 по 1968, потребовалось нам для разработки, изготовления и настройки полномасштабного опытного образца этой аппаратуры – конечно, в ней был использован задел, созданный в предыдущие годы при разработке более ранних модификаций многоканальной аппаратуры передачи данных по идеям Л.М. Раховича. Изготовление стоек аппаратуры и электричский монтаж блоков выполнялся по нашим чертежам Экспериментально-производственными мастерскими НИО ЛЭИС, а окончательная настройка блоков и сборка аппаратуры в целом производились в Лаборатории. Вот список инженеров, техников, аспирантов и студентов, принимавших то или иное участие в разработке, монтаже, настройке и испытаниях МС-5: инженеры и

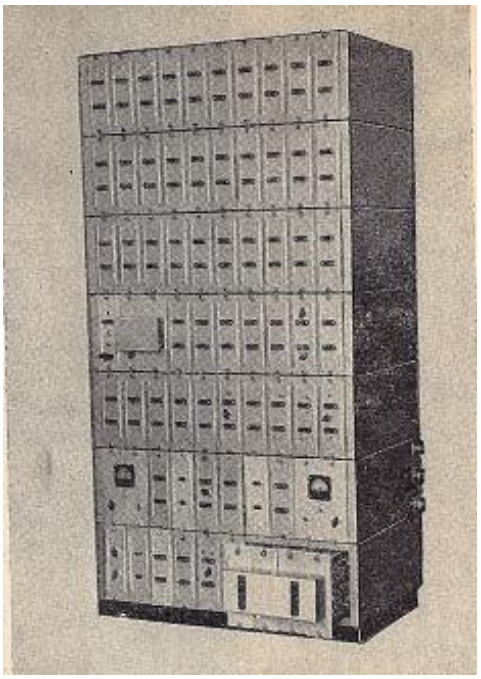
аспиранты – Лев Рахович, Виктор Гинзбург, Валентин Гиршов, Борис Каган, Олег Кустов, Николай Пуолакайнен, Георгий Смирнов, Борис Черне, Лев Яковлев, Юрий Баранов, Валерий Боровский, Леопольд Друян, Альгис Каяцкас; техники – Юрий Ручкин, Алла Марковская, Валентина Степаненко, студенты – Э. Вашкявичус, Р. Витенберг, Е. Захаров, А. Коптяев, С. Ланнэ, С. Лутовинов, Р. Розман, В. Смирных, А. Тихонович, В. Щеглев. За исключением совместителей из профессорско-преподавательского состава это, фактически, список сотрудников ЛПДИ 1960-х годов. Многие из них защитили впоследствии диссертации, стали замечательными инженерами, научными работниками, доцентами и профессорами, многих, к сожалению, уже нет в этом мире. Научным руководителем темы был А.М. Заездный, а организация всей текущей исследовательской и производственной работы лежала на мне.

В Техническом управлении Министерства связи работу ЛПДИ курировала зам. начальника управления Екатерина Гавриловна Федорович – женщина выдающаяся во всех отношениях. Мне довелось провести немало времени в ее кабинете на улице Горького (Тверская) в здании Центрального телеграфа. В НИИ Радио все технические вопросы мы решали с руководителем лаборатории синтетической телефонии Андреем Андреевичем Пироговым и его сотрудниками Виленом Ефимовичем Бухвинером и Владимиром Евгеньевичем Муравьевым, а в Куйбышевском отделении НИИ Радио с зам. начальника института по научной работе Виктором Григорьевичем Яхниным – это были специалисты высочайшего уровня, умные, ответственные и доброжелательные люди, встречаться и работать с ними было одно удовольствие. Подписывал документы по нашей теме, зам. начальника НИИ Радио по научной работе Василий Александрович Шамшин – будущий Министр связи СССР.

В середине 1968 года мы вывезли опытный образец аппаратуры МС-5 на трассовые испытания на радиолинии Новосибирск–Куйбышев. Жора Смирнов (впоследствии – проректор ЛЭИС по учебной работе) поехал с передатчиком в Новосибирск, а в Куйбышеве (ныне – Самара) ответственным за работу приемника был Валя Гиршов (впоследствии – доцент ЛЭИС). Мы очень волновались, ведь наши теоретические построения и схемные решения впервые проверялись реалиями природы – что будет, когда радиоволна, нагруженная нашим сложным сигналом из 20 поднесущих с двукратной фазо-разностной модуляцией, отразившись от ионосферы и пройдя более 2000 километров, обрушится на вход демодулятора МС-5 невообразимой смесью лучей, лучиков и помех? Теория говорила, что МС-5 сумеет разобраться в этой смеси, отделить полезный сигнал от искажений и помех, определить искомые двоичные символы, посланные из Новосибирска. А вдруг не сумеет? Никто в мире не передавал еще данные со скоростью 4800 бит в секунду по коротковолновым радиоканалам, обеспечивая при этом удельную скорость передачи выше 1,5 бита в секунду на один Герц полосы канала.

В жаркий и душный день 24 июня 1968 года на радиоцентре под Самарой МС-5 сработала – количество ошибок в принятой псевдослучайной последовательности двоичных чисел удовлетворяло требованиям цифровой телефонии! Мы немедленно послали в Ленинград короткую телеграмму А. М. Заездному: «*Есть 4800 в коротковолновом радиоканале тчк*». Он ответил восторженно: «*Ваша телеграмма доставила настоящую радость тчк Мы все верим победу зпт большой успех тчк Мы все вас горячо поздравляем тчк*»





ЛПДИ, 1968: стойки передатчика и приемника (справа) опытного образца системы МС-5: первая в мире реализация технологии OFDM на базе активных фильтров для передачи данных по КВ радиоканалам со скоростью 4800 бит/с.

Коля Пуолакайнен (справа) был ответственным за своевременное изготовление аппаратуры МС-5 в мастерских института – нелегкая работа.

После феноменально успешных испытаний МС-5 Ученый совет ЛЭИС представил коллектив разработчиков на Государственную премию СССР. Профессора Заездного и меня вызвали в Москву к заместителю министра связи. Вспоминаю, что перед приемом у замминистра мы зашли посоветоваться к важному чиновнику в Техническое управление

министерства. Он наставлял нас: «*Только не говорите ему (заместителю министра), что в Америке такой аппаратуры нет – он подумает, что вы всё врете.*» (В те годы «догонять и перегонять Америку» стало уже немодным). Мы пребывали в недоумении: «*А если он попросит сравнить нашу разработку с американскими?*» Наш доброжелатель пояснил: «*Скажите, что в Америке такая аппаратура давно уже есть, а вы сумели сделать не хуже – тогда вам поверят.*» Заместитель министра не спросил нас об Америке, а мы обошли эту тему стороной. Он обещал поддержать нашу работу... Не знаю, поддержал ли и с какой силой, не ведаю, на каком этапе и почему наше выдвижение на Госпремию было зарублено, поэтому спекулировать не буду, хотя и догадываюсь, как это все выглядело...

Тем не менее развитие МС-5 продолжалось. В конце 60-х и начале 70-х годов аппаратура ипытывалась на трассах Хабаровск–Самара, Ленинград–Москва, Омск–Севастополь и на сверхдлинной трассе Владивосток–Севастополь[11]... Затем началась опытная эксплуатация разработанной нами совместно с НИИ Радио системы цифровой радиотелефонии на линии Москва–Петропавловск Камчатский с ретрансляцией в Иркутске. Все испытания проходили успешно, нашей аппаратурой все больше интересовалось военное ведомство, в первую очередь организации, связанные с военно-морским флотом. В итоге в 70–80 годы на базе МС-5 советская промышленность освоила серийный выпуск высокоскоростных модемов по технологии OFDM. В моем архиве сохранились документы об использовании алгоритмов и технических решений системы МС-5 в комплексах для передачи данных по цифровым сетям и в аппаратуре для передачи цифровой информации по проводным и КВ радиоканалам. В Куйбышевском филиале НИИ Радио были изготовлены модернизированные образцы МС-5 для коммерческой вокодерной связи на дуплексных КВ радиоканалах большой протяженности. В Ленинградском и Киевском отделениях ЦНИИ Связи разрабатывались модификации системы МС-5 для проводных каналов дальней связи. Предприятия Министерства промышленности средств связи, выполнявшие, в основном, военные заказы, – НИИ ЭТУ в Ленинграде, НИИ Автоматики в Москве и ряд других – использовали в своих новейших разработках теоретический и реализационный задел МС-5.

Нельзя не напомнить, что продвижение технологии системы МС-5 проходило в жесткой конкурентной борьбе. В наше время применение фазовой модуляции (ФМ и ФРМ) и технологии OFDM в радиоканалах представляется само собой разумеющимся, но в середине прошлого века это было далеко не очевидным. Более того, многие радиоспециалисты старой школы утверждали, что фаза радиоволны – слишком «хрупкий параметр», чтобы надежно переносить инфромацию; они предпочитали использовать давно опробированную частотную модуляцию и посмеивались над нами – мол, когда

[11] Испытания МС-5 на сверхдлинной трассе Владивосток–Севастополь были организованы Центральным НИИ связи Военно-морского флота с участием радиоцентров Черноморского и Тихоокеанского флотов. Запомнились напряженные ночные испытания на радиоцентре под Севастополем. После нелегких поисков оптимального режима работы и устранения неполадок мы, наконец, приняли с отличным качеством пакеты данных с далекого Тихоокеанского побережья – это было незабываемое ощущение триумфа разума над могучей стихией природы...

выйдете с «вашей фазой» в реальный канал с многолучевостью, сами увидите, как она «рассыпется»[12].

Еще более жесткой была конкуренция крупных промышленных организаций, которые, следуя технологии американской стистемы «Кинеплекс», разрабатывали многочастотные модемы на высокодобротных фильтрах. МС-5 противопоставила этой архаичной технологии новый подход, ориентированный на микроэлектронику будущего; этот подход, в конце концов, победил, и наш главный конкурент – НИИ Автоматики – фактически перешел на использование МС-ных алгоритмов активной фильтрации в своем серийном многоканальном модеме (говорят, что этот модем «слышен» в эфире до сих пор!).

Другими нашими постоянными соперниками были многочисленные разработчики одночастотных, или, как говорили, одноканальных модемов, основанных на тех или иных методах адаптации к текущей картине многолучевости или межсивольной интерференции. Группа профессора Д.Д. Кловского из Куйбышевского института связи разработала оригинальный одноканальный модем для КВ радиоканалов, основанный на измерении реакции канала на короткий испытательный импульс. Разработчики этого адаптивного модема постепенно наращивали скорость передачи, а в теоретических работах квалифицированно, хотя и не всегда убедительно, доказывали преимущества одноканальных модемов по сравнению с многоканальными. Даниил Давыдович Кловский был, на самом деле, не только нашим оппонентом, но и коллегой и близким другом еще с его аспирантских времен на кафедре ТОР ЛЭИС. В 60-е и начале 70-х годов мы даже поддерживали его группу финансово, выделяя средства из бюджета ЛПДИ, – эта доброжелательная поддержка своего конкурента, вероятно, не знает аналогов в истории. А конкуренция между одноканальными и многоканальными модемами продолжается и в наши дни; этот спор, по-видимому, из разряда вечных[13]...

****

Я закрываю глаза, чтобы отключиться от яркого экрана компьютера, и картины далекого прошлого приходят ко мне вместе с образами людей, которых уже давно нет с нами.

Вот Александр Михайлович Заездный, как всегда элегантно одетый и ухоженный, искрометный и стремительный. Проводя рукой по своей большой безволосой голове, он иронично замечает: «Не могу понять, почему мужчины боятся облысеть – ведь это так красиво!» Аспиранты звали его между собой – АМЗ, а для меня он вскоре стал просто Сашей – учителем и другом. А вот молодой Лева Рахович с прерывистым дыханием астматика, полный, неухоженный, в своем знаменитом свитере неопределенного цвета с

[12] Похожие возражения я услышал от коллег и в США, когда предложил использовать ФРМ в беспроводной акустической системе передачи изображний из желудочно-кишечного тракта человека. Никакие теоретические доводы и результаты моделирования не помогали, и только реальные испытания акустического приемо-передатчика на пьезо-электрических преобразователях, помещенного в жидкостную среду, убедили всех, что ФРМ работает много лучшие чем ЧМ и в этих условиях.

[13] Когда Даня Кловский приехал в конце 1990-х ко мне в гости в Коннектикут (я работал тогда в фирме General Data Communications), мы продолжили наш спор за бокалом французского коньяка. Светлая память этому блестящему ученому и замечательному человеку со взрывным темпераментом, нашему вечному другу-сопернику!

бахромой на рукавах... «Юра – говорит мне АМЗ – Леву вызывают в ВАК. Я бы хотел, чтобы вы поехали с ним в Москву.» Я согласно киваю, но АМЗ видит на моем лице непонимание – чем я могу помочь Леве в ВАКе? Я как бы ожидаю пояснительных слов – мол, «вам следует быть рядом с Левой для моральной поддержки», но АМЗ непредсказуем, он формулирует ту же мысль неожиданно образно и приземленно: «Ваша задача – когда Леву вызовут на комиссию, проследите, чтобы у него была застегнута ширинка.» Два необыкновенных человека на грани гениальности – какие они разные!

А вот Валечка Степаненко... Ей было, вероятно, лет 18, когда я впервые увидел ее за пишущей машинкой на кафедре. Потом многие годы она была моим секретарем. Это ее пальчиками отпечатаны все мои книги, изданные в СССР, несметное число статей, докладов и служебных записок, многотомные отчеты ЛПДИ о НИР, моя кандидатская и две докторские диссертации и три автореферата к ним и, конечно, письма, письма... Личная жизнь и отношения в семье складывались у Вали, мягко говоря, нелегко, она рано ушла из жизни, которая ее не слишком баловала...

А это Витя Гинзбург – мой ближайший друг и соратник с первых дней Лаборатории. Витя был многогранно талантлив – и как теоретик, и как практик; он мог одинаково успешно разработать и настроить сложную электронную схему и создать теорию многомерных сигнально-кодовых конструкций. От Вити исходило рассудительное спокойствие, в нем была какая-то незыблемая основательность. Я часто советовался с ним, а подчас просто примерял свои решения к нему – как бы на это посмотрел Гинзбург?! Мы как-то провели с ним летний отпуск в палатке на необитаемом островке под Выборгом, обсудили, кажется, все на свете, наши взгляды во многом совпадали... В последние годы жизни Витя мощно шел к созданию обобщенной теории синтеза и обработки в целом многомерных сигналов... Его публиковали в ведущих теоретических журналах Союза, а потом пригласили сделать доклад на самом престижном семинаре в институте Проблем передачи информации АН СССР. Витя почему-то оттягивал поездку в Москву, и я, в конце концов, спросил: «Ты не уверен в своих результатах?» Он ответил, что в результатах уверен, но боится ехать из-за приступов сердечной аритмии, которые все больше беспокоят его. Я тогда это плохо понимал, теперь-то хорошо понимаю... Мы были одногодками, в 1987 году нам исполнялось 50 лет. В декабре того года Витю положили в кардиологическую клинику В.А. Алмазова. За несколько дней до Нового 1988 года я навестил его в клинике. Никаких признаков надвигающегося несчастья не было – Витя чувствовал себя неплохо, гулял со мной по коридорам, мы обсудили план работы и его поездку в Москву. Через пару дней, утром, мне позвонил, помнится, Володя Селянинов и сообщил, что ночью Витя скончался от остановки сердца... С тех пор прошла уже, кажется, вечность... Ныне Витя Гинзбург – отличный парень, внук моего незабвенного друга – живет с бабушкой и мамой в Израиле...

****

Если вернуться в далекие 1970-е, то следует констатировать, что разработанная в ЛПДИ система МС-5 решительно лидировала в те годы в целом ряде промышленных приложений, лаборатория получила общесоюзную известность, а наши отношения с промышленностью складывались весьма успешно. Мы были тогда на гребне успеха и ведущие разработчики системы МС-5 защитили на ее базе кандидатские диссертации. И тем не менее, к середине 70-х это направление работы ЛПДИ начало увядать. Коротковолновые радиоканалы все больше уходили в область специальных военных применений, а ограниченные возможности вузовской лаборатории не позволяли следовать за этими применениями. С другой стороны, новые приложения идеи многочастотных

сигналов к мобильной связи на сверхвысоких частотах были в то время за горизонтом нашего видения. Чтобы получить то загоризонтное видение, а тем более, чтобы воплотить это видение в реальность, нужен был не только озаряющий интеллектуальный импульс, но и мощный организационный прорыв. Мы были близки и к тому, и к другому, но ни то, ни другое не состоялось.

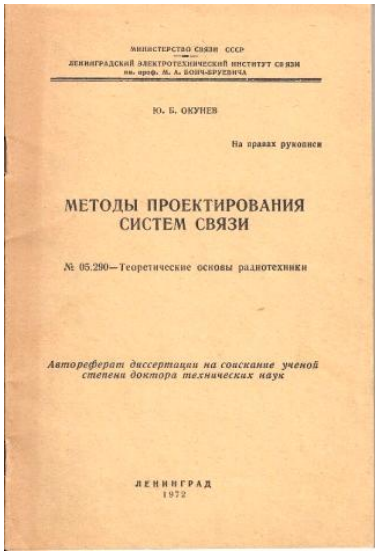
Трудные годы.

Десятилетие с начала 70-х по начало 80-х годов было нелегким и в истории страны, и в судьбе многих ее граждан. Насильственно введенная в те годы жесткая система всеохватного «партийного руководства», была, на мой взгляд, одним из главных факторов наступившего вскоре застоя в экономике и науке, а потом и развала СССР. Тотальное партийное вмешательство во все сферы жизни не могло не отразиться и на ЛЭИС. В начале 70-х был снят с должности ректора К.Х. Муравьев – генерал не желал слепо и угодливо выполнять распоряжения райкомовских партийных чиновников. Вскоре был отстранен от заведования кафедрой А.М. Заездный – его взрослая дочь подала заявление на выезд в Израиль. Волна репрессий в том или ином виде коснулась многих, и, поскольку моя судьба была жестко связана с судьбой ЛПДИ, я должен рассказать здесь хотя бы кратко о себе в те трудные годы.

После окончания ЛЭИС моя научная карьера развивалась стремительно: кандидатская диссертация, руководство отраслевой научно-исследовательской лабораторией, популярная монография по теории фазоразностной модуляции, несколько книг по теории связи в центральных издательствах, статьи, доклады на конференциях, аспиранты, совещания в высоких инстанциях, ранняя известность... (Как-то на Всесоюзной конференции НТОРЭС им. А.С. Попова в Новосибирске ко мне подошел молодой человек моего возраста и спросил: «Это правда, что вы Окунев?». Убедившись, что это так, он бесхитростно заметил: «Интересно, а я думал, что вы давно умерли».) Но главное было в другом – в те далекие годы я набрел на ряд действительно интересных идей, я видел в тумане будущего тропинку к непознанному – это были мои звездные годы. Вместе с тем, я был тогда наивным молодым человеком, думал, что у меня нет и не может быть врагов... Будущее виделось мне в розовом свете, и я ожидал, что сделаю в науке больше, чем получилось на самом деле. А на самом деле с середины 70-х моя научная карьера в бывшем Советском Союзе не просто перестала развиваться, а правильнее будет сказать – была резко и довольно грубо остановлена. Вот, кратко, как это было...

23 марта 1972 года на заседании Ученого совета ЛЭИС я защитил докторскую диссертацию на тему «Методы проектирования систем связи». Голосовали: за – 18, против – 1. Среди запомнившегося навсегда – выступление патриарха советской радиотехники, доктора технических наук, профессора, генерал-майора войск связи Исая Герцевича Кляцкина. Аристократически сдержанный профессор Кляцкин был чрезвычайно скуп на похвалы и славился невероятной способностью находить скрытые недостатки в научных идеях и технических проектах. Рассказывали, что в предвоенные годы и во время Великой

отечественной войны ни одна радиостанция не принималась на вооружение Красной армии без его согласия – одобрение Кляцкина означало немедленный запуск в серийное производство и, как правило, Сталинскую премию разработчикам. То, что Исай Герцевич сказал о моей работе в тот день, я до сих пор воспринимаю, как одну из самых важных и почетных оценок, когда-либо мною полученных.


МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ СССР
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА

Ю. Б. ОКУНЕВ

На правах рукописи

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ СВЯЗИ

№ 05.290—Теоретические основы радиотехники

Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук

ЛЕНИНГРАД
1972

С моей докторской степенью многие определенно связывали расширение работ в области цифровой радиосвязи и в лаборатории, и в институте, и даже в стране. Мои коллеги и друзья ожидали больших положительных перемен. Я был молод, полон динамичной энергетики и новых технических идей и, конечно же, пребывал в идиотском состоянии эйфории – представить себе не мог, какую скрытую волну завистливого недоброжелательства вызвал мой успех, скольких «друзей» я потерял из-за этой «успешной» защиты. Не был в состоянии даже вообразить, что в определенных столичных кругах, как позднее выяснилось, уже сыгран сигнал к построению – «этого научного деятеля пора остановить».

Впрочем, поначалу события развивались, как казалось, вполне благоприятно. Летом 1972 появились слухи, что моя докторская степень уже утверждена ВАКом (Высшая Аттестационная Комиссия при Совмине СССР), а задержка с оформлением вызвана летними каникулами. Первым эту новость озвучил Юрий Николаевич Кокусев, сославшись на анонимного профессора из Академии связи. Юра Кокусев – человек сложной и необыкновенной судьбы, в то время быстро возносился по партийной линии и вскоре был назначен начальником Ленинградского отделения НИИ Радио (ЛОНИИР). Юра был полон благих намерений вывести институт на ведущие роли в отрасли. Размышляя о том, как это сделать, он вспомнил обо мне: молодой (его возраста) доктор наук, руководитель весьма успешной отраслевой лаборатории в области цифровой радиосвязи – это звучало привлекательно и обнадеживающе. Вскоре Кокусев пригласил меня к себе в институт и сходу предложил должность своего заместителя по научной работе. Я не был готов к такому повороту и пытался отшутиться – мол, дескать, кто же позволит в наше время взять беспартийного еврея замом по науке такого крупного научно-исследовательского института. Юра ответил серьезно: «*Это моя проблема, а твоя – вывести институт на ведущие позиции в радиостроении; только об этом ты и должен думать – ни о чем другом*». Секретарь принесла коньяк, лимон, кофе, пирожные. Кокусев парировал все мои возражения и буквально обезоружил готовностью выполнить все требования. Я подавал убойный мяч – *он мастерски отбивал его*:

— Я не могу оставить лабораторию – *Возьми лабораторию с собой*.
— Но тогда лаборатория должна стать самостоятельным отделом твоего института – *Открываем новый отдел Цифровой радиосвязи на базе твоей лаборатории*.
— Кто будет начальником отдела? – *Это твоя забота*.
— Я хотел бы видеть на этом месте Виктора Гинзбурга – *Принято*.
— Но он тоже... беспартийный... – *Не твоя забота*.
— Мы не можем прекратить работы по МС-5 – *Продолжай все, что сочтешь нужным*.

Поздно вечером мы расстались – я взял тайм-аут для консультаций с руководством ЛЭИС и кафедры ТОР и с коллегами по Лаборатории. В руководстве рекомендовали принять предложение, коллеги по ЛПДИ согласились с этим. В течение недели план создания в ЛОНИИРе нового отдела Цифровой радиосвязи в составе четырех лабораторий был детально проработан и всеми заинтересованными лицами принят за основу дальнейших действий... после утверждния моей докторской степени. По плану сотрудники ЛПДИ получали резкое повышение в должностях, да и зарплаты в промышленном институте были намного выше вузовских.

Я напряженно думал о том колоссальном вызове, который предъявляет мне руководство научной работой большого института. В непроницаемом тумане будущего мне виделись контуры совершенно новых систем мобильной радиосвязи – какая-то еще не вполне ясная комбинация, во-первых, многочастотного сигнала на базе преобразований Фурье и, во-вторых, широкополосных сигнально-кодовых конструкций. Как будто само Провидение подсказывало мне будущий облик цифровых систем мобильной радиосвязи. В этих двух направлениях мы идем впереди, размышлял я, их объединение – наш конек, в промышленном институте будут блестящие возможности оседлать его...

С Юрием Николаевичем Кокусевым я больше никогда в жизни не встречался. Он с нетерпением ждал моей докторской степени, ибо без нее не мог утвердить мою кандидатуру в Ленинградском горкоме партии, но... не дождался. Мне потом рассказывали, что, когда Юру сняли с должности начальника института и задвинули куда-то в провинцию, он все сетовал, что это случилось из-за Окунева, – мол, если бы мы с ним вместе работали, то все повернулось бы иначе... Может быть! Может быть, мы стали бы советским аналогом финляндской фирмы Nokia – мирового лидера в разработке стандартов мобильной связи. Зная алгоритмические и технологические истоки современной цифровой мобильной радиосвязи, могу определенно утверждать, что мы в то время были значительно ближе к тем истокам, чем финские ученые и инженеры.

Мое дело в ВАКе тянулось два с половиной года! Как потом выяснилось, задержка с неутверждением была вызвана тем, что не все лица, назначенные писать отрицательные отзывы, соглашались делать это. Затруднение вызывало также то обстоятельство, что фактическое использование результатов диссертации сильно превышало средний уровень внедрения докторских диссертаций – в то время на базе ФРМ–2 в Горьковском НИИ Радиосвязи уже была закончена разработка новой радиостанции для цифровой связи со сверхзвуковыми истребителями и с советским аналогом американского летающего командного центра управления. На имя председателя ВАК поступили материалы о внедрении результатов диссертации от зам. министра Радиопромышленности СССР и от зам. начальника НИИ Радио. Здесь нужна была тяжелая артиллерия, поэтому отрицательный отзыв было поручено писать головному научно-производственному объединению Советского Союза – Московскому НИИ радиосвязи (МНИИРС). Однако, прочитав мою диссертацию, доктор технических наук М.С. Немировский, прямо заявил, что имеет положительное мнение о работе, и отказался писать отрицательный отзыв. Вся тщательно подготовленная операция разваливалась, и тогда к ее выполнению были подключены настоящие заплечных дел мастера – анонимные («черные», как говорили тогда) рецензенты. Я знаю этих людей, но не хочу называть их – какое значение имеют эти давно забытые имена...

Где-то в 1973-м я поехал к своему приятелю – доктору наук и члену ВАКа – в подмосковный город Мытищи, где он работал в военном исследовательском центре.

Рассказал ему о своей странной тяжбе с ВАКом и спросил: «Коля, что происходит?» Он объяснил мне прямо: «*Юра, ты должен понять, что сейчас очень напряженно с еврейским вопросом*». Казалось бы – тебе ясно объяснили, что к чему, но я отказывался это понимать, я упорствовал в своем стремлении восстановить справедливость...

В 1981 году я защитил на Ученом совете ЛЭИС вторую докторскую диссертацию. Это была новая работа с новыми результатами по теории цифровой связи фазомодулированными сигналами и с новым значительным багажом их практического использования в радиопромышленности. К тому времени метод передачи информации ФРМ-2 не только уже работал в новой авиационной аппаратуре, но и был введен в Государственный Стандарт (ГОСТ), то есть стал обязательным для авиационной военной техники. И тем не менее, вторая диссертация была снова отклонена – в отзыве «черного рецензента» было сказано, что мой научный руководитель проф. А. М. Заездный «уже уехал в Израиль» и что не имеет никакого смысла присуждать ученую степень доктора наук его «последователю» (технические сотрудники ВАКа, которым было поручено вымарать соответствующую фразу из посланного мне экземпляра, сделали это без старания!). Началась новая волынка с вызовами в ВАК. Запомнилась такая сцена: я нервно курю в предбаннике ВАКа, ожидая вызова, а чуть в стороне курят два члена комиссии, перед которой мне предстоит выступать, – оба меня в лицо не знают. Один из них втихую инструктирует другого: «*Нужно заткнуть ему рот. Если он начнет отвечать по делу, прерывай его и задавай следующий вопрос – нельзя дать ему возможность показать себя*». Я бросаю сигарету, поднимаюсь на этаж выше, в приемную зам. председателя ВАК и требую немедленно принять меня. На удивление, он тотчас принимает меня – вальяжный чиновник, доктор наук, профессор. Я пересказываю профессору только что услышанное и заявляю, что отказываюсь участвовать в этом спектакле. Профессор отвечает, что частные разговоры не могут служить основанием подозревать уважаемую комиссию в необъективности, но, тем не менее, своей властью откладывает рассмотрение на неопределенный срок.

Я осознал тогда, что этот режим и эту ВАКовскую команду мне не пережить. Не хочется здесь вспоминать в подробностях все пережитое, да и не пристало мне давать общую оценку случившегося со мной лично. Тем более, что такую оценку дал один из тех русских интеллигентов, которые, подобно Льву Толстому, Владимиру Соловьеву и Владимиру Короленко, спасали достоинство нации в самые мракобесные периоды ее истории. Вот лаконичная, ставящая все точки над «i», выдержка из книги профессора Н.Т. Петровича «Толковый словарь диссертанта и оппонента» (издание 2-е, дополненное, МТУСИ, Москва, 2007 стр. 91-92.):

«Этот зловещий пятый пункт анкеты для многих преградил пути в нашу науку. Вспоминаю, как терзали меня в Отделе кадров, когда, по их раскопкам, аспирант оказался отнюдь не Ефим Ефимович, а Хаим Хаимович... С трудом удалось нескольких, с ответом ДА на этот пункт, все же довести до защиты. Но впереди был грозный ВАК! Помнится, как профессор Андрей Андреевич Пирогов и я отстаивали там диссертацию о кодировании с помощью шума... Отстоять нам ее не удалось. Несмотря на освобождение нашими войсками Освенцима, Бухенвальда..., государственный антисемитизм продолжался и после окончания войны. Сталин и его окружение вдохновляли и поддерживали его. Только падение коммунистического режима остановило это. Талантливый ученый Юрий Окунев дважды очень успешно защитил докторские

диссертации на разные темы, оба раза я был оппонентом. Но ВАК, поклоняясь идолу №5, извиваясь ужом, отклонял их. Кстати, Ю. Окунев сейчас очень успешно развивает науку США».

В 1989 году я впервые приехал в США и при содействии моего друга Жени Финкельштейна встретился в Кембридже, в знаменитом Массачусетском Технологическом Институте (MIT), с одним из выдающихся ученых нашего времени – профессором Робертом Галлагером. Он был знаком в общих чертах с моими работами в области фазо-разностной модуляции, и после нашей беседы предложил мне приехать в MIT на достаточно длительный срок и поработать в его исследовательской лаборатории Информационных систем. Окрыленный предложением Галлагера, я с волнением спросил: «Скажите, пожалуйста, не могу ли я защитить докторскую диссертацию у вас в MIT?». Профессор посмотрел на меня с удивлением и спокойно ответил: «*Конечно, можете, но зачем вам это? Вы создали свою научную школу, вы написали несколько оригинальных книг – пусть ваши аспиранты защищают диссертации*».

После заключений Петровича и Галлагера, как говорят, – нечего ни прибавить, ни убавить!

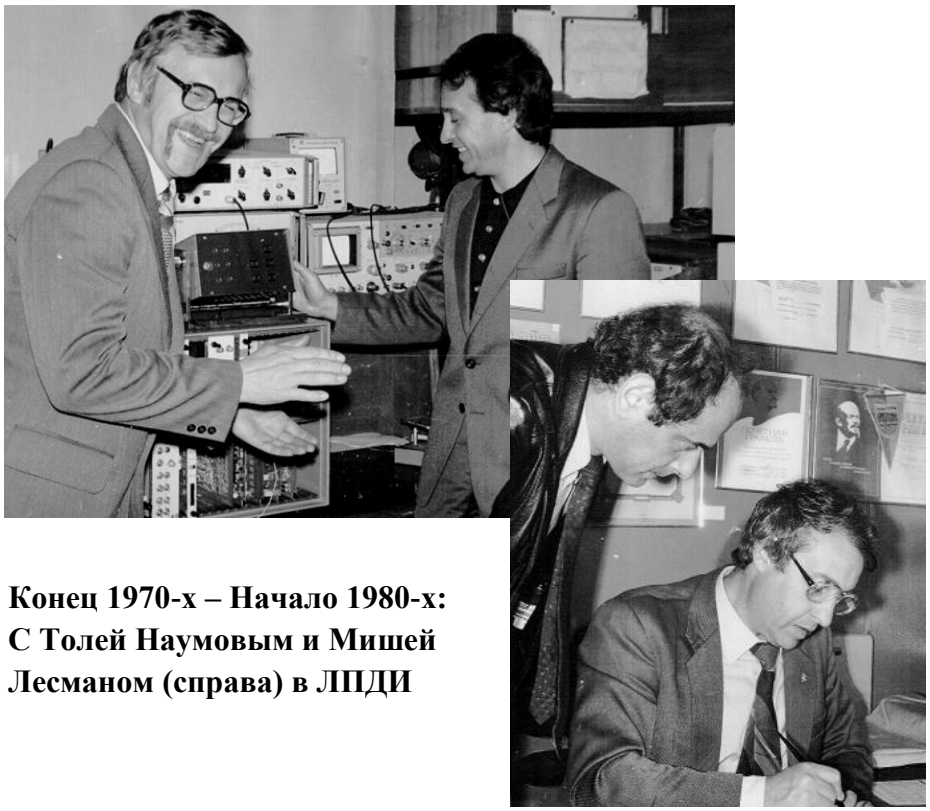
Главное здание Ленинградского электротехнического института связи имени проф. М.А. Бонч-Бруевича. (ЛЭИС) – здесь размещалась в 1960–1970 годы ЛПДИ.

Годы зрелости

Мои личные неудачи в научной карьере не могли, конечно, не повлиять на состояние, а главное, на перспективы ЛПДИ – уж очень высокой творческой вершины достиг коллектив к тому времени, а чем выше вершина, тем труднее смириться с любым снижением, а тем более – с падением. До середины 1970-х события вокруг Лаборатории развивались по нарастающей, и где-то на пике казалось, что всё – и внешние обстоятельства, и внутренняя готовность – сложились в мощный вектор, который был так необходим для прорыва в будущее. А потом произошел обвал. Конечно, тогда все воспринималось не с такой остротой – что-то не получилось, но мы были молоды и все еще было впереди, и мы все еще лидировали, и не верилось, что путь наверх нам прегражден навсегда... Но потом, издалека стало видно, что наш большой научно-технологический замах должен был постепенно и неизбежно сойти на нет, что он на самом деле был обречен.

Жизнь, однако, продолжалась, и в истории ЛПДИ наметился даже некоторый ренессанс. К работам лаборатории подключились доктора наук Л. М. Финк и В. И. Коржик. Со своими идеями и опытом в нее пришли Михаил Лесман, Иосиф Гуревич, Геннадий Антонов, Владимир Перьков, Юрий Арзуманян, Анатолий Наумов, Владимир Ляндрес, Юрий Черкасский, Владимир Лундин, Юрий Фомин, Сергей Лутовинов, Ариан Захаров, Александр Бердников, Александр Мессель, Игорь Зельвенский, Иосиф Кисляков, Семен Эпельбаум и др. К упомянутому выше раннему коллективу 60-х годов присоединились также Владимир Селянинов, Эдуард Бесперстов, Татьяна Даниель-Бек, Иван Григорьев, Владимир Косминский, Александр Райхлин, Евгений Югай, Сергей Козлов, Виктор Шимко, Дмитрий Орлов, Александр Кленов, Лиза Мартынова, Валя Ефимова и др. К концу 80-х коллектив ЛПДИ включал более 50 ученых, инженеров и техников, а научная школа лаборатории – более 60 кандидатов технических наук. Лаборатория переехала в просторное помещение старинного здания на Английском проспекте – с балкона моего кабинета на 7-ом этаже теперь открывался уникальный вид на петербургские шпили и купола.

В послеМСовскую эпоху – так я называю период истории ЛПДИ после постепенного затухания работ по системе МС-5, в конце 70-х и в 80-е годы в лаборатории проводились важные теоретические исследования и разрабатывались новые, а подчас и уникальные системы цифровой связи. Пожалуй, творческой пассионарности уровня 60-х не было, но престиж лаборатории в те годы был очень высоким. Фактически заказчики из промышленных предприятий и исследовательских институтов боролись за право заказать работу нашей Лаборатории. Мы были ограничены жесткими финансовыми рамками советской системы и часто вынуждены были отказывать заказчикам или ставить их на очередь. В те годы, будучи и начальником лаборатории, и научным руководителем нескольких научно-исследовательских работ, я принимал решения по планам работ, сообразуясь только с интересами коллектива, без какого-либо вмешательства со стороны кафедры или ректората – в этом смысле ЛПДИ тех лет была удивительным островком свободы среди грубой партийной диктатуры. Редкие попытки ректората навязать мне свои решения не имели успеха и, как правило, не возобновлялись.



Конец 1970-х – Начало 1980-х: С Толей Наумовым и Мишей Лесманом (справа) в ЛПДИ

Однажды новый проректор по научной работе, назначенный на должность по партийной разнарядке, решил расширить свою лабораторию, а для этого ему нужно было сократить финансирование других лабораторий. Считая меня, по понятным причинам, достаточно зависимым и уязвимым, он через своих подручных велел мне составить урезанный план работ на следующий год. Я подручным отказал, и тогда раздался грозный звонок с таким примерно текстом: «*Вы, Юрий Борисович, обязаны выполнять распоряжения руководства, а не будете выполнять – закроем лабораторию*». Я рассвирепел: «Руки коротки, не вы открывали лабораторию, не вам ее закрывать. А голос можете повышать на своих секретарш, со мной этот номер не пройдет». Интересно – отстал от меня с урезанием планов, но зато потом отыгрался на моей докторской диссертации...

Вот сохранившиеся в памяти наиболее интересные НИР тех лет:

- система передачи радиоастрономических данных (**СПРАД**) через геостационарные спутники связи (совместно с НИИ Прикладной радиоастрономии АН СССР и НИИ Радио МС СССР);
- система спутниковой морской аварийной радиосвязи **МАРС** (совместно с ЦНИИ Морского флота);
- системы наземного и спутникового цифрового радиовещания и цифрового звука в телевидении (совместно с ВНИИРПА им. А.С. Попова и др.);

- устройство передачи данных (ДИАЛОГ) в виде приставки к телефонному аппарату (инициативная разработка);
- устройство передачи электрокардиограмм в цифровой форме по коммутируемым телефонным каналам с автоматической обработкой и принятием решения на ЭВМ (совместно с НПО «Дальняя связь» и Ленинградским НИИ кардиологии).

Разработка системы СПРАД инициировалась Академией наук СССР, которая в те годы разворачивала работы по созданию в СССР радиоинтерферометрической системы КВАЗАР, предназначенной для определения точных координат космических объектов. В те времена уже действовал один радиотелескоп в станице Зеленчукская на Кавказе и строились огромные радиотелескопы с диаметром зеркала 60 м на Карельском перешейке под Ленинградом и в Сибири. Задача ЛПДИ состояла в разработке системы для передачи данных, полученных от радиотелескопов в пунктах наблюдения, через геостационарные спутники связи в центр обработки в Ленинграде – этим достигалось объединение радиотелескопов в единый гигантский радиоинтерферометр, работающий в реальном масштабе времени (система VLBI – Very Long Base Interferometer). Сначала на нас вышел научный сотрудник Пулковской обсерватории Петр Фридман[14] – с его легкой руки началась эта грандиозная НИР. Впоследствии работа перешла в ведение вновь созданного института Прикладной астрономии АН СССР. Нам довелось работать в тесном контакте с замечательными людьми и высококлассными учеными этого института, в первую очередь – с директором института, д.ф-м.н. Андреем Михайловичем Финкельштейном и начальником лаборатории института, д.ф-м.н. Михаилом Наумовичем Кайдановским. Разработанная нами аппаратура СПРАД был сложной спутниковой системой многостанционного доступа с частотным разделением каналов и с временным уплотнением каждого цифрового канала сигналами управления и речевой связи. Аппаратура включала когерентные высокоскоростные модемы с двукратной ФРМ и устройства помехоустойчивого кодирования. Система СПРАД испытывалась в Центре спутниковой связи в подмосковной Дубне, которым руководил Виктор Александрович Быков – человек блистательных способностей и широчайшей натуры. (Мы с Витей Быковым потом подружились и ездили вместе в Бухарест по приглашению Румынской Академии наук.)

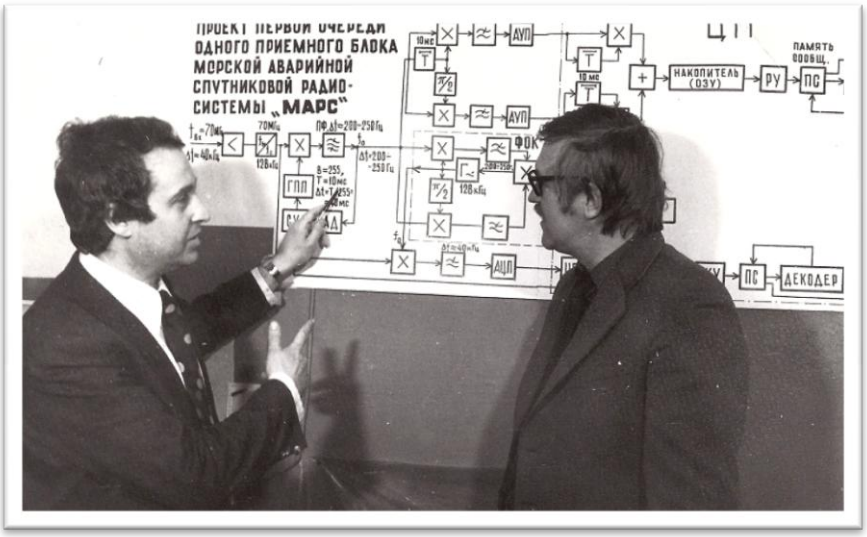
[14] Однажды, уже работая в США, я написал очерк к годовщине трагедии Бабьего Яра. Среди многочисленных откликов читателей меня заинтересовало письмо из Голландии от некоего Петра Фридмана – сотрудника голландской радиоастрономической обсерватории. Он спрашивал, не тот ли я Окунев, с которым он работал еще в Ленинграде. Мы стали переписываться. Петр расстрогал меня своим подарком – чудом сохранившимся у него экземпляром Литературной газеты 1961 года с первой знаменитой публикацией стихотворения Евгения Евтушенко «Бабий Яр». Позднее мы встретились в Нью-Йорке. К сожалению, Петр тогда уже был тяжело болен и вскоре скончался – светлая ему память.

Строительство гигантского радиотелескопа системы КВАЗАР на Карельском перешейке; здесь планировался один из трех пунктов системы передачи радиоастрономических данных (СПРАД) – станция спутниковой связи видна на верхнем снимке в верхнем правом углу.

ЛПДИ, конец 1980-х, НИР «СПРАД»
Слева направо: стоят – научный рук. темы, к.т.н. Ю.Окунев, м.н.с. Ю.Фомин, вед. инженер А.Райхлин; сидят – нач. сектора кодеков, к.т.н., А.Наумов, с.н.с., к.т.н. Г.Антонов, доц., к.т.н. Ю.Арзуманян, нач. сектора модемов, к.т.н. И.Гуревич.

Система морской аварийной радиосвязи МАРС разрабатывалась в Лаборатории по заказу Центрального НИИ Морского флота (ЦНИИМФ, Ленинград) министерства Морского флота СССР в рамках международных проектов по созданию глобальной системы передачи сигналов бедствия на море и организации оперативных спасательных работ. Система МАРС должна была обеспечить надежную передачу цифрового сигнала бедствия от свободноплавающего аварийного радиобуя с поверхности моря через геостационарный спутник связи в наземный центр спасения терпящих кораблекрушение.

Задача была очень сложной: чрезвычайно малый энергетический ресурс радиобуя, отсутствие направленной антенны, прерывания и замирания сигналов, вызванные затенением радиобуя морскими волнами, смещение несущей частоты, вызванное нестабильностью генераторов и эффектом Допплера и т.д. Нам удалось преодолеть все эти трудности с помощью широкополосного составного сигнала с ФРМ второго порядка, корректирующего БЧХ кода, а также согласованной фильтрации и автокорреляционного приема. В системе было использовано накопление аналогового сигнала с поэтапным обнаружением и исправлением ошибок на основе «мягких» решений.

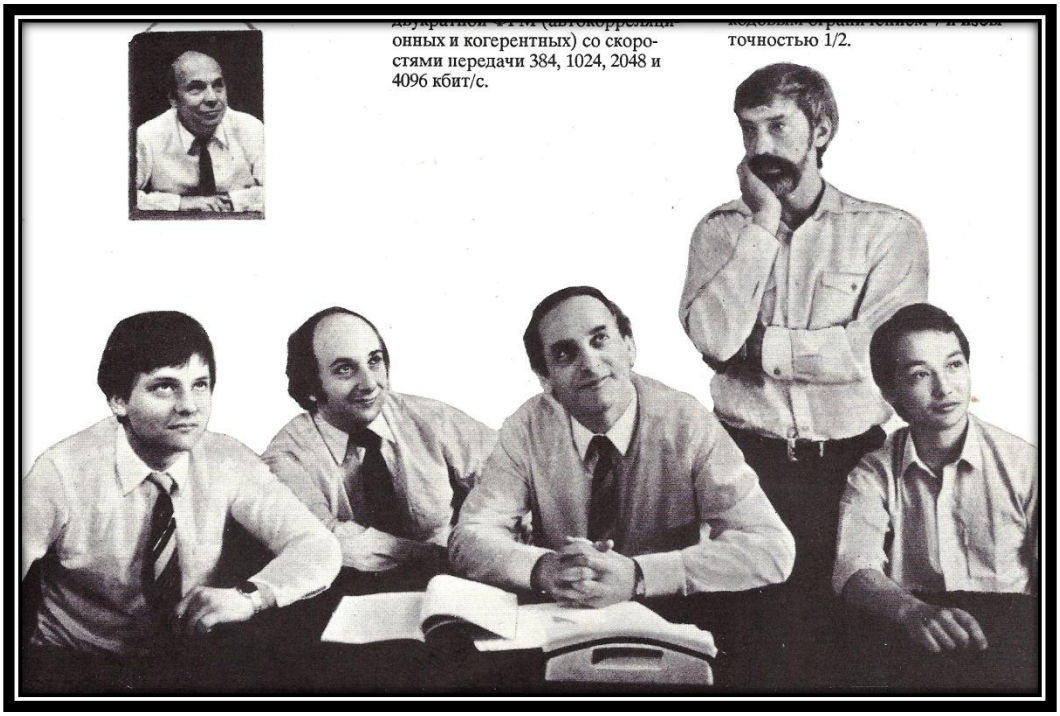


ЛПДИ, конец 1980-х, НИР «МАРС»
Научный рук. темы, к.т.н. Ю.Окунев и нач. сектора кодеков, к.т.н. А.Наумов.

В аппаратуре МАРС были реализованы концепции самоорганизующейся системы: при благоприятных условиях она быстро выдает достоверное сообщение; при плохих условиях накапливает сигнал до тех пор, пока не сформируется достоверное сообщение; при очень тяжелых условиях – пытается исправить ошибки по всему массиву накопленного сигнала и «выудить» максимальную возможную информацию. В этой сложной разработке нам помогали сотрудники ЦНИИМФа Анатолий Иванович Балашов, Борис Павлович Соколов, Леонид Моисеевич Малахов и др.

Работу ЛПДИ по созданию европейской системы цифрового радиовещания и цифрового звука в телевидениии я уже упоминал в разделе «достижения ЛПДИ». О жесткой борьбе за концепцию европейского цифрового радиовещания, о поисках наилучшего решения, о достигнутых результатах и вкладе Лаборатории в переходе этих важнейших средств массовой информации на цифровую технологию лучше меня расскажет нынешний начальник ЛПДИ М.Я. Лесман, бывший ответственным иполнителем этой очень ответственной темы. Удивительно, как удачно вписался опыт Лаборатории по созданию многоканальных модемов с ортогональными сигналами в последующие разработки и стандарты цифрового радиовещания и телевидения. Это подтверждает тот известный факт, что в технике любые достижения прорывного характера рано или поздно находят свое применение даже в, казалось бы, далеких от первоначальных целей приложениях. Работа в области цифрового радиовещания значительно расширила наши творческие горизонты и свела нас с новыми людьми, специалистами и учеными высочайшего уровня – вспоминаются, в первую очередь, нач. лаборатории ВНИИРПА, д.т.н. Михаил Урович Банк и зав. кафедрой акустики Московского электротехнического института связи, профессор, д.т.н. Максим

Владимирович Гитлиц. Научным руководителем НИР был Лев Матвеевич Финк, что, конечно, придавало нашим рекомендациям особую весомость.



ЛПДИ, конец 1980-х, НИР «Цифровое радиовещание».
Слева направо: инженер А.Кленов; научный сотрудник А.Мессель; отв. исполнитель темы, нач. сектора цифровых систем, к.т.н. М.Лесман; вед. инженер И.Григорьев; м.н.с. Е.Югай. На стене – портрет Володи Селянинова.

****

Цифровое радиовещание было последней работой Л.М. Финка.

Снова непроизвольно наплывают очень личные воспоминания. В начале лета 1972 года – это было после защиты мною первой докторской диссертации – Лев Матвеевич поймал меня в коридоре второго этажа ЛЭИС около нашей кафедры, которая тогда называлась длинно: кафедра Теории передачи сигналов и нелинейных электрических цепей (ТПС и ТНЭЦ). Прижав меня к стенке, крутя пуговицу на моем пиджаке и явно смущаясь, он сказал: «*Видите ли, Юрий Борисович, мы здесь на кафедре посоветовались... и в партгруппе по моему предложению приняли решение – рекомендовать вас на должность заведующего кафедрой. Единственное условие – вы должны вступить в партию. Без этого, вы же понимаете, ничего не получится. Люди за вас, но нужна эта формальность*». Мой ответ не был слишком толерантным: «Видите ли, Лев Матвеевич, может получиться так, что я вступлю в партию, а меня затем не утвердят в должности завкафедрой по другим причинам. Вы же сами будете тогда

переживать...» Он сказал после долгой паузы: «Возможно, вы правы...»... Впоследствии, уже в перестроечные времена, кафедра и НИЧ выдвигали меня на должность проректора по научной работе, но то предложение о заведовании кафедрой, несмотря на его наивность, осталось самым памятным и весомым – ведь оно инициировалось самим Финком.

Полковник войск связи, Лауреат Сталинской премии, д.т.н., профессор Лев Матвеевич Финк пришел на кафедру и в ЛПДИ, уже будучи всемирно известным ученым, автором настольной книги инженеров и научных работников «Теория передачи дискретных сообщений» [24-25]. Он вообще пребывал в ореоле легенды – рассказывали, что во время войны Финк был одним из разработчиков синхронного радиовещания, позволявшего советским дикторам «садиться» на волну немецкой радиостанции и добавлять в прямом эфире свои реплики и комментарии к сообщениям фашистской пропаганды.

1985 год – ЛПДИ и кафедра ТПС на банкете по случаю 75-летия д.т.н., профессора Льва Матвеевича Финка

Л.М. Финк – один из самых одаренных и глубоких людей, с которыми мне довелось повстречаться. В общении с окружающими Лев Матвеевич был мягким и внимательным, к нему подошло бы краткое определение – добросердечный мудрец. Однажды мне показалось, что я нашел очень простое и ясное доказательство теоремы Шеннона о пропускной способности каналов связи с шумом – я показал его Льву Матвеевичу. Он прислал мне ответ, в котором указывал на ошибку в моем доказательстве, – это, однако, было сделано весьма деликатно, это была того сорта критика, от которой получаешь удовольствие. Позднее Лев Матвеевич издал книжку «Сигналы, помехи, ошибки...» – вероятно, авторы упомянутых в этой книжке заблуждений получили истинное наслаждение от его доброжелательной критики.

Мне посчастливилось многие годы тесно сотрудничать со Львом Матвеевичем. В начале 1980-х мы с ним обнаружили на примере ФРМ-2, что увеличивая интервал некогерентной обработки сигнала без изменения скорости передачи информации, можно

приблизиться сколь угодно к потенциальной помехоустойчивости. Этот результат был опубликован нами в 1985 году [23]; впоследствии он был развит и в России, и в США в полномасштабную теорию многосимвольной обработки с поэлементным принятием решения.

В 1988 году Лев Матвеевич тяжело заболел. Так случилось, что Миша Лесман и я были последними, кто посетил его в военном госпитале на Суворовском проспекте перед роковой операцией. Лев Матвеевич держал нас за руки и не хотел отпускать – наши руки были его последней связью с уходящей жизнью. А потом его увезли в операционную... Все мы в лаборатории тяжело перенесли смерть Л. М. Финка – это была вторая после смерти В.В. Гинзбурга невосполнимая потеря за один год. Неуютно стало заниматься теоретическими обобщениями без этих ученых-мудрецов.

****

В конце 80-х годов в ЛПДИ произошли организационные перемены. Прежняя система распределения сотрудников по темам стала неэффективной – например, в нескольких НИР требовались модемы и, конечно, они разабатывались одними и теми же исполнителями. Мы создали в Лаборатории 3 сектора: сектор модемов под руководством И.В. Гуревича, сектор кодеков под руководством А.С. Наумова и сектор цифровых систем под руководством М.Я. Лесмана. Такая структура Лаборатории оправдывала себя вплоть до начала 90-х годов.

1990-й год – празднование 25-летия ЛПДИ.

В 1990-м году ЛПДИ широко и торжественно отпраздновала свое 25-летие. Был изготовлен юбилейный стенд, издан красивый рекламный буклет, в институте прошла выставка достижений Лаборатории с действующими образцами разработанной в ней аппаратуры.

Последние годы моего начальствования в ЛПДИ пришлись на время горбачевской перестройки, на время падения коммунистического режима и распада СССР. Первые шаги к рыночным отношениям в экономике и ослабление государственного контроля над зарплатой привели к тому, что мы впервые в жизни начали зарабатывать приличные деньги – не выделенную государством очень скромную зарплату, а столько, сколько реально могли заработать. Постепенно, однако, заказы от госпредприятий стали иссякать – им тоже не хотелось отдавать свое «кровное». Мы поняли, что пора – чем скорее, тем лучше – открывать частно-капиталистическое предприятие на базе ЛПДИ. Поначалу по предложению Юры Арзуманяна и Саши Райхлина мы открыли небольшую фирму по производству устройств автомобильной охранной радиосигнализации, выделили из средств ЛПДИ деньги на ее раскручивание, сняли помещение, наняли опытного зав. производством. Прошел примерно год, расходы на фирму возрастали, а серьезного и стабильного дохода не видно было даже в перспективе – короче говоря, первый капиталистический блин получился комом. Тогда возникла идея создания на базе двух лабораторий: ЛПДИ и Лаборатории Оптико-волоконной связи, которой руководил Женя Барбанель, частной фирмы «Радиотелеком» с приоритетным направлением – разработка и производство радиотелеметрических систем для различных энергетических сетей. Эта идея оказалась плодотворной, и «Радиотелеком» стал одним из первых успешных частных предприятий радиотехнической направленности в новой России.

Ю.Б. Окунев, М.Я. Лесман и Е.С. Барбанель в ЛПДИ – вторая половина 1990-х.

В начале 1993 года, перед отъездом в США я рекомендовал руководству НИЧ ЛЭИС назначить М.Я. Лесмана руководителем ЛПДИ, а совету учредителей фирмы Радиотелеком – возложить на него обязанности Гендиректора предприятия. Сейчас, через 20 с лишним лет, могу определенно сказать, что не ошибся – Михаил Яковлевич достойно провел корабль ЛПДИ-РАДИОТЕЛЕКОМ среди рифов и бурных стремнин послесоветской России, между Сциллой тяжелых экономических условий нарождающегося рынка и Харибдой ломки устоявшихся общественных отношений. В этом нелегком плавании ему помогали, в первую очередь – Иосиф Вульфович Гуревич и Евгений Семенович Барбанель, а также старая гвардия ЛПДИ – Геннадий Васильевич Антонов, Сергей Иванович Лутовинов, Юрий Петрович Фомин и многие другие, которых Михаил Яковлевич сам назовет в своих размышлениях и воспоминаниях... Конечно, сохранить неизменным строго научный курс ЛПДИ в эти новые времена не представлялось возможным. В работе Лаборатории уже с конца 1980-х годов наметился сильный крен в сугубо практическом, коммерческом направлении. В последующие годы в Лаборатории был реализован курс на совместные с Радиотелекомом разработки, ориентированные, в основном, на производство и успешную продажу конечного продукта. Впрочем, о последних 20 годах истории ЛПДИ лучше меня расскажут те, кто эту историю создавал своими руками...

Новые времена

В этом, последнем разделе воспоминаний и размышлений по случаю 50-летия ЛПДИ я хочу рассказать в самом кратком виде о своей научной работе в США. Кому-то это может показаться странным – какое отношение имеет эта работа к ЛПДИ? На этот вопрос без колебаний отвечаю – самое непосредственное, ибо все, что я изобрел, разработал и опубликовал в США, а я работал в крупнейших телекоммуникационных фирмах этой страны, вышло из научной школы ЛПДИ. Поэтому считайте, друзья мои, что это мой краткий отчет о НИР, выполненных вашим покорным слугой в порядке развития достижений Юбиляра за рубежом!

Перед отъездом из России в начале 1993 года я пребывал в начальственной позиции – Руководитель отраслевой научно-исследовательской лаборатории Передачи дискретной информации плюс Генеральный директор производственного предприятия «Радиотелеком». Моя научная карьера, казалось, ушла в прошлое, а обкатанные опытом административные навыки сводились к умению поставить задачу, распределить работу среди подчиненных, организовать исследовательский и производственный процесс, а затем эффектно представить заказчикам полученные результаты. В Соединенных Штатах я поначалу имитировал бурную бизнес-деятельность, затем пытался обустроить себе тихую академическую жизнь в каком-нибудь университете. Потерпев неудачи и в том, и в другом, я, в конце концов, стал рядовым инженером (System Engineer – так называлась моя первая должность) в знаменитой лаборатории Bell Labs всемирно известной фирмы AT&T в штате Нью-Джерси.

Получить работу в крупнейшей в мире телекоммуникационной лаборатории[15] было, на самом деле, большой удачей. Никогда не забуду свой первый рабочий день в Bell Labs. Мой начальник – человек немолодой и весьма доброжелательный – сначала представил меня, как ученого из России, сотрудниками своей лаборатории (сплошь в возрасте моих детей), затем показал мое рабочее место в виде пустого стола с компьютером, уточнил, что мне надлежит рассчитать оптимальные параметры комбинированной спутниково-наземной системы мобильной радиосвязи, объяснил, где находятся библиотека и столовая, посоветовал, не колеблясь, задавать ему любые вопросы и... ушел. Я уставился на выключенный компьютер, о котором знал, главным образом, то, что для его включения следует нажать кнопку с надписью Power. Я начинал понимать масштабы того вызова, который предъявила мне жизнь...

Работа в Bell Labs была изнурительной. Нужно было выдавать реальные результаты, одновременно осваивая компьютер, новую технологию мобильной связи (в Bell Labs тогда разрабатывалась первая в мире система сотовой радиосвязи на базе широкополосных сигналов с кодовым разделением CDMA – Code Division Multiple Access), малознакомую американскую техническую терминологию и... английский язык. Я участвовал в нескольких работах фирмы, в том числе – в составлении технических заключений по системам глобальной мобильной связи на базе созвездий низколетящих спутников. Запомнилась, однако, не эта рутинная работа, а вспышка озарения, которую я пережил однажды уже под занавес моей работы в Bell Labs – история эта была прелюбопытной...

Как-то один из больших начальников Bell Labs пригласил меня на презентацию некоей начинающей фирмы с прелестным названием «Angel Technologies», что я тут же перевел как «Ангельские технологии». Два молодых энергичных парня, похожих скорее не на ангелов, а на начинающего Мефистофеля, рассказали о самолете, который летает кругами в стратосфере, – парни полагали, что их самолет может обеспечить мобильную связь на территории, значительно большей, чем существующие наземные сотовые станции, и предлагали Bell Labs сотрудничать в этом проекте. Начальство отнеслось к «самолетной идее» прохладно, а мне и моему коллеге Горану Джукничу, родом из Сербии, она чрезвычайно понравилась. Мы мгновенно оценили возможности антенны высотой в 20 километров – сколько наземных станций сотовой связи заменит приемопередатчик, помещенный на такой высоте. Сверхвысотную антенну может нести и специальный самолет, и аэростат, и управляемый дирижабль. Мы с Гораном начали, едва ли не подпольно, разрабатывать систему мобильной связи на основе высоколетящей аэроплатформы, по-английски HAAP – High Altitude Aeronautical Platform – так мы называли объект, выполняющий функции 20-километровой антенны. Проблем с HAAP было много, и мы поначалу не очень успешно продвигались вперед...

Л. М. Финк как-то говорил мне – чтобы решить сложную задачу, нужно думать о ней все время, и решение рано или поздно придет. Я так и поступил – думал о HAAP на работе и дома, и предсказание Льва Матвеевича сбылось. Летним утром 1996 года я, как обычно, ехал на работу в своем старом Понтиаке и, конечно же, думал о HAAP. Погода была чудесная. Остановившись перед светофором, я посмотрел на утреннее небо в красивых кольцевых завитках легких облаков. Какая геометрическая фигура инвариантна к вращательному движению? – вслух спросил я самого себя и тут же ответил – набор

[15] В отделении Wireless Communication, где я работал, числилось несколько тысяч сотрудников, а это было не самое большое подразделение Bell Labs.

вложенных друг в друга колец! И внезапно плотину прорвало – я ясно увидел и структуру кольцевого сотового кластера, и всю схему новой системы мобильной связи, и даже синхронный многочастотный сигнал, посылаемый с борта HAAP. Потом я, сколько ни пытался, не мог объяснить самому себе, как в течение одной минуты между красным и зеленым цветом светофора, в голове сложилась такая обширная, системная картина. В страшном возбуждении приехал я в лабораторию и сразу же на доске изложил Горану всю концепцию построения системы HAAP – торопился, опасаясь забыть что-либо из подсказанного Провидением... Не буду рассказывать о всех перипетиях нашей борьбы за свою идею, но через год, в 1997-м, в сентябрьском номере журнала IEEE Communications была опубликована наша статья с интригующим вопросительным названием «*Establishing Wireless Communications Services via High-Altitude Aeronautical Platforms: A Concept Whose Time Has Come?*»[16] В 1998 статья была переведена на немецкий язык и опубликована в мартовском номере журнала Die Zeitschrift fur Telekommunikationstechnik. А в 1999 году я и Горан Джукнич получили патент с длинным названием «*Cell-clustering arrangement and corresponding antenna pattern for wireless communication networks employing high-altitude aeronautical antenna platform*»[17]. Наша публикация 1997 года словно открыла шлюзы в гигантской плотине: начиная с 1998 года, лавина статей и докладов по этой тематике не иссякает, и все эти публикации непременно содержат ссылку на нашу пионерскую статью – по количеству ссылок эта статья превосходит все мои остальные публикации вместе взятые. Разработка систем мобильной связи на основе стратосферных летающих платформ включена в национальные проекты развития связи Европы, Японии, Кореи, Индонезии и многих других стран. Заключительным аккордом этой истории стал вывод группы итальянских исследователей из Технического университета в Турине, опубликованный ими в программной статье «*Интегральное обслуживание через высоколетящие платформы: гибкая система связи*» в февральском номере журнала IEEE Communications за 2006 год:

«Через 8 лет после публикации в 1997 году статьи Джукнича, Фрейденфелда и Окунева, в которой впервые в мире была ясно изложена концепция использования высоколетящих платформ для радиосвязи, основанные на этой концепции системы весьма близки к широкому коммерческому использованию».

Прочитав этот вывод, я подумал – остановившись перед светофором по дороге на работу летним утром 1996 года, не напрасно посмотрел я на небо в красивых кольцевых завитках...

Во второй половине 1990-х годов я перешел на работу в фирму General DataCom (GDC) в штате Коннектикут. В этой фирме начальником лаборатории был мой коллега еще по ЛЭИС Юра Голдштейн – они начинали разработку систем с многочастотными ортогональными сигналами (OFDM –технология), и я по своему опыту в ЛПДИ подходил им для этой разработки. В корпорации GDC, а затем в отошедшей от нее к фирме PCTel лаборатории, я участвовал в разработке компьютерных модемов стандарта V-92, в разработке алгоритмов обработки OFDM сигналов для проводных модемов типа ADSL и для первых мобильных радиомодемов в локальных цифровых сетях, а также – в

[16] «Осуществление радиосвязи через высоколетящие аэрокосмические платформы: идея, чьё время пришло?»

[17] «Формирование сотового кластера и соответствующей диаграммы направленности антенн для сети радиосвязи, использующей высоколетящие аэро-космические антенные платформы»

разработке алгоритмов кодирования и итеративного декодирования в системах с использованием Турбо-кодов (Turbo-code)и кодов Галлагера (LDPC-code).

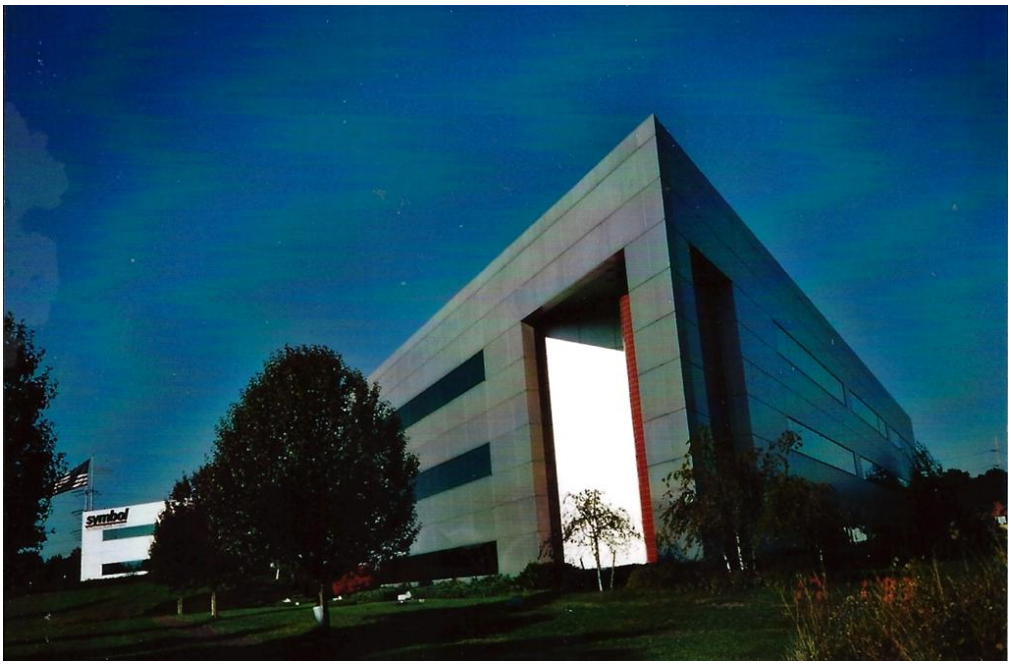
В те годы конца второго и начала третьего тысячелетия я написал на английском и издал монографию "*Phase and Phase-Difference Modulation in Digital Communications*" (Artech House, Boston-London), подготовил дюжину вкладов в международные стандарты связи, получил 20 патентов на изобретения и освоил моделирование систем связи на базе программного комплекса Matlab – теперь в моем арсенале появилось мощнейшее средство исследования и компьютерного моделирования новых алгоритмов и систем. Мой служебный статус повысился с System Engineer до Senior Scientist, но и в GDC-PCTel у меня не было привилегии тратить время на самообучение, все необходимое новое приходилось осваивать на ходу, а еще правильнее – на бегу. И здесь было трудно, но все же легче, чем в Bell Labs, – маховик иммигрантского вызова начинал раскручивать скрытые возможности личности.

2001-й год – вручение очередного патента на изобретение,
PC-Tel, Inc., Waterbury, Connecticut

Так получилось в моей американской радиотехнической карьере, что дистанция между передатчиком и приемником из года в год сокращалась, и в 2004 году, перейдя на работу в корпорацию Symbol Technologies в Лонг-Айленде недалеко от Нью-Йорка, я подключился к разработке систем для передачи радиосигналов на расстояние всего в несколько метров – эти новые системы радиосвязи имеют английское название RFID (Radio Frequency Identification), что по-русски можно перевести как «Идентификация объектов с помощью радиоизлучений». Хотя дальность связи в системах RFID измеряется всего лишь несколькими метрами, а подчас даже сантиметрами, сложность разработки эффективных алгоритмов обработки сигналов, излученных крошечным пассивным чипом,

вкрапленном в наклейку на объекте идентификации, ничуть не уступает сложности обработки сигналов космических объектов – мощность отраженного наклейкой сигнала ничтожна, имеющиеся ресурсы для надлежащего кодирования и модуляции этого сигнала близки к нулю, да к тому же распространяется он по непредсказуемым, почти хаотическим путям.

Мои попытки найти какие-то скрытые возможности для повышения эффективности приема этого мизерного сигнала натыкались на дополнительную сложность – нужно было не выходить за рамки действующего стандарта. Оставалось последовать совету Л.М. Финка – думать, думать и думать о задаче всегда и везде... Я так и делал, но внезапному озарению, вероятно, помогло еще и само место, в котором я находился – ведь в этом историческом здании в 1960-е годы разрабатывался спускаемый модуль космического корабля «Аполлон», который 20 июля 1969 года доставил первых астронавтов на поверхность Луны...



**Здание корпорации Symbol Technologies в Лонг-Айленде.
Мое рабочее место располагалось у ближайшего к углу здания окна на 3-м этаже.
В 1960-е годы здесь рамещалось одно из отделений аэро-космической корпорации Grumman Aerospace, в котором разрабатывался спускаемый лунный модуль «Орел» космического корабля «Аполлон».**

А дело было так... Где-то в апреле 2005 года я уныло рисовал на доске различные формы передаваемого сигнала, пытаясь найти хоть кауюнибудь зацепку для повышения надежности его приема при крайне ограниченной энергетике. Внезапно мне померещилась в сигнале какая-то скрытая периодичность. Оживившись и повторив подряд несколько стандартных элементов сигнала, я обнаружил, что полученную

последовательность можно поделить иначе, чем это обычно делается, и тогда в ней можно обнаружить новые элементы со скачками фазы, точно отражающими передаваемую информацию. Иными словами – в стандартном сигнале имеется скрытая фазо-разностная модуляция, а это значит, что мощность излучаемого сигнала можно уменьшить в два раза по сравнению с той, что требовалась прежде. Я проверил догадку на всех видах сигналов, перечисленных в стандарте, – с небольшой коррекцией идея работала во всех случаях. Вскоре я представил доклад под названием «Новый метод обработки сигналов, обеспечивающий двукратный энергетический выигрыш в системах RFID». Метод позволял в полтора раза увеличить радиус действия системы и более чем в три раза увеличить объем обслуживаемого помещения без изменения энергетических характеристик системы – это был один из самых сильных моих результатов.

2007 год – вручение награды
Института инженеров в области электротехники и электроники (IEEE)
Слева: Dr. Ted Pappas, президент IEEE секции Лонг-Айленда;
Справа: Dr. Jesse Taub, председатель IEEE комитета по наградам.

Вскоре, однако, фирму Symbol Technologies купила корпорация Motopola, тематика работы изменились, и я ушел в свободное плавание... В этом плавании мне довелось прикоснуться к разработке алгоритмов 4-го поколения мобильных ситем сотовой связи стандарта LTE в фирме InterDigital, но, в конце концов, я приземлился в небольшой стартап компании, занимающейся чрезвычайно интересным делом – разработкой таблетки, которая, проходя от входа пищевода через весь желудочно-кишечный тракт

человека до естественного выхода, передает полученные при движении изображения прямо на монитор к врачу. Моя задача – разработать алгоритмы цифровой передачи изображений в системе, включающей акустический микропередатчик внутри таблетки и акустический приемник в пластыре на коже пациента. Вот такая фантастика... Эта сложнейшая разработка еще не завершена, но макет акустической системы с двукратной фазоразностной модуляцией при скорости около 1 Мбит/с успешно прошел лабораторные испытания.

****

Таков мой краткий отчет о проделанной работе...

В 2007 году Институт инженеров в области электротехники и электроники (IEEE) по представлению факультетов Electrical Engineering and Computer Sciencies of Stony Brook University присудил мне награду имени Чарльза Гирша[18] (IEEE Charles Hirsch Award) за, как говорилось в уведомлении, «**выдающийся вклад в теорию фазовой модуляции и разработку современных систем мобильной радиосвязи**». Эта формулировка означает признание вклада научной школы ЛПДИ в технологию Информационного века. На церемонии вручения награды в банкетном зале отеля Hilton я вспоминал счастливые годы работы в ЛПДИ и те мгновения истинного научного озарения, которые посетили меня в этой жизни...

[18] Чарльз Гирш – американский инженер-изобретатель 1950-х годов, один из разработчиков первой в мире совместимой системы цветного телевидения (система NTSC). IEEE ежегодно присуждает награду его имени за научные достижения, способствующие практическому развитию технологий в области информационных и телекоммуникационных систем и в электронике. (См. очерк «Две удивительные встречи с NTSC» в разделе ОЧЕРКИ на сайте **www.yuriokunev.com**)

ПУБЛИКАЦИИ

[1] **Заездный А.М., Рахович Л.М.,** «Специализированная релейная вычислительная машина для гармонического синтеза и гармонического анализа», Связьиздат, Москва, 1960.

[2] **Гольденберг Л.М. и др.**, «Цифровой дифференциальный анализатор», Связьиздат, Москва,1962.

[3] **Меньшиков Г.Г., Тучин В.Н**., «Вычислительная машина для суммирования функциональных рядов», Труды ЛЭИС, вып. 44, 1957.

[4] **Заездный А.М., Окунев Ю.Б., Рахович Л.М.,** «Теоретические основы приема сигналов с ФРМ», ЛЭИС, Ленинград, 1964.

[5] **Заездный А.М., Окунев Ю.Б., Рахович Л.М.,** «Фазоразностная модуляция», Связь, Москва,1967.

[6] **Окунев Ю.Б.,** «Теория фазоразностной модуляции», Связь, Москва, 1979.

[7] **Окунев Ю.Б.,** «Цифровая передача информации фазомодулированными сигналами», Радио и Связь, Москва, 1991.

[8] **Okunev Yuri**, «Phase and Phase-Difference Modulation in Digital Communication», Artech House, Boston-London, 1997.

[9] **Окунев Ю.Б., Яковлев Л.А.,** «Широкополосные системы связи с составными сигналами», Связь, Москва, 1968.

[10] **Окунев Ю.Б., Плотников В.Г.,** «Принципы системного подхода к проектированию в технике связи», Связь, Москва, 1976.

[11] **Гинзбург В.В. и др.**, «Аппаратура передачи дискретной информации МС-5», Связь, Москва, 1970.

[12] **Гуревич И.В.,** «Синтез параметрических функциональных преобразователей», Связь, Москва, 1977.

[13] **Окунев Ю.Б.,** «Основы теории разделения и кодирования сигналов», части 1 и 2, ЛЭИС, Ленинград, 1968-1970.

[14] **Гуревич И.В.**, «Основы расчетов радиотехнических цепей», Связь, Москва, 1975.

[15] **Окунев Ю.Б.**, Авторское свидетельство СССР № 177450 «Способ передачи дискретных сообщений с относительной фазовой манипуляцией» – 5.X.1964.

[16] **Окунев Ю.Б.**, «Фазоразностная манипуляция высокого порядка», Труды учебных институтов связи, №26, Ленинград, 1966.

[17] **M. Simon, S. Hinedi, W. Lindsey**, "Digital Communication Techniques", Chapter 8 "Double Differentially Coherent Communication with Waveforms", PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 1995.

[18] **Рахович Л.М.**, Авторское свидетельство СССР № 177471 «Способ детектирования ФМ сигналов...», 1961; «Метод определения разности фаз...», ТУИС, №12, 1962; кандидатская диссертация «Теоретические и реализационные основы системы связи для передачи данных», ЛЭИС, 1963.

[19] **Гинзбург В.В.,** «Процедуры приема в целом сигналов с избыточностью», Радиотехника, №11, 1978.

[20] **Гинзбург В.В.,** «Многомерные сигналы для непрерывного канала», Проблемы передачи информации, №1, 1984.

[21] **Гинзбург В.В., Лесман М.Я.**, «Измерение параметров канала связи в адаптивных СПДИ», Вопросы кибернетики, АН СССР, 1977.

[22] **Лесман М.Я., Окунев Ю.Б., Финк Л.М.**, «Проблемы формирования сигналов в системе цифрового радиовещания», Электросвязь, №10, 1989.

[23] **Окунев Ю.Б., Финк Л.М.**, «Помехоустойчивость систем с ФРМ-2 при различных методах приема», Радиотехника, №8, 1984.

[24] **Коржик В.И., Лесман М.Я., Окунев Ю.Б.**, «Выдающийся ученый, учитель, музыкант – к 100-летию Л.М. Финка», «Электросвязь», № 2, 2010.

[25] **Быховский М.А.**, «Пионеры информационного века», Техносфера, Москва, 2006.

Ноябрь 2014,
Long Island, New York, USA
www.yuriokunev.com