

*Ю. Б. Синдлер*

# **ВОСПОМИНАНИЯ**

**Москва, 2016**

**Ю. Б. Синдлер. Воспоминания. М., 2016  
(Литературная обработка С.Ю. Семеновой).**

***Об авторе:* Синдлер Юлий Борисович,  
кандидат технических наук,  
ведущий научный сотрудник  
Института радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова Российской академии наук,  
ветеран Великой Отечественной войны (труженик тыла).**

## **Предисловие**

**Данный текст содержит воспоминания автора о его жизненном пути.**

**Первая часть – это воспоминания о детских предвоенных годах, об учебе и трудовой жизни во время войны и об опыте первых послевоенных лет. У читателя может возникнуть вопрос: почему автор воспоминаний о войне подчеркивает свою научную специальность, ведь войну испытали на себе люди самых разных специальностей? Дело в том, что именно условия войны определили дальнейший профессиональный путь автора. Как это произошло? Ответу на этот вопрос в существенной мере и посвящен текст первой части. В ней автор также делится впечатлениями об обстановке в стране в эти трудные годы и некоторыми размышлениями о роли отечественной технической науки во время войны.**

**Во второй части отражается опыт работы в Институте радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова Российской академии наук, основанном в 1953 году. Автор пришел туда в 1954 году, и с тех пор его научная судьба связана с этим учреждением. Специализируясь в области статистической радиотехники, автор хотел бы поделиться воспоминаниями о некоторых наиболее ярких периодах и событиях своей научной деятельности в прошлом, а также представлениями о некоторых проблемах повышения помехоустойчивости систем радиосвязи, способных служить предметом будущих исследований.**

## Часть I. Предвоенные, военные и первые послевоенные годы

### 1. До войны

Я родился 17 января 1927 года на Украине, в городе Первомайске Одесской области. До революции эта местность называлась Голта, и уже в раннее советское время Голта и соседняя Балта были объединены в город Первомайск. Семья наша состояла из четырех человек: отец, Синдлер Борис Зиновьевич, 1899 года рождения, мать, Синдлер Софья Юльевна (девичья фамилия Шамис), 1903 года рождения, сестра, Синдлер Людмила Борисовна (в семье ее звали Милой), 1925 года рождения, и я.

У моего дедушки по матери было трое детей: сын Иосиф, 1902 года рождения (мы с Милой звали его дядя Юзя), моя мама и младшая дочь Катя (по паспорту Гита), 1911 года рождения. У Кати была другая мать, вторая жена дедушки, по имени Лея Абрамовна. Первая его жена, моя родная бабушка, умерла вскоре после того, как родила мою маму.

Дядя Юзя прожил долгую и непростую жизнь. Он испытал на себе репрессии, как политзаключенный (и позже вольнонаемный) участвовал в строительстве Норильска. По профессии он был инженер-строитель. До ареста принимал участие в строительстве элеваторов. В 1950-е годы он вернулся в Москву, был реабилитирован. В конце 1980-х годов дядя Юзя (Иосиф Адольфович Шамис) эмигрировал со своей семьей в США, где умер в 1994 году.

Тетя Катя в молодости была комсомольским работником. Она многие годы ездила по стране, по военным гарнизонам, вместе с мужем, офицером Красной армии Василием Петровичем Ефимовым (1903 – 1987) и дочкой Олей (ныне Ольгой Васильевной Рыжовой). Тетя Катя умерла в Москве в 1993 году. У тети Кати и дяди Васи был еще сын Сережа (старше Оли), который, по несчастью, во время войны, в детском возрасте, утонул.

Во время моего раннего детства на Украине начался голод. Семья попала в трудное положение. Тетя Катя помогла моим родителям перебраться всей семьей поближе к Москве. И в 1933 году наша семья (я с родителями и сестрой) переехала в город Гжатск Смоленской области. Если бы мы остались жить в Одесской области, то во время войны нас ждала бы немецкая оккупация, и мы все могли бы погибнуть.

В настоящее время город Гжатск носит название Гагарин, в честь Первого космонавта Юрия Алексеевича Гагарина, родившегося и выросшего в этих краях. В Гжатске Мила и я учились в той же школе, в которой впоследствии учился Юрий Гагарин — в основном, у тех же учителей.

Отец мой, профессиональный бухгалтер, поступил на работу в Гжатский сельскохозяйственный техникум и вскоре стал там главным бухгалтером. Нашей семье была предоставлена приличная городская квартира. Техникум, в котором работал отец, подчинялся Народному комиссариату земледелия (Наркомзему). Помнится, что отец стал главным бухгалтером сельскохозяйственного техникума не сразу; в самое первое время после приезда он работал в какой-то другой организации, и первое наше жилье в Гжатске было поменьше, чем квартира от Наркомзема.

По служебным обязанностям отец часто ездил в Москву в Наркомзем. В Москве он останавливался на ночлег у тестя и тещи, нашего дедушки и матери тети Кати. Дедушка с бабушкой жили в ведомственном доме на Волочаевской улице, бывшем дворце графа Строганова (сейчас этот дом называют Строгановской дачей). Они занимали комнату на первом этаже площадью около 20 кв. м.; до революции это была комната прислуги. Дедушка работал по хозяйственной части на военных складах, размещенных после революции в окрестностях дворца. Бывшие залы дворца, где до революции проходили балы, использовались как общежитие и гостиница для приезжих граждан.

В 1939 году, вскоре после ареста дяди Юзи, своего сына, дедушка умер, его похоронили на Востряковском кладбище. Бабушку после смерти дедушки из ведомственной комнаты не выселили, а оставили жить в ней в память о заслугах дедушки. Мы несколько раз ездили в Москву с родителями, останавливаясь в этой комнате у бабушки.

В Гжатске я дружил с соседским мальчиком из белорусской семьи, Стасиком Коронкевичем. Во время войны Стасик был угнан в Германию на трудовые работы, после победы вернулся. А потом с ним случилась трагедия — он подорвался на mine в лесу в окрестностях Гжатска.

В Гжатской средней школе я учился с 1 сентября 1934 года до конца мая 1941 года. То есть, я окончил семилетку за месяц до начала войны.

Во время учебы в пятом, шестом и седьмом классах у меня было два увлечения: рисование и математика.

Я с удовольствием занимался в художественном кружке, которым руководил наш школьный учитель рисования. Мы с кружком ходили по окрестностям Гжатска и писали пейзажи масляными красками. Учитель был хорошим, талантливым пейзажистом. Незадолго до войны он умер, я был на его похоронах. Кажется, это было осенью 1940 года.

Увлечение математикой выражалось в моих собственных размышлениях о том, как надо решать разные задачи по алгебре, которые содержались в задачнике, но не входили в число заданных на дом. Я обращался на переменах к учительнице математики с вопросами, правильно ли понимаю способ решения той или иной задачи.

В конце мая 1941 года школа наградила меня грамотой за отличное окончание семилетки. Эта грамота очень помогла во время войны, так как в самые последние дни перед войной мои основные документы (свидетельство о рождении и само свидетельство об окончании семилетней школы) были

сданы в Московский художественный техникум, и после начала войны, перед отправкой в эвакуацию, уже не было возможности забрать их назад.

## 2. Война

В первые дни июня 1941 года мы вдвоем с отцом приехали в Москву и, как обычно, поселились у бабушки, а мама с Милой оставались в Гжатске. Мы с папой подали мои документы в Московский художественный техникум.

Утром 22 июня 1941 года мы с папой пошли в парикмахерскую возле Волочаевской улицы. В парикмахерской было много народу, мы заняли очередь. Работал репродуктор, звучала музыка. В 12 часов репродуктор умолк, и после недолгой паузы раздался голос диктора: «Граждане Советского Союза! Сейчас перед вами выступит Народный комиссар иностранных дел СССР Вячеслав Михайлович Молотов». Молотов скорбным голосом объявил, что в 4 часа утра германские войска нарушили границу Советского Союза и вторглись на нашу территорию. Ошарашенные речью Молотова, мы с отцом ушли из парикмахерской, не дождавшись очереди.

В течение месяца после начала войны во дворе дома, где мы гостили у бабушки, проходили митинги жильцов, производилось рытье ям, в которых можно было бы прятаться при бомбежках Москвы немецкой авиацией.

Через месяц после начала войны Наркомзем организовал отправку детей своих сотрудников пароходом по каналу «Москва — Волга» в пионерский лагерь в приволжском городе Юрьевце. Я, в то время 14-летний подросток, был отправлен этим пароходом в Юрьевец и пробыл в пионерском лагере до начала октября 1941 года. В это время отец был призван в ополчение, а мать с Милой успели уехать из Гжатска в Москву, взяв с собой то количество вещей, которое могли унести в руках. Остальное имущество семьи осталось в Гжатске, вскоре оккупированном немцами, и было для нас навсегда потеряно.

В октябре 1941 года администрация пионерлагеря получила из Наркомзема предписание отправить меня с семьей одного из сотрудников Наркомзема, проезжавшей по железной дороге неподалеку от Юрьевца, в город Омск в Сибири, где в то время уже находилась часть нашей семьи — мама, Мила и бабушка Лея Абрамовна. Из Юрьевца меня отправили на пароходе вверх по Волге. Когда я вместе с этой семьей сел в поезд, идущий в Сибирь (кажется, это было в Ярославле), на вокзале объявили воздушную тревогу.

Отец в это время был в ополчении под Москвой и чудом остался жив. Где-то в ноябре его отпустили из армии по болезни. И в конце года он приехал к нам в Омск по железной дороге вагоном метро. Поезд с вагонами метро шел несколько суток, и у папы практически не было возможности

прилечь. Только один раз другие пассажиры, ехавшие семьей и занимавшие весь ряд мест на боковой стороне, дали ему поспать несколько часов.

По прибытии в Омск я был сопровожден в одну из городских школ, в классных комнатах которой были поселены семьи сотрудников Наркомзема, эвакуированные из Москвы. В том числе и наша семья. Эвакуированных было так много, что приходилось размещать по несколько семей в одной классной комнате. Комнаты делили на части веревками, на которых висели простыни. Эвакуированные жили в таких условиях несколько месяцев, после чего семьям стали выделять отдельные комнаты в домах с печным отоплением в разных частях города. В том числе выделили комнату и для нашей семьи. Для отопления требовались дрова, и в течение всего периода эвакуации у меня ушло много времени и сил на участие в работах по заготовке и перевозке дров.

В ноябре 1941 года, немного освоившись на новом месте жительства, я отправился в Омский архитектурный техникум, находившийся в центре города, недалеко от моста через Иртыш. В канцелярии техникума у меня приняли единственный имевшийся документ – грамоту за отличное окончание 7-го класса Гжатской средней школы. И предложили придти на занятия через неделю. Придя через неделю, я узнал, что архитектурный техникум прекратил существование в силу условий военного времени, а вместо него начинает работу авиационный техникум, эвакуированный из украинского города Запорожье. К этому времени Запорожье уже было захвачено немецко-фашистскими войсками.

И мне было предложено поступить на первый курс авиационного техникума. Для меня это означало смену направления профессионального образования – с художественного на техническое. Я узнал, что в Омске был авиационный завод, который производил самолеты-истребители, разработанные под руководством А.С. Яковлева. И техникум готовил специалистов для этого авиационного завода. Я был зачислен студентом.

Переключиться на учебу по новому направлению профессионального образования помогло мое школьное увлечение математикой.

Помню историю про одного мальчика, немного старше меня, который тоже учился в нашем авиационном техникуме. Он был из семьи профессиональных музыкантов, его мать в Омске работала концертмейстером. Он с детства был настроен на музыкальное образование и был совсем не подготовлен к техническим наукам. Весной 1943 года после провала экзаменов по техническим дисциплинам он был отчислен из техникума и отправлен на фронт. Вскоре его родные получили известие об его гибели при бомбежке эшелона по пути на фронт.

Учеба на первом курсе техникума длилась с декабря 1941 года до мая 1942 года, то есть 6 месяцев. За этот период студенты должны были получить общеобразовательные знания, которые в довоенное время преподавались в старших классах школы три года. Дальше в техникуме изучались профессиональные дисциплины — авиационное материаловедение, основы сопромата, аэродинамические принципы полета и другие. Конечно,

изучалась и история партии. Некоторые общеобразовательные школьные предметы не преподавались вообще – например, химия и биология. И систематических знаний в этих естественнонаучных областях я так и не получил.

Директором техникума был А.Ф. Чикиш, приехавший в Омск из Запорожья. Материаловедение самолетов преподавал педагог по фамилии Майский. Помню, как он читал лекции зимой в промороженной аудитории и был при этом одет в костюм, а студенты сидели, одетые по-зимнему. Майский требовал, чтобы студенты на занятиях снимали шапки.

Наша семья в эвакуации очень голодала. Некоторое облегчение нам дало то, что мама в начале войны смогла увезти из Гжатска свою каракулевую шубу. Это была практически единственная ценная вещь у нас. Мама отнесла шубу к скорняку, тот нарезал из нее воротники, и эти воротники мы на рынке меняли на хлеб.

С июня 1942 года вместо обычных каникул мирного времени у студентов были трудовые работы и военные занятия. Все лето 1942 года мне пришлось работать в одном из колхозов Называевского района Омской области. Меня поселили в избе, где жила семья из трех человек: старик-колхозник, его жена и сноха. К этому времени они уже получили известие о гибели на фронте их сына и мужа. Я сказал, что меня зовут Юра, а старуха стала звать меня Егором. Среди работников колхоза почти не было мужчин: мужчины были на фронте. Был только бывший офицер-фронтовик с перевязанной рукой, после госпиталя. Он исполнял обязанности бригадира. Был также мужчина-немец, переселенный с семьей из Поволжья. Этот немец научил меня скирдовать вилами скошенную траву и скошенный хлеб. В течение всего лета я выполнял и обязанности учетчика.

В сентябре 1942 года, полагая, что в техникуме начинаются занятия, я, с разрешения бригадира, вернулся в Омск. Однако там выяснилось, что начало учебного года перенесено на ноябрь. И до ноября меня отправили работать на заготовке дров в лесах под Омском. Меня включили в бригаду, занимавшуюся заготовкой дров.

В результате напряженного труда и плохого питания у меня начало ухудшаться зрение, появилась и стала расти близорукость. Хотя у нас в роду никто до меня не носил очков и на зрение не жаловался.

Однажды при выполнении работ по заготовкам дров из-за моего портящегося зрения случился опасный эпизод. Вместе с опытным возчиком я в качестве помощника сопровождал сани с дровами, которые тянули две лошади. Саней было двое. Я был на задних санях, а возчик был на передних санях, которые тоже тянули две лошади. Первые сани ушли далеко вперед. При подъезде к мосту через Иртыш возчик делал мне знаки остановиться, а я не видел и продолжал гнать лошадей под гору к мосту. Возчик бросился навстречу, лошади встали на дыбы, сани перевернулись, дрова рассыпались. Возчик со своими дровами уехал дальше, привязав и моих лошадей, а я с плачем пошел домой. Этот случай невыполнения мной задания был единственный за все время эвакуации.



Потом, во время учебы в техникуме, из-за близорукости я старался садиться поближе к доске, чтобы видеть то, что записывали мелом преподаватели.

То есть, трудные условия жизни в эвакуации сказались на моем зрении. Но наибольший вред здоровью в нашей семье война причинила моей матери. По приезде в Омск она поступила на работу в военный госпиталь на должность санитарки. Ей пришлось вдвоем с напарницей носить на носилках раненых, поскольку мужчин-санитаров в госпитале не было. И каталок тоже не было. До работы в госпитале мама считала себя здоровой женщиной. А при переноске раненых она надорвала почки. Ей пришлось поменять работу, она устроилась где-то в охране, проверяла пропуска, говорила в этот период про себя «я — кабинщица». Но надорванные почки резко сократили ей жизнь: она умерла от болезни почек в мае 1955 года, ей был всего 51 год.

Отец мой, по профессии бухгалтер, весной 1942 года был снова мобилизован и находился в армии до конца войны. Он служил бухгалтером штаба крупного войскового соединения. Его в армии сделали бухгалтером из-за особых арифметических способностей: он мог перемножать в уме многозначные числа. При бомбежках штаба немецкой авиацией он получил два ранения. Видимо, они тоже сказались на его здоровье. Потом он тяжело переживал смерть жены и умер в 1958 году в возрасте 59 лет.

В 1943 году эвакуированным дали участки земли в окрестностях Омска для посадки овощей. Мы вырастили картошку, она стала для нас большим подспорьем. Видно, земля была очень плодородная, и картошка получилась хорошая, крупная.

Летом 1943 года я снова работал в колхозе, теперь уже не в Называевском, а в другом районе. Тракторов не было. Не было и лошадей, они все были отправлены в армию. Не было даже быков. И скошенные хлеб и сено перевозили на коровах. Сено укладывали на сооружения, наподобие телег, которые называли волокушами, и коровы тащили эти волокуши. И мне пришлось управлять коровами, тянуть их за уздечки.

Летом 1943 года были и занятия в военном лагере под Омском. Там мы проходили строевую подготовку. Помню, однажды, после полевых занятий, мы, усталые и голодные, шли строем на обед. Командир приказал запевать, но петь никому не хотелось. Тогда он приказал: «Взвод, стой! Кру-гом! Бе-гом!». И заставил пробежать километр. После этого: «Взвод, стой! Кру-гом! Шагом марш! Запе-вай!». И запели! В песне были такие слова:

*«Там, где пехота не пройдет,  
И бронепоезд не промчится,  
Угрюмый танк не проползет,  
Там пролетит стальная птица.  
Пропеллер, громче песню пой,  
Неся распластанные крылья,  
За вечный мир в последний бой  
Летит стальная эскадрилья.  
Там, в высоте полет творя,*

*Снаряды рвутся с диким воем,  
Смотри внимательней, пилот,  
На землю, взрыхленную боем».*

Это был период Курской битвы.

Военными занятиями руководили раненые офицеры-фронтовики, прошедшие лечение в госпиталях и еще не окрепшие для отправки в действующую армию. Однажды студенты спросили офицера, насколько обстановка в лагере близка к фронтовой, и он ответил, что примерно наполовину.

Во время каникул мы, студенты авиационного техникума, работали и на оборонном заводе, выпускавшем истребители ЯКи. Студентов привлекали, главным образом, к строительным и малярным работам на территориях, прилегающих к авиационному заводу. На заводе шло крупносерийное производство истребителей марки ЯК-3. В цех, где на конвейере проходила сборка истребителей, студентов (да и вообще посторонних) не пускали — видимо, боялись диверсантов. Но в соседний зал, где стояли образцы истребителей Яковлева новой марки, еще не запущенной в серийное производство, нас пускали, объясняли нам особенности самолетов Яковлева. Помню, как, стоя возле образца истребителя новой марки ЯК-9, я стал свидетелем грубого спора между рабочими-сборщиками и работником ОТК (отдела технического контроля). Работник ОТК кричал: «Как вы смели гвоздями прибивать к крылу пластинку?!». Как я понял, рабочие пытались с помощью деревянной пластинки исправить нарушение размера крыла всего на 3 мм, а ОТК считал это недопустимым. Этот пример показывает, какую роль в промышленности военного времени играл контроль качества изделий, выпускавшихся для вооруженных сил.

Во время учебы в Омском авиационном техникуме я, как и в Гжатской средней школе, продолжал самостоятельно размышлять об особенностях преподаваемых предметов. Помню, что, изучая процесс создания подъемной силы самолета, которая основана на разности скоростей потоков воздуха, обтекающих крыло сверху и снизу, я размышлял о том, можно ли определить оптимальную форму верхней кромки крыла (форма нижней кромки — прямая линия). Конечно, я не решил эту задачу, но думал над ней. Это была для меня первая постановка задачи оптимизации, и потом многие годы я занимался задачами оптимизации разных технических систем.

Как я уже сказал, в Омске у меня не было документов, удостоверяющих дату рождения (17 января 1927 года). В 1943 году, когда мне исполнилось 16 лет и пришло время получать паспорт, я заявил об этом в канцелярию техникума, и меня направили на медкомиссию, которая должна была засвидетельствовать возраст. Такая комиссия осматривала подростков, не имевших документов — в том числе, с целью определения срока мобилизации и отправки на фронт. В группе обследуемых подростков рядом со мной стоял крупный парень, на голову выше меня, у которого тоже не было свидетельства о рождении, и который утверждал, что ему 14 лет.

Женщины-врачи кричали на него: «От фронта увиливаешь?». Не знаю, чем закончилась история этого парня. Меня же, щуплого подростка, отпустили, выдав свидетельство о рождении и записав в нем в качестве дня рождения день осмотра – 18 апреля. И на основе этого свидетельства я получил паспорт. С тех пор по документам датой моего рождения является 18 апреля 1927 года.

В начале 1944 года Наркомзем СССР получил от руководства страны распоряжение о возвращении семей сотрудников в Москву. Сестра Мила в тот момент работала в Омске на оборонном заводе, и с завода ее не отпустили. Остальные трое членов семьи — мы с мамой и бабушкой — в эшелоне, состоявшем из товарных вагонов, в теплушке, поехали из Омска в Москву. Помню, что везли с собой картошку, выращенную своими руками. Мы с мамой тащили каждый по полмешка, а бабушка уже не могла нести тяжести.

По приезду в Москву мы отправились на Волочаевскую улицу и остановились с вещами в доме, где до войны жили дедушка с бабушкой. Наша комната в тот момент оказалась свободной, однако нас в ней не прописали, мотивируя это тем, что в здании запланировано размещение нового учреждения, и нам разрешили пожить лишь временно. А без прописки нам не давали хлебных карточек. Хлопоты о прописке и получении хлебного пайка длились примерно 4 месяца. Кое-какое пропитание нам пришлось покупать на рынке, продавая вещи из бабушкиной комнаты. В конце концов, ближе к лету, нам предоставили крохотную комнату (8 кв. метров) в одном из барачков (в бараке № 4) на улице Госпитальный вал. Бараки на Госпитальном валу были построены еще в Первую мировую войну. В этом районе находился большой военный госпиталь, но в Первую мировую войну он не вмещал всех раненых, и рядом для раненых были построены бараки. (Потом, уже после войны, нам дали комнату побольше, 14 кв. м., в соседнем 5-м бараке). Потолки в бараках были довольно высокими, и можно было оборудовать спальные места на антресолях. Таковую антресолю, и вдобавок сарай во дворе для вещей и дров, нам соорудили рабочие с маминной новой работы в Дорхимпромстрое. (В Дорхимпромстрое, на Бережковской набережной, она устроилась работать кассиром). И все последующие студенческие годы я спал на антресоли, «на полатах».

В Омском авиационном техникуме мне был выдан документ о переводе в Московский авиационный техникум. Однако в Московском авиационном техникуме самолетного профиля, в районе Трубной площади, мне отказали в приеме и рекомендовали обратиться в Московский машиностроительный техникум имени Орджоникидзе, расположенный возле Смоленской площади. И директор техникума на Смоленской, Селезнев, познакомившись с моими документами из Омска, взял меня в число студентов. Уже во время моей московской учебы у техникума немного изменилось название. Он стал называться «Московский авиационный приборостроительный техникум имени С. Орджоникидзе». Такое название и запечатлено в моем дипломе.

Тем самым, опять несколько изменился профиль моего образования: от науки, объясняющей воздействие воздушных потоков на крыло самолета, к научно-технической проблеме обеспечения летчиков, управляющих самолетом, необходимой технической информацией, которая связана с положением и перемещением самолета в пространстве.

Информационная техника для управления самолетом включает два класса приборов: приборы — датчики, измеряющие физические процессы, и приборы — показатели значений измеренных величин (высоты, направления, скорости), предоставляемые взору летчика. В современных условиях передача информации от входного прибора к выходному (иллюстрирующему) прибору реализуется с помощью электронной техники, а тогда такой техники не было, но были телемеханические системы, в которых выходная информация определялась по положению стрелки на шкале. В таких системах информация передается с помощью зубчатых передач.

В авиаприборостроительном техникуме, где я теперь учился, одним из основных курсов был курс «Детали машин». В этом курсе студентов обучали принципам функционирования широкого класса телемеханических систем, в которых используется зубчатая передача. Одним из важных вопросов для таких систем является выбор формы зубцов. Изучая литературу по этому вопросу сверх студенческой программы, я вычитал, что форма зубцов должна описываться эвольвентной функцией. По теме эвольвентных зацеплений я приготовил доклад и попросил преподавателя, Константина Никандровича Лоцилина, организовать занятие, на котором прочитал этот доклад студентам. После лекции я почувствовал уважительное отношение студентов и преподавателей.

Однажды, идя на перемене по коридору, я обратил внимание на студентку, которая с необыкновенной нежностью смотрела на меня. Мы познакомились, ее звали Лиля Семенова. Поговорили о моем докладе. Лиля не была на нем, не знала о нем заранее, потому что в техникуме мальчики и девочки учились в отдельных группах. Но потом она слышала про доклад от других студентов. Я был поражен ее глубоким уважением к людям, увлеченным научными исследованиями. Из ее рассказов я узнал, что ее отец — квалифицированный рабочий, занимающийся наладкой и ремонтом типографских машин. Он не был мобилизован на фронт, потому что тяжело болел туберкулезом — профессиональной болезнью типографских работников. Сама она, отличница московской школы, расположенной на Арбате, окончила перед войной семь классов. Она мечтала быть преподавателем иностранных языков, увлеченно изучала французский и английский. А во время войны, зимой 1941—42 годов, пошла учиться в техникум на Смоленской, это было единственное учебное заведение вблизи дома, заработавшее еще тогда, когда Москва оставалась на осадном положении. В техникуме Лиля тоже была отличница. Она жила на Гоголевском бульваре, в доме 21. Во время войны ее семья не смогла эвакуироваться (из-за того, что ее мама осенью 1941 года получила травму

ноги), и на семью пришлось все тяготы пребывания в Москве в самое тяжелое время войны. Лиля с родителями сполна испытала на себе и голод, и бомбежки, и холод в нетопленной квартире, и работу на трудовом фронте.

Летом 1944 года студенты Московского техникума тоже работали, мальчики были заняты на погрузочно-разгрузочных работах в Подмосковье. Потом была строевая подготовка, обучение метанию гранат на полигоне. Видел я тем летом и как пленных немцев гнали по Москве. Помню, как впечатлениями о конвое немцев весело делился мой однокашник по техникуму Саша Рябов.

На последнем курсе техникума (осень 1944 г. – весна 1945 г.) преподавали несколько специальных дисциплин, в их числе горячая и холодная обработка металлов, конструирование и расчет авиационных приборов — гироскопических, мембранных и электрических. Было несколько вспомогательных дисциплин — техника безопасности и другие. Потом была практика в одном из московских авиаприборостроительных опытно-конструкторских бюро (ОКБ), где определились темы и руководители наших дипломных проектов.

Вечером 9 мая 1945 года я был на концерте в консерватории. Вдруг загремел салют. Это был салют Победы. Конечно, мы все уже знали про Победу, но салют над Большим залом консерватории все же стал для меня счастливой неожиданностью. А Лиля вместе с подружками из техникума заранее пошли на Красную площадь смотреть этот незабываемый салют.

Однажды летом, возвращаясь из техникума, я увидел папу, который стоял у крыльца нашего барака. Оказалось, что его демобилизовали, и он вернулся с фронта. Он закончил войну севернее Берлина. В начале 1945 года его часть была задействована в штурме Кенигсберга, и его наградили медалью «За взятие Кенигсберга». Из Германии он привез мне некоторые трофейные поношенные вещи — ботинки, очень мягкие, и пальто.

Большую роль в нашем с Лилей сближении сыграли совместные занятия при выполнении домашних заданий в техникуме. Еще больше нас сблизил работа над дипломными проектами. Мы выполняли их летом 1945 года в ОКБ, к которому нас прикрепили. ОКБ специализировалось на разработке гироскопических приборов. Главным конструктором был Антипов. ОКБ было расположено в конце Кутузовского проспекта, недалеко от Филей (возле НИИ-17). У Лили научным руководителем был Валентин Леонидович Морачевский, а у меня — Кондратюк (не помню его имени и отчества). Лилин диплом был посвящен указателям поворота, он назывался: «Разработать конструкцию электрического указателя поворота малых габаритов». Тема моего диплома официально называлась: «Сконструировать синусный механизм к автоштурману». Я придумал применить зубчатую передачу более простой конструкции, чем та, что использовалась в уже выпускавшихся приборах — червячную, и руководитель это одобрил.

Из ОКБ мы обычно уходили вместе и шли пешком до Гоголевского бульвара, где Лиля возвращалась домой, а я на метро ехал до станции Сталинская (затем, в другие времена — Семеновская), потом садился на

трамвай и ехал до Госпитального вала. Вместе с нами дипломы в ОКБ делали Лида Лобанова, Тоня Шамина (бывшая Лилина одноклассница, которая и в техникуме училась вместе с Лилей), Лилина близкая подруга Саша Панова и несколько других студентов.

Защита наших дипломов состоялась в техникуме в сентябре 1945 года, и нас с Лилей и Сашей Пановой в числе пяти процентов отличников без вступительных экзаменов зачислили в Московский авиационный институт (МАИ) на авиаприборостроительный факультет (в техникуме приобрело особое звучание сочетание «пятипроцентный набор»). В МАИ из нашего техникума пришли также Сергей (Серж) Степанов, Миша Рязанов, Л. Иванов-Цыганов. Не помню, включали ли их в пятипроцентный набор, или они сдавали экзамены.

Мой дипломный проект, содержащий описание телемеханической системы с червячной передачей, был признан одним из лучших и представлялся на почетном стенде при входе в техникум многие годы. Мое имя, в числе имен других выпускников-отличников, было выписано золоченым шрифтом на доске почета техникума. Эта доска почета просуществовала до 1992-го года, пока в техникуме не случился крупный пожар. Действительно, в 1992 году техникум сгорел, и восстанавливать здание не стали. Преподавателей и студентов перевели в один из колледжей совсем другого профиля на окраине Москвы. А на месте нашего замечательного техникума сейчас коммерческие офисы.

### **3. Первые послевоенные годы. МАИ**

Вскоре после начала учебы на авиаприборном факультете МАИ мне предложили перейти на только что открывшийся радиотехнический факультет, а Лиля Семенова, моя невеста, осталась на авиаприборном. Тем самым, на жаргоне МАИ я стал называться радистом, а Лиля — прибористкой.

На авиаприборный факультет поступила и моя сестра Мила, вернувшись из Омска. Она была на полтора года старше меня и по учебе была старше на курс. Мила кончила МАИ в 1950-м году и всю жизнь проработала авиационным технологом на заводе в Новых домах, сейчас это окрестности метро Авиамоторная. В 1991 году Мила умерла.

В начале 1950-х годов Мила вышла замуж за Михаила Каплуна, уроженца города Гомеля. Мила родила и вырастила двух детей, моих племянников, Лизу и Борю. Сейчас у них уже растут внуки.

Открытие радиотехнического факультета в МАИ было связано с тем, что в стране началось мощное развитие радиолокационных систем. Уже шла холодная война между СССР и западными странами во главе с США, и необходимы были средства защиты нашего воздушного пространства от бомбардировок со стороны возможного противника.

Основным контингентом преподавателей радиотехнического факультета (РТФ) стали приглашенные специалисты в области радиосвязи: Михаил Самойлович Нейман, Иосиф Семенович Гоноровский и другие. Кафедрой электротехники заведовал Григорий Иосифович Атабеков. Знания, полученные у этих ученых и педагогов, во многом повлияли на мой дальнейший путь.

Во время Великой Отечественной войны радиолокационные системы еще не получили мощного развития; их развитие только начиналось. Например, как мне впоследствии рассказал крупный ученый-радист Владимир Иосифович Бунимович, в начале блокады Ленинграда группа радиолокационщиков с помощью своего лабораторного локатора обнаружила аэродром, с которого взлетали немецкие бомбардировщики, чтобы бомбить Ленинград. За это В.И. Бунимович и его коллеги получили правительственные награды. С Владимиром Иосифовичем Бунимовичем, как и с основоположником отечественной радиолокации академиком Юрием Борисовичем Кобзаревым, я познакомился уже после МАИ, уже работая в Институте радиотехники и электроники Академии наук.

Радиолокация во время войны еще только начинала развиваться, а основной вклад в победу среди радиоспециалистов внесли радисты, обеспечивавшие связь между командирами воинских подразделений, между разведгруппами, партизанскими отрядами, другими участниками сражений. Причем связь должна была быть устойчивой и конспиративно защищенной от противника. Одним из основных способов радиосвязи была радиотелеграфная связь, при которой передавали последовательности бинарных символов «точка» и «тире». Такие последовательности зашифровывали кодом, неизвестным противнику.

Оказалось, что в одной группе со мной училась профессиональная радистка-оператор. Это выяснилось летом 1947 года, в жаркую погоду, когда студенческая молодежь МАИ ходила в летних рубашках и кофточках. Я обратил внимание на то, что у одной студентки нашей группы, Жени Сарычевой, на руке выше локтя было вытатуировано многозначное число. Я спросил ее, что означает эта татуировка. Она ответила, что во время войны была в Освенциме, и это ее номер как узницы. Она была радисткой Красной армии, прошла соответствующий курс обучения, потом была послана в тыл немцев в партизанский отряд и временно поселена отдельно от отряда в одну из деревень. При ней была радиостанция. Староста деревни, прислуживавший немцам, выдал ее. Она была арестована и отправлена в Освенцим, где, пережив страшные страдания, чудом осталась жива. Женя рассказала, что в Освенциме она многократно проходила процедуру «селекции», состоявшей в том, что обнаженных женщин немцы гнали бегом и слабых отбирали для умертвления. Еще она рассказала, что перед падением Освенцима селекцию применяли только к еврейкам, а она русская. После войны, учтя ее показания, старосту деревни арестовали. После окончания МАИ Жене, в отличие от многих других выпускников, не дали допуска к

секретной работе, и ее распределили на радиозавод в Риге, выпускавший гражданскую радиоаппаратуру.

В МАИ на РТФ со мной училась и другая героиня войны — Валя (Валерия Давыдовна) Борц, которая во время войны была участницей подпольной комсомольской организации «Молодая гвардия» в Краснодоне. Во время учебы в МАИ она проявила себя активными действиями по комсомольской линии: организовывала спортивные соревнования среди студентов. Потом Валя перешла из МАИ в Институт иностранных языков, где получила профессию военной переводчицы.

В нашей группе учились и другие бывшие фронтовики: Лева Фельдман, потерявший на фронте ногу, Алик Гордонов, имевший ранение и хромавший, Валя Бунин, Гарри Ножников и другие ребята.

Вообще, среди моих одноклассников много интересных людей: Саша Серый, который впоследствии стал известным кинорежиссером, снял комедию «Джентльмены удачи», Петр Бакулев, сын знаменитого кардиохирурга, ныне профессор МАИ, Дмитрий Воскресенский, ныне тоже крупный ученый в МАИ. Некоторые ребята после МАИ пошли в военную радиолокацию — Юрий Шафров, Сергей Степанов, Ваня Кузнецов и другие; это было очень престижно. Другие, как Борис Карелов и Володя Верин, пошли в военную авиацию. С нами в группе учились и девушки — Кима Баратова, Алла Бондаревская, Галя Левина и другие.

Прошедшая война все время напоминала о себе. Все время было чувство голода, ведь продукты продолжали выдавать по карточкам, правда, у студентов МАИ карточки были рабочие. Меня, как нуждающегося, записали в столовую, где нуждающимся студентам давали дополнительные карточки на обед. Помню момент в 1947 году, когда шел из МАИ, и меня на улице остановил милиционер: «Сынок, иди скорее в булочную! Карточки отменили!». Какая это была радость! Я ел и ел хлеб и все никак не мог насытиться.

Возле Сокола, где расположен МАИ, пленные немцы делали дорогу и выполняли еще какие-то строительные работы. Немцы работали и возле наших барачков. Иногда заглядывали в наши дворы и просили хлеба.

Наша комната в 4-м бараке была совсем крошечная (8 квадратных метров на 5 человек), и заниматься в ней было невозможно. И летом я часто готовился к экзаменам на старом немецком кладбище поблизости. Сейчас оно называется Введенским. Иногда я ходил заниматься к товарищам. Мы особенно сдружились с Женей Шапиро, сыном московского адвоката. Иногда мы занимались у него дома. Помню, как-то раз мы обсуждали производные функций, читали вслух «игрек штрих», «игрек два штриха». И отец Евгения прозвал нас «двумя штрихами».

Я любил заниматься и в Политехнической библиотеке в здании Политехнического музея. Еще учась в техникуме, я именно там подготовил доклад про эвольвентные зацепления. Как-то раз я заснул в читальном зале за книгой, и женщина-библиотекарь не тревожила меня, дала отдохнуть, хотя ее



рабочее время уже кончилось. Такое тогда было отношение к студентам и к научным занятиям.

В 1951 году пришло время работы над дипломными проектами. Я делал диплом в самом МАИ на радиотехническом факультете, а практику перед этим проходил в ОКБ-133, которое было ведущим в области мембранного авиационного приборостроения. Главным конструктором был Н.К. Матвеев. Он хотел взять меня на работу в свое ОКБ, но это не удалось из-за имевшей место в тот момент идеологии «борьбы с космополитизмом».

Лиля Семенова делала диплом в другом ОКБ. После блестящей защиты ей предложили поступить в аспирантуру МАИ, но она отказалась, посчитав себя не вправе идти в науку без производственного опыта. И она пошла в производственную военную радиолокацию. В 1952 году мы с Лилей поженились. Мы прожили в счастливом браке 52 года. В 1958 году родилась наша дочка Соня (Софья Юльевна Семенова). В 2004 году Лиля (Елизавета Григорьевна) умерла.

Меня после МАИ распределили на радиозавод в город Александров Владимирской области. Там я проработал почти три года (с 1951 по 1954 годы), и годы эти по-своему были интересными и творческими. А потом вернулся в Москву и поступил в очную аспирантуру только что открывшегося Института радиотехники и электроники Академии наук, с которым связана вся моя дальнейшая жизнь.

## **Часть II. В стенах Института радиотехники и электроники**

После окончания (в 1951 году) радиотехнического факультета Московского авиационного института я проработал три года инженером на радиозаводе в городе Александрове Владимирской области, где приобрел некоторый практический опыт в проектировании и наладке радиоприемников. В 1954 году я вернулся в Москву и подал заявление в отдел аспирантуры совсем недавно образовавшегося ИРЭ АН СССР. Меня направили на собеседование к одному из крупнейших в стране специалистов по радиоприемным устройствам, члену-корреспонденту АН Владимиру Ивановичу Сифорову [1]. После обстоятельной беседы со мной Владимир Иванович выразил готовность стать моим научным руководителем.

Вступительный экзамен по специальности вместе с В. И. Сифоровым у меня принимал академик Владимир Александрович Котельников. После ответа на стандартные вопросы, видимо, желая понять, умею ли я думать, Владимир Александрович спросил: «Может ли в усилителе промежуточной частоты возникнуть генерация колебаний?». Подумав, я ответил, что может – если цепь обратной связи в усилителе промежуточной частоты сделана неправильно. Владимир Иванович спросил: «Будет ли генерация

продолжаться, если со входа приемника отключить высокочастотные колебания?». Я ответил, что генерация прекратится. Тогда Владимир Иванович спросил: «В каком звене замкнутой цепи произойдет срыв генерации?». Я ответил: «В детекторе. При отсутствии сигнала на входе детектора на его выходе не будет выделяться огибающая». Оба экзаменатора были довольны моими ответами и поставили пятерку.

Во время учебы в очной аспирантуре и все последующие годы работы в Институте мои интересы, в основном, были связаны с развитием статистических методов, применяемых при анализе помехоустойчивости систем радиосвязи.

Кратко поясню состояние теории помехоустойчивости радиоприема, сложившееся к середине XX века. В предвоенные годы в стране происходило интенсивное развитие радиопромышленности. Было налажено массовое производство различных систем радиосвязи. Но статистические методы анализа случайных процессов, происходящих в системах радиосвязи, еще не были разработаны. В роли основной инженерной оценки качества радиоприема использовалось отношение мощностей полезного сигнала и шума (ОСШ). Недостаток этого подхода состоит в том, что ОСШ не определяет достигнутой в радиопромышленности степени совершенства радиоприемных устройств по критерию помехоустойчивости. Поэтому разработчики радиоприемников часто напрасно тратили время и силы в попытках улучшить радиоприемник по помехоустойчивости. Это могло иметь место, если существующий радиоприемник по помехоустойчивости был близок к оптимальному, а разработчики этого не знали.

Прорыв в этой проблеме в 1946 году, в своей докторской диссертации, совершил Владимир Александрович Котельников, разработавший теорию потенциальной помехоустойчивости (ТПП; книга, в которой обстоятельно изложена эта теория, впервые была издана в 1956 г. [2]) . Сущность ТПП состоит в том, чтобы дать возможность разработчику радиоприемника уточнить, какие особенности схемы радиоприемника более всего нуждаются в усовершенствовании, а какие близки к совершенству и не нуждаются в проведении НИР по их доработке.

В процессе развития ТПП выявилась необходимость привлечения новой для этой технической области математической базы – теории вероятностей и математической статистики. Однако до 1950-х годов теорию вероятностей в радиотехнических вузах в курсах математики даже не преподавали; основное внимание в математическом образовании инженеров уделялось дифференциальному и интегральному исчислению, начертательной геометрии и другим классическим для данного профиля дисциплинам.

Что помогло В.А. Котельникову получить необходимые ему как создателю ТПП знания в области теории вероятностей? У меня нет ссылок по этому вопросу, но тут я могу высказать предположение.

В 1930-е годы были созданы армейские системы радиотелеграфии, осуществлявшие радиопередачи кодированной информации с

использованием кода, неизвестного противнику. Для защиты этих систем от перехвата информации противником нужны были эффективные методы шифрования. К разработке таких методов правительством были привлечены ученые в области радиосвязи, в том числе В.А. Котельников. Одной из математических основ теории шифрования является теория вероятностей. Участвуя в разработках методов шифрования, В.А. Котельников стал одновременно специалистом в области теории вероятностей.

Еще во время учебы в МАИ я вместе с одним знакомым студентом МГУ имени М.В. Ломоносова, Юрой Афанасьевым, стал посещать лекции по теории вероятностей, которые читал Андрей Николаевич Колмогоров. В 1952 году я с большим интересом прочитал книгу Владимира Иосифовича Бунимовича «Флюктуационные процессы в радиоприемных устройствах» [3]. Книга стала мне понятна и интересна, прежде всего, благодаря знаниям, полученным на лекциях А.Н. Колмогорова.

Особую роль в теории радиоприема сигналов на фоне помех имеет так называемая Гауссова модель накопления сигналов и помех, в которой функция плотности вероятности (ФПВ) накапливаемой суммы стремится к Гауссовой функции. Эта функция табулирована и удобна для несложных инженерных расчетов помехоустойчивости систем радиосвязи. Но встречаются такие системы радиосвязи, в которых Гауссова модель накопления сигналов и помех не действует. Такие условия имеют место, например, в радиорелейных линиях связи, в том числе – в радиорелейных линиях с дальним тропосферным распространением радиоволн.

Во время учебы в аспирантуре мне удалось разработать вычислительный метод моделирования случайных процессов в радиорелейных линиях связи, который позволяет производить достаточно точные инженерные расчеты помехоустойчивости радиолиний при негауссовом характере накопления сигналов и помех [4].

Свою основную задачу в разработке вычислительных методов расчета помехоустойчивости для радиотехнических систем я видел в создании и научном обосновании прикладных методов, основанных на численном моделировании на ЭВМ случайных процессов в радиотехнических системах, причем при моделировании использовались программы генерации случайных чисел. В программной реализации разработанных методов мне постоянно помогали квалифицированные программисты. Комплект программ для расчета помехоустойчивости радиорелейных линий связи в условиях негауссова характера накопления сигналов и помех написала сотрудница вычислительной лаборатории ИРЭ АН СССР Валерия Ивановна Путилина.

Метод расчета помехоустойчивости радиорелейных линий связи был с успехом апробирован на радиорелейной линии Москва — Рязань.

После защиты кандидатской диссертации (в 1958 году) я принимал участие в ряде научных разработок. Это были поздние 1950-е, а затем 1960-е и 1970-е годы. Одним из направлений моей работы стала теория двухступенчатого обнаружения радиолокационных целей. Специфической особенностью данного статистического метода являлось осуществление

радиолокационного наблюдения в два этапа. После первого этапа (или ступени) принимается одно из следующих решений: 1) второй этап не проводить — цели нет; 2) второй этап не проводить — цель есть; 3) провести второй этап наблюдений по одной из предусмотренных программ.

Этот статистический метод затем нашел применение в работах по стандартизации выборочного контроля качества промышленной продукции. Мне довелось стать соавтором Государственного стандарта «Качество продукции. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку». ГОСТ 18242-72. Госстандарт 1974 г.

По указанным выше работам в 1973 г. издательство «Наука» выпустило мою монографию «Метод двухступенчатого статистического анализа и его приложение в технике» [5].

Исследования по теории статистического контроля качества продукции выполнялись как работы в смежной области техники, в которой оказался эффективным математический метод, разработанный в основной научной области – теории помехоустойчивости радиоприемников.

В начале 1960-х годов с согласия Владимира Ивановича Сифорова я перешел во вновь открывшуюся лабораторию, которой стал руководить Владимир Иосифович Бунимович. В этой лаборатории были организованы две группы.

Одна из групп занималась проблемами помехоустойчивости радиотехнических систем, эту группу возглавил сам Владимир Иосифович.

Второй группой, занимавшейся разработкой электронных приборов, стал руководить Михаил Георгиевич Голубцов. Михаил Георгиевич был человеком исключительно высокой нравственности, он не раз проявлял благородное отношение к людям. Занимаясь сложными научными проблемами, он одновременно вел большую общественную работу. В 1970-е годы, после ухода Владимира Иосифовича на заслуженный отдых, он возглавил нашу лабораторию. Между сотрудниками лаборатории еще с 1960-х годов установились близкие товарищеские отношения. Помню, как мы вместе выполняли общественную работу: ходили в качестве дружинников по соседним со зданием ИРЭ улицам. Я в те годы выполнял обязанности профорга лаборатории. Хотелось бы сказать теплые слова о нашей многолетней дружбе с сотрудниками группы М.Г. Голубцова Валерием Ивановичем Набатниковым и Валентиной Михайловной Ватаниной.

С 1960-х годов группа, непосредственно руководимая В.И. Бунимовичем, занималась разработкой статистических методов для систем радиосвязи и радиолокации. В нее, кроме В.И. Бунимовича и меня, входили Бенцион Семенович Флейшман, Владимир Александрович Морозов и Владимир Николаевич Курский. В числе других НИР группа занималась разработкой статистических методов кодирования информации для систем космической связи (СКС), создававшихся в Опытно-конструкторском бюро Московского энергетического института (ОКБ МЭИ), а также проблемами синхронизации СКС. В процессе выполнения этих НИР у меня выработалась привычка значительную часть рабочего времени (один или два дня в неделю)

проводить в научно-исследовательских лабораториях заказчика НИР (т.е. в ОКБ МЭИ). При таком взаимодействии ИРЭ с НИИ, производящим разработку систем радиосвязи или радиолокации, эффективность работы академического подразделения получалась более высокой, чем при работе по НИР в своем институте и затем пересылке отчетов.

Сошлюсь на еще один цикл работ, в которых оказался эффективным метод оптимизации помехоустойчивости радиоприема. Это работы 1980-х гг. по оптимизации выбора момента времени для совершения глубинного электромагнитного зондирования Земли по наблюдениям геомагнитных помех. Эти работы были выполнены под моим научным руководством аспиранткой ИРЭ АН СССР Марианной Евгеньевной Камаевой (Калитиной) [6], успешно защитившей по этой теме кандидатскую диссертацию.

С 1980-х гг. до настоящего времени по рекомендации академика Юрия Васильевича Гуляева я как специалист по проблемам помехоустойчивости радиоприема (сейчас в ИРЭ эту область иногда, трактуя ее обобщенно, называют информатикой) занимаюсь вопросами повышения эффективности использования электронной элементной базы, развиваемой в Отделении электроники нашего Института.

В 1980-е годы сотрудники ИРЭ выполняли совместные работы с Московским научно-исследовательским институтом радиосвязи (МНИИРС) Министерства радиотехнической промышленности СССР. Работа проводилась в целях создания космических систем радиосвязи с программной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ). При создании этих систем имела место конкуренция двух видов электронных корреляторов: на базе цифровой электроники и на базе акустоэлектроники (АЭ). Исследования показали, что в условиях радиопротиводействия система связи, использующая корреляторы на базе АЭ, значительно более помехоустойчива, чем на базе цифровой электроники. Это преимущество объясняется способностью акустоэлектронного коррелятора работать в асинхронном режиме.

В процессе совместной работы с МНИИРС, так же как ранее в работах с ОКБ МЭИ, я постоянно один или два дня в неделю проводил в отраслевом институте, что, на мой взгляд, способствовало повышению эффективности работы.

После распада Советского Союза продолжать договорные работы между ИРЭ и МНИИРС не было возможностей. Но с отдельными сотрудниками МНИИРС наше научное взаимодействие продолжилось, в том числе с Сергеем Павловичем Барониным [7].

В этот период наша группа совместно работающих специалистов в области радиотехники и твердотельной электроники перешла на работы мирного характера, а именно, по созданию и развитию информационных и физико-математических основ твердотельной элементной базы будущих систем мобильной связи с кодовым разделением каналов (Code Division Multiple Access, или CDMA). После 1980-х годов, в сложные для страны 1990-е и 2000-е годы, группа, в состав которой я входил, включавшая

Валерия Владимировича Проклова (руководителя группы), Владимира Николаевича Курского, Олега Анатольевича Бышевского-Конопко, Валерия Ивановича Григорьевского, занималась проектированием систем связи, использующих корреляторы (конвольверы) на твердотельной элементной базе., Одновременно группа решала задачу оптимизации электронной технологии [8].

Поясню смысл термина «оптимизация электронной технологии» с позиций основных положений теории потенциальной помехоустойчивости. Сошлюсь на слова В.А. Котельникова: «Сравнивая потенциальную помехоустойчивость с помехоустойчивостью, которую могут обеспечить данные реальные приемники, можно судить, насколько последние будут близки к совершенству, насколько еще можно путем их улучшения поднять помехоустойчивость, т.е. насколько целесообразно работать над дальнейшим повышением помехоустойчивости при заданном способе передачи» [2, с. 10].

В большой массе известных примеров применения ТПП объектом вариации были алгоритмы обработки смеси сигнала и шума в приемнике, определяющие физические процессы обработки и их параметры. Погрешности выполнения этих алгоритмов обработки сигналов и помех, как правило, не учитывались в теоретических работах по ТПП. Нашей группой был предложен метод, позволяющий учитывать влияние технологических несовершенств, приводящих к неточности исполнения алгоритмов, которые рекомендуются теорией потенциальной помехоустойчивости.

Хочется отметить, что в тех случаях, когда к работе были привлечены отраслевые НИИ, контроль качества электронной элементной базы проводился в процессе опытных испытаний систем радиосвязи. В условиях, когда эти работы не проводятся, необходим другой метод – метод математического моделирования на компьютере процесса функционирования радиотехнической системы с использованием измеренных на лабораторных электронных приборах их реальных переходных характеристик (ПХ) и сравнение информационных показателей радиотехнической системы при реально измеренных и идеальных ПХ.

Принцип оптимизации электронной технологии корреляционного радиоприемника предполагает:

- наличие лабораторных образцов электронного прибора, изготовленного по существующей технологии;
- разработку физико-математической модели электронного прибора;
- разработку математической модели ПХ электронного прибора;
- измерение переходной характеристики лабораторного электронного прибора или группы приборов ( $PX_{\text{измер}}$ );
- теоретическое определение идеальной переходной характеристики ( $PX_{\text{идеал}}$ ) на основе теоремы Котельникова [9];
- компьютерное моделирование работы корреляционного прибора при  $PX_{\text{идеал}}$  и  $PX_{\text{измер}}$ ;
- расчет (по результатам моделирования) информационных потерь, обусловленных несовершенством электронной технологии.

Вспоминаю, как в конце 1990-х годов В.А. Котельников, будучи уже почетным директором ИРЭ РАН (а директором в то время был Ю.В. Гуляев), председательствовал на заседании Ученого совета, на котором от имени нашей группы с докладом выступал В.В. Проклов. Выслушав доклад, Владимир Александрович горячо одобрил выбранное нами направление исследований.

Замечу, что наша группа сложилась не сразу, а постепенно – выполняя отдельные задачи, на которых отрабатывались основные принципы и определялись требования к специалистам. Большое значение в этой работе имеет квалификация программистов. Я сам, специализируясь в сфере теории помехоустойчивости и математико-статистической теории, не владею навыками программирования. На начальной стадии работ по оптимизации электронной технологии большую помощь с программами мне оказывала Лия Владимировна Булахова [10], которой я очень благодарен. Впоследствии основную работу по созданию программного обеспечения взял на себя Олег Анатольевич Бышевский-Конопко, который успешно решал все сложные вычислительные проблемы.

Хотелось бы теплыми словами отметить деятельность Аскара Музафаровича Кукебаева, бывшего моего аспиранта, который на протяжении 1980-х годов вносил существенный вклад в решение теоретических задач и разработку алгоритмов поиска сигналов на фоне помех [10].

Также хочется поблагодарить сотрудников редакционно-издательского отдела (РИО) ИРЭ во главе с Ириной Константиновной Смирновой за многолетнюю помощь в оформлении и подготовке к публикации печатных трудов. Хотелось бы сказать и слова благодарности Александру Осиповичу Раевскому, как и всему коллективу редакции журнала «Радиотехника и электроника», за постоянную помощь в издании научных трудов.

В заключительной части воспоминаний хочу поделиться соображениями об одном способе улучшения качества систем мобильной связи на базе устройств твердотельной электроники.

Существующие системы мобильной связи отличаются тем, что мобильные станции (МС) в режиме пассивного радиосоединения с ближайшей базовой станцией (БС) должны постоянно, независимо от скорости своего движения, излучать сигнал, по которому БС контролирует местоположение данной ведомой МС.

В настоящее время МС самостоятельно не могут осуществлять контроль своего положения, так как для этого нужна автономная система синхронизации, которая, в случае ее изготовления на базе цифровой микроэлектроники, очень сложна для реализации.

В режиме активного радиосоединения БС и МС, на БС работает система синхронизации, и обе станции, БС и МС, находятся в активном режиме излучения электромагнитной энергии, излучая как информационные сигналы, так и сигналы синхронизации.

В режиме пассивного радиосоединения, когда осуществляется контроль местоположения МС, последняя может выполнять этот контроль в

пассивном режиме самостоятельно, если она способна в асинхронном режиме принимать кодированные сигналы от окружающих ее базовых станций (у каждой БС свой код). В этом случае МС имеет возможность регулировать частотность включения своего передатчика в зависимости от скорости своего перемещения и производить включение передатчика лишь в случае, если мощность сигнала от ведущей в данное время БС меньше мощности сигнала от соседней БС. Общий объем излучаемой МС электромагнитной энергии в случае ее медленного перемещения будет существенно снижен. Реализовать такую систему, используя корреляторы на базе акустоэлектроники, представляется вполне возможным. Применение этого метода позволит существенно улучшить экологию в местностях, где находится много пребывающих на одном месте или медленно движущихся абонентов с мобильными аппаратами.

Отмечу, что аналогичные проблемы оптимизации выбора электронной технологии могут возникнуть и у других разработчиков электронных приборов в нашем Институте. Ранее, в условиях Советского Союза, разработчики электронных приборов получали информацию об их качестве непосредственно от коллег, работающих в радиотехнической промышленности. В настоящее время, в такой ситуации, когда взаимодействие с промышленностью затруднено, для сохранения высокого уровня и развития электронной технологии остается один выход: измерение характеристик лабораторных образцов электронного прибора, выполненных по существующей технологии, и осуществление компьютерного моделирования процесса функционирования радиотехнической системы с использованием измеренных характеристик электронного прибора. Производя при этом искусственную вариацию характеристик прибора, можно выяснить, какие его технологические несовершенства несущественно снижают помехоустойчивость радиотехнической системы, а какие – снижают существенно и поэтому требуют серьезной научной доработки.

Сотрудникам ИРЭ им. В.А. Котельникова важно понимать, в каких научных направлениях должно происходить дальнейшее развитие Института. Одним из важных направлений представляется развитие электронных технологий для будущих систем связи.

В.А. Котельников считал также перспективными технологии, основанные на квантовых эффектах. Размышления Владимира Александровича на эту тему были изданы уже посмертно, в 2008 году, а умер он в 2005 г. [11].

Опыт нашей группы также позволяет надеяться, что в будущем применение методов квантовой физики сможет существенно повысить качество акустооптических информационно-телекоммуникационных систем.

Вышеизложенные мысли можно рассматривать как предложения о развитии теории потенциальной помехоустойчивости В.А. Котельникова применительно к проблемам электронной элементной базы будущих систем.



*Литература к Второй части*

1. Владимир Иванович Сифоров. XX век. Из серии: Выдающиеся ученые России // Радиотехника, № 5, 1999.
2. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости (К 90-летию Владимира Александровича Котельникова) — М.: Радио и связь, 1998. — 152 с. (1-е изд.: М. — Л.: Государственное энергетическое издательство, 1956).
3. Бунимович В.И. Флюктуационные процессы в радиоприемных устройствах. — М.: Советское радио, 1951. — 360 с.
4. Синдлер Ю.Б. Накопление шума в ЧМ радиорелейных линиях связи, обусловленное замиранием сигнала // Радиотехника и электроника, 1956, том 1, № 5. — с. 627.
5. Синдлер Ю.Б. Метод двухступенчатого статистического анализа и его приложения в технике. — М.: Наука, 1973. — 192 с.
6. Калитина М.Е., Синдлер Ю.Б. К вопросу точности оценок обобщенного отношения сигнал / помеха // Радиотехника и электроника, 1990, т. 35, № 5. — С. 1029 — 1034.
7. Баронин С.П., Синдлер Ю.Б. О помехоустойчивости и пропускной способности цифровых корреляционных процессоров в системах подвижной связи с кодовым разделением каналов // Радиотехника и электроника, 2001, т. 46, №3, С. 339 — 345.
8. Синдлер Ю.Б., Проклов В.В., Григорьевский В.И., Бышевский-Конопко О.А., Курский В.Н. Экспериментально-вычислительная методика статистического оценивания влияния особенностей конвольверов на поверхностных акустических волнах на помехоустойчивость корреляционной обработки сигналов // Радиотехника и электроника, 2008, т. 53, № 10, С. 1299 — 1306.
9. Харкевич А.А. Избранные труды в трех томах. Том 2. Линейные и нелинейные системы. Статья «О теореме Котельникова» — М.: Наука, 1973. — С. 546 — 554.
10. Булахова Л.В., Кукебаев А.М., Синдлер Ю.Б. О процедуре многоканального двухэтапного поиска сигнала с когерентным накоплением на этапах // Радиотехника и электроника, 1989, т. 34, № 5, С. 1038 — 1044.
11. Котельников В.А. Модельная нерелятивная квантовая механика. Размышления. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 72 с.

