

## КЛИНОТРОН КАК ОБЪЕКТ ВОСПОМИНАНИЙ

Ю. В. Корниенко

*Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова, НАН Украины,  
12, ул. Ак. Проскуры, Харьков, 61085, Украина  
E-mail: [ire@ire.kharkov.ua](mailto:ire@ire.kharkov.ua)*

Двадцатый век называли веком пара, веком электричества, веком авиации, атомной энергии, кибернетики, полупроводников, освоения космоса. Несколько глубже посмотрел на это Станислав Лем и назвал его веком технологии. Но была у него и ещё одна грань: это был век радио.

Радио изобрёл А. С. Попов, и это было признано в своё время учёными Запада. Теперь, когда стало модным ставить под сомнение достижения прошлого и чуть ли не осмеивать их, многие стали замалчивать этот факт и даже отрицать его. Но он продолжает оставаться фактом: первая передача депеши с помощью электромагнитных волн состоялась в опытах Попова.

С тех пор начался бурный прогресс радиотехники. Даже первые искровые радиопередатчики были не примитивным сооружением каменного века, а плодом остроумной творческой инженерной мысли. Но подлинный расцвет радиотехники начался после создания электронной лампы. В одном из номеров журнала "Electronics" начала 1990-х гг. на фотографии можно видеть девяностолетнего Владимира Кузьмича Зворыкина, в то время почётного президента фирмы RCA, на фоне огромного стеллажа, сплошь заполненного электровакуумными приборами его изобретения.

Зворыкин был учеником Рожанского, работавшего одно время в Харьковском университете. Ещё одним из его учеников был А. А. Слуцкий, так же работавший в Харьковском университете, а позже возглавивший Лабораторию электромагнитных колебаний в знаменитом УФТИ. На базе этой лаборатории в 1955 г. усилиями А. Я. Усикова и С. Я. Брауде при поддержке академиков Б. Е. Патона и А. И. Берга был создан Институт радиофизики и электроники Академии наук УССР.

На заре радиотехники для связи использовались сверхдлинные волны длиной в первые десятки километров с частотой в первые десятки килогерц. С появлением электронных ламп были освоены длинноволновый и средневолновый диапазоны (длиннее 200 м). Затем, в 1920-е гг., были освоены короткие волны (10 - 150 м), позволившие обеспечить дальнюю связь благодаря отражению от ионосферы. В этом была заслуга Маркони. Однако исследователи продолжали продвигаться в область всё более коротких волн. Ими руководило не только стремление к познанию нового, но и практические потребности, возникав-

шие в разных областях техники, например, в радиолокации. Для генерации волн короче 1 м обычные электронные лампы были уже мало пригодны, и надо было искать новые способы генерации. Был придуман клистрон с возбуждением резонатора сгруппированным электронным пучком, генератор Баркгаузена-Куртца с колебательным движением электронов сквозь сетку, находящуюся под анодным напряжением, и магнетрон, бывший поначалу как бы его магнитным аналогом. Значительные успехи в деле создания магнетронов дециметрового диапазона были достигнуты в тридцатые годы прошлого века в Лаборатории электромагнитных колебаний УФТИ. В конце 1940-х гг. появилась лампа бегущей волны (ЛБВ), а в начале 1950-х гг. - лампа обратной волны (ЛОВ). Это были электроннолучевые приборы подобные клистрону, однако, с взаимодействием электронов с высокочастотным полем, распределённым вдоль замедляющей системы (приборы О-типа с длительным взаимодействием). С помощью перечисленных приборов был освоен очень популярный в то время 3-см диапазон.

Но на повестку дня уже ставилась задача освоения миллиметрового диапазона. Под эту задачу и был создан ИРЭ АН УССР.

Работа над этой задачей в ИРЭ началась сразу в трёх направлениях: маломощные высокостабильные генераторы для гетеродинов, генераторы средней мощности с электронной перестройкой частоты в широком диапазоне и мощные импульсные генераторы. Так появились клистроны миллиметрового диапазона (А. Н. Чернец, М. И. Бабенко, Л. В. Огаркова), клинотрон (А. Я. Усиков, Г. Я. Левин, А. Я. Кириченко, А. И. Бородин, Г. А. Лысов, С. А. Чурилова) и знаменитые "трутневские магнетроны", работавшие в "харьковском режиме" (И. Д. Трутень, И. Г. Крупаткин). Но в этой статье речь пойдёт только о втором направлении, о клинотроне и его драматической истории.

В качестве генератора с широкой электронной перестройкой больше всего подходила ЛОВ. Её изобрёл Митрофан Фёдорович Стельмах, сотрудник одного из московских научно-исследовательских институтов. Это изобретение было засекречено, и в историю в качестве изобретателя ЛОВ вошёл Компфнер.

Стельмах посоветовал использовать его изобретение в миллиметровом диапазоне (для

чего требовались новые технические решения). Г. Я. Левин, руководитель группы в лаборатории Усикова, последовал этому совету. Так начались исследования в этой области, проводимые в ИРЭ АН УССР.

В приборах О-типа с длительным взаимодействием эффективная передача энергии от электронного пучка к волне достигается, когда скорость электронов близка к скорости волны. При типичных значениях анодного напряжения порядка одного киловольта скорость электронов составляет величину порядка одной десятой скорости света. Такой должна быть и фазовая скорость волны, которая в обычном гладком волноводе всегда больше скорости света. Для уменьшения фазовой скорости применяют различные виды волноводов с периодической границей. В сантиметровом диапазоне для этой цели применяют спираль. В миллиметровом диапазоне спираль становится конструктивно неудобной, и вместо неё применяют гребёнку или лесенку, помещённую в прямоугольный волновод.

Г. Я. Левин использовал в качестве замедляющей системы гребёнку. Поскольку высокочастотное поле быстро убывает по мере удаления от гребёнки, электронный пучок старались сделать потоньше, расположить поближе к гребёнке и направить строго параллельно ей.

В 1956 г. группа Г. Я. Левина работала над темой под шифром "Боксит". Требовалось создать ЛОВ 8-мм диапазона с заданными параметрами. В ходе выполнения темы было обнаружено, что, наклоня пучок под углом к замедляющей системе (порядка  $1^\circ$ ), можно достичь заметного повышения генерируемой мощности. Левин назвал это клиноотронным эффектом. Так началась история клиноотрона.

Поскольку этот раздел номера посвящён сразу двум вещам - воспоминаниям и научно-популярному повествованию, - я осмелюсь совместить оба эти жанра в одной статье. Насколько удачным окажется этот эксперимент, я не знаю и заранее прошу извинения за возможные промахи.

В феврале 1958 г. я получил назначение в ИРЭ и пришёл работать в группу Г. Я. Левина. Меня приняли хорошо. Моей первой обязанностью было регулярно докладывать на семинаре группы некоторые сведения из книг и журналов. Этим достигалось сразу две цели: ввести меня в курс дела и повысить собственный уровень грамотности, используя для этого физика-теоретика. К моим докладам относились дружелюбно и уважительно, даже когда мне случалось выступать недостаточно подготовленным. С этого времени история клиноотрона стала протекать у меня на глазах. В силу причин, которые будут ясны из дальнейшего, мне было не суждено внести ощу-

тимый вклад в работу над клиноотроном. Но его история стоит у меня перед глазами, как будто это происходит прямо сейчас.

Группа Г. Я. Левина располагалась в небольшой комнатке. Когда заходишь, слева, ближе к окну стояла большая установка, за которой всегда кто-то работал. Стучал форвакуумный насос, стелился холодный пар из дюаров с азотом. У края стола располагался большой электромагнит. Между его полюсами находился исследуемый генератор. Обычно это был клиноotron. На стеллаже, над серединой стола, стоял старинный уже тогда осциллограф ЭО-7. Со временем он стал любимым осциллографом А. Я. Кириченко, которым он пользуется до сих пор. (Кто не верит, может зайти к нему в лабораторию.) На экране отображалась зависимость генерируемой мощности от анодного напряжения. Горизонтальная развёртка была синусоидальной, и надо было надлежащим образом адаптировать свой зрительный аппарат, чтобы правильно понять изображённую на экране картинку.

Недалеко от окна стоял рабочий стол Г. Я. Левина. На нём, помимо кучи бумаг и какого-нибудь свежего изделия из ЭПО (экспериментально-производственный отдел), стоял телефонный аппарат. Он постоянно звонил, и Г. Я. Левин еле успевал отвечать. Небольшой рабочий разговор Григория Яковлевича с сотрудником растягивался надолго, потому что за это время ему успевали позвонить несколько раз. Особенно страдали от этого рабочие совещания, которые он проводил часто, поскольку все статьи и заявки, которые писал, привык согласовывать с мнением коллектива. Однажды, сидя на таком совещании, я дал себе слово, что, когда сам стану руководителем, не допущу такой обстановки. Но прошло время, я сам стал руководителем группы, и у меня всё повторилось один к одному.

Я любил наблюдать, как работают экспериментаторы. Они соглашались объяснять мне, что происходит. Однажды, ещё в самом начале моей работы, А. И. Бородин наладил установку и сказал Г. Я. Левину, что прибор работает хорошо. Григорий Яковлевич взял со стола какую-то лампу накаливания с длинной спиралью и внёс её в луч, исходящий от прибора. Спираль загорелась. Я с интересом смотрел на это.

- Что, никогда не видел такого? - спросил Левин с некоторым торжеством.

Я-то был не лыком шит и такое видел, поскольку у меня дома был любительский УКВ-передатчик. Зрелищем, как горит никуда не подключённая лампа, меня удивить было нельзя. Но лампа горела как-то странно. Я присмотрелся и понял, что она горит пунктиром, как бы чётками.

- Какая здесь длина волны? - спросил я Григория Яковлевича.

- А как ты думаешь?

- Это неправдоподобно, но, по-моему, меньше сантиметра...

Левин и Бородин переглянулись. Я испугался, что сказал какую-то глупость.

- Правильно, - сказал Левин. - Восемь миллиметров. Только этого не надо популяризировать.

- А откуда берутся такие волны? Если это не секрет...

Я не помню точно, что он мне ответил, но до сих пор хорошо помню его выражение лица.

Левин был горд достижением своей группы. Но одного только технического успеха ему было мало. Он хотел понять физический механизм работы своего прибора. Для этого нужны были теоретики. Но сотрудники теоротдела не очень стремились сотрудничать с ним. У них были другие, более интересные для них задачи. Удобнее было иметь "лабораторного теоретика", подчинённого руководителю группы и заведующему лабораторией, которому можно было задать желаемую тематику исследований. Так я оказался причастен к теории клинотрона.

Начинать пришлось с хорошо известной книги В. И. Лопухина и статьи В. Н. Шевчика, в которой предлагалась простейшая нелинейная теория ЛОВ. Статья была простая, понятная и полезная, и мы с Ю. А. Беловым пытались воспользоваться её идеей для построения подобным же образом теории клинотрона. Раньше нас такую теорию построил и напечатал в секретном сборнике А. С. Тагер. Но к моменту её выхода мы уже понимали, что такая теория пригодна весьма ограниченно, так как при оптимизации прибора по КПД параметр нелинейности, который полагается малым, перестаёт быть таковым. Левин настоял, чтобы я написал об этом письмо Тагеру. Курировать эту акцию он поручил Бородину. Письмо я написал и даже заклеил в конверт с адресом. Свой внутренний протест я выразил тем, что спросил Александра Иосифовича:

- А можно послать письмо доплатным?

- Можно, - как сейчас, помню, ответил он. - Но тогда надо вдогонку ещё и хрюкнуть.

В начале 1959 г. мы с Беловым уже хорошо понимали, что при наилучшей передаче энергии от пучка к волне параметр взаимодействия электрона с волной нельзя считать малым. Этот факт ещё долгие годы игнорировался или встречался враждебно, как мне кажется, потому, что мешал массовому производству диссертаций. На эту тему мы написали статью, первую в нашей научной биографии. Сначала статья была доложена на семинаре в группе Левина. Она вызвала живой интерес и даже некоторую радость от того, что от лабораторного теоретика наконец-то появился какой-то толк. Выслушав доклад и обсудив

его, Левин счёл возможным вынести его на семинар лаборатории и повторить в присутствии А. Я. Усикова. Узнав об этом, Александр Яковлевич пожелал предварительно побеседовать со мной. Я пришёл к нему в кабинет и, стоя у доски, рассказал все наши соображения. Усиков остался доволен и в качестве напутствия сказал:

- Не говорите сложно. Говорите просто и доходчиво. Как Павел Эренфест.

И он рассказал, как в 1930-е гг. в Харьков приезжал Эренфест и какое яркое впечатление произвёл он своими лекциями. Это была моя первая обстоятельная беседа с А. Я. Усиковым.

На семинаре лаборатории было решено, что работу следует опубликовать. Для этого по действующим правилам её надлежало доложить на учёном совете. Однако теоретические работы сначала должны были пройти проверку на семинаре теоротдела. Для этого нужен был рецензент. Усиков попросил заведующего теоротделом профессора В. Л. Германа найти на роль рецензента объективного человека. Но сначала у меня состоялась дискуссия с самим Германом. Он был человеком, преданным математике, питавшим любовь к точным решениям и относившийся с некоторым подозрением ко всякого рода приближённым методам. Поскольку в нашей работе фигурировало приближение заданного поля и уравнение энергетического баланса, это определило настороженное отношение Германа к статье.

- Что это за приближение? - говорил он. - Мы даже не знаем, к чему это приближение.

- Как к чему? К решению точной задачи.

- А где она, эта задача? Кто её сформулировал?

Об энергетическом балансе разговор был ещё труднее.

- Понимаете, - говорил он, - из каких-то бухгалтерских соображений вы написали это уравнение, а теперь пытаетесь делать из него математические выводы.

Тут я обиделся не на шутку и поспешил свернуть разговор. И только недавно понял, что обижаться было не на что: просто он остроумно обыграл употребление слова "баланс".

На семинаре теоротдела Герман изложил ситуацию и сказал:

- Нужен человек, который был бы по определению объективным.

И предложил В. М. Конторовича. Конторович был знаком с клинонроном лучше других сотрудников теоротдела, одно время он сотрудничал с Г. Я. Левиным и по его просьбе курировал мою деятельность. Но он был знаком ещё и со мной. Поэтому он наотрез отказался:

- Я не могу быть объективным.

Роль рецензента досталась Э. А. Канеру. Он был весьма недоволен этим, рассматривал

статью придирчиво и возмущался каждым мелким промахом в её оформлении, а тем более, в изложении. Я отвечал решительно, с готовностью стоять до конца. По ходу разговора я заметил, что при всём своём раздражении Канер воспринимает мои утверждения вдумчиво и готов менять свою позицию под давлением логики. Он действительно оказался объективным рецензентом. И только в одном вопросе мне пришлось полностью уступить ему. Во время беседы я перепутал листы статьи.

- Ты даже листы перекладывать не умеешь! - с возмущением воскликнул Канер.

- Научи, если ты умеешь, - ехидно ответил я.

- Хорошо, - сказал Канер. - Я тебя научу. Вот, смотри.

И он стал перекладывать листы, предварительно переворачивая их. В результате, после просмотра статьи листы оставались в прежнем порядке. С тех пор я всегда пользуюсь этим приёмом и учу ему молодых сотрудников.

Статью мы послали в "Радиотехника и электроника". Вскоре мы получили неприязненную рецензию. Формально она не была отрицательной, и редакция только просила разбить статью на параграфы. Но мы были молодыми и горячими. Мы обиделись на недружественный тон рецензента и некоторые, как нам показалось, подтасовки в утверждениях и статью в редакцию не вернули. Многие годы она ходила в Институте по рукам, и каждый очередной диссертант спрашивал у меня разрешения воспользоваться ею. Пока не настали новые времена...

Если амплитуда высокочастотного поля не зависит ни от времени, ни от продольной координаты, уравнение движения электрона совпадает с уравнением колебаний физического маятника и решается в квадратурах (хоть пользы от этого не так уж много). В клинотроне же, даже при этих условиях, уравнение движения содержит в правой части экспоненциальный множитель и потому не решается в квадратурах. На это мне указывали многие товарищи. Но амбиции часто мешают адекватному восприятию реальности. Поэтому в 1959 г. я целый месяц провёл в интенсивных поисках точного решения. Одновременно я предлагал это упражнение многим своим приятелям. Дело принимало серьёзную спортивную окраску, и тот, кто найдёт точное решение, должен был стать своего рода чемпионом.

Однажды эту задачу получил от меня корейский студент Цой Сун Чер. Через некоторое время он объявил, что нашёл точное решение. Мы с ним долго проверяли выкладки, занимавшие общую тетрадь, и в конце концов нашли ошибку. Он был очень огорчён и спросил меня:

- Тебе что нужно, точное решение или его свойства?

- Конечно, свойства, - ответил я.

- Так я тебе их исследую. Качественными методами.

Вскоре это исследование появилось. Это было красивое, изящное исследование. В частности, там было показано, что, когда электрон достигает гребня волны, которого не может преодолеть, происходит захват электрона, а не отражение от гребня в обратную сторону. (Только недавно у меня нашлось время проверить это численным счётом. Утверждение оказалось верным.)

Таким образом, мы увидели, что в этих задачах можно многое сделать качественными методами. Но для получения количественных результатов нужен был численный счёт. А между тем, наше знакомство с вычислительной техникой было основано на газетных статьях и популярных брошюрах (которые, кстати, тогда были определённее лучше современной профессиональной литературы). В нашем непосредственном поле зрения был только университетский "Урал" (без номера) с производительностью сто операций в секунду (оперативная память была на магнитном барабане, вращавшемся со скоростью 100 оборотов в секунду).

Я предложил Г. Я. Левину осваивать численный счёт. Он поддержал этот курс и поручил мне подготовить задачу и заключить договор на её решение с ВЦ ХГУ. Я заключил договор на 10 тыс. рублей (это было до реформы 1961 г.). Формулировка технического задания начиналась со слов "Осуществить следующий итерационный цикл".

Через некоторое время меня вызвал в теоретический отдел университетский профессор А. Я. Повзнер, работавший в ИРЭ по совместительству. (Когда-то он читал у нас методы математической физики. Был очень строгий, и мы его боялись как огня.) Повзнер ждал меня у доски. Разговор начался с вопроса:

- Что это за бумажку вы принесли на ВЦ?

Чем он закончился, я здесь излагать не буду. В промежутке я рассказал ему постановку задачи и ответил на некоторые его вопросы.

Прошло более полугода, об этом договоре я уже забыл и думал совсем о другом, когда, проходя мимо университета, встретил И. Е. Тарапова, бывшего тогда заведующим университетским ВЦ.

- Что же вы не заходите? - воскликнул он. - Или уже потеряли интерес к задаче?

- Да в общем-то, нет, - немного растерянно ответил я. - Но я думал, что дело уже заглохло...

- Совсем наоборот! Мы сейчас как раз занимаемся ею.

Прошло ещё немного времени и мне вручили результат в виде рулона бумажной ленты, на которой была напечатана искомая функция вместе со значением параметра нелинейности в режиме наибольшего КПД. Его значение совпадало с моим результатом, полученным за одну ночь получисленным методом с использованием логарифмической линейки.

И всё-таки этот эпизод преподал мне важный урок и запомнился надолго. Никакого итерационного цикла в алгоритме не было. Задача была решена очень изящно и совсем другим способом. Здесь совершенно явно просматривался почерк математика высокого класса. Я спросил, кто он. Мне назвали В. А. Марченко.

Левину очень хотелось вовлечь теоретиков в исследование природы "клиноотронного эффекта". Ещё при выполнении темы "Боксит" ему удалось привлечь В. Л. Германа к составлению отчёта. Герману удалось найти точное решение задачи о распространении плоской электромагнитной волны в однородной плазме при наличии однородного постоянного магнитного поля. У него получалось, что передача энергии от электронов волне возможна только в том случае, если угол между волновым вектором и направлением магнитного поля отличен от нуля. Это вызвало у Левина энтузиазм, и он включил раздел Германа в свой отчёт в качестве приложения (хотя к клиноотрону это на самом деле не имело отношения: события разыгрывались в открытом пространстве). Когда я пришёл в его группу, он вскоре поручил мне ознакомиться с этим приложением. Я детально не вникал в него, но внимательно прочитал и понял, что это работа математика, который искренне любит точные решения. Я его понимал: у меня тоже ещё не угасла студенческая любовь к точным решениям, хотя до таких высот мне подниматься не удавалось.

После этого Левин захотел, чтобы я поговорил об этой работе с Германом. Я задал ему несколько мелких вопросов для приличия, а потом спросил то, что меня действительно интересовало:

- Предполагается ли где-нибудь опубликовать этот результат?

Герман ответил задумчиво, с какой-то неловкостью и даже грустью в голосе:

- Видите ли... Каждый человек имеет много намерений...

Теперь это приложение уже полвека пылится на полках, а качественное исследование движения клиноотрона так и вовсе неизвестно где.

Тем не менее, Левину кое-что удалось в части привлечения теоретиков. В 1959 г. в закрытом сборнике трудов ИРЭ появились работы В. М. Конторовича и В. Я. Малеева по линейной теории клиноотрона. Я в то время был ещё молодым специалистом и относился к таким работам с

некоторым высокомерием, поскольку линейная теория не дотягивает до уровня хорошей нелинейной теории. В частности, она не позволяет описывать стационарный режим генератора, а потому не даёт возможности найти КПД - того, что дороже всего экспериментатору.

Только спустя много лет я понял, что эти работы следовало не критиковать, а всячески хвалить. Потому что они уступали *хорошей* нелинейной теории, которой нет и до сих пор, но превосходили по уровню культуры все остальные нелинейные теории, как существовавшие, так и появившиеся позже.

Однажды, выступая на семинаре теоретического отдела по поводу теории электронных приборов СВЧ, А. Я. Повзнер сказал:

- Если бы кому-то удалось описать всё это на корректном математическом языке, это был бы большой вклад в науку.

Эта фраза авторитетного специалиста-математика была большой моральной поддержкой тем, кто хотел попробовать свои силы в этой области, в частности, мне.

Было понятно, что двигаться надо в направлении развития метода Крылова-Боголюбова-Митропольского и его распространения на случай уравнений в частных производных, прежде всего, волнового уравнения. С этим методом я был знаком благодаря моему руководителю дипломной работы Якову Борисовичу Файнбергу. Он настоял на том, чтобы я ознакомился с книгой Боголюбова и Митропольского "Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний".

- Ну что? Правда, красиво? - спросил Файнберг.

Я, правду говоря, понял красоту идеи несколько позже, когда работал уже сам. Эту идею мне удалось распространить на одну из простейших задач, связанных со слабо нелинейным волновым уравнением. Эту статью я послал на суд Ю. А. Митропольского, не выражая какой-либо определённой просьбы. Через пару недель я получил толстый пакет из редакции журнала "Доповіді АН УРСР". Там была моя статья, представление Митропольского и записка из редакции, в которой меня со скрытым возмущением спрашивали: "Неужели вы не могли прислать статью в редакцию сами, не обременяя Митропольского?"

Эта статья вышла в 1962 г., и как я узнал позже, Файнберг давал её, в числе других материалов, на изучение своим дипломникам.

Однажды, ещё до выхода статьи, в Доме учёных был очередной городской семинар по теорфизике. Был хороший летний день, и в перерыве мы вышли на улицу. Ко мне подошёл Канер,

панибратски взял меня под руку, подвёл к Повзнеру и сказал:

- Александр Яковлевич! Этот человек получил интересный результат по теории нелинейных уравнений, но стесняется говорить об этом.

И Повзнер, тот самый Повзнер, которого мы боялись как огня, сказал мне любезно, совсем не так, как тогда у доски:

- Если вы захотите поговорить со мной, можете звонить в любое время.

Но вскоре он уехал в Москву, и я его так больше и не видел.

Ещё один факультативный штрих. Когда мы пришли на первый курс физмата, математику у нас читал добрейший Яков Павлович Бланк (*Le géomètre russe Blank*, как было написано в одной французской статье). Старшекурсники вводили нас в курс дела, и в числе прочего мы услышали такое. Бланк в зачётке расписывается: "Я - Бланк". А Повзнер расписывается: "А я - Повзнер!"

Как уже видно из сказанного здесь, тот, кто ожидал от теоретиков нелинейной теории клинотрона, был обречён на долгое ожидание. Догадываясь об этом, экспериментаторы стали сами пытаться строить простейшие теории, чтобы как-то объяснить природу клинонронного эффекта. Эти попытки развивались в двух направлениях. Одни вслед за Левиным хотели видеть в этом некий загадочный новый физический эффект. Другие считали его чисто геометрическим и связывали с тем, что благодаря наклону пучка все электроны успевают в своё время попасть в область сильного высокочастотного поля и там эффективно передать ему часть своей энергии. Первую диссертацию по клинонрону защитил А. И. Бородин. В ней он склонялся к первой точке зрения. Следующей была диссертация А. Я. Кириченко, в которой он несложными расчётами подтверждал вторую точку зрения. Эти дискуссии продолжались долго и не полностью исчерпаны даже на сегодняшний день. Правда, в загадочный физический эффект теперь уже мало кто верит, но никто не опроверг предположение, что в экспоненциально нарастающем поле электрон при определённых условиях может отдавать энергию более эффективно, чем в поле с постоянной амплитудой.

Для решения этого вопроса, также как и ряда других вопросов о тонкостях обмена энергией между пучком и волной, нужен обстоятельный численный счёт. Раньше он был совершенно недоступен из-за слабости вычислительной техники. Теперь такой проблемы нет. Но есть другое препятствие: за истекшие полвека сменились поколения теоретиков, и новое поколение не так уважительно, как старое, относится к строгим аналитическим методам, предпочитая, чтобы ма-

шины, как в классической утопии, выполняли трудную работу за человека.

Мне запомнилась одна стихийно возникшая дискуссия на учёном совете между Ф. Г. Бассом и В. П. Шестопаловым. Басс говорил, что численные методы плохо раскрывают физическую сторону вопроса, и надо больше внимания уделять аналитическим методам.

- Да куда вы годитесь со своими аналитическими методами! - возмущался Шестопалов. - Вы можете построить теорию только с малым параметром, а в практических задачах эти параметры никогда малыми не бывают. И когда нужен практический расчёт, вы ничего сделать не можете.

- Физическая теория, - отвечал Басс, - нужна не для расчёта, а для понимания физических закономерностей. А физические закономерности хорошо видны в теории с малым параметром и плохо - в результатах численного счёта.

Я с удовольствием слушал этот спор, не имея желания вмешаться в него, чтобы не нарушить его первозданную прямолинейность. Каждый из них находил очень точные слова, чтобы выразить свою сторону истины, но подлинная истина проступала только в единстве обеих точек зрения.

Но этот разговор был уже существенно позже, а в описываемое здесь время выбора между аналитическими методами и численным счётом ещё не было. Те избранные, которые имели привилегированный доступ к вычислительной технике, ещё не всегда хорошо понимали, как рационально воспользоваться ею. Как, впрочем, и в случае аналитических методов. Например, иногда получение дисперсионных уравнений для многочисленных вариантов замедляющих систем отнимало у людей те силы, которые при более интеллигентном подходе можно было использовать для решения актуальных нелинейных задач.

Что же касается меня, то забота о средствах вычислительной техники увела меня далеко в сторону. В 1964 г. институт получил современную машину "Минск-2" (при некотором моём участии), на которой уже можно было делать кое-какие серьёзные расчёты. Но я к этому времени занимался уже совершенно другим, а моё взаимодействие с Левиным постепенно угасло. Вместо меня у него появились другие лабораторные теоретики: И. Л. Вербицкий, М. В. Мильчо, В. И. Михайлов и другие.

Но теория теорией, а "древо жизни" продолжало зеленеть. Г. Я. Левин со своей лабораторией, а в апогее - отделом ШГ (широкодиапазонного генерирования) продолжал совершенствовать своё детище и осваивать с его помощью всё более короткие волны. Его знали во всех концах страны и приезжали к нему отовсюду. Когда я

общался с ним, в поле зрения почти всегда был какой-нибудь гость издалека.

Однажды на всесоюзной конференции к нему обратился представитель другой организации. Ему нужен был для исследований клино́трон Левина и какая-то измерительная аппаратура Е. М. Кулешова. С Кулешовым он уже договорился и хотел сказать об этом Левину, но перепутал фамилию и сказал:

- Григорий Яковлевич! Я только что разговаривал с Левиным...

- И что же он вам сказал? - с живым интересом спросил Левин.

Однажды в лабораторию приехал научный сотрудник из Саратова, уже получивший однажды клино́трон и успешно использовавший его. Левин поинтересовался, как он работает.

- Хорошо работает, - ответил гость, - только всё съедают гидрометеоры.

- Кто съедает? - с возмущением спросил Левин.

Григорий Яковлевич часто делал доклады на всесоюзных конференциях о своих дости-

жениях. В них всегда звучал энтузиазм и готовность идти дальше по этому пути к новым успехам.

И вот сейчас, когда я сижу за компьютером и пишу эти строки (а старый дешёвенький компьютер по производительности превосходит весь мировой парк машин того времени), за окном стоит точно такая же погода, как в марте без года полвека назад. Я регулярно приходил тогда утром на работу, шёл в уникальную уфтинскую библиотеку и там занимался - нет, не клино́троном, а изучением матанализа по Фихтенгольцу для математиков, тем, чего не успел сделать вовремя. Левин прекрасно знал об этом, но никогда не подавал вида. Он считал, что чем грамотнее будет лабораторный теоретик, тем больше будет пользы для лаборатории.

Потом мы с Беловым выходили из режимного института, шли по весенней улице в сад Шевченко или в центр и по дороге вели горячие дискуссии о теории электронных приборов.

"Хороша была наша эпоха!.."

*Рукопись поступила 14 февраля 2007 г.*