



Мы опять возвращаемся к событиям 50-летней давности, к этапу широкого использования электроискровых технологий в различных отраслях промышленности СССР, к периоду создания принципиально новых, особо точных методов электроискрового изготовления деталей в НИИ-160 – головном предприятии электронной промышленности Советского Союза, созданном в годы Великой Отечественной войны в городе Фрязино.

Б. И. Ставицкий, лауреат Ленинской премии, к.т.н., с.н.с., главный конструктор электроискрового оборудования электронной промышленности, г. Фрязино (Россия)

ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ. (К 100-летию Б.Р. Лазаренко)

Уже к началу 1960-х годов большое распространение получило электроискровое прецизионное оборудование для изготовления деталей электродом-проволокой, впервые в мире созданное на головном предприятии Государственного союзного научно-исследовательского Института ГК СМ СССР по радиоэлектронике — НИИ-160.

При изготовлении крупных партий большой экономический эффект давало применение копировальных электроискровых установок, на которых формообразование деталей осуществлялось электродом-проволокой благодаря копированию их профиля по копиру с помощью маломощных искровых разрядов. Сотрудником НИИ-160, инженером (молодым специалистом, выпускником Ереванского политехнического института) К.К. Гуляряном еще в конце 1959-х годов было предложено принципиально новое решение.

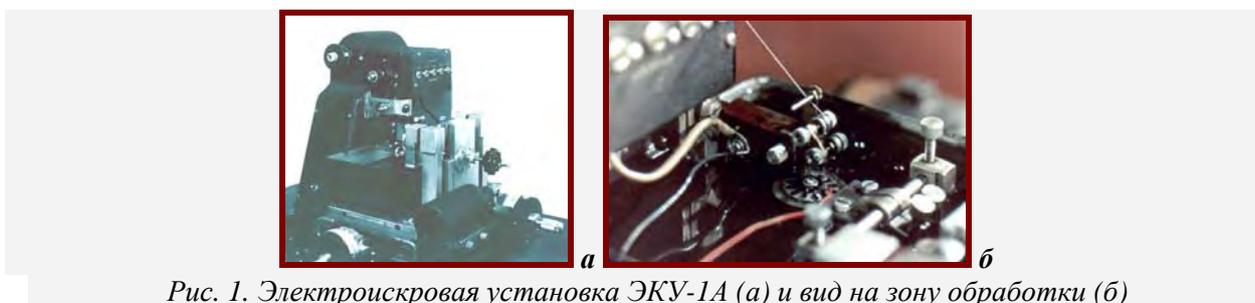


Рис. 1. Электроискровая установка ЭКУ-1А (а) и вид на зону обработки (б)

На рис. 1 представлена электроискровая установка ЭКУ-1А с устройством для изготовления деталей сложного профиля электродом-проволокой по копиру (а) и вид на зону обработки этой установки (б).

Из всех применяемых принципов копирования «ощупывание» искрой является наиболее совершенным и чувствительным. Он обладает следующими существенными преимуществами:

- простота исполнения,
- высокая чувствительность и точность копирования,
- легкость усиления управляющих сигналов,
- практически нулевой износ копира и щупа благодаря отсутствию как механического истирания, так и электрической эрозии,
- возможность применения непроводящих материалов, покрытых тонким токопроводящим слоем копируемой поверхности.

Недостаток такого способа изготовления деталей – необходимость изготовления копира. Однако во многих случаях копиром может служить одна из ранее изготовленных деталей. Суще-

ственным недостатком этого метода является невозможность осуществления процесса копирования миниатюрных деталей, например замедляющих систем ЛОВ или анодных блоков магнетронов миллиметрового диапазона длин волн. В электронной промышленности этот способ изготовления сложнопрофильных деталей не получил применения, а опытный образец установки был передан в ЦНИЛ-Электром АН СССР по просьбе Б.Р. Лазаренко.

Эта схема получила практическое воплощение в разработанной ЦНИЛ-Электром АН СССР электроискровой установке «Электром-15», которая после передачи ЦНИЛ-Электром в систему Министерства станкостроения и инструментальной промышленности СССР превратилась в установку 4531 и стала выпускаться Кироваканским заводом прецизионных станков.

На базе этого станка в середине 1960-х годов в ЦНИЛ-Электром инженеры Г.И. Алкин и Длугач создали электроискровой проволочный вырезной станок с числовым программным управлением модели 4531П (рис. 2).



Рис. 2. Электроискровой станок модели 4531П с цифровым программным управлением, разработанный в ЦНИЛ-Электром в середине 1960-х годов

Краткая техническая характеристика станка 4531П	
Размеры обрабатываемой детали (максимальные), мм	160x125
Толщина детали, мм	30
Ширина реза, мм	0,1-0,3
Точность обработки, мм	0,01-0,02
Производительность по твердому сплаву, мм/мин	3-8
Шероховатость обработанной поверхности R_a , мкм	0,35-3,2
Перфолента, мм	35
Интерполятор	Линейно-эллиптический

Он был предназначен для вырезания по программе сложнопрофильных деталей из твердых сплавов и других токопроводящих материалов: рабочих элементов вырубных и некоторых видов гибочных штампов, высадочных матриц, копиров, шаблонов, фасонных резцов и других деталей единичного и мелкосерийного производства. На рис. 3 представлены некоторые детали, изготовленные на этом станке.

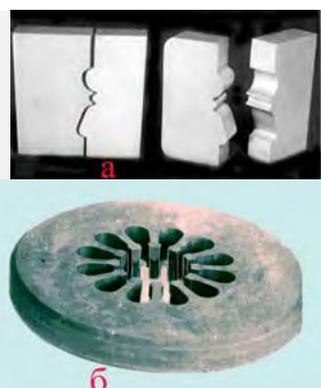


Рис. 3. Гибочный штамп из заготовки ВК-6 (размером 55x55 мм) толщиной 10 мм, разрезанной пополам электродом-проволокой $\varnothing 0,25$ мм (а), и образец матрицы штампа диаметром 60 мм (б)

Станок 4531П был принят Государственной комиссией и рекомендован к производству на Кирово-Вятском станкостроительном заводе. Но из-за негативного отношения к «чужаку» головной организации Минстанкопрома ЭНИМСа он так и остался в единичном экземпляре.

На фото вверху – сравнение цикла изготовления стального штампа механическим способом и твердосплавного – электроискровым. Как видно из представленной фотографии, при механической обработке время изготовления стального штампа составляет 60 часов, и он выдерживает 10000 деталей до переточки. Время изготовления твердосплавного штампа почти в два раза меньше, и он выдерживает в 50 раз больше переточек.

Просматривая работы, посвященные электроискровой обработке и опубликованные в отечественной и зарубежной печати более 50 лет назад, можно сделать следующие основные выводы: при электроискровой обработке металлов в жидкой диэлектрической среде использовались импульсы длительностью от нескольких до 1500–2000 мкс, амплитудой тока от 10 до 10000 А, частотой следования импульсов от 50 до 100000 имп/с, энергией от 0,001 до 100 Дж.

- Основное внимание уделялось исследованиям электрической эрозии электродов при электрических разрядах, имеющих запасы энергии в импульсе в пределах от десятых долей джоуля до нескольких джоулей.

- Процесс электроискровой обработки легко поддается автоматизации. Занятость рабочего обслуживанием установки ограничивается 20% времени, необходимого для производственного процесса.

- Электроискровой способ обработки металлов не усовершенствует в существующую технику металлообработки, а является совершенно новым процессом, основанным на иных принципах и открывающим столь широкие перспективы, что слово «невозможно» должно совершенно исчезнуть из лексикона механиков.

- В практике электроискровой обработки металлов не было случаев электроискрового изготовления деталей, подобных деталям электровакуумных приборов, с точностью до 0,002 мм и шероховатостью обработанной поверхности R_a до 0,1–0,2 мкм.

Вновь возвращаясь к периоду, когда были начаты исследования возможности применения электроискрового способа для изготовления деталей электровакуумных приборов, благодарю судьбу за то, что она свела меня в МАТИ в 1949 г. с выдающимся изобретателем способа обработки материалов электрическими (искровыми) разрядами – Б. Р. Лазаренко. Он убедил меня в неисчерпаемых возможностях этого нового, прогрессивного метода формообразования материалов и вдохновил посвятить всю свою жизнь исследованию и совершенствованию электроискрового процесса. Поэтому свой дипломный проект я посвятил проблеме электроискрового шлифования весьма хрупких литых магнитных сплавов, которые не поддаются механической обработке.

Затем, после окончания МАТИ и курсов при МВТУ им. Баумана (в 1951 г.), судьба забросила меня вначале в Саратов на один из заводов электровакуумной промышленности, а затем в аспирантуру НИИ-160 в Подмоскowie в 1953 г., где свела меня с Мстиславом Михайловичем Фёдоровым, в то время директором НИИ-160. (О встречах с ним и об этом периоде уже упоминалось в моих очерках в международном информационно-техническом журнале «Оборудование и инструмент для профессионалов», в серии – «Металлообработка».)

НИИ-160 – электровакуумный институт с опытным заводом – был создан в соответствии с постановлением Государственного комитета обороны СССР от 4 июля 1943 г. в составе Наркомата электропромышленности в целях обеспечения новых разработок и серийного производства радиолокаторов современными электровакуумными изделиями. Он поочередно входил в разные государственные структуры оборонных отраслей промышленности СССР (НКЭП – наркомат электропромышленности, МПСС – Министерство промышленности средств связи, МЭСЭП – Министерство электростанций и электропромышленности, МРТП – Министерство радиопромышленности, ГК СМ СССР по радиоэлектронике, ГК СМ СССР электронной техники и, наконец, МЭП – Министерство электронной промышленности...).

Интересно, что, проработав непрерывно в институте почти 50 лет (с 1953 года по ноябрь 2002-го), я по трудовой книжке якобы сменил несколько предприятий. В течение десятилетий действительное местоположение НИИ-160 было засекречено.

Электронику в начале 1950-х курировал Л.П. Берия. Директором НИИ-160 тогда был А.А. Захаров, который одновременно занимал ещё должности зам. министра и начальника главка. Основную же нагрузку по руководству института нес его главный инженер В.А. Гольцов. Нашему институту тогда был передан государственный заказ на пальчиковые лампы серии «Анод», которые требовались для системы управления первой советской «летающей крепостью».

Ранее эту задачу пытался решить Московский электроламповый завод – МЭЛЗ, но работа провалилась. На требование Берии дать предложения по форсированию работы Захаров, подумав, написал на чистом листе бумаги:

- повысить категоричность института;
- ввести дополнительный отпуск для сотрудников с учёной степенью по аналогии с АН СССР;
- провести во Фрязино электричку.

Особенно показательно было исполнение указаний властных структур на примере электрички – через два месяца к городу уже подвели пути.

Н.В Черепнину, начальнику отдела "Приемных Усилительных Ламп" (ПУЛ), удалось решить поставленную задачу – обеспечить необходимую надежность и долговечность ПУЛ. И производство этих ламп стало на какой-то период основным для института.

С середины 1950-х годов в стране стали разрабатываться новые радиолокационные системы, для которых потребовались новые СВЧ-приборы, например магнетронные генераторы. Они имели в своей основе высокую техническую новизну, реализация которой в производстве не была подкреплена техническим оснащением.

Базовые технологические процессы современных СВЧ электровакуумных приборов содержат тысячи технологических операций. Число деталей в приборе достигает сотен единиц. При их создании и производстве используются десятки процессов. Среди них и электроискровая обработка замедляющих и резонаторных систем, сеток электронных пушек, магнитов и других деталей СВЧ приборов, многие из которых изготовить другими способами невозможно.

Здесь уместно вспомнить об особенностях проведения исследований на «закрытых» предприятиях, об их плюсах и минусах, а также объективно сравнить имевшиеся на них возможности с особенностями проведения подобных исследований в учебных институтах, например таких, как Киевский политехнический институт и др., или в лабораториях и институтах АН СССР.

Применение промышленных электроискровых установок, разработанных Ленинградским карбюраторным заводом им. В.В. Куйбышева, Ленинградским филиалом ВПТИ МТрМ, ОКБ Главниипроекта при Госплане СССР и другими организациями, для выяснения возможности использования электроискрового способа в производстве деталей электровакуумных приборов СВЧ не представлялось возможным из-за несоответствия их технических показателей для решения поставленных задач. Это потребовало создания соответствующих экспериментальных особо точных установок двух модификаций: для изготовления деталей тончайшей проволокой $\varnothing 0,02-0,03$ мм и для формообразования деталей методами копирования профиля электрода-инструмента.

В то время у нас, на предприятии, входящем в одно из министерств ВПК, также не было проблем с материально-техническим обеспечением исследований. Была только одна забота, чтобы эти исследования, прежде всего, приносили пользу промышленности, а не выполнялись только для того, чтобы удовлетворять свои научные интересы за государственный счет. Поэтому мне не пришлось проявлять чудеса изобретательности, чтобы где-то разыскивать необходимую для исследований аппаратуру: инструментальные измерительные микроскопы МИИ-8, БМИ-1 и УИМ-21, вертикальный металлографический микроскоп МИМ-7, двойной микроскоп МИС-11, интерферометр МИМ-4, проекторы – большой БП и часовой ЧП, двулучевые импульсные катодные осциллографы ОК-17М, микротвердомер ПМТ-3 и многое другое. Все это появлялось в лаборатории по мере необходимости. Более того, сам директор института Мстислав Михайлович Фёдоров, взявший под личный контроль развитие электроискровых технологий, ознакомившись с информацией о каком-либо новом приборе, мог позвонить мне и спросить, не нужен ли он нам? Согласитесь, сейчас это кажется фантастическим.

Вместе с тем и уровень зарплат ИТР, научных сотрудников и учёных, работников предприятий министерств ВПК был значительно выше, чем в институтах АН СССР и высшего образования. Однако сотрудники этих предприятий, к сожалению, имели существенные ограничения в публикации результатов своих работ, были лишены возможности нормально контактировать с зарубежными коллегами на международных выставках, конференциях и симпозиумах, а также в случае необходимости обсуждать с ними возникающие проблемы.

Однако я с благодарностью вспоминаю то советское время, когда мы все жили не богато, но были одеты, обуты и не имели «прелестей» нынешней жизни в неокapиталистическом обществе и могли без особых усилий преодолевать возникающие на нашем пути препятствия. Важно, что мы тратили на дорогу до места работы считанные минуты, имели возможность обедать дома. Бы-

ли уверены в завтрашнем дне и в том, что всё, что делается, – это к лучшему. Даже в страшном сне нам не могло присниться то, что произошло с нами за 15–20 последних лет.

Роль электроискрового опытно-производственного участка

Передача электроискрового опытно-производственного участка, полигона для отработки электроискровых технологий и связующего звена с разработчиками электронных приборов, в один из цехов завода лишил Отдел 62 электрических методов обработки материалов этой связи. А на опытно-производственном участке отдела не только обрабатывались технологические процессы изготовления деталей электронных приборов, но и осуществлялось изготовление партий таких деталей, сложнопрофильного инструмента и разнообразных сувениров для рекламы новых электроискровых методов формообразования. Сувениры, изготовленные с использованием новых электроискровых технологий, являлись прекрасной возможностью для специалистов, в том числе и высокопоставленных чиновников, ознакомиться с этими методами.

На рис. 4 представлен шарик $\varnothing 24$ мм подшипника, в котором электродом-проволокой $\varnothing 0,04$ мм вырезан сложный профиль: пятиугольная звезда с расходящимися от неё пазами шириной 0,06 мм, а также три буквы «С» и одна «Р». В центре шарика (будущей звезды) электроискровым способом «прошито» отверстие диаметром 0,5 мм для завода электрода-проволоки. Буквы «СССР» и звездочка, вырезанные в шарики, могут легко перемещаться.



Рис. 4. Сложный профиль, вырезанный в шарике $\varnothing 24$ мм подшипника электродом-проволокой $\varnothing 0,04$ мм

Буквы и звезда в шарике выдвинуты и могут быть удалены как отход. Это убедительно демонстрирует, что изготовление любого изделия можно осуществлять электроискровым способом с ничтожным количеством «стружки».

На рис. 5 в лезвиях безопасной бритвы вырезаны сложнопрофильные пазы $b = 0,06$ мм: 1) «Прецизионная электроискровая обработка»; «ГК СМ СССР по электронной технике»; «Коммунизм – это есть Советская власть плюс электрификация всей страны В. Ульянов (Ленин). В верхнем правом углу – изображение товарного знака на оборудовании, выпускавшемся ОКБМ НИИ-160, вырезанное электродом-проволокой; 2) в верхней части лезвия, по сравнению с предыдущим лезвием, добавлен автограф «Б. Лазаренко», внизу надпись: «Коммунизм – светлое будущее всего человечества».

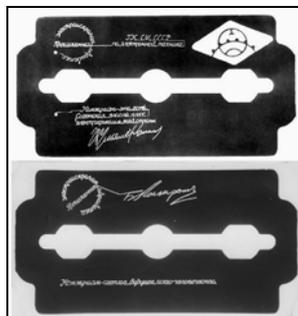


Рис. 5. Прорези сложного профиля, вырезанные насквозь электродом-проволокой $\varnothing 0,04$ мм в лезвиях толщиной 0,1 мм

На рис. 6 – портрет Ю.А. Гагарина и значок с надписями «ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ ОБРАБОТКА» и «ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING» со стилизованным рисунком «Искра – по-

коренная человеком». Всё вырезано насквозь электродом-проволокой по эскизам. Нержавеющая сталь толщиной 1,5 мм.



Рис. 6. Портрет Ю.А. Гагарина и значок со стилизованным рисунком «Искра – покоренная человеком» и надписью

Пятиконечную заготовку портрета и колодочку предварительно отполировали. После их электроискрового изготовления они были покрыты плёнкой «под золото».

На рис. 7 приведены примеры знаков зодиака – Водолей, Рыбы, Весы и Стрелец, вырезанных электродом-проволокой на фотокопировальной установке по эскизу в отполированных заготовках нержавеющей стали толщиной 1,0 мм.



Рис. 7. Знаки зодиака (Ø21 мм). Водолей, Рыбы, Весы и Стрелец. Материал нержавеющая сталь, $b = 1,0$ мм



Рис. 8. Портрет В.И. Ленина, его автограф «В.Ульянов (Ленин)» и надпись с выступающими буквами внизу (а). Портрет и автограф Ф.Э. Дзержинского (б). Рисунок памятника Богдану Хмельницкому в Киеве (в)

На рис. 8 – отпечатки рисунков, автографа В.И. Ленина «В.Ульянов (Ленин)»(а); Ф.Э. Дзержинского «Ф.Дзержинский» (б) и рисунок памятника Богдану Хмельницкому в Киеве (в) на полированных поверхностях кусков литого магнитного сплава ЮНДК; их лицевая поверхность была предварительно образована электроискровым разрезанием его на две половины электродом-проволокой.

Для того чтобы электроискровым способом на полированной поверхности куска литого магнитного сплава, который не поддаётся механической обработке, выполнить рисунок, необходимо тоже электроискровым способом изготовить ажурный электрод-инструмент.

На рис. 9 представлены: **а)** сувенир из куска бордовой яшмы, на полированной поверхности которой, символизирующей знамя, помещён стилизованный официальный портрет В.И. Ленина, вырезанный электроискровым способом электродом-проволокой из пластинки хромистой бронзы толщиной 0,5 мм, поверхность которой была отполирована. Ниже справа – ажурная цельная композиция из цифр **1917** и **1967** с расположенной между ними пятиугольной звездой; **б)** пример значка «Герб Советского Союза»; **в)** вариант значка В.И. Ленина.



Рис. 9. Аппликации на полированной поверхности яшмы элементов, вырезанных электродом-проволокой из хромистой меди толщиной 0,5 мм (а). Герб Советского Союза (б) и вариант значка В.И. Ленина (в)

Если внимательно рассмотреть профиль Ленина на представленных изделиях, можно убедиться в их идентичности, так как они выполнялись по одному чертежу – копии официально утвержденного рисунка.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ В ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП ОБРАТНОЙ ВОЛНЫ (ЛОВ)

Уже в начале 1960-х годов в НИИ «Исток» были созданы промышленные серии миниатюрных СВЧ-приборов принципиально нового класса, нашедших широкое применение в гражданской и военной технике, включая многочисленные космические системы. Они также использовались в помехозащищенных РЛС наземных, самолетных и корабельных зенитно-ракетных комплексов (ЗРК) систем ПВО. По своему уровню эти изделия соответствовали передовому мировому уровню, а оборудование, на котором они изготавливались, превосходило зарубежные аналоги.

Давайте вернемся к середине 1950-х годов — периоду поиска путей создания принципиально новых приборов СВЧ — отражательных клистронов для радиорелейных линий связи, многолучевых приборов (уникальных миниатюризированных клистронов, ЛОВ миллиметрового, субмиллиметрового и сантиметрового диапазона длин волн и др.).

Электростатические поля для фокусировки электронных потоков начали успешно применяться много десятилетий назад с момента зарождения электронной оптики. Но, чтобы обеспечить необходимый уровень параметров для ламп обратной волны (ЛОВ), требовалось увеличить рабочий ток на порядки, поэтому были нужны более эффективные способы электростатической фокусировки. В те далекие годы даже выдающиеся ученые высказывали сомнения в возможности реализации ЛОВ с электростатической фокусировкой. Однако для молодых энтузиастов в то счастливое время никаких авторитетов не существовало. Возникло решение создать ЛОВ с использованием периодической электростатической фокусировки (ПЭФ) вместо центробежной системы.

Суть идеи заключалась в том, чтобы в приборе применять не одно-, а многолучевой поток электронов, формируемый специальной электронной пушкой с плоскими электродами и периодическим электрическим полем, создаваемым замедляющей системой — основным узлом ЛОВ.

В 1950-е годы это была одна из первых попыток повысить эффективность работы СВЧ-приборов за счет увеличения числа рабочих лучей, предпринятая А.М. Алексеенко для ламп обратной волны сантиметрового диапазона длин волн с электрической фокусировкой. Эта идея уже успешно использовалась для ламп обратной волны (ЛОВ) миллиметрового и субмиллиметрового диапазона длин волн, а позже также для многолучевых приборов (МЛП) — клистронов и ламп бегущей волны (ЛБВ).

Создание промышленных образцов таких приборов стало возможным благодаря разработке впервые в мире в НИИ «Исток» электронной промышленности Советского Союза новых методов электроискрового изготовления особо точных деталей и соответствующего прецизионного оборудования.

На рис. 10 в качестве примера показаны многократно увеличенные фотографии участков замедляющей системы многолучевой ЛОВ субмиллиметрового диапазона длин волн.



Рис. 10. Замедляющая система многолучевой ЛОВ субмиллиметрового диапазона длин волн

Вначале в ее заготовке электроискровым способом электродом-проволокой диаметром 30 мкм прорезались четыре пролетных канала шириной 40 мкм на глубину до 150 мкм и длиной 25 мм (вид сверху, рис. 10). Затем поперек этих каналов электродом-проволокой диаметром 6–8 мкм – 590 пазов шириной $0,009^{+0,002}$ мм на глубину $0,05^{+0,005}$ мм с шагом 0,02 мм.

Электроискровая обработка электродом-проволокой диаметром 20–40 мкм, а затем и Ø 6–15 мкм появилась впервые в мире в электронной промышленности Советского Союза. Уже в середине 1950-х годов она начала применяться для прорезания узких пазов в электродах, предназначенных для электроискрового изготовления цельных сеток клистронов. А затем с созданием соответствующего электроискрового оборудования — замедляющих систем электронных ламп обратной волны (ЛОВ) миллиметрового и субмиллиметрового диапазона длин волн. Например, уже в 1961 году наибольшее количество замедляющих систем (около 600 шт.) было изготовлено проволокой ВА-3 диаметром 25–40 мкм, а проволокой Ø 15 мкм — более 300 шт. При этом величина межэлектродного зазора в зависимости от режима обработки (диаметра проволоки) составляла 1–5 мкм.

Таким образом, уже в середине 1950-х годов в электронной промышленности появилась возможность применения электроискрового способа обработки материалов для изготовления ажурных особо точных нежестких деталей. Было обеспечено изготовление миниатюрных деталей электронных приборов и технологического инструмента с точностью до единиц и шероховатостью обработанной поверхности до десятых долей микрометра. Оказалось возможным изготовление деталей, элементы которых не превышают 5–6 мкм¹.

Однако на начальной стадии разработки ЛОВ с электростатической фокусировкой сантиметрового диапазона длин волн при создании первых макетов выяснилось, что: электроискровая обработка непрофилированным электродом (движущейся проволокой Ø 30–40 мкм), обеспечивая нужную точность изготовления замедляющей системы (ЗС) — основного узла ЛОВ, имеющего весьма сложную конфигурацию, обладала недопустимо низкой производительностью; кроме того, она осуществлялась в среде керосина, что приводило к образованию на рабочей поверхности ЗС углеродной пленки, резко увеличивающей потери СВЧ-энергии. Существовавшие в те годы методы химической очистки не обеспечивали её удаления; а использование бескислородной меди в качестве материала ЗС оказалось недопустимым из-за ее недостаточной механической прочности после паяк и отжигов: малейшая деформация приводила к резкому ухудшению параметров ЛОВ.

Требовался новый материал, обладающий электрическими свойствами меди и высокой механической прочностью; теплообмен между частями ЗС, которые вынуждены были делать сборными (и поэтому они находились под различными потенциалами), был явно недостаточным и приводил к недопустимым изменениям геометрических размеров.

Изготовление ЗС из цельных заготовок благодаря применению электроискрового способа решило и эту проблему.

Создание высокопроизводительных установок с генераторами биполярных импульсов напряжения, обеспечившими изготовление деталей в обычной воде и исключившие загрязнения обработанных поверхностей продуктами, возникающими при обработке в среде керосина, а также их программного управления навсегда сняли проблемы производительности процесса и загрязнения зоны обработки.

Изготовление первых линий замедления из бескислородной меди даже деликатным электроискровым способом приводило к деформации элементов системы из-за внутренних напряжений в заготовках, которые возникали при их предшествующей механической обработке. Кроме того, изготовление ЗС в медных заготовках, отоженных при температурах более 500–600°C, также приводило к деформациям элементов системы из-за их недостаточной прочности. Это было выяснено при изготовлении ЗС кольцевого типа. Зубья шириной 0,1 мм и высотой 0,9 мм, расположенные с шагом 0,15 мм, при изготовлении их электродом-проволокой ВА-3 Ø 30–40 мкм в нормально отоженной заготовке ЗС толщиной 2,5 мм отгибались в сторону прорезанного паза.

Первые ЗС типа «встречные штыри» ЛОВ сантиметрового диапазона длин волн с периодической электрической фокусировкой (ПЭФ) были вырезаны электроискровым способом в заготовке, собранной из штампованных пластин, образовавших группу пролетных каналов в сборных заготовках. Такая замедляющая система, пазы в которой вырезаны электродом-проволокой, представлена на рис. 11.

Первые макеты ЛОВ с электростатической фокусировкой, подтвердившие правильность выбранного решения, были получены к концу 1959 года. Правда, изготовили их в условиях, далеких от требований вакуумной технологии. Цель была только в проверке принципа работы и получении эффекта генерации. Их изготовление впервые в мире электроискровым способом доказало, что ЛОВ с электростатической фокусировкой создавать можно.

¹ Об этом более подробно см. в Международном информационно-техническом журнале для профессионалов №2/2006, с. 39–41.



Рис. 11. Участок одной из первых сборных ЗС, пазы которой были прорезаны электроискровым способом электродом-проволокой $\varnothing 40$ мкм

Создание макетов ЛОВ обеспечили такие специалисты, как Ю.А. Шевелев, а также слесарь-механик Б.Л. Морозов. Они приспособили для этой цели электроискровую установку ЭКУ-1 с генератором РС для изготовления ЗС миллиметрового диапазона длин волн. Сама же установка была изготовлена, как и первая (предназначенная для прорезания узких пазов шириной 30–60 мкм электродом-проволокой ВА-3 диаметром 0,02–0,04 мм), в соответствии с авторским свидетельством № 105478 на изобретение способа изготовления охлаждаемого сетчатого электрода большой прозрачности и малого шага сетки ЭВП. Авторы — сотрудники НИИ-160: Б.И. Ставицкий, М.Б. Голант и Ю.А. Шевелев (приоритет от 25 января 1956 года). Ее принципиальная электрическая схема приведена на рис. 12.

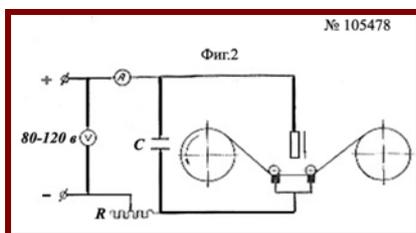


Рис. 12. Схема установки из описания АС №105478 для прорезания пазов шириной 30–60 мкм в электродах для изготовления цельных сеток

На рис. 13 представлены фотографии внешнего вида и разреза ЛОВ 3-см диапазона длин волн.

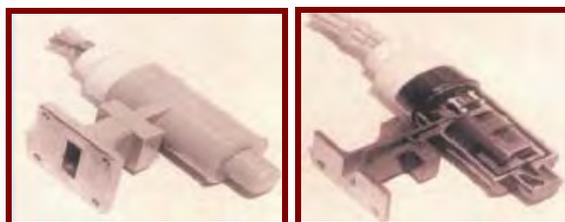


Рис. 13. ЛОВ 3-см диапазона длин волн. Внешний вид и разрез

Изначально ЛОВ с ПЭФ 3-см диапазона применялись в радиовысотомерах противотанковых ракет, а также космических кораблей «Союз», а затем – в качестве гетеродинов метеолокаторов «Гроза», разработанных для самолетов гражданской авиации Як-40, Ту-154, Ту-134, Ил-62 и др. Эти ЛОВ по своим параметрам многократно превышали отражательные клистроны с электрической настройкой. Кроме того, они обладали патентной чистотой. Их серийный выпуск ЛОВ был организован вначале в одном из цехов опытного завода НИИ «Исток». Но в связи с резким ростом потребностей (до 3000 шт. в год) серийное производство ЛОВ передали киевскому заводу «Генератор», где были созданы участки электроискрового изготовления замедляющих систем и других деталей приборов.

На одном из участков завода установили 86 электроискровых установок, созданных в НИИ «Исток», среди которых более 60 единиц оборудования (моделей ЭХ1331, ЭХ1332, А207.27, А207.33) оснащалось тиратронными генераторами биполярных импульсов напряжения с импульсными трансформаторами, обеспечившими высокопроизводительную обработку в обычной воде вместо керосина (рис. 14).

На рис. 15 представлены замедляющие системы типа «встречные штыри» ЛОВ с ПЭФ, пролетные каналы и периодическая структура которых изготавливались электроискровым способом электродом-проволокой.



Рис. 14. Один из электроискровых участков киевского завода «Генератор», 1970 г.

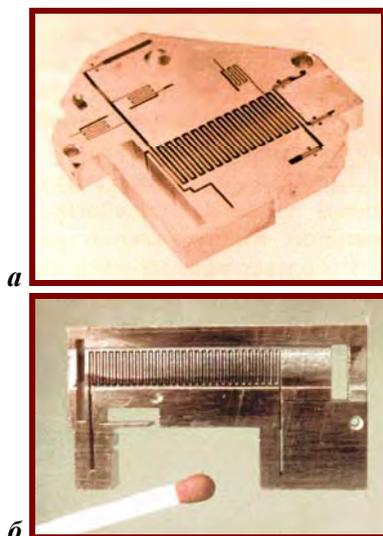


Рис. 15. Замедляющие системы ЛОВ типа «встречные штыри», вырезанные полностью электродом-проволокой

Эскиз замедляющей системы типа «встречные штыри» ЛОВ с ПЭФ сантиметрового диапазона длин волн показан на рис. 16.

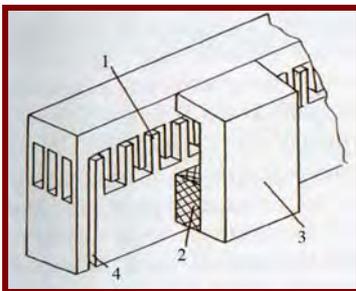


Рис. 16. Эскиз замедляющей системы типа «встречные штыри» ЛОВ с ПЭФ сантиметрового диапазона длин волн:

1 — периодическая структура; 2 — изолятор; 3 — держатель; 4 — вывод энергии;
5 — пролетные каналы

На Международной конференции по вакуумной микроэлектронике, состоявшейся 13–15 июня 1988 года в США, выяснилось, что даже спустя почти 30 лет за рубежом реально действующих подобных электронных устройств еще не было. Академик РАЕН, доктор физико-математических наук, профессор Н.И. Синицын так вспоминал о реакции зарубежных участников конференции на его доклад на тему «Суперминиатюризация электровакуумных СВЧ-приборов малой мощности», соавтором которого был и А.М. Алексеенко (начальник лаборатории 1705 НПК-17 (НПП «Исток») с 1964 по 1987 год – рис. 17): Зарубежных специалистов особенно поразили низковольтность и малогабаритность созданных генераторов. Они восклицали: Неужели такие приборы уже есть и используются в серийной аппаратуре?» Это был, безусловно, триумф советской науки.

Для использования ЛОВ с электростатической фокусировкой в панорамной измерительной аппаратуре было необходимо расширить диапазон перестройки. Этому сумели достичь за счет создания такой конструкции замедляющей системы, которая допускала бы одновременное синхронное изменение напряжений на обеих ее частях, электрически изолированных друг от друга. Был создан уникальный ряд широкодиапазонных ЛОВ из четырех приборов, обеспечивших сплошное перекрытие диапазона частот от 8 до 40 ГГц. Серийный выпуск их осуществлялся на заводе «Генератор».



Рис. 17. А.М. Алексеенко, главный конструктор первой ЛОВ с ПЭФ 3-см диапазона для бортовой и ракетно-космической аппаратуры

В 1970-е годы возникла необходимость в резком снижении управляющего напряжения (до 100–120 В) и дальнейшей миниатюризации ЛОВ для противорадиолокационных головок самонаведения, предназначенных для ракет класса «воздух-земля» и сверхточных крылатых ракет. С созданием ЛОВ в 10-см («Галактики») и в 3-см диапазонах завершилась «вакуумная эпоха» развития ГУНов — генераторов управляемого напряжения, на смену которым пришли твердотельные генераторы.

ЭЛЕКТРОИСКРОВОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ И КЛЕЙМЕНИЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В середине 1960-х годов болгарский учёный Богомил Антонов (талантливый ученик Б.Р. Лазаренко) провел комплекс успешных работ по применению электроискрового способа для локального золочения определенных поверхностей деталей полупроводниковых приборов (транзисторов). Им было создано несколько конструкций установок и показано, что применение в качестве источника питания тиратронных генераторов с импульсным трансформатором (разработанных в НИИ «Исток» электронной промышленности СССР), обеспечивающих формирование биполярных импульсов напряжения, позволяет: существенно уменьшить расход драгметаллов; интенсифицировать процесс золочения поверхностей; исключить возможность поражения операторов электротокком при работе на установке. Для создания этих установок НИИ «Исток» поставил болгарским коллегам партию из 30 таких тиратронных генераторов.

Результаты многолетних исследований по локальному легированию материалов болгарские учёные во главе с Богомилом Антоновым активно демонстрировали на ВДНХ с помощью электроискровой установки локального золочения, созданной в БНР с использованием генераторов биполярных импульсов напряжения НИИ «Исток». К сожалению, многие советские разработчики полупроводниковых приборов в то время не оценили по достоинству этот принципиально новый и эффективный процесс, применение которого существенно снизило бы потребление золота на операциях золочения полупроводниковых приборов.

Наталья Иоасафовна Лазаренко, посвятившая всю свою жизнь созданию и исследованию процессов электроискрового легирования поверхностей деталей трущихся пар и разнообразного инструмента, ознакомившись с результатами применения биполярных генераторов импульсов напряжения для легирования материалов, при посещении НИИ «Исток» была удовлетворена достигнутыми нами результатами.

Здесь уместно напомнить также о том, что благодаря усилиям Н.И. Лазаренко и её последователей электроискровое легирование (упрочнение) металлических поверхностей начало особенно интенсивно развиваться в середине 1960-х годов. С помощью электроискровых разрядов

оказалось возможным вводить в состав обрабатываемой поверхности заданные химические элементы, не изменяя при этом исходных габаритов обрабатываемого изделия, или наносить слои покрытий на поверхность токопроводящих материалов. Было показано, что электроискровым легированием можно значительно увеличить износостойкость черных и цветных металлов и повысить их твердость. Так, микротвердость поверхности стали можно довести до 2200 кг/мм^2 , меди – до 1000 кг/мм^2 , титана – до 1800 кг/мм^2 . Получение на металлических поверхностях карбидов, нитридов и сульфидов металлов открыло перспективу создания трущихся пар с повышенными фрикционными или антифрикционными свойствами. Износостойкость даже высоколегированных сталей при трении в условия высоких температур значительно увеличивалась. Этот способ дал возможность существенно уменьшить склонность к схватыванию поверхностей, особенно при работе пар трения при высоких температурах или в вакууме.

Велико значение электроискрового легирования в электротехнике и радиоэлектронике. Свойство этого способа создавать постепенный переход от материала основы к материалу покрытия позволило обеспечить надежность работы различных переключателей. Это достигалось, например, путем серебрения деталей для уменьшения контактного переходного сопротивления.

Трудно сказать, какое распространение получили бы герметические контакты с магнитным управлением (герконы), если бы не появилась возможность создавать электроискровым способом в необходимых местах контактирующие поверхности из золота, платины и серебра. Важной оказалась и возможность изменения в широких пределах эмиссионной способности поверхностей, получение геттерных покрытий деталей электронных приборов с помощью электроискрового легирования.

К сказанному можно добавить, что потенциал электроискрового способа легирования используется также для создания различных переходных слоев в декоративном искусстве.

На рис. 18 представлены картины, выполненные художниками ЦНИЛ-Электром АН СССР, с помощью электропера (на пластинах вороненой стали толщиной 10 мм) в 1960-х годах.



Рис. 18. Картины «Перекуём мечи на орала» и «К звездам», выполненные с помощью электроискрового электропера на пластинах вороненой стали концом серебряного электрода-проволоки. ЦНИЛ-Электром. 1960 г.

На рис. 19 – сравнение микроклеймения ажурных драгоценных изделий электроискровым способом (вверху) и традиционным механическим способом, связанным с деформацией изделий.

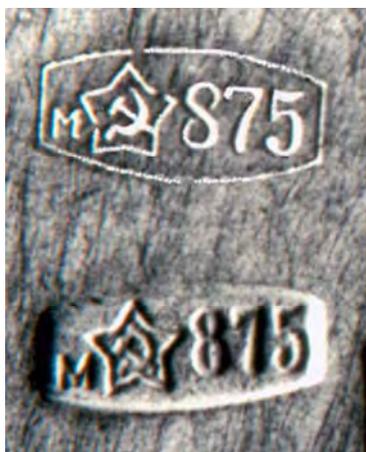


Рис. 19. Пример клеймения серебряных изделий: вверху – электроискровым способом, внизу – традиционным механическим

Символично, что во время Великой Отечественной войны 1941–1945 годов совпали два события. Во-первых, становление отечественной СВЧ электронной отрасли с созданием в 1943 году НИИ-160, основной целью которого были разработка и выпуск электронных приборов для радиолокационной техники. Во-вторых, официальная регистрация выдающегося открытия XX столетия электроискровой обработки материалов, известной теперь во всем мире как EDM метод.

Именно фрязинскому НИИ-160 предстояло спустя всего 15 лет после регистрации этого выдающегося открытия стать практически ведущей организацией в стране по совершенствованию электроискрового способа обработки материалов и открывать новые горизонты его использования.

Вместе с тем стал выходить в свет 20 сентября 1965 года под редакцией Б.Р. Лазаренко научно-производственный журнал Института прикладной физики АН МССР «Электронная обработка материалов», который на многие годы стал источником постоянной информации для научно-технической общественности о достижениях в области электрических методов обработки материалов.

Из обращения к читателям журнала редакции в связи с выходом 1-го номера:

«В новом журнале Института прикладной физики АН МССР “Электронная обработка материалов” будут публиковаться обзорные и оригинальные статьи, посвященные изысканию новых областей применения электричества в народном хозяйстве, основанных на использовании электрического разряда и электрических полей. Журнал будет информировать читателей о научных конференциях, съездах и совещаниях по новым применениям электричества, а также печатать библиографию наиболее важных работ по электронной обработке материалов.

В работе журнала примут участие учёные академий наук и высших учебных заведений, научные сотрудники исследовательских организаций государственных комитетов, министерств и ведомств, ведущие специалисты промышленности и сельского хозяйства.

“Электронная обработка материалов” – первый специализированный журнал, посвященный вопросам новых применений электричества в промышленности и сельскохозяйственном производстве».

Возвращаясь к работам по электроискровому локальному золочению в начале 70-х годов в Болгарии, которые возглавлял Богомил Антонов, хочу напомнить, что он в те далекие годы был одним из аспирантов Б.Р. Лазаренко, а затем активно работал в БНР по распространению в промышленности электроискровых технологий, преодолевая многочисленные бюрократические препоны. Ему однажды даже пришлось обращаться непосредственно к главе государства Тодору Живкову с жалобой на директора, приказавшего вывезти электроискровое оборудование лаборатории в поле.

На ВДНХ демонстрировалась одна из созданных в Болгарии электроискровых установок локального золочения (рис. 20).

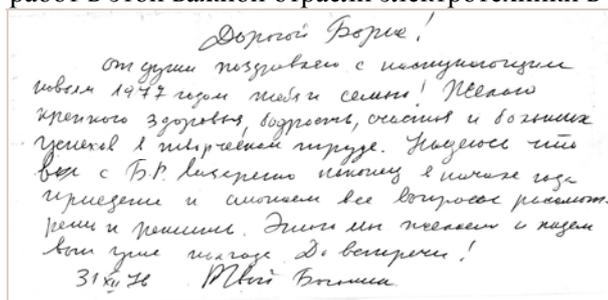


Рис. 20. Установка локального золочения, созданная в БНР с тиратронным генератором НИИ-160, на ВДНХ СССР

В подготовке к её демонстрации по просьбе Богомила Антонова участвовали и специалисты отдела 62 НПК-СТМ НИИ «Исток»: начальник лаборатории В.Л. Кравченко, ведущий инженер Г.А. Жуков и наладчик электронного оборудования Н.Г. Шубин.

В этой установке использовался тиратронный генератор из числа поставленных НИИ «Исток» в дружественную страну. Будучи создателями тиратронных генераторов биполярных импульсов с импульсными трансформаторами, наши специалисты помогли болгарским коллегам подготовить к демонстрации на выставке их установки микрзолочения.

Богомил очень хотел, чтобы мы с Борисом Романовичем посетили его институт и обсудили дальнейшее направление работ в этой важной отрасли электротехники в наступающем 1977 году:



Однако эта встреча, как и многие другие, так и не состоялась. Тогда было совсем другое время, сотрудничество с зарубежными коллегами весьма ограничивалось и требовало многих согласований.

В этот же период на ВДНХ демонстрировались и три электроискровые установки НПП «Исток» с тиратронными генераторами импульсов и встроенными импульсными трансформаторами, обеспечивающими изготовление деталей в обычной воде из водопровода без её очистки и деионизации, заливаемой в опускающиеся ванны (рис. 21).



Рис. 21. Установки A207.60, A207.61, а также не помещившаяся на фото установка A207.27 на ВДНХ СССР

Это гарантировалось биполярными импульсами напряжения, формируемыми данными генераторами, характерная особенность которых заключалась в том, что они, обеспечивая высокую производительность процесса при шероховатости обработанной поверхности не более 2,5 мкм, исключали скругления и растравливание кромок. Это неизбежно происходило на появившихся позже электроискровых установках зарубежных фирм, применявших другие генераторы, а также использовавших в качестве межэлектродной среды деионизованную воду даже при обработке с поливом без погружения заготовки в ванну.

Наши установки неоднократно демонстрировались на ВДНХ, пользуясь большим интересом, регулярно награждались дипломами, а их участники различными медалями (золотыми, серебряными или бронзовыми), а также ценными подарками (телевизорами, радиолами и т.д.).

На рис. 22 мы с начальником лаборатории источников питания электроискрового оборудования (отдела № 62 НИИ-160) В.Л. Кравченко обсуждаем результаты демонстрации установок с тиратронными генераторами на ВДНХ.



Рис. 22. В.Л. Кравченко (слева) и Б.И. Ставицкий обсуждают результаты демонстрации установок с тиратронными генераторами на ВДНХ СССР

В.Л. Кравченко был одним из инициаторов создания в начале 1957 года в НИИ-160 электроискровой лаборатории с целью применения электроискрового способа при создании новых СВЧ электровакуумных приборов. После окончания Московского текстильного института в середине 1950-х годов он как инженер-механик был направлен на работу в КБ при научной части

НИИ-160. В 1954 году, в связи с началом исследований по выяснению возможности применения электроискрового способа в производстве деталей электровакуумных приборов, мне, аспиранту и по совместительству инженеру отдела 140, в Василии Лукиче удалось разглядеть ещё одного надёжного единомышленника.

С преобразованием лаборатории электроискровой обработки в отдел он возглавил разработку источников питания для изготовления деталей электровакуумных приборов, используя в качестве межэлектродной среды вместо обычно применявшегося керосина воду. В особенности при изготовлении резонаторов и замедляющих систем электронных приборов миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн.

После успешной демонстрации на ВДНХ болгарской установки электроискрового локального золочения обменялись мнениями с коллегами из БНР о результатах выставки, обсудили дальнейшее сотрудничество в области электроискровых технологий между нашими коллективами.

Начало 1960-х годов ещё было периодом регулярной демонстрации достижений в области электрических (электрофизикохимических) и других методов обработки материалов предприятиями различных (в том числе и оборонных) отраслей промышленности.

С ликвидацией Центральной научно-исследовательской лаборатории электрической обработки материалов (ЦНИЛ-Электром) АН СССР (в середине 1960-х годов) и передачи её функций ЭНИМС Минстанкопрома эти демонстрации на ВДНХ прекратились.

Как складывались события в последующем, станет ясно после ознакомления с интервью Б.Р. Лазаренко журналу “Изобретатель и рационализатор” в середине 1970-х годов (подготовленное по предварительному вопросу журналиста)²:

«То, что будет сообщено ниже, мы обычно никому не говорим, тем более не публикуем. Но, поскольку Вы ВОИР, т.е. организация, призванная руководить деятельностью изобретателей, Вы должны знать это. Знать хотя бы для того, чтобы ошибки, описанные ниже, не повторялись. Эти ошибки позволяют зарубежным странам брать наши достижения и очень скоро по уровню их развития и внедрения отбрасывать нас (страну) куда-то на 4–5-е место (где мы и находимся сейчас по электроискровой обработке металлов), а сами авторы изобретения пребывать в положении, вызывающем недоумение даже у наших иностранных коллег.

С Наталией Иоасафовной мы начали свой жизненный путь с 7-го класса 28-й советской трудовой школы Рогожско-Симоновского района г. Москвы. Окончили ее, а затем – Московский государственный университет. Вместе были направлены на работу (1935 г.) во Всесоюзный электротехнический институт (г. Москва), где она и открыла электроискровой способ обработки металлов. Это было отмечено присуждением нам в 1946 г. Сталинской премии СССР.

С целью создания наиболее благоприятных условий для развития электроискрового способа обработки материалов в 1948 г. в составе Министерства электропромышленности СССР, на правах института, была создана Центральная научно-исследовательская лаборатория электрической обработки материалов (ЦНИЛ-ЭЛЕКТРОМ), а Президиум Академии наук СССР в 1954 г., рассмотрев её достижения, перевел ее в систему академических учреждений.

Как видите, внешне пока всё благоприятно. Но! Представьте ситуацию.

Сотни ученых, свыше 60 кафедр вузов и четыре крупнейших научно-исследовательских института совершенствуют теорию резания металлов, разрабатывают оптимальную геометрию режущих граней инструмента, создают особо твердые материалы, чтобы в результате этого лучше резать металл, и имеют немалые заслуги в этой области.

Это с одной стороны. С другой – два едва оперившихся молодых специалиста доказывают и, главное, показывают, что для громадного большинства случаев режущий инструмент вообще не нужен, так же как не нужны и многие самые современные металлорежущие станки.

Так что? Все это сомкнутым строем идущее войско будет кричать нам “ура!”. И, наступаясь, давать дорогу? Нетрудно представить, какими “розами” был немедленно усыпан наш путь. Это представить, а что было в действительности, известно лишь нам двоим.

Было брошено все, чтобы сбить этот процесс, любым путем скомпрометировать его, а попутно и нас самих. Особенно в этом направлении свирепствовали Научно-исследовательский институт инструмента и Экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков (ЭНИМС).

² А события в 1970-м развивались по тому же сценарию, что и более 20 лет тому назад, в 1947-м году.

Тем не менее, с помощью молодого, талантливого коллектива, который вокруг нас сформировался, – начальная стадия битвы была выиграна.

К концу 50-х годов ЦНИЛ-ЭЛЕКТРОМ АН СССР, по общему признанию, был основным научным центром нашей страны, в котором решались многие научные и прикладные вопросы. В состав ЦНИЛ-ЭЛЕКТРОМ АН СССР входили лаборатории, конструкторское бюро и опытно-экспериментальный завод. Работы возглавляли 5 докторов и 18 кандидатов наук. Готовились кадры через аспирантуру, в том числе для зарубежных стран.

Отделение технических наук АН СССР вынесло решение, и аппарат Президиума АН СССР готовил проект Постановления о переводе ЦНИЛ-ЭЛЕКТРОМ в ранг академического института.

Одновременно в промышленности стали создаваться базовые лаборатории, которые решали многие, в том числе крупные, задачи отрасли в области электроискровой обработки металлов. О величине этих задач можно судить хотя бы потому, что многие из авторов, решившие их, удостоивались правительственных наград, а наши ученики – Б.И. Ставицкий и Е.В. Холоднов были удостоены Ленинской премии.

И вдруг решение о передаче из Академии наук СССР в промышленность всех учреждений технического профиля деятельности. Как следствие – ЦНИЛ-ЭЛЕКТРОМ передается ЭНИМС.

Нетрудно представить, что произошло дальше. ЭНИМС под предлогами “концентрации усилий”, “упразднения многоотемности” и пр. ликвидировал ЦНИЛ-ЭЛЕКТРОМ. Все ведущие сотрудники этой организации перешли работать в другие организации. Наталия Иоасафовна перешла на работу во Всесоюзный институт авиационных материалов МАП (ВИАМ), где она и работала старшим научным сотрудником до ухода на пенсию.

Поскольку я к тому времени обладал некоторым опытом по организации науки (работа в Президиуме АН СССР, Президиуме АН КНР), меня направили в Молдавию для работы в создаваемой там Академии наук. Молдавская республика в то время была республикой сельскохозяйственной, и тем не менее ЦК КПМ и СМ СССР поддерживали мою просьбу о создании в Молдавии научного центра по электрической обработке материалов.

Все необходимые инстанции Москвы поддержали это предложение. Однако на самом заседании СМ СССР с возражением выступил министр станкостроения тов. Костоусов. Мол, это их область деятельности. В результате подготовленный нами проект Постановления СМ СССР был полностью принят, но в части исполнителей переадресован в Министерство станкостроения.

Разгромив ЦНИЛ-ЭЛЕКТРОМ и имея упомянутое Постановление СМ СССР, ЭНИМС очень легко добился решения, что в нашей стране он – головная организация по электрической обработке материалов.

Но нужно что-то противопоставить электроискровой обработке материалов. С этой целью присваивается замечательное изобретение уральского рабочего т. Кармастина (тоже целая эпопея!), и все это выдается как некая “электроимпульсная” обработка металлов, во много раз по всем показателям превосходящая электроискровой способ. Все виды рекламы и информации были пущены в действие. В стране – недоумение. Кончают заниматься электроискровой обработкой и переходят на электроимпульсную.

Ничего не получается. Чтобы сильнее все это звучало, нужно иметь своих ученых. Спешно по совокупности работ сотрудник ЭНИМС т. Лившиц успешно защищает у себя в институте докторскую диссертацию.

Поскольку эта диссертация – сплошной плагиат, а на проверку оказалось, что юридически такого и способа нет, а акты о внедрении – фиктивны, ВАК три года не утверждал диссертацию. Три комиссии ВАК, рассматривающие диссертацию, дали отрицательный отзыв. Но силен ЭНИМС (да видно и порядки были хороши) – последовал громкий голос, и т. Лившиц – доктор наук.

Сейчас ВАК снова рассматривает этот вопрос, поскольку работающие в этой области два специалиста (т. Фотеев и т. Щепетов) обратились с соответствующей просьбой к XXV съезду КПСС.

Да! Но ведь остались базовые лаборатории в промышленности! Они продолжают для своей отрасли разрабатывать новые конструкции электроискровых установок и новые электрические процессы обработки материалов. Их разработки всегда пользовались неизменным успехом (награждались) в отделе машиностроения ВДНХ СССР.

Нужно и этот канал перекрыть! Вынесено и выполнено решение изъять из экспозиции ВДНХ СССР всё относящееся к электроискровой обработке материалов и демонстрировать всё это только в залах ЭНИМС.

В итоге не только инженерная общественность страны, но и многие руководящие товарищи не знают современных возможностей электроискровой техники и каких масштабов внедрения достиг этот процесс в капиталистических странах. Для примера достаточно сказать – только у Форда 60% всех штампов изготавливают электроискровым способом, а мы ковыряем их вручную.

Всеми странами признается наш приоритет, но мы потеряли превосходство по применению этого процесса. Мы отброшены на 4-5-е место. Вследствие деятельности ЭНИМСа в нашей стране нет современных станков для электроискровой обработки материалов. Мы начали ввозить их из-за рубежа...»

Это интервью Б.Р. Лазаренко – крик души человека, посвятившего всю свою недолгую жизнь любимому делу, которое ему (да и, как оказалось двумя десятилетиями позже, его верным ученикам) не удалось завершить достойно. Радует только то, что оно было подхвачено зарубежными фирмами, которые оценили важность этого открытия и обеспечили его достойное использование.

В те годы много несообразности было и с заграничными командировками на международные выставки, ярмарки и симпозиумы. Никакой пользы делу не приносили поездки недостаточно компетентных специалистов (иногда даже невежд). Такие ситуации (командировки выставки в Париж персонажей, у которых были идеальные анкеты, но не было необходимых знаний) остро высмеивались с эстрады Аркадием Райкиным.

Из десятка первых международных симпозиумов по электрическим методам обработки (ISEM), состоявшихся в 1960-е по 1990-е годы, мне довелось участвовать только в трех. Без внимания осталось и письмо директора Научно-исследовательского института механизации и автоматизации (ВУМА) ЧССР И. Станека заместителю министра электронной промышленности СССР К.И. Михайлову с просьбой о моем участии в чтении цикла лекций об электрических методах обработки металлов, организуемом этим институтом 11–17 сентября 1967 года. Расходы, связанные с командировкой, оплачивал институт ВУМА. Константин Иванович Михайлов хорошо знал меня по первой Специальной выставке изделий электронной техники в ВНР, состоявшейся в Будапеште в ноябре 1964 года. (Эта выставка была первой из серии экспозиций достижений электронной техники Советского Союза за рубежом, осуществленных по инициативе министра электронной промышленности СССР А. И. Шокина с 1960-х по 1970-е годы вначале в странах народной демократии, а затем и в капстранах.) Думаю, что моя командировка в ЧССР на семинар не состоялась по инициативе дирекции НИИ-160, всячески и под разными предлогами ограничивающей мое участие (как главного конструктора электроискрового оборудования отрасли) в разных мероприятиях, связанных с распространением созданных в институте новых методов электроискрового особо точного изготовления деталей электронных приборов, удостоенных Ленинской премии. Даже на письме Московского политехнического института с просьбой разрешить мне прочесть серию лекций по электроискровой обработке материалов директор института написал резолюцию начальнику канцелярии: «Отказать под благовидным предлогом».

Р.С. Не кажутся ли Вам похожими эти действия директора НИИ-160 МЭП СССР С.И. Реброва на приёмы Минстанкопрома СССР?