

Опытный завод Института прикладной физики АНМ: роль в создании, производстве и внедрении установок электроискрового легирования (к 110-летию Бориса Романовича Лазаренко)

В. И. Иванов

*Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
г. Москва, 109428, Россия, e-mail: tehnoinvest-vip@mail.ru*

Статья посвящена Борису Романовичу Лазаренко – основателю электроискрового метода обработки токопроводящих материалов – и деятельности созданного им Опытного завода ИПФ по разработке и производству ручных и механизированных установок электроискрового легирования (ЭИЛ). Показано в динамике развитие завода и его коллектива, создание новой техники ЭИЛ. Приведены технические характеристики установок типа «ЭФИ» и «Элитрон» разных моделей, данные об эффективности. Отмечена положительная роль сотрудничества с ведущими учеными, научно-исследовательскими организациями, предприятиями.

Ключевые слова: электроискровое легирование, установка, механизация, покрытие, электрод-инструмент, генератор

УДК 001

DOI: 10.5281/zenodo.4047644

Повышение износо-, жаро-, коррозионно-, эрозионной стойкости и других свойств поверхностного слоя деталей, инструментов, рабочих органов различных агрегатов энергетического, технологического и транспортного оборудования, авиакосмической и морской техники, восстановление размеров изношенных деталей, нанесение покрытий со специальными свойствами для критических условий эксплуатации, использование в декоративных целях – это области эффективного применения метода электроискрового легирования. Наряду с другими видами электроискровой обработки (ЭИО) – электроэрозионная размерная, диспергирование материалов – ЭИЛ около 80 лет используется и совершенствуется в технически развитых странах.

Основой применения и развития ЭИЛ послужили выдающееся изобретение Б.Р. и Н.И. Лазаренко «Способ обработки металлов, сплавов и других токопроводящих материалов», зарегистрированное 24.05.1949 Патентным отделом Комитета Совета Министров СССР по внедрению передовой техники в народное хозяйство (№ 70010) с приоритетом от 03.04.1943, их работы [1–4 и др.], а также работы их коллег и последователей Б.Н. Золотых [5], Л.С. Палатника [6], И.З. Могилевского [7], Г.П. Иванова [8].

К 1960-м годам, то есть к началу молдавского периода развития ЭИЛ [9], был накоплен

существенный опыт по использованию электроискрового (ЭИ) разряда для обработки металлов. В производстве эксплуатировались установки для ЭИЛ (УПР-3М, ИЕ-2, ИАС-3, КЭИ-1), а также для резки металлов, изготовления отверстий и полостей в сплошных заготовках, шлифования металлов и затачивания инструментов, выполнения вспомогательных работ (клеяния инструментов, извлечения из отверстий сломанного инструмента и др.). Основные исследования и разработки велись в Центральной научно-исследовательской лаборатории электрической обработки материалов АН СССР (ЦНИЛ-Электром, г. Москва), созданной Б.Р. Лазаренко в 1948 году; в ее составе был ряд лабораторий, конструкторское бюро и опытно-экспериментальный завод. Интенсивно развивался метод ЭИЛ и другие виды использования ЭИ процесса в зарубежных странах, основой чему являлось пионерское изобретение Б.Р. и Н.И. Лазаренко № 70010. Известны французские установки того периода «Cardureur» и «Srinthor», имеются публикации немецких, английских, итальянских, польских, чешских, американских, японских исследователей [10].

Реорганизация Академии наук СССР, начатая в 1959 году, отразилась на разрушении ЦНИЛ-Электрома. Б.Р. Лазаренко получил предложение от академика А.В. Топчиева (вице-президент АН СССР) организовать институт энергетики и

автоматики в структуре создаваемой в Молдавии Академии наук [11].

В 1961 году состоялось открытие Молдавской Академии наук. Для Бориса Романовича, избранного академиком, директора Института энергетики и автоматики (1961 г.), преобразованного в Институт электрофизических проблем (1963 г.) и в последующем в Институт прикладной физики (1964 г.), начался новый, молдавский этап жизни, связанный с развитием ЭИ метода обработки материалов. В состав Института вошел созданный (25 марта 1963 г.) Б.Р. Лазаренко Опытный завод с конструкторским бюро. Цель – создание уникальных научных приборов, которые не выпускались в СССР и за рубежом, а также выпуск опытно-промышленных образцов новой техники. Это уникальное предприятие конструировало и выпускало новые установки для ЭИЛ.

Директор завода Николай Павлович Коваль, умный организатор и сильный хозяйственник, обладая хорошим техническим чутьем, большим опытом работы с инженерно-техническим и рабочим персоналом, руководил заводом около 25 лет. Технические службы возглавлял главный инженер Александр Иванович Корниенко, технически грамотный, пунктуальный и тактичный человек. Эти два руководителя создали высокого класса коллектив разработчиков и изготовителей новой техники.

Мозговым центром завода служило специальное конструкторское бюро (СКБ). В разное время им руководили Г.М. Гальперин, Е.А. Зайцев, Г.П. Паламарчук, И.И. Муравлев, В.П. Рябов, А.М. Покровский, С.Я. Заргарян, Я.Х. Гольденштейн. Большой вклад в создание новой техники внесли эти руководители и инженеры-конструкторы А.П. Матраницкий, М.Г. Говберг, В.П. Хрущ, М.Л. Хайт, В.А. Кишкович, В.Ф. Карпенко, А.А. Гришко, Л.А. Фурер, Я.Ш. Розенталь, В.И. Корнеев, Д.Ф. Мындру, В.К. Барбас, А.П. Попович, А.Н. Браду, М.В. Симон, В.Н. Кучук, А.Н. Иванов, В.Ф. Трублаевич, А.В. Бедный, А.А. Покутний, П.И. Терещенко, В.Г. Кондратова, В.С. Трусова, С.А. Сильянова, Т.А. Тимощенко, В.Н. Капитанчук, И.Ю. Богомолова, С.Н. Якимчук, В.М. Лесникова и другие сотрудники отдела. Вспомним и Л.И. Вердыш, которая много лет с сотрудниками размножала для производства конструкторско-технологическую документацию, проявляя всегда доброжелательность и терпение. Здесь же, в структуре заводской множительной службы, начинала свою трудовую деятельность Н.А. Мустафа, впоследствии много

лет работавшая секретарем директора завода и оставившая о себе добрые воспоминания.

В состав этого отдела входила центральная заводская лаборатория. Первым ее руководителем был Н.И. Сосновский, с которым автору не довелось работать. После него несменяемым начальником лаборатории стал грамотный инженер, ответственный и пунктуальный человек, однофамилец родоначальника использования электрической искры – Б.Н. Лазаренко. Назначением лаборатории являлось выполнение следующих функций:

- разработка, макетирование и экспериментальная проверка новых электрических схем генераторов и автоматических устройств (М.Г. Говберг, А.А. Гришко, Л.А. Фурер);

- сборка макетных и первых опытных образцов продукции завода с выявлением наиболее технологичных решений для использования в производстве (А.И. Науменко, В.В. Войтенко, А.Н. Дроздов, А.С. Наумов – специалисты-универсалы высшего класса. С учетом результатов их работы конструкторы и технологи обычно корректировали свою документацию);

- технологические испытания макетных и опытных образцов установок ЭИЛ с металлографическими исследованиями, испытания покрытий и отработка технологических приемов ведения процесса ЭИЛ (В.И. Иванов – руководитель группы, инженеры-технологи Н.И. Матусевич, В.М. Козин, В.Н. Орлов, А.В. Витвицкая, В.Н. Мироненко. Первые работы с обучением персонала на предприятиях страны начаты этой группой).

Важным структурным элементом СКБ было патентное бюро (руководитель А.Г. Базылько и его сотрудники П.Е. Безедей, Л.И. Баженова и Л.И. Сафонова) с библиотекой (В.Д. Ключева, Л.В. Чернышова). Подготовка материалов всех изобретений (около 200), полученных заводом, прошли через эту службу. Благодаря скрупулезной работе этих людей и постоянному отслеживанию новых достижений в СССР и за рубежом была сформирована сильная база технической и патентной литературы. Этими материалами постоянно пользовались как руководство, инженерный и технический персонал завода, так и научные сотрудники ИПФ, многие специалисты НИИ и предприятий Кишинева и других городов, сотрудничавших с ОЗ ИПФ.

Сильным по качественному составу был технологический отдел (главный технолог Г.Н. Агафонов, инженеры-технологи В.Д. Горбунов, М.И. Калюжный, Г.А. Штырлин, О.Н. Переходюк, Е.В. Голдыш и другие), обеспе-

чивавший своими техническими решениями качественное и экономичное изготовление продукции по разработкам СКБ.

Разнообразное технологическое оборудование завода (прессы, гильотинные ножницы, металло-режущие, шлифовальные и электроэрозионные станки, гальваническое и термическое оборудование) выполняло без перебоев свои функции благодаря отделу главного механика (инженер П.М. Казак, слесарь-ремонтник Д.Д. Абабий, сварщики К.Г. Чорба и Б.П. Духота и др.), который возглавлял более 25 лет В.М. Демин, а после него А.Ф. Калугарь.

Производство продукции организовывал планово-экономический отдел, которым руководил более 30 лет Н.М. Дорожняк, грамотный инженер и экономист, умевший аргументировано убеждать в рациональности принимаемых решений и обеспечивать ритмичную работу производственных участков. Его ближайшими помощниками долгие годы были Л.С. Лосева и С.Н. Бойко.

Производство завода, возглавляемое много лет старшим мастером Е.М. Поповским, включало слесарный участок с заготовительным, термическим и гальваническим отделениями (мастер Г.Н. Гангал), механический участок с инструментальным и электроэрозионным отделениями (мастер Д.Н. Зильберман, затем около 20 лет С.В. Жерненко) и монтажно-сборочный участок (мастер С.В. Конев). Здесь ведущими специалистами были слесари В.Н. Березовский и В.С. Гусев, токарь С.Г. Котендалов, фрезеровщик Г.И. Трухин, оператор-электроэрозионист М.И. Шкепу, электромонтажники И.И. Папук, Г.В. Скутару и Г.В. Нистор.

Важная роль отводилась и она ее исправно исполняла – службе технического контроля во главе с Нечегой Алексеем Васильевичем (впоследствии созданным отделом руководили С.Я. Заргарян, В.Г. Кондратова). Осуществлялся входной контроль комплектующих изделий, что обеспечивало, наряду с выпуском участками качественной продукции, надежную работу выпускаемого оборудования. Подлежали контролю отдельные детали, изготовленные участками, а установки и приборы – сдаточным испытаниям согласно соответствующим ГОСТам. Организованная деятельность обеспечивала не только работу изделий в гарантийный период, но и превышающий его в несколько раз. Автору неоднократно доводилось убедиться в этом на разных предприятиях страны, где установки типа «ЭФИ» и «Элитрон» работали 15–20 лет и более.

Возглавляемая А.Н. Золигером работа отдела материально-технического снабжения (Н.И. Бодяка, С.З. Левартовский, И.А. Крымова и другие) позволяла заводу выпускать продукцию широкой номенклатуры согласно своему назначению. Проблемы, связанные с фондовыми поставками, решались бартерными соглашениями, учитывая высокую востребованность установок ЭИЛ.

Ряд руководителей и специалистов завода имели богатый положительный опыт работы оборонных предприятий и перенесли его в деятельность ОЗ ИПФ. Этот опыт отразился как на повышении качественного уровня разработок, так и организации работ, производственной дисциплины. Высоким показателем работы завода способствовала военная закалка ряда руководителей и сотрудников – участников Великой Отечественной войны: Н.П. Коваль, А.М. Бальбус (водитель), Н.И. Бодяка, В.П. Рябов, Г.А. Штырлин и др.

Работы завода велись по согласованной тематике с Институтом прикладной физики, которому был административно подчинен. Совместно с учеными Института завод начал развивать основные направления деятельности: электроискровое легирование; химико-термическая обработка металлов; электрическая обработка растительного сырья; создание оборудования для научных исследований.

Основные разработки завода и его производство были направлены на создание и изготовление установок ЭИЛ. К началу его деятельности этот метод уже успешно использовался машиностроительными и ремонтными предприятиями [8], потребность страны в оборудовании для ЭИЛ повышалась. Всего за 30-ти летний период с 1964 года было разработано и освоено производство более 25 моделей установок ЭИЛ, выпущены и переданы в производство разных отраслей промышленности более 5000 штук. По многочисленным отзывам предприятий экономическая эффективность этих установок во много раз превышала их стоимость при условии рационального использования.

В начальный период, да и в последующем при создании и производстве установок ЭИЛ встречались определенные трудности и технические проблемы, которые решались на технических советах у главного инженера. Было и неверие в эффективность самого метода ЭИЛ, в полезность выпускаемого оборудования. Это вредило делу, тем более, когда негативные суждения исходили от отдельных руководителей среднего и младшего звена. Причиной этому были неудачные результаты работы при ремонте личных транспортных средств и отсутствие

должных знаний об электроискровых покрытиях. И здесь отразились сильные качества Н.П. Коваля и А.И. Корниенко как грамотных руководителей, они сумели с пользой для дела решить эти вопросы.

Создание новых установок основывалось вначале на технических решениях ЦНИЛ-Электрома, реализованных в установке «УПР-3М». Ниже приведены основные технические характеристики этой установки [3] (рис. 1):

– составные элементы	– генератор, вибратор;
– режим работы	– ручной;
– питание	– однофазный переменный ток частотой 50 Гц, напряжением 220В;
– потребляемая мощность	– не более 0,5 кВт;
– количество электрических режимов	– 6;
– напряжение на конденсаторах, В	– 15–200;
– ток короткого замыкания, А	– 2,5–5,0;
– рабочий ток, А	– 0,5–0,7–2,0–2,5;
– емкость конденсаторов, мкФ	– 320;
– максимальная толщина слоя твердого сплава Т15К6 на стали, мкм	– 150;
– максимальная производительность при нанесении на сталь твердого сплава Т15К6 слоя толщиной 150 мкм, см ² /мин	– 3;
– габаритные размеры, мм	
длина	– 455;
ширина	– 435;
высота	– 350;
– вес, кг	– 56,4.

Первой продукцией завода, связанной с использованием электрической искры, были установки моделей «ЭФИ-Электром-10» и «ЭФИ-Электром-25», созданные с использованием известных схемных решений. К этому времени, когда в Советском Союзе уже был накоплен существенный практический опыт применения ЭИ процесса для упрочнения и восстановления деталей и инструментов, было понятно, что требуются как условно тонкие

(порядка 100 мкм) и износостойкие покрытия с низкой шероховатостью, так и покрытия относительно большой толщины (до 1 мм). Поэтому изначально разработчики завода ориентировались на создание установок ЭИЛ двух классов: условно с «мягкими» и «грубыми» электрическими режимами. Этому условию соответствовала первая наша продукция и последующие модели созданного ЭИ оборудования. В дальнейшем были также созданы и выпускались установки ЭИЛ с особо мягкими электрическими режимами, что позволяло решать задачи серебрения и золочения электрических контактов, нанесения родия, а также тонких износостойких покрытий на медицинский инструмент, на ножи, фрезы для деревообработки и т.п. (табл. 1).



Рис. 1. Установка «УПР-3М».

Наибольшее применение нашли установки моделей «ЭФИ-46А» и «ЭФИ-25М», которых было произведено соответственно более 500 и 150 штук. Автору, будучи на разных предприятиях в Москве, Ленинграде, Киеве, на Урале, на Дальнем Востоке, в среднеазиатских республиках, Закавказье, Прибалтике, доводилось убедиться в их эффективности и надежности. Много раз встречались в работоспособном состоянии установки, отработавшие более 20 лет, то есть с более 3-кратным превышением ресурса. Отметим, что тенденция выпуска надежного оборудования ЭИЛ сохранилась и в последующем.

Промежуточное положение между ЭИ оборудованием с мягкими и грубыми электрическими режимами занимала установка «ЭФИ-23». Несмотря на эффективность, ее выпуск в автономном виде был ограничен. Тиристорно-транзисторный генератор этой установки, способствуя повышению производительности нанесения покрытий по сравнению с резистивно-емкостными генераторами, вошел составным элементом в генераторы механизированных установок ЭИЛ.

Таблица 1. Установки типа «ЭФИ» для работы в ручном режиме

Характеристики	Значения характеристик установок [12] с режимами (условно)		
	мягкие (1)	грубые (2)	особо мягкие (3)
Модель установки	ЭФИ-Электром-10, ЭФИ-10 (М), ЭФИ-45, ЭФИ-46 (А), ЭФИ-78, ЭФИ-80	ЭФИ-Электром-25, ЭФИ-25 (М), ЭФИ-25А, ЭФИ-25Б	ЭФИ-41, ЭФИ-42 (А), ЭФИ-81
Составные элементы	генератор, вибратор	генератор, вибратор	генератор, вибратор (вращательная головка)
Потребляемая мощность, кВА	0,5	1,6–2,7	0,06–0,25
Количество режимов	6–9	3–7	2–3
Ток короткого замыкания, А	2,5–5,0	70–150	0,45–2,0
Рабочий ток, А	0,3–2,8	49–120	–
Напряжение холостого хода, В		21–49	12–55
Максимальная толщина нанесенного слоя покрытия, мкм	100*	200–1000*	0,05–**
Максимальная производительность, см ² /мин	2–5*	5–10*	1–2**
Габаритные размеры, мм	411–510×268–480× 200–388	420–650×450–570× 750–1285	260–280× 160–240×160–220
Вес генератора, кг	26–63	80–140	5–8

* – при нанесении на сталь твердого сплава Т15К6; ** – при нанесении на медь серебра.

Примечание: электрические схемы ряда установок типа «ЭФИ» приведены в [12].

Универсальному использованию как для упрочнения поверхностей с применением твердосплавных электродов, так и серебрения, предназначалась установка «ЭФИ-79». Ее потребляемая мощность составляла 1,5 кВА, обладала 9-ю электрическими режимами и позволяла наносить и твердым сплавом Т15К6, и серебром покрытия толщиной до 110 мкм.

С созданием новых моделей установок ЭИЛ неуклонно рос профессиональный уровень заводских разработчиков. Это отражалось на технических параметрах установок (рис. 2): в первую очередь улучшались массогабаритные характеристики, что является наиболее объективным показателем. Толщина покрытий и производительность их нанесения, значения которых приведены согласно [12], определялись разными исполнителями и в разное время, поэтому носят субъективный характер; их значения согласно рис. 2 не в полной мере отражают качественное развитие работ по созданию новой техники ЭИЛ.

Наряду с созданием генераторов искровых импульсов, конструкторами завода велась разработка новых электрод-инструментов: вибраторов (вибровозбудителей), обеспечивающих вибрацию электрода с регулируемой амплитудой (до 0,5 мм) и частотой (100–1000 Гц), вращательных головок, придающих электроду вращение с частотой до 3000 об/мин, многоэлектродных инструментов (рис. 3).

После накопления опыта в создании и организации производства ручных установок, актуальным становилось развитие в направлении механизации процесса ЭИЛ. ОЗ ИПФ приобрел все большую известность и популярность, наряду с заказами на поставку ручных установок ЭИЛ стали поступать запросы на создание механизированного оборудования. Это объяснялось необходимостью повышения производительности процесса нанесения покрытий, снижения доли ручного труда, обеспечения стабильности обработки, улучшения условий труда. Для развития этого направления завод уже наработал существенный задел.

Первая механизированная установка модели «ЭФИ-66» включала стойку, монтируемую на суппорте токарно-винторезного станка типа «ТВ-320», с вращающимся многоэлектродным инструментом (испытывались 5-ти, 7-ми и более электродные конструкции) и РС-генератор типа «Элитрон-25». Конструкция этой установки, по существу лабораторного назначения, послужила базой для создания установок «ЭФИ-67», а затем «ЭФИ-68», «-68М», которые выпускались до 1980 года опытно-промышленными партиями и хорошо зарекомендовали себя на предприятиях машиностроения и в ремонтном производстве.

В результате к середине 1970-х годов задача создания и производства современных установок ЭИЛ на основе собственных разработок заводом была успешно решена. Установки имели по сравнению с аналогом улучшенные показатели по надежности, дизайну, массогабаритным

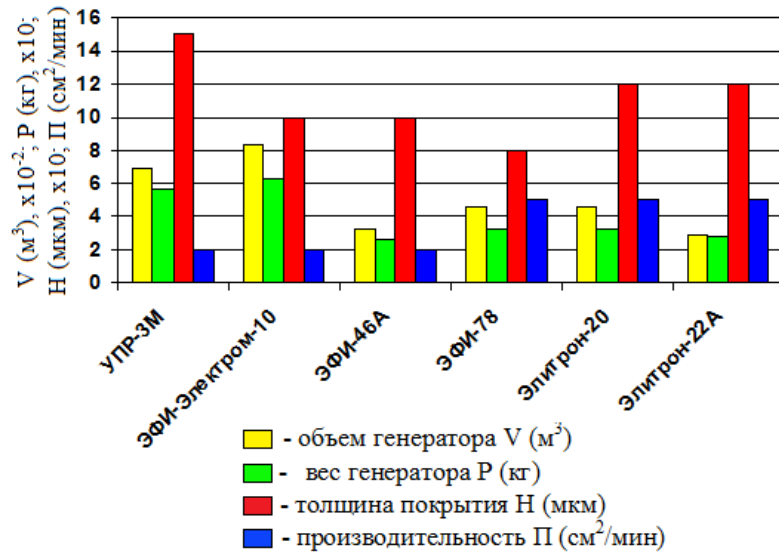


Рис. 2. Динамика изменения характеристик установок ЭИЛ класса (1).

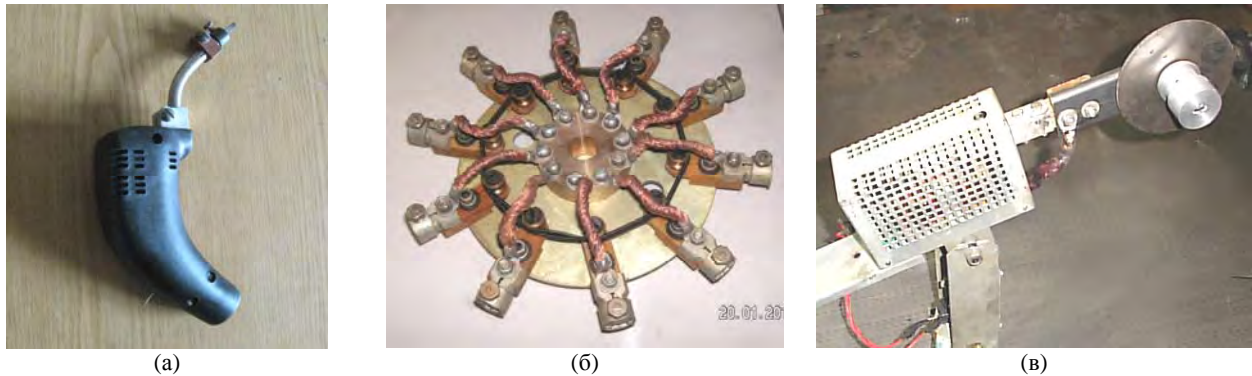


Рис. 3. Примеры электрод-инструментов для ЭИЛ (разработки 1970–1980 годов).

(а) – вибратор; (б) – 10-ти электродная головка; (в) – инструмент «вибрирующий диск».

параметрам, последнее способствовало их мобильности.

Практически с начала деятельности завода его руководством под влиянием Б.Р. Лазаренко был организован настрой на активное творчество и исследовательскую работу. Ряд руководителей и сотрудников закончили заочную аспирантуру (А.И. Корниенко, А.М. Покровский, М.Г. Говберг и др.), прошли учебу на курсах патентоведов (А.А. Гришко, В.М. Козин, В.И. Корнеев и др.). Это принесло значительную пользу в создании новых электрических и механических конструкций и защите интеллектуальной собственности завода. Практически все разработки основывались на новых собственных технических решениях, которые касались как осуществления способа ЭИЛ [13–15], так и устройств для его реализации [16–18], в т.ч. многоэлектродный вращающийся инструмент [19–21], устройство для автоматической стабилизации расстояния между электродом и изделием [22]; использовалось также комплексное решение на установку для ЭИЛ [23]. Способствовало совершенствованию производства продукции рационализаторская деятельность, в которую

были вовлечены как инженерно-технический персонал, так и многие рабочие.

Наряду с созданием и выпуском новой техники ЭИЛ, ведущие специалисты завода пропагандировали новые разработки и продукцию, что способствовало повышению популярности нашего предприятия [24–28].

В стране росла потребность в установках ЭИЛ и необходимо было обеспечить увеличение объемов производства этого оборудования, улучшения его параметров для повышения производительности и качественных характеристик наносимых покрытий. Требовался следующий уровень развития техники для ЭИЛ, создание оборудования не только для универсального использования, но и для высокопроизводительного нанесения функциональных покрытий на конкретные виды объектов.

По решению руководства Академии наук в конце 1970-х годов началось строительство корпусов ОЗ ИПФ АН АНМ. В нем принимали участие многие сотрудники завода и научных учреждений Академии. По завершении строительства в 1980 году деятельность завода была

Таблица 2. Установки типа «Элитрон» для работы в ручном режиме

Характеристики	Значения характеристик установок [12] с режимами (условно)		
	мягкие (1)	грубые (2)	особо мягкие (3)
Модель установки	«Элитрон-10», -12», -20», -22», -22А», -22Б», -24»	- 50», -52», -52А», -52Б	«Элитрон-14», -14А», -15», -16», -17», -21», -21Б»
Составные элементы	генератор, вибратор	генератор, вибратор	генератор, вибратор (вращательная головка)
Потребляемая мощность, кВА	0,3–0,5	2,0–4,5	0,2–0,4
Количество режимов	5–9	6–9	4–20
Рабочий ток, А	0,2–3,5	0,8–80	до 1,5
Максимальная толщина нанесенного слоя покрытия, мкм*	100–120	200–1000	20–30
Максимальная производительность, см ² /мин*	3–6	10	2,5–5,0
Габаритные размеры, мм	250–350×430× 170–250	650×600×1100	200–350×250–455× 100–200
Вес генератора, кг	17–33	140–150	6–25

* – при нанесении на сталь твердого сплава Т15К6.



(а)



(б)



(в)



(г)



(д)

Рис. 4. Фотографии моделей ручных установок типа «Элитрон».

(а) – Элитрон-12; (б) – Элитрон-17 (MI 641); (в) – Элитрон-21 (MI 105.1); (г) – Элитрон-22; (д) – Элитрон-52Б.

перенесена на новую территорию. Численность сотрудников увеличилась вдвое, до 300–320 человек, обновился парк технологического оборудования. Внесены были изменения в структуру завода, особенно в инженерные подразделения. СКБ состояло теперь из 4-х бюро: КБ-1 (механики – М.Л. Хайт); КБ-2 (прибористы – В.П. Хрущ); КБ-3 (электронщики – М.Г. Говберг); экспериментальный участок – А.И. Науменко). С течением времени был организован отдел новой техники (руководитель В.М. Козин) и отдел отработки и внедрения

перспективных технологий (руководитель В.И. Иванов), на базе которых в начале 1990-х годов создали общий отдел во главе с Б.А. Сиротюком. До уровня отдела была повышена служба технического контроля.

Согласно заводскому стандарту также было внесено изменение в название установок ЭИЛ – «Элитрон». Модели ручных установок различались двузначным числом, а механизированных – трехзначным.

Последовательно, на основе новых принципиальных электрических схем и с использованием

Таблица 3. Основные технико-экономические характеристики механизированных установок ЭИЛ

Параметры	Элитрон-101	Элитрон-120Б	Элитрон-121А	Элитрон-181А	Элитрон-240А***	Элитрон-315	Элитрон-345А	Элитрон-347Б	Элитрон-410	Элитрон-501	Элитрон-503
Назначение	универсальное рабочее место оператора	упрочнение режущих инструментов осевой формы	упрочнение вырубных штампов	упрочнение диффузионных ножей	серебрение электрических контактов	упрочнение валков прокатных станов	упрочнение сегментных пил	упрочнение и восстановление деталей (универсальная)	упрочнение пресс-форм для производства силикатного кирпича	упрочнение вставок осесимметричной формы молотовых штампов	упрочнение торцевых поверхностей зубьев и шлицев шестерен
Модель базового станка	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	токарный, 1К62	нет	нет	нет
Потребляемая мощность, кВА, не более (без станка)	0,8	2,5	2,4	7,0	2,1	50	3,6	8,0	15	7,5	8
Напряжение питания, В (50 Гц)	220	220	220	380/220	220	380/220	380/220	380/220	380/220	380/220	220
Частота вибрации электродов, Гц	100; вращение	вращение	100	100	100	вращение	100	100	100	100	100
Производительность, см ² /мин *	5	5	5	14 ножей в час	150 шт/час (контакт), 100 шт/час (ламель)	800	10	10	30	8	3 комплекта шестерен в час
Толщина нанесенного слоя, мкм	10–120	10–50	10–100	50–100	10–12 (контакт), 15–18 (ламель)	50–200	20–40	10–200	50–120	50–200	20–50

Высота неровностей профиля покрытия (R_z), мкм	8–85	8–36	8–70	30–70	4–8	30–130	10–30	8–130	30–80	30–130	12–32
Габариты обрабатываемых деталей, мм	наружный Ø до 80, длина до 270	наружный Ø 16–40, длина до 275	450×450	165×90×7	80×14×12	Ø валка 250–700, длина рабочей бочки 1700–2500, масса валка до 15 т	наружный Ø 275–1430	наружный: Ø 15–340, длина до 1400; внутренний: Ø 70 длина до 220	120×280×12	полости Ø 50–350	наружный Ø до 160
Габариты, мм: – станка – блока питания	1220×850×1200 –	500×500×1100 615×660×200	680×870×1420 600×690×1400	1225×700×1220 –	600×640×1600 750×750×1300	2500×2500×2000 1) 1200×450×650, 2) 2000×700×650	900×1350×2200 480×610×1200	3212×1166×1324 603×650×1604	1580×1350×1300 1) 600×690×2000, 2) 460×600×1200	1260×1880×2100 603×650×1604	650×750×1300 605×690×1600
Масса, кг: – станка – блока питания	200 –	210 250	210 170	280 –	190 220	1500 1) 200, 2) 350	630 180	– 350	460 1) 350, 2) 200	1200 260	150 200
Ожидаемый годовой экономический эффект, тыс. руб (при стоимости)**	20–40 (4)	20–30 (12)	70 (16)	10,6 (8)	200 (15)	400 (20)	30–50 (17)	40–50 (7)	30–50 (12)	180 (22)	50–70 (25)

* – максимальные значения; ** – по курсу 1980-х годов; *** – автоматизированная.

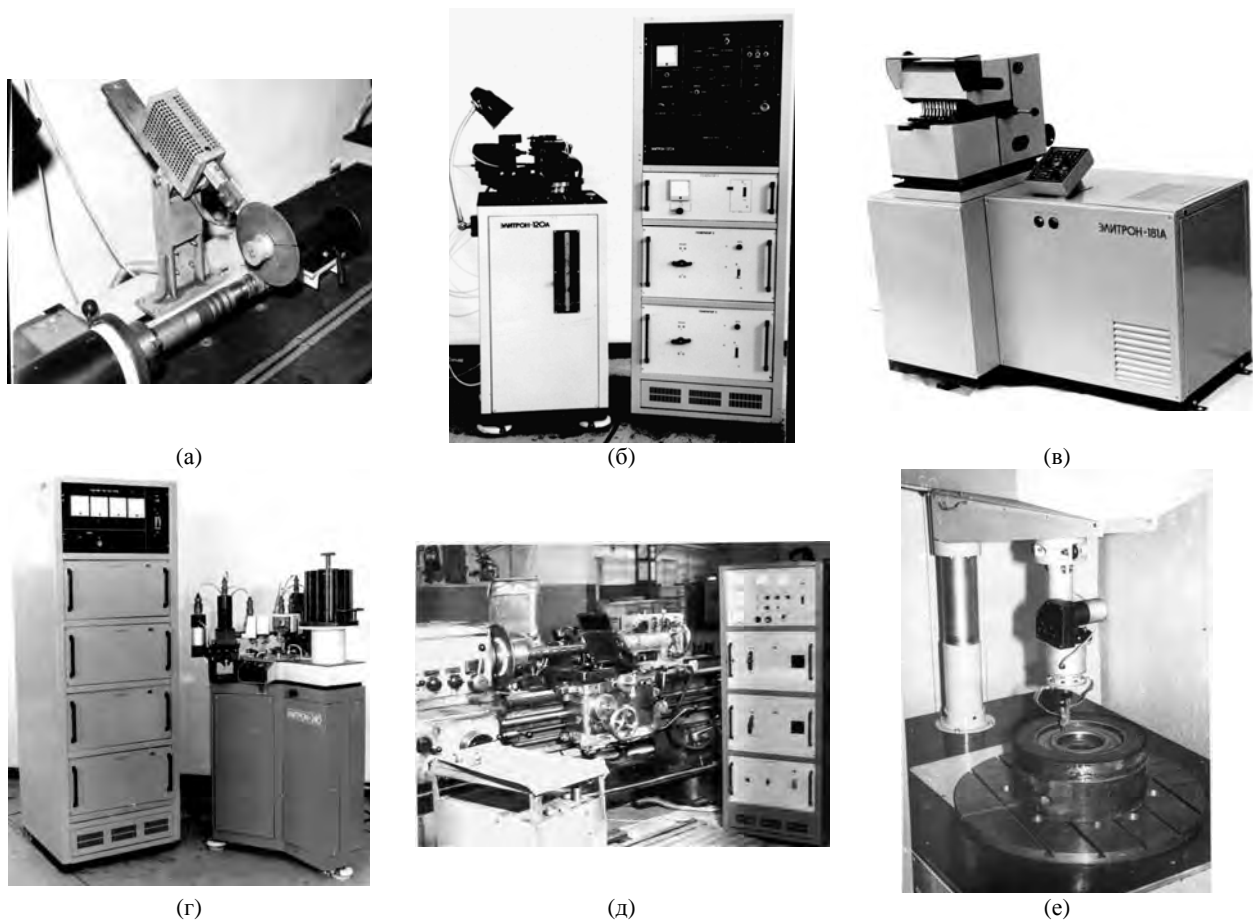


Рис. 5. Образцы механизированного оборудования ЭИЛ.
 (а) – «Элитрон-101»; (б) – «Элитрон-120А»; (в) – «Элитрон-181А»; (г) – «Элитрон-240А»;
 (д) – «Элитрон-347Б»; (е) – «Элитрон-501».

новых комплектующих элементов, были созданы и организован выпуск ручных установок следующих моделей: «Элитрон-10», -12», -14» и -14А», -15», -16», -17» (с устройствами для механизации процесса), -20», - 21» и -21Б», -22», -22А» и -22Б», -24», - 50», -52», -52А» и -52Б». Технические параметры и фотографии ряда этих установок приведены в табл. 2 и на рис. 4.

Значительное внимание было обращено на создание механизированного оборудования для ЭИЛ. Благодаря активной и эффективной деятельности отдела отработки и внедрения перспективных технологий, пополнившегося инженерами И.Х. Негарой и М.И. Черешем, был накоплен значительный технологический опыт практического использования метода ЭИЛ и установок «ЭФИ» и «Элитрон» для решения различных задач машиностроительного и ремонтного производства. На основании опыта применения метода ЭИЛ ряда предприятий страны были созданы и тиражировались установки для разных отраслей промышленности (рис. 5). Характеристики этого оборудования (табл. 3) демонстрируют высокую универсальность электроискрового метода нанесения покрытий и значительные успехи Опытного завода в создании новой техники.

Приведенными моделями механизированных установок не исчерпывается их полная номенклатура. Ее можно дополнить установками для кабельного производства «Элитрон-344» (упрочнение тяговых барабанов) и «Элитрон-502А» (упрочнение твердосплавных волок), установкой «Элитрон-500» для упрочнения формообразующих штампов, используемых при изготовлении коленчатых валов дизельных двигателей, другими установками специального назначения.

Многолетнее практическое применение многими предприятиями страны подтвердили высокие эффективность и надежность ручных и механизированных установок ЭИЛ производства нашего завода. К этим известным и сегодня функционирующим предприятиям можно отнести нижнетагильский «Уралвагонзавод», «Уфимское моторостроительное производственное объединение», выксунский металлургический завод, северодвинский завод «Звездочка» и другие.

На протяжении всей деятельности в области использования метода ЭИЛ Опытный завод работал в тесном контакте с учеными и специалистами Института прикладной физики АНМ (С.П. Фурсов, А.Е. Гитлевич, В.В. Михайлов,

А.М. Парамонов, А.В. Рыбалко и др.). Проводились совместные исследования прочностных свойств покрытий на модельных образцах и натуральных деталях в Кишиневском сельскохозяйственном институте на кафедре ремонта машин (Ю.Н. Петров, Л.И. Дехтярь, Д.А. Игнатков и др.). На кафедре «Технология машиностроения» (В.А. Тимошенко) Кишиневского политехнического института велась научная работа по увеличению стойкости штампов. Это, несомненно, положительно влияло на повышение технического уровня сотрудников завода и качества разработок. Большую пользу для развития электроискрового оборудования и технологий, разрабатываемых заводом, принесло сотрудничество с учеными и специалистами Института проблем материаловедения Академии наук Украины, Всесоюзного института авиационных материалов, Научно-исследовательского института двигателей, Научно-исследовательского института автомобильной промышленности и других научных центров Советского Союза, ряда крупных промышленных предприятий. Особо значима роль Анатолия Демьяновича Верхотурова (ИПМ АН Украины), ученика Б.Р. Лазаренко и известного ученого-материаловеда Г.В. Самсонова. Часто бывая на заводе, он, обладая обширными знаниями, делился с нами результатами своих исследований процесса ЭИЛ и свойств покрытий, консультировал, давал рекомендации, что учитывалось в выполняемых разработках.

Разработки завода неоднократно экспонировались и высоко оценивались на выставках разного уровня, включая ВДНХ СССР, международную выставку в Дамаске (Сирия, 1972 год), юбилейную выставку в рамках дней советско-болгарской дружбы (София, 1987). Они привлекали внимание специалистов зарубежных стран. Согласно межгосударственному соглашению между Молдовой и Индией, на базе научного центра в г. Хайдарабаде (штат Андхра-Прадеш) было организовано производство установок ЭИЛ. Обучали индийских специалистов сотрудники ИПФ (А.В. Рыбалко) и Опытного завода (В.И. Иванов, Д.Ф. Мындру и А.В. Калилов).

Говоря о деятельности завода, нельзя не сказать о поддержании хорошего морально-психологического климата в его коллективе. Как и на других предприятиях и учреждениях, у нас действовали комсомольская (секретари бюро В.И. Иванов, М.В. Симон), профсоюзная (председатель комитета С.А. Сильянова) и партийная (секретари бюро В.М. Демин, В.И. Иванов, С.Н. Ярухин, И.К. Ляшко) организации. Вопросы разного характера, направленные на сплочение коллектива для создания

качественной и эффективной новой техники, рассматривались в этих организациях и на общих собраниях. Результатом общественной деятельности была слаженная работа, добрые и дружеские отношения среди сотрудников, взаимопомощь и взаимовыручка. Этому способствовали совместный отдых на море, в лесу, в горах, а также туристические поездки по профсоюзным путевкам: в Москву, Ленинград, Киев, Минск, Прибалтику, Закавказье и др.

Таким образом, за 30-летний период Опытный завод Института прикладной физики прошел большой путь в создании образцов новой техники, связанной с использованием электроискрового разряда. Разработаны многие конструкции генераторов технологического тока, электрод-инструментов, систем управления и автоматического слежения, которые составили комплексы в виде установок ЭИЛ для работы в ручном, механизированном и автоматизированном режимах и переданы с технологическими рекомендациями на производственные предприятия. Труд коллектива завода достойно оценен положительными отзывами заводов, фабрик, производственных комбинатов, научно-исследовательских институтов, дипломами и медалями многих выставок.

С наступлением периода рыночных отношений начались негативные процессы, которые привели к разрушению стабильного и нужного производства, утрате сплоченного и грамотного коллектива. Но необходимо помнить эпоху созидания, достойную человеческую жизнь и отношения, способствовать возрождению науки и производства.

Эта статья – скромная дань Борису Романовичу Лазаренко, подарившему многим миллионам людей на Земле интересную, полезную для общества и окружающего мира возможность деятельности, творческого развития и обеспечения средств для благополучной жизни. Это также дань заводским руководителям и сотрудникам, друзьям и многочисленным коллегам, с которыми посчастливилось трудиться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазаренко Б.Р., Лазаренко Н.И. *Физика электроискрового способа обработки материалов*. М.: ЦБТИ МЭП, 1946.
2. Лазаренко Б.Р., Лазаренко Н.И. *Электроискровой способ обработки металлов*. *Станки и инструмент*. 1946.
3. Лазаренко Н.И. *Электроискровая обработка металлов*. М.: Изд-во АН СССР, 1957. Вып. 1, 70–94.
4. Лазаренко Б.Р., Лазаренко Н.И. *Электроискровая обработка токопроводящих материалов*. М.: Изд-во АН СССР, 1959.

5. Золотых Б.Н. *Физические основы электроискровой обработки материалов*. М.: Госуд. изд-во технико-теоретической литературы, 1953.
6. Палатник Л.С. *Изв. АН СССР. Сер. физ.* 1951, **15**(1), 80–86.
7. Могилевский И.З., Чеповая С.А. *Электроискровая обработка металлов*. М.: Изд-во АН СССР, 1957. Вып. 1, 95–116.
8. Иванов Г.П. *Технология электроискрового упрочнения инструмента и деталей машин*. М.: Машгиз, 1961. 302 с.
9. Иванов В.И. Этапы развития и перспективы метода электроискрового легирования в России. *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2020, **16**(3), 105–111.
10. *Электроискровая обработка токопроводящих материалов*. Библиографический указатель (1955–1959). М.: Изд-во АН СССР, 1960. 70 с.
11. Иванов В.И., Коневцов Л.А. *ЭОМ*. 2020, **56**(5),
12. Фурсов С.П., Парамонов А.М., Добында И.В., Семенчук А.В. *Источники питания для электроискрового легирования*. Кишинев: Штиинца, 1983.
13. Лазаренко Б.Р., Корниенко А.И., Говберг М.Г., Покровский А.М. *Способ электроискрового легирования*. А.с. СССР № 633703. Бюл. изобр. 1978, № 43.
14. Покровский А.М., Коваль Н.П., Корниенко А.И. *Способ электроискрового легирования*. А.с. СССР № 383352. Бюл. изобр. 1976, № 25.
15. Вайсман А.А., Гальперин Г.М., Зайцев Е.А., Коваль Н.П. *Способ электроискрового легирования, упрочнения и восстановления размеров*. А.с. СССР № 251721. Бюл. изобр. 1975, № 38.
16. Покровский А.М., Корниенко А.И., Зайцев Е.А., Коваль Н.П., Войтенко В.В. *Устройство для электроискрового легирования металлов*. А.с. СССР № 248103. Бюл. изобр. 1970, № 5.
17. Покровский А.М., Гальперин Г.М., Коваль Н.П., Корниенко А.И. *Устройство для электроискрового легирования*. А.с. СССР № 442643. Бюл. изобр. 1977, № 41.
18. Покровский А.М., Корниенко А.И., Коваль Н.П. *Генератор импульсов тока для электроискрового легирования*. А.с. СССР № 563257. Бюл. изобр. 1977, № 24.
19. Гальперин Г.М., Вайсман А.А., Науменко А.И. *Многоэлектродный инструмент*. А.с. СССР № 306687. Бюл. изобр. 1971, № 20.
20. Рябов В.П., Зайцев Е.А., Коваль Н.П., Сильянова С.А. *Многоэлектродный вращающийся инструмент для электроискрового легирования*. А.с. СССР № 262295. Бюл. изобр. 1973, № 27.
21. Тусиков И.Д., Коваль Н.П., Корниенко А.И., Зайцев Е.А., Гальперин Г.М., Базылько А.Г. *Многоэлектродный вращающийся инструмент*. А.с. СССР № 290657. Бюл. изобр. 1973, № 26.
22. Зайцев Е.А., Коваль Н.П., Корниенко А.И., Сосновский Н.И., Лазаренко Б.Р. *Устройство для автоматической стабилизации расстояния между электродом и изделием*. А.с. СССР № 268568. Бюл. изобр. 1973, № 26.
23. Лазаренко Б.Р., Покровский А.М., Дроздов А.И., Зайцев Е.А., Коваль Н.П., Корниенко А.И., Хрущ В.П. *Электроискровая установка для легирования*. А.с. СССР № 283461. Бюл. изобр. 1975, № 38.
24. Лазаренко Н.И., Фурсов С.П., Корниенко А.И., Наумов Н.К., Сафронов И.И. *ЭОМ*. 1965, (3), 6–11.
25. Краснолоб К.Л., Зайцев Е.А., Белик В.Т. *ЭОМ*. 1966, (2), 8–12.
26. Зайцев Е.А., Корниенко А.И., Покровский А.М. *ЭОМ*. 1971, (6), 72–75.
27. Коваль Н.П., Зайцев Е.А., Говберг М.Г. *ЭОМ*. 1974, (1), 82–84.
28. Хрущ В.П., Рябов В.П., Сильянова С.А. *ЭОМ*. 1975, (1), 80–83.

Summary

The article is devoted to Boris Romanovich Lazarenko – the founder of the electrospark method of processing conductive materials – and the activities of the Pilot Plant of the Institute of Applied Physics of the Academy of Sciences of Moldova, created by him, in the development and production of manual and mechanized installations for electrospark alloying. The dynamics of the development of the plant and its staff, and the creation of new electrospark alloying technology are shown. Technical characteristics and photographs of “EFI” and “Elitron” installations of different models, with the data on the efficiency of those installations are presented. The positive role of cooperation with research organizations, enterprises, and leading scientists is noted.

Keywords: electrospark alloying, installation, mechanization, coating, electrode-tool, generator