

Николай Николаевич Бенардос

(К 170-летию со дня рождения)

Русский изобретатель, основоположник дуговой электрической сварки, наплавки и резки металлов Николай Николаевич Бенардос родился 8 июля (26 июня по ст. ст.) 1842 г. в деревне Бенардосовка Елисаветградского (Елизаветградского) уезда Херсонской губернии (ныне с. Мостовое Братского района Николаевской области Украины) в семье отставного военного. Отец будущего ученого Н.П. Бенардос участвовал в Крымской войне, вышел в отставку в чине полковника. Дед П.Е. Бенардос участвовал в походах А.В. Суворова, отличился при взятии Измаила. В Отечественную войну 1812 г. в чине генерал-майора командовал полком. Его портрет имеется в галерее героев Отечественной войны 1812 г., находящейся в Санкт-Петербургском «Эрмитаже».

Детство мальчика прошло в имении родителей Новоукраинка Херсонской губернии. Он получил домашнее начальное образование, а в мастерских отца, где проводил целые дни, овладел навыками слесарного и кузнечного дела. В 1862 г. поступил на медицинский факультет Киевского университета св. Владимира. Во время обучения на врача в 1862 г. им было сделано первое известное изобретение: избавил от зубной боли своего денщика с помощью серебряной «пуговки» (пломбы). В 1866 г. перевелся в Петровскую земледельческую и лесную академию в Москве (ныне Российский аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева) по отделу сельскохозяйственных наук. В этом же году создал проект плуга с вращающимся отвалом, значительно уменьшив трение между частями плуга и земельным пластом. Весной 1867 г. получил в академии отпуск до осени и уехал в Париж на Всемирную выставку в надежде на реализацию своих планов в области изобретательства, где познакомился с П.Н. Яблочковым и другими зарубежными и русскими электротехниками. Заодно им были совершены ознакомительные поездки в Испанию, Великобританию и Германию.

В 1869 г. Бенардос бросает учебу в академии и принимается за постройку помещицкой усадьбы



«Привольное» на лесных землях недалеко от населенного пункта Лух (в настоящее время поселок городского типа), перешедших к нему от матери, в Юрьевецком уезде Костромской губернии (ныне в Лухском муниципальном районе Ивановской области). При усадьбе им были созданы хорошо оборудованные кузница, слесарная, механическая и деревообделочная мастерские. Здесь вместе с местными кузнецами он конструировал, усовершенствовал и изготавливал сельскохозяйственный инвентарь и бытовую технику. В усадьбе «Привольное» Бенардосом были изобретены: упряжка для волов, водоподъемный насос без цилиндра и поршня, краны для бочек и умы-

вальника, пневматическая поливалка, жатвенная машина (жатка-косилка), приборы для охлаждения воздуха и просушки стен в жилом помещении, механическая прачечная («стиралка-выжималка», прототип стиральной машины), станки для обработки металла и дерева, консервная банка, керосиновый самовар, трехколесный велосипед, цифровые замки для сейфов, висячий замок «Болт» и многое другое. Идеи этих его изобретений и в наши дни могут быть использованы для усовершенствования и дальнейшей разработки технологических процессов.

В 1873 г. Бенардос начал строить колесный пароход с поворотными лопастями на катках в подводной части в виде вращающихся с осями полых цилиндров. Судно должно было преодолевать речные перекаты, мели, обходить мельничные плотины и разные препятствия на суше по рельсовому пути, подходить к товарным складам, а также соединять две водные системы, где проведение канала по местным топографическим условиям невозможно. В 1876 г. строительство парохода было закончено и весной 1877 г. было спущено на воду. Вся конструкция была деревянной с немногими металлическими креплениями. Размеры парохода были следующие: длина 12 аршин (8,5364 м), ширина 6,5 аршин (4,6228 м), высота от ватерлинии до верхней палубы 4,5 аршина (3,2004 м). Было установлено два цилиндра диаметром 3 аршина (2,4336 м) и длиной 6 аршин (4,2672 м). При

полном грузе с экипажем из 10 чел. судно весило 600 пудов (9828 кг), имело осадку в 16 вершков (0,7112 м). По болотистым несудоходным рекам Лух и Клязьма пароход проделал путь в 300 км до г. Гороховец. Гребные колеса приводились в движение паровой машиной, а цилиндры при переходах мелей — ручными лебедками.

Пароход-вездеход был доставлен в Санкт-Петербург, однако не нашел применения, был продан на слом и разобран на дрова. Идея изобретателя избежать устройства шлюзов впоследствии воплотилась в виде подъемно-транспортных сооружений, с помощью которых суда поднимались и перевозились по рельсовым путям из одного бьефа реки в другой.

В феврале 1877 г. Бенардос сконструировал снаряд для перевозки дров и других тяжестей. Ряд землевладельцев завели его в своих хозяйствах. На это изобретение ему был выдан патент, прислана благодарность из Сельскохозяйственного музея Санкт-Петербурга.

При постройке парохода Бенардосу приходилось соединять кузнечной сваркой и клепкой крупные металлические детали путем ихковки молотом с предварительным разогревом. Но в его мастерских не было больших нагревательных печей. Американский инженер Э. Томсон в 1867 г. предпринял попытку сварить металлы электрическим током. Он пропускал ток большой силы через два плотно сдвинутых куска металла, отчего плавилась их кромка. В момент плавления Томсон сжимал куски и проковывал их молотом. Этот способ был не плох, но применять его было нельзя. Сплавляемые куски сильно деформировались, а при уменьшении электрического сопротивления свариваемых деталей температура снижалась и металл быстро остывал. Немецкий инженер Г. Цернер в 1868 г. применил для сварки угольные электроды. Закрепив горизонтально детали, а параллельно им по два угольных электрода с каждой стороны, он пропускал через них ток. Образовавшаяся электрическая дуга (впервые получена в 1802 г. русским физиком В.В. Петровым) нагревала свариваемые предметы. При отключенном токе свариваемые металлы сжимали и проковывали. В способе Вальпера с помощью контакта двух угольных электродов, помещенных в специальный прибор, электричеством накачивались изделия лишь определенных форм и размеров. По методу Сименса изделия нагревались электрической дугой с использованием промежуточного прибора (тигеля), играющего роль одного из полюсов. Француз Жамен пытался использовать для плавления металла тепло самой электрической дуги. Бенардос пробовал греть кромки деталей вольтовой дугой. Иногда, еще до проковки моло-

том, металл оплавлялся и соединял небольшие участки.

Необходимость иметь средства для работы над новыми изобретениями по электрической сварке металлов вынудила Бенардоса продать значительную часть своих земель, заложить усадьбу, оставить имение на управляющего и в 1879 г. переехать в Санкт-Петербург.

С идеей соединять металлы вольтовой дугой Бенардос в 1880 г. был принят в электротехнический отдел завода при товариществе «Яблочков-изобретатель и Компания», где трудились многие отечественные ученые. Общение с ними оказалось весьма полезным для его научно-технической деятельности. За время работы на заводе он изобрел подсвечник для свечи Яблочкова с автоматическим переключением тока, дуговую лампу, машину для изолировки кабеля, машину для оплетки проводов, коммутаторы, реостаты, в том числе водяной реостат, принимал участие в распространении электрического способа освещения. Руководство завода предоставляло ему возможность проведения опытов по соединению металлов с помощью тепла вольтовой дуги. В самом начале 1881 г. в усадьбе «Привольное» им была выполнена дуговая электросварка свинцовых пластин аккумуляторов.

Весной 1881 г. Бенардос в качестве сотрудника фирмы «Яблочков-изобретатель и Компания» отправился в Париж на Международную электрическую выставку. Для подготовки экспозиции Яблочков определил его в экспериментальную лабораторию при журнале «Электрисьен», содиректором которой был русский физик Н.Н. Кабат. Здесь Бенардос стал экспериментировать с осветительной техникой (трудился над созданием ламп накаливания) и изобрел новый тип гофрированных аккумуляторов. Пластины в аккумуляторах Бенардоса состояли из свинцовой рамы, к которой электрическим способом под наклоном были приварены свинцовые полосы, поочередно прямые и волнистые. Пластины помещались, как и в обычных аккумуляторах, в раствор серной кислоты. Благодаря своеобразному устройству пластин электролит касался большой поверхности свинца и свободно циркулировал между пластинами. Кроме того, части пластин могли свободно расширяться и сокращаться при заряде и разряде. Это делало пластины весьма стойкими к сильным разрядным токам. Так как при сварке дуга не сохраняет постоянной длины, то сила питающего ее тока меняется резкими скачками, что сказывалось на работе аккумуляторов. Усовершенствованные аккумуляторы, подключаемые последовательно или параллельно в зависимости от силы тока, оказались пригодными для основного изобретения Бенардоса — электросварки,

названной им «Электрогефест» в память о деде по отцовской линии, греке по происхождению. Гефест – в древнегреческой мифологии сын Зевса и Геры, бог огня, покровитель кузнечного ремесла.

Металл расплавлялся дугой, горящей между угольным электродом, подключенным к отрицательному полюсу источника тока, и свариваемым изделием, расположенным на рабочем столе с чугунной плитой, подключенной к положительному полюсу. Электрод был закреплен в специальном держателе, снабженном щитом и темным стеклом для защиты руки, глаз и лица от лучей электрической дуги. Характерная особенность этого способа заключалась в том, что при электросварке вольтова дуга возбуждалась между обрабатываемым металлом и углем. Промежуточный прибор, как в способах Вальпера и Сименса, не требовался. Тепловой эффект был сосредоточен в точках, между которыми образуется вольтова дуга. При этом положительный электрод накалялся значительно сильнее отрицательного. В самой дуге отделялось сравнительно мало теплоты. Благодаря этой особенности «Электрогефест» существенно отличался от способа Жамена, который предлагал употреблять для сварки пламя своей электрической свечи, т.е. главная часть энергии батареи пропадала.

Вначале Бенардос в лаборатории Кабата демонстрировал электрическую сварку свинцовых пластин неплавящимся электродом. Так как результаты опытов оказались удовлетворительными, он применил новый способ сварки теплом электрической дуги для прочного неразъемного соединения других металлов между собой, разъединения и резания металлов на части, сверления или производства отверстий и полостей и наплавки слоями. От желающих посмотреть, как изобретатель соединяет металлы, проделывает в них отверстия и разрезает рельсы, не было отбоя. Опыты производили необычайное впечатление на зрителей.

За «способ соединения и разъединения металлов непосредственным действием электрического тока», ставший главным экспонатом Парижской международной электротехнической выставки 1881 г., изобретатель получил Золотую медаль и мировое признание. В русской технической литературе того времени его называли «Гигантом колыбели».

В 1882 г. Бенардос был приглашен в Барселону (Испания), где строилась аккумуляторная электростанция. Он установил там крупную аккумуляторную батарею собственной конструкции, пользуясь для соединения свинцовых пластин дуговой электросваркой угольным электродом.

При финансовой поддержке предприятия Яблочкова Бенардос продолжил совершенствовать изобретенный им способ дуговой электросварки с целью доведения его до возможности промышленного применения. В 1884 г. он создал и испытал систему многопостовой сварки, а к лету 1885 г. в деталях разработал технологию сварки стали и чугуна, а также аппаратуру для сварки и регулирования силы тока и напряжения с использованием изобретенных им аккумуляторных батарей. При сварке стальных листов в стык изобретатель проводил дугой вдоль всего шва, который предварительно посыпал мелким песком, служащим для растворения окислы. Толстые листы необходимо было перевернуть и пройти электродом по изнанке шва. При сварке еще более толстых полос ему приходилось предварительно стачивать вкось их края, чтобы сложенные вместе они образовали желоб. В этот желоб он вкладывал железный стержень, который, расплавляясь, соединял оба листа в одно целое. После очищения окислы не было заметно ни малейшего следа сварки.

Таким образом, изобретатель в самом начале развития дуговой электросварки применял флюс в виде песка, а также присадочный материал – стержень, предварительно заложенный в шов. Если требовалось склепать два листа, то в проплавленные в них отверстия Бенардос вставлял железный цилиндр, выступающий примерно на один дюйм (25 мм) с обеих сторон. Под влиянием вольтовой дуги выступающая часть расплавлялась, образуя головку заклепки. Несколькими ударами молотка он придавал заклепке правильную форму. Для увеличения прочности сварного шва ему удалось усовершенствовать технологию сварки, предварительно подогревая свариваемые предметы и ликвидируя этим высокую разность температур соседних мест.

Бенардос не смог сразу в 1881 г. запатентовать изобретение «Электрогефеста» из-за отсутствия денег на оплату пошлины. Французский электротехник Огюсто де Меритан, прославившийся разработками источников тока (аккумуляторов и магнето) и исследованиями в области органической химии, сваркой никогда не занимавшийся, 24 ноября 1881 г. получил французский патент за № 146010 на изобретение электросварки, представив лишь голую идею способа и не указав его практического значения. Только в 1885 г. после доведения своего изобретения до возможности промышленного применения и получения денег за продажу усадьбы «Привольное» за неуплату долгов Бенардос смог подать заявку в Департамент торговли и мануфактур России с прошением о выдаче ему привилегии на «Способ прочного скрепления металлических частей и их разъединения непосредственным воз-

действием электрического тока». 31 декабря 1886 г. спустя более 5 лет после изобретения ему был выдан патент на 10 лет за № 11982 (3622). В описании изобретения было сказано: «Предмет изобретения составляет способ соединения и разъединения металлов действием электрического тока, названный «Электрогефест» и основанный на непосредственном образовании вольтовой дуги между местом обработки металла, составляющим один электрод, и подводимой к этому месту рукояткою, содержащую другой электрод, и соединенной с соответственным полюсом электрического тока. С помощью этого способа могут быть выполнены следующие работы: соединение частей между собой, разъединение или разрезывание металлов на части, сверление и производство отверстий и полостей и наплавление слоями. Вольтова дуга образуется в месте, где должна быть произведена одна из вышеупомянутых работ, приближением угля (или другого проводящего вещества) к обрабатываемой части... Угли или вещества, заменяющие уголь, могут иметь различные формы».

В 1887 г. французский изобретатель Огюст де Монто в письме в журнал «Электричество» (1887, №7) и в 1976 г. А.С. Нанс в статье «Происхождение дуговой сварки» в американском журнале «Welding Journal» пытались оспорить приоритет Бенардоса.

Богатый купец, владелец доходных домов в Санкт-Петербурге и Варшаве С.А. Ольшевский предложил свое финансирование, но при условии, что совладельцем патентов будет и он. Бенардос согласился, и в патентах Финляндии, Франции, Бельгии, Великобритании, Италии, Германии, Швеции, Норвегии, Дании, Испании, Швейцарии, США и Австро-Венгрии совладельцем его изобретения указан Ольшевский.

В 1885 г. в Санкт-Петербурге Бенардос совместно с рядом капиталовладельцев основал товарищество «Электрогефест» по пропаганде, эксплуатации и внедрению изобретения, а также по продаже лицензий и проведению консультаций. Товарищество организовало небольшой завод с 40 рабочими, на котором осуществлялись сварочные работы, и показательную мастерскую, где демонстрировались приемы сварки и проводились опыты. Это было первое в мире специализированное научно-производственное объединение по электросварке, в котором изобретатель был одновременно исследователем, конструктором аппаратуры и рабочим-сварщиком. В его первой в мире показательной мастерской, находившейся в небольшом фабричного типа здании, были установлены три сварочных поста и необходимое вспомогательное оборудование. Энергетическая часть состояла из паровой машины мощностью примерно 20 л.с., приводящей в дейст-

вие электрический генератор постоянного тока. Параллельно непрерывно работающему генератору были подключены 200 заряжавшихся аккумуляторов собственной конструкции, принимавших на себя толчки, вызываемые резкими изменениями сварочного тока. В момент возбуждения дуги между электродом и металлом электроэнергия подавалась в большом количестве.

Бенардос изобрел разные угольные электроды: сплошные в виде конуса, круга и ряда стержней, изогнутых по дугам кругов разного диаметра и соединенных между собой тонкой перепонкой, и полые, с металлическим стержнем или шихтой, состоящей из измельченного металла с прибавкой флюсов в виде кварца, буры, нашатыря и др. Его простейший тип электродержателя угольного электрода сохранил свой вид до наших дней. Предложенные им приспособления для формирования шва при вертикальной сварке снизу вверх и трубчатые электроды получили дальнейшее развитие в работах Института электросварки им. Е.О. Патона в Киеве и нашли применение в промышленности и строительстве. Изобретатель впервые применил электромагнит для закрепления сварных изделий в желаемом положении. Им было разработано магнитное управление дугой: для предотвращения при сварке отбрасывания дуги в сторону и ее устойчивости вокруг дуги было создано магнитное поле с использованием для этого нескольких витков проводника, по которому подавался ток к электроду. Этот метод магнитного управления сварочной дугой впоследствии был использован американцами.

Для увеличения площади и температуры нагрева и создания защитной зоны Бенардос применил сварку в струе газа. Но этот метод нашел применение спустя почти полвека и был назван американцами «способом Александра». В настоящее время сварка в струе аргона, азота и других газов применяется во многих отраслях техники. Для автоматизации процесса электросварки изобретатель предложил устройство, в котором металлический электрод неподвижен. По мере его плавления движется поддерживающая конец электрода тележка с прикрепленным к ней автоматическим регулятором тока и длины дуги. Особое устройство предназначалось для сварки угольной дугой продольных швов листов, труб и цилиндров большого диаметра. Обрабатываемое изделие неподвижно, а устройство, в котором закреплен электрод, движется вдоль шва вперед и назад, затем идут валки для проката шва. Эти устройства автоматизации стали прототипами современных сварочных автоматов. Изобретатель разработал способы изготовления резервуаров из тонкого листового железа, наливки слоя металла на металлический предмет, исправле-

ния изношенных поверхностей и выплавки дугой полостей и пустот.

Впервые дуговая электросварка по способу «Электрогест» была применена в 1886 г. в Иваново-Вознесенске (с 1932 г. Иваново) в кузнечно-котельном отделении Куваевской мануфактуры и на машиностроительном заводе Пономарева. В течение пяти лет способ Бенардоса нашел применение на многих заводах России.

Железнодорожный транспорт остро нуждался в быстром и сравнительно дешевом способе исправления изношенных, вышедших из строя деталей и изготовления новых. Практиковавшиеся в то время способы соединения металлов путем кузнечной сварки и клепки не удовлетворяли потребности производства по производительности и стоимости работ. Отечественные инженеры-путейцы были частыми посетителями мастерской Бенардоса, где оценивали возможности применения электросварки на транспорте. С 1886 г. началось практическое применение дуговой сварки в мастерских железных дорог и на других предприятиях не только для ремонта, но и для изготовления различных металлических изделий.

В Санкт-Петербургском институте инженеров путей сообщения (ныне Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения) проф. Н.А. Белелюбский открыл первую в России лабораторию по испытанию материалов. Прочность сварки плоского железа встык оказалась около 80%, а круглого – от 75 до 99% основного металла; в одном случае разрыв произошел не по сварному шву. Удовлетворительные результаты этих испытаний позволили специальной комиссии Министерства путей сообщения разрешить применение электрической сварки для ремонта подвижного состава железных дорог и механического оборудования депо и мастерских. Это было первое официальное признание электрической сварки в России. Постепенно она стала все шире использоваться в других отраслях промышленности.

Имя Бенардоса становится известным в научных и инженерных кругах за границей. Для ознакомления с работами «Электрогеста» в Россию приезжали крупные зарубежные специалисты. В апреле 1887 г. немецкий профессор Хемницкого политехникума Р. Рюльман посетил мастерскую и наблюдал опыты Бенардоса. На одном из Санкт-Петербургских заводов вышел из строя паровой котел, что привело к остановке всего завода. На ремонт котла старым способом требовалось три недели. Бенардос исправил его у себя в мастерской за один час. Отремонтированный котел выдержал гидравлическое испытание под давлением 10 атм. Рюльмана поразила быстрота выполнения работ,

он опубликовал подробное описание дуговой электросварки, отметив выгоду (стоимость работ и сроки их выполнения), перспективы и виды ее применения. Доклады о новом процессе сварки металлов были заслушаны на заседаниях членов Общества поощрения национальной промышленности в Париже, Общества инженеров-судостроителей в Ньюкастле, в Лондонском институте инженеров-механиков и др. Электросварку успешно стали применять за рубежом. К середине 90-х годов XIX в. новый технологический процесс был внедрен более чем на 100 заводах Западной Европы и в США. Электросварка применялась не только для вспомогательных ремонтных работ, но и как основной технологический процесс при производстве новых металлических изделий и конструкций на машиностроительных, металлургических, сталелитейных, кораблестроительных заводах. Она преобразила промышленное производство, оказала революционное влияние на процесс его дальнейшего развития, положила начало новым прогрессивным технологиям.

С 1887 по 1891 гг. Бенардосом были получены патенты на усовершенствованную систему аккумуляторов, гальванизацию больших площадей, тигельное электропаяние. В 1890 г. он опубликовал «Проект способа починки, перевозки и подъема Царь-колокола», а в 1892 г. выпустил брошюру под названием «Исправление Царь-колокола», предложив отвалившийся от колокола исполинский кусок приварить, затем погрузить колокол на специальную платформу и доставить на Воробьевы горы. Гидравлическими домкратами Царь-колокол предполагалось поднять на Царь-колокольню, проект которой он также разработал. Но эти работы не были разрешены.

В 1891 г. Бенардос, вдохновленный успехом М.О. Доливо-Добровольского в пуске трехфазной электропередачи, составил проект снабжения Санкт-Петербурга дешевым электрическим током от гидроэлектростанции мощностью в несколько десятков тысяч лошадиных сил (одна л.с. равна 0,736 кВт), построенной на Неве у с. Ивановское. По проекту необходимо было воздвигнуть от берега до фарватера, по которому проходят суда, крытый металлический мост с отопляемыми в зимнее время жилыми помещениями для служащих ремонтной мастерской и конторы. В каждом пролете между опорами должны были размещаться гидравлические подливные колеса, которые, вращаясь силой течения Невы, передавали бы движение приводу, находящемуся над колесом в здании моста. Там же должны были размещаться электрические генераторы, контрольные, сигнальные и другие аппараты. До центральной электрической станции в

Санкт-Петербурге по линии шоссе или по кратчайшему пути должна была быть проложена на столбах металлическая труба такого размера, чтобы в ней свободно помещались по стенкам электрические проводники, укрепленные на изоляторах. В середине на дне трубы по балкам (ребрам) должен быть проложен рельсовый путь для ручной дрезины, по которой мог бы проезжать дистанционный сторож, ревизор, смотритель проводов и рабочие для проводки и ремонта. На всем протяжении предполагалось трубу разделить на несколько равных по длине участков башнями. Башни должны были иметь: молниеотвод, входы в трубу, жилые помещения для дистанционных сторожей, телеграфный прибор или телефон для передачи сообщений на исходящую и конечную станции, инвентарь и инструменты для осмотра проводки и ее ремонта. При центральной станции в Санкт-Петербурге или на его окраине должны были находиться устройства для трансформации и распределения тока, контрольные, сигнальные и измерительные приборы, а также помещения для ремонтной мастерской и правления компании.

В 1891 г. изобретателем был разработан способ ваграночного электропаяния, электроотливки и электронаслоения металлов, по которому для нагрева используется тепло, выделяемое при прохождении электрического тока через металл, предназначенный для отливки. С этой целью он создал конструкции вагранок, представляющие с внутренней стороны воронку, в нижнюю часть которых вставлялся цилиндр с коническим отверстием из огнеупорного вещества (магнезит, шамот и т.п.). Металл засыпался в вагранку в измельченном виде с добавкой флюса. Кроме того, конструировались вагранки с приспособлением для совместного нагрева газовым пламенем. Для уплотнения налитого металла применялась проковка или прокатка. Такую вагранку Бенардос применял для изготовления изобретенных им труб из металлических лент, свариваемых по спирали. Вагранки небольших размеров использовались как ручные паяльники швов легкоплавкими припоями.

К 1892 г. Бенардос создал способы: сварки косвенно действующей дугой, дуговой резки как в обычных условиях, так и под водой, точечной и шовной контактной электросварки; заливания раковин, трещин и ненужных отверстий в чугунных, стальных и медных изделиях; электрического паяния накаливанием; электролитического покрытия железных судов слоем меди; приливки и отливки изделий, когда их изготовление существующими способами невозможно; обращения твердого чугуна в мягкий в определенном месте; нагревания дугой металлов для их поковки, штамповки, закалки

и отжига стальных пружин и инструмента; создал множество конструкций и автоматических систем для сварки угольными и комбинированными из угля и металла электродами разнообразных форм. Ему принадлежит и идея разработки горелки для сварки угольной дугой в атмосфере защитных газов и устройства для сварки на переменном токе, спайки двумя наклонными электродами, между которыми помещался стержень из металла. Посредством расплавленного металла дугой, возникающей между наклонными угольными электродами, производилась спайка. Этот метод впоследствии был признан изобретением германского инженера Цейнера и в честь него получил свое название.

На IV Электрической выставке в январе 1892 г., организованной в Санкт-Петербурге Русским техническим обществом (РТО), Бенардос продемонстрировал более 30 различных изобретений, оформленных в отдельную экспозицию. Разработанные им клещи для точечной контактной электросварки по виду не очень отличаются от современных. Более 50 тыс. посетителей увидели результаты электрической сварки, а Бенардос был награжден Золотой медалью РТО «За удачное применение вольтовой дуги к спаиванию металлов и наплавки одного металла на другой»; в мае 1893 г. он был избран действительным членом Общества.

В 1892 г. Бенардос изобрел «Электрокультуру» – способ удобрения полей, основанный на пропускании электрического тока большого напряжения в короткий промежуток времени через нетолстый слой культивируемой почвы небольшого объема. Для применения на практике этого способа он изобрел металлический плуг «Электроудобритель». Принцип электроснабжения мобильных средств в последующем был использован в электротракторах и передвижных электроудобрительных установках. Способ «Электрокультуры» был распространен изобретателем на сеялки, окучники, культиваторы и лопаты, в качестве источников тока для них предполагалось применять аккумуляторные батареи.

В 1896 г. Бенардос запатентовал способ «гидроплавки и накаливания металлов», сущность которого заключается в том, что одним из электродов является струя жидкого водного раствора кислоты, щелочи, соли. Обрабатываемое изделие, если струя направлена на него, нагревается теплом, выделяемым при прохождении тока через струю и металл изделия в месте их контакта, или теплом от электрического разряда, если струя направлена параллельно обрабатываемому изделию. Паяльники снабжались отдельной трубкой, в которую засыпался припой или вставлялся стержень того металла, которым производилось паяние, а также засы-

пались флюсы. Такие паяльники явились прототипами современных устройств для металлизации.

В настоящее время установлено, что контакт с металлическим свинцом при нормальной температуре не представляет большой опасности. Однако он опасен в виде тонко дисперсионной пыли и при нагревании до 500°, когда выделяются пары, которые затем окисляются; все соединения свинца очень ядовиты. Это наблюдается при рафинировании, плавлении, прокаливании, паянии, электродуговой резке и сварке свинца.

В конце 1890-х годов состояние здоровья изобретателя резко ухудшилось, он подолгу лежит в разных больницах. Продолжительные опыты с губчатым свинцом, необходимым для изготовления аккумуляторов, привели к тяжелому отравлению организма Бенардоса. Вокруг него появляются оборотистые дельцы, он без конца подписывает какие-то бумаги. К сожалению, изобретатель слишком поздно понял, что члены правления «Электрогефеста» хитростью и обманом завладели всеми его патентными правами на изобретения и материальными привилегиями.

В октябре 1895 г. в Санкт-Петербурге было создано новое объединение «Русское товарищество электрической обработки металлов» для эксплуатации изобретений русского инженера Н.Г. Славянова, который заменил неплавящийся угольный электрод металлическим плавящимся, сходным по химическому составу со свариваемым изделием. С целью повышения качества наплавленного металла сварочная ванная была защищена слоем шлака (расплавленным металлургическим флюсом). Он разработал специальный сварочный генератор на 1000 А, с которым отпала необходимость применения аккумуляторных батарей, изготовил и опробовал первый в мире сварочный полуавтомат, с помощью которого постоянство длины дуги в определенных пределах оплавления электрода поддерживалось двумя соленоидами, втягивающими железный сердечник и обеспечивающими автоматическую подачу электрода.

Изобретательство для Бенардоса было элементом интеллектуальной деятельности, но оно разочло его. По материнской линии он был потомком богатых русских предпринимателей, заводчиков и землевладельцев Демидовых. В центре России, на Урале, в Сибири и на Алтае они основали свыше 50 заводов, которые выплавляли 40% чугуна и стали в стране. В 1832–1865 гг. Санкт-Петербургской академией наук присуждались Демидовские премии за труды по науке и технике; бабушка Бенардоса Е.Л. Свешникова до замужества была Демидовой. Все работы, связанные с изобретениями (разработка, патентование, многочисленные пошли-

ны), Бенардос оплачивал за свой счет. Примерно на 200 изобретений им было истрачено практически все состояние, доставшееся ему по наследству. За три года до смерти он в связи с болезнью и жестокой бедностью вынужден был просить совет РТО о назначении ему пожизненной пенсии. В 1899 г. из-за материальных затруднений и по рекомендации врачей Бенардос поселился недалеко от Киева на ст. Фастов (ныне город в Киевской области Украины), где продолжал заниматься своим любимым делом, но в других областях.

В 1899 г. Санкт-Петербургский электротехнический институт (ныне Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет) присвоил Бенардосу (не прошедшему курса высшей технической школы) звание почетного инженера-электрика как выдающемуся изобретателю электрической сварки металлов. Его имя было в числе первых семнадцати, кому за период с 1899 по 1903 гг. было присвоено это звание (среди них А.С. Попов, А.Н. Лодыгин, Д.А. Лачинов, М.О. Дольво-Добровольский, И.И. Боргман, К.Ф. Сименс).

Несмотря на болезнь Бенардос не прекращал работы. В 1899 г. он получил патент на способ приготовления губчатого свинца для аккумуляторных пластин, в 1900 г. разработал способ изготовления стальных борон путем штамповки из листа. В январе 1902 г., находясь на излечении в Москве, он участвовал в работе II Всероссийского электротехнического съезда, который избрал его почетным председателем одного из заседаний третьего отдела. Участники съезда подтвердили эффективность использования электросварки, которая к тому времени зарекомендовала себя как надежный и удобный в эксплуатации способ. Через год вопрос о широком практическом применении дуговой электрической сварки и правилах приема сварных изделий был в центре внимания первого отдела III Всероссийского электротехнического съезда.

Во время Русско-японской войны 1904 г. моряки русского флота и рабочие в осажденной крепости Порт-Артур успешно применяли дуговую электрическую сварку при ремонте поврежденных корпусов кораблей «Севастополь», «Ретвизан», «Цесаревич»; источниками питания служили корабельные генераторы.

Громадный толчок развитию электрической сварки дала Первая мировая война. Необходимость в возможно короткие сроки изготавливать ответственные оборудование и срочно строить транспортные суда взамен погибнувших потребовала отказа во многих случаях от ранее применявшихся технологических процессов. Электрическая сварка упростила и сократила производство работ, позволяя

выполнять задание за несколько часов, на которое раньше уходили дни.

Первые крупные сварочные работы в России были выполнены под руководством В.П. Вологодина (с 1939 г. член-корреспондент АН СССР). На Дальзаводе (судоремонтный завод) он организовал в 1920 г. сварочный участок, на котором ремонтировали детали и узлы судов, изготавливали паровые котлы, начали строить сварные буксирные катера, суда (первым было судно «Седов»), крупные доки, морские траулеры и т.п. На станции Большой Невер Забайкальской железной дороги по его проекту впервые был построен сварочный резервуар для хранения нефтепродуктов. В 1923 г. на принципе намагничивающей параллельной и размагничивающей последовательной обмоток возбуждения В.П. Никитиным (с 1939 г. академик АН СССР), К.К. Хреновым (с 1953 г. член-корреспондент АН СССР) и А.А. Алексеевым были разработаны сварочные генераторы постоянного тока СМ-1, СМ-2, СМ-3. В 1924 г. В.П. Никитин разработал сварочный трансформатор СТН. Для небольших сварочных токов им был сконструирован трансформатор с внутренним реактивным сопротивлением, представляющий собой комбинацию трансформатора и реактивной катушки. В 1932 г. К.К. Хренов осуществил подводную сварку и резку металлов.

В эти годы специалист в области мостостроения академик Е.О. Патон организовал в Киеве при Академии наук УССР лабораторию, поставившую перед собой цель широкого применения электросварки вместо клепки в различных отраслях промышленности. В январе 1934 г. на базе лаборатории был создан Институт электросварки, где в 1940–1945 гг. были разработаны автоматическая сварка под флюсом и специализированное оборудование для сварки броневой стали корпусов танков, морских судов, орудий, вагонов, цистерн и др., т.е. дуговая электросварка была применена для изготовления оружия Победы. В 1969 г. была проведена электросварка в космосе. Вторая половина XX в. ознаменовалась лазерной и плазменной резкой и наплавкой металлов, а в XXI в. были созданы роботизированные гибкие сварочные комплексы с числовым программным управлением.

После продолжительной и тяжелой болезни вследствие отравления свинцом 21 (8 по ст. ст.) сентября 1905 г. в возрасте 63 лет Бенардос умер в фастовской богадельне (в то время так назывались в России приюты для престарелых и инвалидов). К тому времени его имя было почти забыто, это

трагическое событие не было отмечено в газетах и журналах.

О Бенардосе вспомнили только тогда, когда электрическая сварка стала одним из самых распространенных технологических процессов. Способы дуговой электросварки, изобретенные им, были первыми, применявшимися на практике. Многие нововведения в этой области являлись лишь их усовершенствованиями.

Николай Николаевич Бенардос относится к числу первых русских электротехников, работы которых имеют мировое значение. Разработанные им способы применения вольтовой дуги для обработки металлов заняли достойное место в истории техники наряду с изобретениями электродвигателя, телеграфа, радио, электрического освещения и электрической передачи механической энергии. С его работ началось развитие новых отраслей техники и технических наук – сварочного производства и сварочной науки. Он был патриотом своей Родины, все свои изобретения по военному делу (способ переправки войск, электрическая пушка для больших кораблей и крепостей, самодвижущаяся сухопутная и кавалерийская мины, реберные и цилиндрические полые пули, автоматическое оружие и др.) он бесплатно передавал государству.

О Николае Николаевиче Бенардосе, родоначальнике и творце основных видов дуговой электрической сварки и резки металлов, получивших широкое применение во всех промышленно развитых странах мира, подробнее можно прочитать в работах: **Шнейберг Я.А.** Титаны электротехники. Очерки о жизни и творчестве. – М.: Изд-во МЭИ, 2004; **Истомина С.В.** Самые знаменитые изобретатели России. – М.: Изд-во «Вече», 2000; **Шателен М.А.** Русские электротехники XIX века. – М.: Госэнергоиздат, 1955; **Корниенко А.Н., Н.Н. Бенардос** – автор способа дуговой сварки. – Сварочное производство, 1981, №7; **Бочков В.Е.** Новое о Н.Н. Бенардосе. – Сварочное производство, 1972, №10; **Огиевецкий А.С., Радуевский Л.Д.** Николай Николаевич Бенардос. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1952; **Никитин В.П.** Русская школа в развитии электрической дуговой сварки. – Изв. Академии наук СССР, 1948, №6; **Никитин В.П.** Николай Николаевич Бенардос (1842–1905). В кн.: Люди русской науки. – М., 1965; **Веселовский О.Н., Шнейберг Я.А.** Очерки по истории электротехники. – М.: Изд-во МЭИ, 1993.

Григорьев Н.Д., канд. техн. наук