

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров, Б. Г. Кузнецов,
В. И. Кузнецов, А. И. Купцов, Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский,
Д. В. Ознобишин, З. К. Соколовская (ученый секретарь),
В. Н. Сокольский, Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров*
(зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя), *Н. А. Фигуровский*
(зам. председателя),
*А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Янин* (председатель), *М. Г. Ярошевский.*

А. А. Чеканов

**Николай Гаврилович
СЛАВЯНОВ**

1854—1897



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1977

В книге рассказывается о жизни и деятельности одного из создателей дуговой электрической сварки металлов, русского изобретателя и ученого Николая Гавриловича Славянова.

Не ограничиваясь теоретическими изысканиями и лабораторными исследованиями, Славянов впервые в мире применил дуговую электросварку в судостроении. Труды этого пионера прикладной электротехники, высоко оцененные отечественными и зарубежными специалистами, широко используются и в наше время — подавляющее большинство сварочных работ выполняется по способу, разработанному Славяновым.

В ряду выдающихся деятелей отечественной науки и техники одно из видных мест по праву занимает замечательный инженер и изобретатель Николай Гаврилович Славянов, впервые разработавший и внедривший в производство прогрессивный процесс дуговой электро-сварки металлическим электродом. Он является создателем одного из важнейших технологических способов современного промышленного производства. Именно это изобретение принесло Славянову мировую известность.

С именем Славянова связаны формирование основ металлургической науки электросварки, создание первого в мире полуавтомата для дуговой электросварки и сварочного генератора, разработка способа электрического уплотнения металлических отливок. «Будучи металлургом по специальности,— писал академик Б. Е. Патон,— Н. Г. Славянов разработал основы металлургических процессов, которые протекают при сварке. Он внес в методы электросварки много усовершенствований и по праву считается основоположником современной металлургии сварки. Его работы в этой области до сих пор служат основой многочисленных и разнообразных исследований, которые в наши дни проводят ученые-сварщики и новаторы производства»¹. В нашей стране выдающиеся изо-

¹ Патон Б. Е. Современное состояние автоматической сварки под флюсом — итог развития идей Н. Г. Славянова. — Сборник докладов научно-технической конференции сварщиков, посвященной 100-летию со дня рождения Н. Г. Славянова, Киев, Машгиз, 1955, с. 18.

брения Славянова стали могучим орудием технического прогресса.

Главное изобретение Славянова — дуговую электро-сварку металлическим электродом — нельзя рассматри-вать в отрыве от прогресса электротехники в России, в отрыве от потребностей общественного производства и в первую очередь машиностроения, металлургии и транс-порта, особенно железнодорожного. В этой связи основ-ные этапы жизни и научного творчества Славянова осве-щаются в книге на фоне развития отечественной науки и техники.

Вместо предисловия

Как известно, технический переворот в дореформенной России проходил медленнее, чем в странах, уже вставших на капиталистический путь развития. Однако, по словам В. И. Ленина, «после 61-го года развитие капитализма в России пошло с такой быстротой, что в несколько десятилетий совершались превращения, занявшие в некоторых старых странах Европы целые века»¹.

Реформа 1861 г., отменившая в России крепостное право, способствовала переводу хозяйства страны на рельсы промышленного капитализма. В России начал быстро расширяться внутренний рынок сбыта промышленных товаров, а также машин и орудий производства для строящихся фабрик и заводов. При этом развитие русского капитализма в первую очередь было связано с железнодорожным строительством. Вспыхнувшая железнодорожная «горячка» вызвала оживление и подъем всех отраслей тяжелой промышленности.

Перелом в промышленном развитии России стимулировал развитие технических наук. Именно во второй половине XIX в. в России начала формироваться новая область техники — электротехника. По словам академика Н. П. Петрова, «наиболее выдающимся фактом, показывающим все незримо великое значение наук для развившейся в XIX в. техники, представляет развитие учения об электричестве»².

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 20, с. 174.

² Записки РТО, 1901, вып. 6, с. 402.

Еще в середине XVIII в. М. В. Ломоносов прозорливо предугадал значение зарождающейся науки об электричестве. «Электрическая сила,— писал он,— открывает великую надежду к благополучию человеческому». Его сподвижник, академик Г. В. Рихман, изучая атмосферное электричество, уже в 1753 г. указал на возможность практического применения электрических искр для плавления металлов³.

Начинация Ломоносова и Рихмана развил первый русский электротехник профессор Петербургской медико-хирургической академии Василий Владимирович Петров (1761—1834). В 1802 г. он впервые обратил внимание на наблюдаемое в электрической дуге преобразование электрической энергии в тепловую (позднее это явление отметил английский ученый Г. Дэви).

В. В. Петров не только открыл явление электрической дуги, но и указал на возможные области ее практического применения, тем самым подготовив пути развития электрического освещения, электросварки и электрометаллургии.

Необходимо отметить, что русские ученые вообще проявляли огромный интерес к исследованиям гальванических явлений. Достаточно сказать, что в начале XIX в. в нашей стране имелись самые крупные в мире гальванические батареи и были сделаны замечательные открытия в области изучения свойств электрического тока.

К сожалению, открытие Петровым явления электрической дуги долгое время не могло найти практического применения, в частности при обработке металлов и освещении. Виной тому в первую очередь были низкий технический уровень промышленности, которая тогда еще не испытывала потребности в электрической обработке металлов, скудность знаний об электричестве и отсутствие достаточно мощных источников дешевой электроэнергии. При помощи вольтова столба удавалось получить лишь очень небольшое количество электроэнергии, а появившиеся позднее на его основе батареи гальванических элементов были чрезвычайно сложны в обслуживании и давали дорогую электроэнергию, причем в ограниченных количествах.

³ Рихман Г. В. Труды по физике. М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 47.

Потребовались многие годы совместных усилий электриков и физиков, прежде чем были созданы экономичные и удобные в эксплуатации электрические генераторы, вырабатывающие в больших количествах сравнительно дешевую электроэнергию. Этому способствовали многочисленные изобретения в области магнетизма и электричества, среди которых первое место по праву принадлежит электромагнитной индукции, открытой Фарадеем в 1831 г. и ознаменовавшей начало нового периода в развитии науки об электричестве и магнетизме.

Открытие Фарадея послужило основой последующих первостепенных фундаментальных исследований в области электротехники. В частности, на базе принципов электромагнитной индукции были разработаны электрические машины, ставшие важнейшим техническим объектом современного производства. Нынешняя электроэнергетика базируется на применении электромагнитного генератора. История его начинается с «новой электрической машины» Фарадея. К сожалению, в России, как и во всем мире, на новый генератор обратили внимание лишь после многих неудачных попыток применить гальванические элементы для промышленных целей.

В середине 70-х годов XIX в. электрический ток все чаще используется для практических целей. Это побудило ученых и изобретателей во многих странах обратить серьезное внимание на применение высокой температуры электрической дуги для сваривания и плавления металлов. Тем более, что развитие машиностроения и транспорта требовало в свою очередь дальнейшего совершенствования технологии изготовления машин и металлоконструкций, их быстрого и дешевого ремонта.

В 1882 г. русский изобретатель Н. Н. Бенардос разработал «способ прочного соединения и разъединения металлов непосредственным действием электрического тока», назвав его «электрогефестом». Спустя шесть лет его идея получила дальнейшее развитие в работе Н. Г. Славянова, предложившего «способ электрической отливки металлов» (дуговую электросварку металлическим электродом).

Годы, когда Бенардос и Славянов изобрели дуговую электросварку, были годами становления электротехники — науки о процессах, связанных с практическим использованием электрических явлений в промышленности,

транспорте, строительстве, военном деле, медицине, быту и т. д. Возникновению электротехники предшествовал продолжительный этап накопления знаний об электричестве и магнетизме, во время которого осуществлялись отдельные попытки использования электричества в медицине, а также для передачи сигналов в электростатическом телеграфе. Открытие источника непрерывного электрического тока — вольтова столба, создание более совершенных гальванических элементов сделали возможными всесторонние исследования магнитных, химических, тепловых, световых действий электрического тока, пробудившие практический интерес к этому новому виду энергии. «Около века прошло с тех пор, как явления электрические,— писал в одной из своих работ известный отечественный физик А. Л. Гершун,—вышли из тени суеверия и таинственности и вошли в область науки. Разнообразие, неожиданность и красота электрических явлений пленили мир ученых и любителей наук; энтузиазм, с которым все, даже не присущие науки люди, предались изучению таинственной силы, сквозит из каждой строчки работ исследователей того века (Пристлея, Франклина и др.— А. Ч.)... Так прошло более ста лет в ученых работах; знания наши росли и крепили, и теперь мы окружены, опутаны применениями тех чудес, что удивляли в тиши кабинетов мирных ученых, и воочию видим воплощения их мечтаний.

Прошел ровно век с тех пор, как болонский врач Алоизио Гальвани (1737—1798) в содрогании животного мускула с удивлением впервые наблюдал проявление таинственной силы, которой назначено было произвести переворот в развитии и жизни человечества. Нужен был глаз ученого, чтобы в этом скромном явлении увидеть зарю великих открытий. А эти открытия не заставили себя ждать. Та же сила, что сокращала мускулы лягушки Гальвани, уже спустя век — миг в развитии человечества — сделалась необходимой спутницей нашего существования, одним из условий нашего комфорта, и мы к ней привыкли и проходим пресыщенные мимо чудес ею расточаемых»⁴.

⁴ Гершун А. Л. Краткие сведения по электротехнике в современном ее состоянии.— Записки РТО, 1892, вып. 5, с. 53—54.

А. Л. Гершун указывал, что электрическая энергия добывается уже не соприкосновением двух металлов, а с помощью могучих паровых машин, установленных на электрических станциях. Получаемая электроэнергия, «растекаясь по устроенным для нее проводам, покрывающим, как сетью нервов, наши города, вносит свет в наши дома, освещает наши улицы, двигает наши станки и машины!» (Следует заметить, что впервые широко электричество было использовано при освещении и лишь потом — в промышленности.)

«И к чему только,— продолжал Гершун,— не способна эта сила? Она разлагает сложные тела на частицы, невидимые в самых сильных наших микроскопах и едва постигаемые человеческим умом, она заставляет осаждать эти частицы в желаемые формы (очевидно, ученый имел в виду гальванопластику.— А. Ч.), она передает наши мысли, нашу речь на тысячи верст, может быть, вскоре передаст так же далеко нашу способность зрения (по всей вероятности, Гершун здесь говорит о телевидении.— А. Ч.). Совершая столь трудные и сложные задачи, она переносит по тонким проводам на сотни верст сотни лошадиных сил и способна двигать ими заводы, фабрики и железные дороги (как видим, он уже в 1892 г. указывал на возможность электрификации железнодорожного транспорта.— А. Ч.)... Все эти чудеса дало нам развитие электротехники — науки о применении свойств электрической энергии к нуждам человеческим. Двадцать лет тому назад (1872 г.— А. Ч.) не существовало даже слова «электротехника», теперь же эта отрасль техники — последняя победа человеческого ума — занимает равноправное место меж старших своих сестер и раз поднявшись, как Илья Муромец, растет и крепнет не по дням, а по часам, отвоёвывая повсюду новые области для своего применения. Более сорока журналов, исключительно ей посвященных, ежедневно доносят до нас сведения о новейших ее успехах, множество научных обществ и учреждений разрабатывают ее и распространяют о ней знания, тысячи людей занимаются ею и тысячи еще, изучая ее, готовятся быть ее поборниками»⁵.

В 1895 г. в редакционной статье «Электротехническо-

⁵ Там же.

го вестника» — журнале прикладной электротехники, издаваемом Электротехническим обществом, констатировалось: «Электричество завоевало себе уже почетное место в технике, промышленности и домашнем быту, поэтому уже в настоящее время в России существует большой контингент лиц, занимающихся электротехникой, как специалистов, так и любителей»⁶. В этой же статье говорилось и о цели Электротехнического общества, «которое возникло для того, чтобы в дружеской беседе, в кругу со товарищей по электротехнике, взаимно усовершенствовать свои знания и помогать друг другу в приобретении технических знаний»⁷.

Кстати, сам факт организации в начале 90-х годов Электротехнического общества и появление его печатного органа свидетельствует о развитии электротехники в России. Н. Г. Славянов, избранный 15 ноября 1893 г. в действительные члены этого общества, вел в нем активную работу и неоднократно выступал с докладами о своих изобретениях⁸.

Ко времени изобретения дуговой электросварки в России имелось уже большое количество работ, посвященных изучению различных свойств электрической дуги. К их числу, помимо работ В. В. Петрова, следует отнести исследования Э. Х. Ленца, Б. С. Якоби, Н. П. Слугинова, А. Н. Лодыгина, П. Н. Яблочкова, Д. А. Лачинова, В. Н. Чиколева, Н. П. Булыгина и др.

В 1877 г. с электрической дугой экспериментировал выдающийся русский физик Д. А. Лачинов, причем часть своих исследований он провел совместно с В. Н. Чиколевым и Н. П. Булыгиным.

Лачинов измерял силу тока, длину и сопротивление дуги. Для более полного выявления ее физико-химической природы он последовательно вводил в дуговое пламя калий, натрий, литий и другие элементы. Последнее оказывало влияние на сопротивление электрической дуги⁹. Объясняя это явление при обсуждении сообщения Лачинова в Русском физико-химическом обществе, Д. И. Мен-

⁶ Электротехнический вестник, 1895, № 22, с. 279.

⁷ Там же, с. 280.

⁸ «Электротехнический вестник», 1894, № 1, с. 6.

⁹ Лачинов Д. А. О некоторых свойствах электрической дуги. СПб., 1877.

делеев указал на то, что химические процессы играют существенную роль в механизме образования электрической дуги. О большой роли химических реакций в электрической дуге говорил и П. Н. Яблочков.

Результаты, полученные Лачиновым, «подвели исследователей вплотную к изобретению дуговой электросварки», показав, что тепловой и световой эффекты сосредоточены на концах обоих электродов, в точках, между которыми образуется электрическая дуга. Сама же дуга, по мнению Лачинова, «остается сравнительно темною, и в ней отделяется сравнительно мало теплоты». Давая впоследствии заключение о бенардосовском «электрогёфесте», Лачинов писал: «Мы придаем особое значение тому обстоятельству, что в способе г. Бенардоса вольтова дуга возбуждается между *свариваемым металлом и углем* (курсив мой.— А. Ч.) Этим он существенно отличается, например, от способа Жамена, который предлагал употреблять для паяния пламя своей свечи».

Лачинов дал отдельные рекомендации по практическому применению электрической дуги, например о возможности плавления с ее помощью металлов под водой. Результаты исследований Д. А. Лачинова в области электротехники впоследствии широко пользовался Н. Г. Славянов, в частности при разработке регуляторов дуговых ламп.

В 1881 г. в Русское физико-химическое общество представил результаты своих работ по изучению дуги Н. П. Слугинов¹⁰. В том же году была опубликована обстоятельная статья В. Н. Чиколева, затрагивающая вопросы природы электрической дуги.

Во второй половине XIX в. исследования свойств электрической дуги проводились и в других странах.

Ф. Энгельс в письме от 25 января 1894 г. к В. Боргиусу, касаясь взаимосвязи науки и техники, подчеркнул и значение технических, т. е. производственных, применений электричества: «Об электричестве мы узнали кое-что разумное только с тех пор, как была открыта его техническая применимость»¹¹. Такой «технической при-

¹⁰ Слугинов Н. П. О вольтовой дуге.— Журнал Русского физико-химического общества, 1881, вып. 4.

¹¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 39, с. 174.

менимостью» электричества вслед за электрическим освещением стали, как уже отмечалось, электросварка, электротермия, электрометаллургия и электропривод. С начала XIX в. электротехнические исследования возглавили ученые России. «Русские доказали,— писал Д. А. Лачинов,— что в области электротехники они не только не отстали от прочих наций, но стоят выше последних и нередко указывают им дорогу».

С 1880 г. в России начал издаваться журнал «Электричество». Он широко знакомил русскую инженерную общественность с развитием отечественной и зарубежной электротехники. Отныне русские электротехники получили возможность печатать статьи в «своем журнале» и обсуждать на его страницах наиболее интересующие их вопросы.

Журнал «Электричество» был пионером среди специальных электротехнических журналов в мире. На первый взгляд факт появления его в промышленно отсталой России кажется довольно странным. Однако все объясняет одна из особенностей развития России во второй половине XIX в., характеризующаяся резким разрывом между творческими достижениями русской науки и отсталостью промышленности, не позволявшей осуществлять на практике результаты блестящих открытий отечественных ученых и изобретателей..

Издание журнала «Электричество» было продиктовано самой жизнью. К концу 70-х годов в России, особенно в Москве и Петербурге, было уже много людей, неустанно работавших над вопросами электротехники. В 1880 г. в Петербурге открылась первая в мире Электротехническая выставка, привлекавшая внимание технической общественности к чудесам электричества. В дальнейшем, начиная с 1889 г., большую роль в развитии отечественной электротехники стали играть Всероссийские электротехнические съезды. В принятых на них решениях намечались пути ее прогресса, перспективы дальнейшего использования электричества.

Одним из блестящих примеров промышленного применения электричества стала дуговая электросварка. Однако в царской России изобретения Бенардоса и Славянова, как, впрочем, и другие начинания в области электросварки, не встречали, да и не могли встретить должной поддержки. «Такие грустные результаты,— писал русский маши-

ностроитель В. Л. Кирпичев,— очень часто приходились на долю русских изобретателей, труды которых не могли найти применения по неимению надлежащего поприща и потребности в их деятельности»¹². За практическое воплощение изобретений, по существу, вместе с изобретателями боролись лишь представители передовой научно-технической общественности. Но их инициативы было недостаточно. Только социальные изменения, свершившиеся в стране в октябре 1917 г., открыли необходимый простор для развития науки и техники, для широкой реализации на практике замечательных творений отечественных изобретателей.

¹² Кирпичев В. Л. *Машиностроение в России*. СПб., 1894, с. 131.

Жизненный путь

Николай Гаврилович Славянов родился 5 мая (23 апреля) 1854 г. в с. Никольское Задонского уезда Воронежской губернии (ныне Воронежская область). Село принадлежало его отцу, отставному штабс-капитану Гавриле Николаевичу Славянову. В 1853 г. Гаврила Николаевич женился на Софье Алексеевне Шаховской, дочери курского помещика А. Е. Шаховского. «Во время Крымской войны,— пишет Н. Н. Славянов,— Гаврила Николаевич вступил в государственное ополчение и в 1856 г. после окончания войны вышел в отставку. Он получил медаль «не в награду, а в воспоминание о Крымской войне» с правом ношения ее старшим в роде...»¹

С годами имущественное положение семьи Славяновых ухудшилось. Имение было продано за бесценок, причем в рассрочку. Между тем семья была большая (восемь сыновей и три дочери) и детям нужно было дать образование. К сожалению, его получили только три сына: Николай, Александр и Юрий.

Николай поступил в одну из гимназий Воронежа и в 1872 г. окончил ее с золотой медалью. В том же году восемнадцатилетний юноша был принят в старейшее горнотехническое высшее учебное заведение России — Петербургский горный институт.

Благодаря своим необычайным способностям, большому трудолюбию и настойчивости Николай сразу выдвинулся в число лучших студентов. Его учебные работы-проекты всегда отличались тщательностью и исключи-

¹ Славянов Н. Н. Воспоминания об отце.— Электричество, 1954, № 6, с. 83.

тельной глубиной разработки темы, оригинальностью решения поставленных задач. Студенческие работы Славянова считались образцовыми и неизменно удостаивались похвальных отзывов. Например, почетным отзывом Совета института был отмечен его проект паровой машины, в котором Славянов сконструировал оригинальный парораспределительный механизм с гидравлическим регулятором, связанным с одной из спиц махового колеса.

В студенческие годы «он не получал никаких средств от семьи и жил на стипендии и уроки. Часы, оставшиеся от институтских занятий и уроков, Николай Гаврилович посвящал музыке и, несмотря на скудные средства, брал на прокат пианино»².

В середине 70-х годов в связи с обострением классово-вой борьбы заметно усилились революционные настроения в студенческой среде. В борьбу с самодержавием включается все большее число учащейся молодежи. 6 декабря 1876 г. в Петербурге на Казанской площади во время политической демонстрации с пламенной речью против царизма выступил студент третьего курса Горного института Г. В. Плеханов. За это выступление Плеханов был исключен из института.

Николай Славянов находился в рядах передового студенчества. Он активно участвовал в студенческих волнениях 1877 г. В результате ему некоторое время пришлось скрываться от преследований полиции в Гатчине.

За время «гатчинской ссылки» Николай Славянов познакомился со своей будущей женой — Варварой Васильевной Ольдерогге — дочерью отставного полковника Василия Васильевича Ольдерогге.

В 1877 г. Славянов блестяще окончил Петербургский горный институт и получил звание горного инженера 1-го разряда.

Первые четыре года после окончания института Славянов работал на Воткинском казенном горном заводе, куда был направлен распоряжением главного начальника Уральских горных заводов. Молодой инженер сразу же зарекомендовал себя с лучшей стороны. Проработав всего полгода практикантом, Славянов был назначен смотрителем механических фабрик (механического и токарного цехов), а с 12 октября 1878 г. решением Главной конто-

² Там же, с. 84.

ры Камско-Воткинских заводов стал исполнять обязанность механика завода, в ведении которого находилось все заводское оборудование. Новое назначение позволило Славянову непосредственно заниматься усовершенствованием машин и механизмов всех цехов.

Воткинский чугунолитейный и оружейный завод — в то время один из передовых железоделательных, сталелитейных, механических и судостроительных заводов России — стал хорошей школой для молодого энергичного инженера. Основанный в 1759 г., этот завод был одним из старейших и широкоизвестных металлургических заводов, на котором в разное время трудились умельцы-металлурги, выходцы из крепостных крестьян, своими оригинальными нововведениями способствовавшие прогрессу отечественной металлургии. Например, в 1811—1815 гг. крепостной крестьянин С. И. Бадаев разработал способ изготовления знаменитой «бадаевской» стали.

На Воткинском заводе, которым руководил Илья Петрович Чайковский (отец известного композитора Петра Ильича Чайковского), уже в первой половине XIX в. широко применялся новый тогда способ получения стали при помощи пудлингования³. По примеру Воткинского завода пудлинговое производство было организовано на большинстве заводов Урала и Приуралья, причем их специалисты изучали пудлингование на Воткинском предприятии. В 1863 г. на Воткинском заводе впервые было освоено получение стали в конверторах с кислой футеровкой.

Славянов проработал на Воткинском заводе четыре года. Затем он перешел на Омутнинские заводы братьев Пастуховых на должность инженера для технических занятий. В состав Омутнинских заводов входило несколько чугуноплавильных и железоделательных заводов, находящихся друг от друга на значительных расстояниях и связанных между собой в основном только водными путями.

³ *Пудлингование* — металлургический процесс передела чугуна в мягкое малоуглеродистое железо путем перемешивания в печи расплавленного чугуна и шлака. Во второй половине XIX в. пудлингование было вытеснено более совершенными способами передела чугуна в сталь — бессемеровским и томасовским конверторными процессами и мартеновским процессом. Но в начале XIX в. пудлингование получило широкое распространение и являлось основным способом производства стали.

В то время директором заводов был его большой друг — Павел Михайлович Карпинский (двоюродный брат известного геолога Александра Петровича Карпинского).

Работать было нелегко. По существу вся деятельность Славянова главным образом сводилась к поддержанию в рабочем состоянии весьма старого заводского оборудования. При этом молодой и энергичный инженер неоднократно пытался внести некоторые усовершенствования в производство. Но все его попытки встречали сопротивление хозяев заводов. Они не хотели тратить деньги на какие-либо нововведения, так как и без этого, пользуясь исключительно дешевой рабочей силой, получали огромные прибыли. Условия работы на Омутнинских заводах заставили Славянова подать прошение министру государственных имуществ о его переводе в распоряжение главного начальника уральских заводов, т. е. опять в ведение казенных заводов.

В конце 1883 г. Славянов получил назначение на Пермские казенные пушечные заводы, где и проработал до конца своих дней. Сначала Славянов занимал должность управителя орудийных и механических фабрик по изготовлению артиллерийских орудий и снарядов, а с 1888 г. стал помощником горного начальника и, наконец, с 1891 г. — горным начальником (директором) этих заводов. Здесь — в старинном арсенале русской артиллерии — развернулась яркая, плодотворная научная и инженерная деятельность Славянова, во всей полноте раскрылся его творческий талант.

В дореволюционной России казенные заводы, занимавшиеся изготовлением предметов вооружения армии и флота, в техническом отношении принадлежали к числу самых передовых (эти позиции еще более усилились в период деятельности Славянова на Пермских заводах). По качеству изделий отечественные артиллерийские заводы «могли соперничать с лучшими заводами Европы и Америки»⁴, что свидетельствовало не только о мощных для того времени технических средствах наших заводов, но и о высоком уровне квалификации их персонала. К числу крупных заводов этой категории относились Обу-

⁴ Фабрично-заводская промышленность и торговля России. СПб., 1896, с. 92.

ховский завод в Петербурге и Пермские пушечные заводы.

Пушечные заводы в Мотовилихе (близ Перми), основанные в 1862 г., к моменту поступления на них Славянова были «прекрасно устроенными и обставленными превосходными исполнительными механизмами». На заводах действовала 21 паровая машина общей мощностью в 2400 л. с., работало около 4 тыс. рабочих. Пермские заводы могли выполнять не только заказы по производству артиллерийских орудий, снарядов и других необходимых военному ведомству изделий, но и заказы на изготовление гражданской продукции — паровых машин и котлов, а также различных сложных заводских механизмов и машин.

Различные промышленные предприятия России, и в первую очередь уральские заводы, постоянно обращались со своими заказами к Пермским заводам. К их помощи часто прибегали волжские и сибирские пароходства, нуждающиеся в изготовлении сложных, например паровых, машин тройного расширения мощностью до 1000 л. с. Мощная паровая машина была построена на заводах для мельницы в Самаре. В 1875 г. на Пермских заводах под руководством замечательного инженера, воспитанника, а впоследствии директора Петербургского горного института Н. В. Воронцова был сооружен крупнейший в мире паровой молот мощностью 50 т (такой молот имелся только на Обуховском заводе в Петербурге). Любопытно отметить, что впоследствии при постройке аналогичного парового молота на заводе Крезю французские проектанты обращались к Н. В. Воронцову за технической консультацией.

И еще один факт, характеризующий Пермские заводы как передовое в техническом отношении предприятие. Здесь в 1876 г., почти впервые в России, началась выплавка стали в мартеновских печах, а также тигельной стали в регенеративных печах Сименса. Последняя производилась первоначально в древесноугольных горнах, а затем в коксовых⁵. Специалисты заводов при производстве высококачественной стали обращали большое внимание на тщательность подготовки шихтовых материалов.

⁵ Менделеев Д. И. Уральская железная промышленность в 1899 г., ч. 2. Спб., 1900, с. 4.

Н. Г. Славянов живо интересовался самыми разнообразными отраслями техники и инженерного дела. Его особое внимание привлекла электротехника, особенно область ее практического применения. Будучи высокообразованным инженером, Славянов пришел к правильному выводу: наибольшего эффекта при повышении уровня производства можно достичь лишь путем всестороннего использования электротехники. Не удивительно, что, став начальником Пермских заводов и уделяя внимание подготовке кадров, Славянов направлял заводских специалистов для изучения электротехники на промышленные предприятия Петербурга, а также во Францию и Германию.

Н. Г. Славянов, как и многие другие прогрессивные деятели науки и техники, уже в конце XIX в. видел огромные перспективы промышленного применения электричества. Став со временем выдающимся специалистом в области прикладной электротехники, он в одном из докладов в Русском техническом обществе (РТО), касавшемся электрической отливки металлов, сказал: «...я не могу удержаться, чтобы не указать на то, что прошло только всего 12 лет со времени появления первого применения теплоты вольтовой дуги, вообще говоря, теплоты, преобразованной из электрического тока, к обработке более или менее значительных количеств металла,— и уже мы знаем целый ряд способов пироэлектрической обработки металлов, дающих более или менее практические результаты; поэтому можно смело надеяться, что в недалеком будущем электричество захватит себе почетное место во всяком как металлургическом, так и механическом заводе»⁶.

Но это было в 1892 г. Сейчас же, на первых шагах своей деятельности на Пермских заводах, Славянов в своем увлечении электротехникой столкнулся с огромными трудностями. Россия не производила электрических приборов и машин, поэтому молодому энтузиасту пришлось самому проектировать и строить необходимое электрооборудование. Для этого нужны были твердые знания по электротехнике. Их Славянов не имел: в 70-х годах в программе Горного института, как и в других высших технических учебных заведениях, курса электротехники еще

⁶ Славянов Н. Г. Электрическая отливка металлов.— Записки РТО, 1892, вып. 6, с. 41.

не было и студенты получали самые общие сведения по электричеству из курса физики. (В Горном институте курс электротехники как самостоятельный предмет был введен лишь в 1896 г.)

Славянов взялся за самостоятельное основательное изучение электротехники по техническим книгам и журналам⁷, которых также было сравнительно немного. И лишь в начале 90-х годов по мере расширения сферы технического применения электричества в России стала появляться литература по электротехнике (труды И. И. Боргмана, А. П. Постникова, М. А. Шателена, Э. Жерара и др.). К этому времени уже имелись определенные успехи в развитии отечественной электротехники, наиболее ощутимые в области изготовления аккумуляторов отечественных систем, осветительных приборов и т. д. В связи с этим в одном из номеров «Электротехнического вестника» за 1894 г. указывалось: «Не можем не отметить весьма отрадного явления — что русские изобретения начинают эксплуатировать у нас в России; до сих пор же они всегда находили применение за границей раньше, чем у нас»⁸.

Электротехнику Славянов изучал весьма упорно и настойчиво, отдавая этому делу почти все свободное от служебных обязанностей время. В сравнительно короткий срок он приобрел исключительно глубокие познания в данной области. Славянов научился рассчитывать и строить простые, а затем и более сложные электроаппараты. Вскоре молодой изобретатель уже конструировал разные электрические приборы, в том числе крупные по тем временам динамо-машины и аппараты для нужд заводского производства.

Начав на заводе с устройства специального коммутатора, он затем занялся постройкой динамо-машин, предназначенных для освещения и электрометаллургии. На Пермских пушечных заводах Славянов разработал и изготовил две большие динамо-машины постоянного тока (на 300 А при напряжении 60 В с приводом паровой машины мощностью 60 л. с. и на 1000 А при напряжении 100 В с приводом от паровой машины мощностью

⁷ Чеканов А. А., Ржонсницкий Б. Н. Михаил Андреевич Шателен. М., «Наука», 1972, с. 121.

⁸ Электротехнический вестник, 1894, № 1, с. 35.

150 л. с.). Они долгое время с успехом эксплуатировались на заводах. Заводская электростанция, где были установлены эти машины, в дальнейшем стала технической базой разработки блестящих изобретений Славянова — дуговой электросварки и электрического уплотнения металлических отливок.

В конце 80-х — начале 90-х годов Пермские пушечные заводы одни из первых в России полностью освещались электричеством. Это была исключительно заслуга Н. Г. Славянова, придававшего большое значение заводскому освещению, считая его важным фактором обеспечения нормальных условий труда рабочих. Талантливый инженер, он спроектировал и изготовил для заводского освещения специальные электрические дуговые лампы. Он, в частности, изобрел особый регулятор дуговых ламп, отличавшийся простотой устройства, хорошим действием и удобством в обращении. Дуговые лампы с оригинальным регулятором Славянова с успехом применялись для освещения завода в Мотовилихе; в 1891 г. завод освещали 700 электроламп. «Теперь Мотовилихинский завод весь, т. е. все фабрики и жилые постройки освещаются электричеством,— писал «Электротехнический вестник»,— и, кроме того, производит при помощи электричества всевозможные металлургические работы при спайке (т. е. сварке.— А. Ч.), уплотнении, литье металлов и разные другие применения в области электротехники»⁹.

Профессор Московского технического училища П. К. Худяков, посетивший летом 1891 г. Пермские казенные пушечные заводы, указывал прежде всего на то, что они освещаются электричеством. «Устройство электрической станции,— отмечал П. К. Худяков,— с работающими в ней машинами было выполнено домашними средствами завода по проекту горного инженера Н. Г. Славянова, ныне исполняющего должность управляющего заводом»¹⁰. Худяков обратил внимание на рациональное, экономически обоснованное использование электрической станции, которая в дневное время питала посты электро-

⁹ Электрическое освещение на Мотовилихинском заводе.— Электротехнический вестник, 1894, № 12, с. 408.

¹⁰ Худяков П. К. Заметки об Уральских заводах. Казенный Пермский завод.— Технический сборник и вестник промышленности, 1891, № 10, с. 432.

сварки, а в вечернее и ночное — приборы заводского освещения.

Дуговые лампы Славянова, о которых вообще в то время мало кто знал, освещали Пермские заводы даже спустя много лет после смерти изобретателя. На это, в частности, указывает побывавший на заводах Мотовилихи Д. И. Менделеев¹¹. (К концу 90-х годов количество электрических ламп на заводе превышало 2500 штук.)

В 1885 г. Славянов был направлен в заграничную командировку. Он посетил Бельгию и Германию, где в течение четырех месяцев знакомился с заводами акционерного общества «Кокериль» и оружейными заводами Круппа. Славянов побывал на Всемирной выставке в Антверпене и электрической выставке в Кенигсберге. Заграничная командировка явилась для Славянова важным побудительным стимулом к еще более углубленному изучению электротехники. Подробное ознакомление с электротехническими достижениями зарубежных специалистов твердо убедили Славянова в необходимости и целесообразности использования электричества в промышленности.

Работая над практическим применением электричества в металлургии и машиностроении, Славянов пришел к идее создания дуговой электрической сварки и электрического уплотнения металлических отливок. В этих его работах получил весьма эффективное развитие метод соединения и разъединения металлов, предложенный в 1882 г. другим отечественным изобретателем Н. Н. Бенардосом. При этом Славянов критически подошел к оценке основных положений изобретения Бенардоса и в отличие от последнего разработал ряд вопросов, относящихся непосредственно к области металлургических процессов, протекающих при сварке. Славянов внес в методы дуговой электросварки много усовершенствований, улучшающих свойства направленного металла сварного шва.

Стремясь найти более прогрессивное решение поставленной задачи, Славянов в 1888 г. изобрел способ дуговой электрической сварки, при котором в качестве второго полюса дуги вместо угольного электрода, применявшегося Бенардосом, использовался сам присадочный материал, т. е. металлический стержень, сходный по химическому

¹¹ Менделеев Д. И. Уральская железная промышленность в 1899 г., ч. 2, с. 46.

составу со свариваемым изделием. Новый электрод обеспечивал непрерывное плавление, значительно повышал эффективность процесса сварки. В ноябре того же года Славянов впервые с помощью нового способа сварил вал паровой машины.

Однако Славянов применял электрическую дугу главным образом для заварки деталей при исправлении брака в отливках. Поэтому свой способ изобретатель назвал «электрической отливкой металлов» и электросварщика — «электроотливщиком», а организованный им первый в мире электросварочный цех — «электролитейным» (здесь были подготовлены первые в мире электросварщики). Под «электрической отливкой» Славянов понимал дуговую электрическую сварку металлическим электродом, а под термином «сварка» — только сварку давлением или пластическую сварку без расплавления свариваемого металла (например, широко применявшуюся тогда кузнечную сварку).

Славянов не торопился брать привилегию (патент) на свое изобретение. Как известно, он получил ее только в 1891 г. после тщательной разработки своего способа, позволившей внести новые улучшения в процесс сварки.

Имя горного инженера Н. Г. Славянова и изобретенный им способ сварки быстро получили всемирную известность. Чтобы закрепить приоритет России на изобретение дуговой электросварки металлическим электродом, Славянов запатентовал его в 1890—1891 гг. одновременно не только на родине, но и во Франции, Англии, Германии, Австро-Венгрии, Бельгии, а также сделал заявки в США, Швеции и Италии.

В 1892 г. в Петербурге состоялась IV электрическая выставка Русского технического общества, на которой демонстрировалось большое число металлических изделий, сваренных по способу Славянова. В представленных на выставку описаниях способов электрической отливки металлов Славянов подробно охарактеризовал их сущность и перечислил основные виды работ, которые можно было выполнить с помощью дуговой электросварки.

Среди экспонатов, подготовленных Славяновым, имелись изделия, в которых сквозные отверстия, трещины, раковины были залиты сталью, чугуном, различными сплавами меди. Посетители могли увидеть детали, у которых электросварка «исправила» износ поверхности, «сварила»

Сломанные или «приварила» недостающие части, «наплавляла» новый металл на старый и т. д. Среди стендовых образцов находился особый оригинальный сплав — «электрит», изобретенный Славяновым для наплавки на трущиеся части стальных изделий и отличающийся большой твердостью и малым коэффициентом трения. К сожалению, сведений о составе этого сплава не сохранилось. Из новых изделий, изготовленных при помощи электрической отливки, большой интерес представляла труба из красной меди, стенки которой выдерживали давление в 500 атм.

В целях популяризации своего способа электросварки Славянов устроил на выставке временную маленькую мастерскую. Три раза в неделю он лично демонстрировал свое изобретение, давал необходимые пояснения, охотно отвечая на вопросы посетителей.

Техническая общественность России высоко оценила изобретение Славянова. Экспертная комиссия выставки присудила ему «за удачное применение вольтовой дуги к производству металлических отливок и к последующей их обработке с целью изменения химического состава металла и улучшения его механических свойств, за самостоятельные и выдающиеся труды по электрической отливке металлов, продемонстрированные на выставке», высшую награду — золотую медаль и почетный диплом.

В 1893 г. изобретение Славянова демонстрировалось на Всемирной электротехнической выставке в Чикаго. И здесь его способ электросварки был отмечен почетным дипломом и золотой медалью. Необходимо заметить, что «детитце» Славянова было показано и на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. К сожалению, Славянова тогда уже не было в живых.

Но Славянов не только изобрел дуговую электросварку металлическим электродом и разработал ее научные основы. Он внедрил этот способ в промышленность. Только на Пермских заводах методом «электрической отливки» Славянов выполнил 1630 разнообразных работ. Как уже говорилось, изобретатель организовал на заводах специальный цех и подготовил первых русских электросварщиков. Особенным мастерством отличались сварочные работы, выполненные самим Славяновым. Многие из деталей, сваренных им, и сейчас вызывают восхищение специалистов — настолько хорошо выполнена работа.

Особое внимание Славянов уделял механизации и автоматизации дуговой электросварки, что представляет одну из важных задач, стоящих перед сварочной техникой и в наши дни. Он сконструировал и опробовал первый в мире сварочный полуавтомат («электроплавильник») — прообраз современных автоматических сварочных головок.

Вторым крупным изобретением Славянова было электрическое уплотнение металлических отливок путем подогрева их верхней части электрической дугой до температуры плавления стали. Как известно, так называемая прибыльная часть стальных слитков, идущая в отход, является большим накладным расходом для производства. Применявшиеся до Славянова способы уменьшения прибыльной части слитка оказывались или очень дорогими, или не давали доброкачественного металла.

Работая на Пермских казенных заводах, Славянов неоднократно задумывался над решением проблемы уплотнения металлических отливок. В поисках ответа он обратил внимание на отливку пушечных стволов. Оказалось, что при этом металл остывал неравномерно. В результате чего в толще металла образовывались пустоты, уменьшавшие его прочности и ухудшавшие качество орудий. Необходимо было найти способ «подогревать металл с поверхности на то время, пока внутренняя его часть находилась в расплавленном состоянии».

Славянов решил, что наилучший выход — это подогрев застывшего литья с помощью электрической дуги. В 1890 г. он предложил способ подогрева, позволяющий относительно дешево и просто получать крупные стальные отливки высокого качества.

Предложенный им способ относительно прост. Залитый в специальную форму (изложницу) жидкий металл подогревают в верхней части электрической дугой, не давая ему быстро остывать. Таким образом процесс застывания начинается внутри металла и происходит постепенно. При этом выделяющиеся из металла газы свободно выходят через жидкий верхний слой, а пустоты, образующиеся от сжатия охлаждающегося металла, своевременно заполняются запасом жидкого расплава.

В 1892 г. Н. Г. Славянов выступил с большим докладом на общем собрании РТО. Он обстоятельно осветил в нем все аспекты темы своего нового изобретения — электрического уплотнения металлических отливок. В заклю-

чение Славянов пророчески утверждал, что в недалеком будущем «электричество захватит себе почетное место во всяком как металлургическом, так и механическом заводе».

Славянов никогда не ограничивался выполнением только своих прямых обязанностей. Образованный человек, отличный инженер, он постоянно интересовался широким кругом вопросов заводского производства и участвовал в решении многих проблем, встающих перед руководителями заводов. Например, в 1884 г. Пермские заводы испытывали большие трудности в освоении проката тонколистового железа главным образом из-за непригодности заводских печей. Славянов, не имеющий отношения к прокатному делу (он в то время был управителем оружейных и механических фабрик по изготовлению артиллерийских орудий и снарядов), сконструировал специальную печь. Ее проект был утвержден Главной конторой Пермских заводов.

В этом факте еще раз проявляется одна из ярких сторон творческого пути Н. Г. Славянова — его изобретательская деятельность. Глубокий ум и поразительная изобретательность сочетались в Славянове с неугасимой верой в могущество техники, с огромной работоспособностью и настойчивостью.

Определяя и оценивая изобретательскую деятельность Славянова, необходимо отметить изумительную целеустремленность его работ, направленных на решение конкретных производственных задач. Например, узнав об изобретении Бенардоса, он сразу же пытался применить его на производстве для выполнения имевшихся на заводах заказов, в первую очередь для сварки отдельных частей артиллерийских орудий. Это послужило Славянову импульсом к изобретению оригинального способа дуговой электросварки — «электрической отливки металлов».

Аналогичная картина наблюдалась и при изобретении электрического уплотнения металлических отливок. Пермские пушечные заводы получили важное задание по изготовлению орудий крупных калибров. Чтобы успешно решить его, нужно было прежде всего добиться значительного улучшения качества слитков, необходимых дляковки стволов орудий. В поисках путей к повышению качества металла Славянов пришел к изобретению электрического уплотнения слитков, давшего большой эффект.

Исключительно целенаправленная изобретательская деятельность Славянова, вызванная желанием удовлетворить потребности производства, может явиться объектом исследования ученых, занимающихся психологией научного творчества. Ведь жизнью и деятельностью Славянова нельзя не восхищаться. В условиях дореволюционной, технически отсталой России он сумел создать и претворить в жизнь идеи и методы, являющиеся ведущими для многих отраслей механики наших дней. Успех его работ (помимо личных качеств изобретателя и главным образом его исключительной работоспособности) может быть объяснен чрезвычайно плодотворным сочетанием в его лице талантливого металлурга и электротехника, а также его высоким служебным положением. Во времена Славянова нельзя было даже ставить вопрос о какой-либо помощи изобретателю со стороны государства или общественных учреждений. Славянов же смог проводить свои исследования и довести свои работы до полной законченности лишь будучи начальником крупнейших русских оружейных заводов.

При этом он не дорожил своим временем и здоровьем, не жалел личных денежных средств. Вот что писали по этому поводу уже после смерти изобретателя «Пермские губернские ведомости»: «Трудно поверить, что человек, имевший к своим услугам для производства опытов громадные заводы, многие тысячи рабочих, массу опытных мастеров и инженеров, открывший способ, дающий родной казне сбережения в сотни тысяч, получавший очень крупное содержание по службе, — что этот человек умер, оставив свою семью буквально без копейки. И, однако, это правда, ибо урезывая себя во всем, он все средства тратил на научные исследования и опыты»¹².

Большой интерес для исследователей жизни и деятельности Н. Г. Славянова представляют воспоминания его сына — Николая Николаевича Славянова (1878—1958) — советского гидрогеолога, члена-корреспондента АН СССР. Он сообщает об отце целый ряд малоизвестных данных, раскрывающих многогранность творческой личности Н. Г. Славянова.

«Имеют интерес некоторые сведения о Николае Гавриловиче как... «колокольном мастере», — пишет Н. Н. Сла-

¹² «Пермские губернские ведомости», 1897, 18 октября.

вянов.— Письма с таким адресом он получал из разных мест России; в письмах содержались просьбы починить церковные колокола, что Н. Г. Славянов успешно выполнял. Я видел очень интересное письмо: перед пасхальными праздниками отец починил при помощи электросварки один колокол, а после пасхи получил колокол обратно с благодарностью и извинениями по поводу новой поломки колокола; оказывается, пасху праздновали очень шумно и, радуясь, что колокол цел, так сильно били в него, что он опять сломался, но уже в новом месте. Колокол был снова починен.

Никаких намерений починить Царь-колокол в Московском Кремле у Николая Гавриловича не было. Эта мысль зародилась, по-видимому, у доктора М. П. Глубоковского — редактора журнала «Ребус», который и напечатал в 1894 г. в «Русском обозрении» статью о желательности реставрации Царь-колокола. Отец говорил, что технически эту работу выполнить можно, но сам он не рекламировал ее.

Интересна неожиданная для Н. Г. Славянова связь его работы с лечебным делом. Можно было наблюдать, как около якоря динамо-машины находились женщины, приходившие «лечиться» — извлекать иголки, случайно попавшие в тело.

Можно отметить также попытки медицинского применения образующихся при электросварке излучений. Уже в наше время к доктору Ивану Павловичу Федорову, заведующему железнодорожной больницей в г. Перми, пришел рабочий, болевший за несколько лет до этого волчанкой. На этот раз он пришел с какой-то другой болезнью. Из разговора выяснилось, что этот больной работает в электросварочном цехе. Он давно заметил хорошее действие электросварочных лучей на волчанку, в связи с чем заменил предохранительное красное стекло защитными очками, предохранявшими только глаза и оставлявшими открытой остальную часть лица, и таким способом совершенно излечился от волчанки. И вот И. П. Федоров решил начать опыты применения освещения лучами электросварки больных различными болезнями. Оказалось, что с некоторыми болезнями (экземами, нарывами, волчанкой, спонтанной гангреной) можно успешно бороться таким путем. Опытами И. П. Федорова заинтересовались в Москве, и сейчас (1954 г.— А. Ч.) он

продолжает свои исследования в специально для него оборудованной клинике»¹³.

Н. Н. Славянов приводил интересные сведения, касающиеся распорядка рабочего дня своего отца: «День Николая Гавриловича был заполнен научно-технической и административной работой на заводе и научной работой за письменным столом дома. Научная работа сменялась отдыхом за роялем или фисгармонией. Любимой музыкой отца была классическая, особенно произведения Бетховена и оперы, главным образом русские. Отец очень любил «Лунную сонату» Бетховена. Игра на рояле иногда длилась часами, но это бывало очень редко — все время поглощала научная работа»¹⁴.

Мы уже не первый раз упоминаем о занятиях Славянова музыкой. Еще в студенческие годы, будучи очень стесненным в денежных средствах, Славянов брал на прокат пианино. Музыкальные занятия нужны были Славянову для духовного, гармоничного развития: через музыку он полнее и лучше воспринимал реальную действительность, определял свое отношение к ней. В то же время умение играть на пианино породило в нем чувство самоудовольствования, помогающее ему внутренне организовываться, настраиваться на научную и техническую работу. Быть может, именно такое гармоническое слияние эмоционального накала, эстетического мышления и технического воображения и привело к рождению в Славянове великого изобретателя.

Увлечение музыкой Славянов пронес через всю жизнь. В его пермском доме имелись фисгармония и рояль. В летние дни, когда окна в доме Славянова были открыты, рабочие собирались около дома, чтобы послушать музыку в исполнении «Гаврилыча» (так часто называли Славянова заводские).

«Семейная жизнь,— вспоминает Н. Н. Славянов,— не отвлекала Николая Гавриловича от научной работы — жизнь нашей семьи протекала размеренно и спокойно. Николай Гаврилович был спокойным, ласковым отцом; вся семейная жизнь мягко и как-то незаметно регулировалась матерью, Варварой Васильевной, а отчасти бабуш-

¹³ Славянов Н. Н. Воспоминания об отце, с. 84.

¹⁴ Там же.

кой, Софьей Алексеевной, когда она приезжала из Воронежа.

Под конец жизни Н. Г. Славянова, примерно в последние 5 лет, научная работа полностью поглощала его внимание. Здоровье его было очень плохое — у него был сильный ревматизм и развивавшаяся под влиянием ревматизма сердечная астма. Умер отец внезапно, во время умывания, от «разрыва сердца» (вероятно, как это можно было бы установить теперь, от инфаркта). Ревматизм у отца прогрессировал из-за продолжительных работ по электросварке, происходивших в холодном заводском здании или даже под открытым небом не только летом, но и зимой.

В годы, когда отец был здоров, отдых заключался летом в купанье, иногда в поездках в лес на лошадях или на катере, а зимой, во время рождественских праздников, он проходил на детских вечерах, елках, костюмированных балах. Я помню, какой большой эффект произвел Николай Гаврилович в костюме старой девы с собачкой. Бывали изредка развлечения и за карточным столом (преферанс и винт). Одно время знакомые отца увлекались и спиритизмом за круглым столом. По-видимому, отец тоже участвовал в этом развлечении. Тогда вызывались из «загробного мира» души знаменитых физиков и электротехников; впрочем, вспоминаю, что ничего умного или интересного они не сообщали. В конце концов в проделках с «духами» была поймана одна из знакомых; все произошло так, как описано у Льва Толстого в «Плодах просвещения». После обнаружения жульничества сеансы прекратились.

Дети развлекались по-своему, много читали, летом увлекались плаванием (плавали даже на острове на р. Каме) и катанием на лодке. Нашим любимым занятием было: прицепить лодку к корме парохода, чтобы уплыть за несколько верст вверх по Каме, и назад плыть медленно по течению, без весел. Помню, что такие, конечно, небезопасные развлечения проходили без особых выговоров или возражений со стороны родителей.

Еще несколько слов о знакомых и друзьях Николая Гавриловича Славянова. Самым близким другом его всю жизнь был прекрасный энергичный инженер Павел Михайлович Карпинский — начальник Кыштымского горного округа. В хороших отношениях он был также с инспек-

тором Горнозаводского отдела Пермского реального училища С. Н. Стемпневским и с инженером П. П. Савиным. Но вообще жизнь Н. Г. Славянова была замкнутой в работе и семье.

Среди друзей Николая Гавриловича по справедливости надо указать рабочих и мастеров электросварщиков Захара Филипповича Гребеньщикова, Луку Ивановича Борчанинова, Петра Андреевича Аспидова, братьев Шиловых и др. Со стороны рабочих к Николаю Гавриловичу были прямо нежные чувства, они называли его Гаврилычем, оставшиеся в живых до сих пор вспоминают о нем с теплотой. Они отмечают значение организованного Н. Г. Славяновым кружка по изучению электротехники, организации прогимназии и детского приюта. Я помню, что в этих последних начинаниях принимала живое участие моя мать В. В. Славянова»¹⁵.

Н. Г. Славянов от рождения был слаб здоровьем. Но он никогда не считался с этим и на работе не щадил себя, поражая окружающих неукротимой энергией и работоспособностью. Занимая высокую руководящую должность — горного начальника (директора) Пермских заводов, Славянов не избегал непосредственно производственных дел. Например, в присутствии, а чаще всего при его непосредственном участии осуществлялись все крупные сварочные работы. В то время на заводе не было соответствующего помещения для этих работ. Сварка крупных изделий велась на улице...

Однажды холодным осенним днем Славянову пришлось продолжительное время руководить на открытом воздухе большой сваркой. Он простудился и тяжело заболел. 17 (5) октября 1897 г. Н. Г. Славянов скончался. Ему шел всего лишь 44-й год. Так, безвременно, в расцвете своей деятельности, ушел из жизни талантливый инженер, яркий исследователь, блестящий ученый-изобретатель. Славянова похоронили в ограде Мотовилихинской церкви.

Научно-техническая общественность России тяжело переживала эту утрату. В многочисленных некрологах, статьях, посвященных памяти Н. Г. Славянова, отмечались большие заслуги ученого, его глубокие и разносторонние знания, прекрасные личные качества.

¹⁵ *Славянов Н. Н.* Воспоминания об отце, с. 85.

В некрологе, опубликованном в «Электротехническом вестнике», в частности, говорилось: «...русская электротехника лишилась одного из видных ее деятелей, а Электротехническое общество одного из своих членов, Николая Гавриловича Славянова...

Внезапная смерть, постигшая Н. Г. Славянова всего только на 44 году жизни, унесла одного из видных представителей заводского дела и одного из талантливейших русских инженеров, трудами которого еще во многом могла бы обогатиться русская техника»¹⁶.

«5 октября 1897 г.,— писал «Горный журнал»,— не стало одного из самых выдающихся и самых талантливых русских горных инженеров, горного начальника Пермских пушечных заводов и статского советника Н. Г. Славянова...

Безвременная кончина Николая Гавриловича глубоко опечалила обширный круг его знакомых, как сослуживцев, так и лиц, имевших с ним деловые сношения по разнообразным вопросам заводской техники.

Все сознавали, что с кончиной его теряется один из самых видных представителей заводского дела — инженер в широком смысле этого слова, человек передовой, принадлежавший к числу таких деятелей, которым инженерное искусство обязано своим необыкновенным успехом...»¹⁷

О большом значении деятельности Славянова, его вкладе в развитие электротехники говорил М. А. Шателен в некрологе, опубликованном в журнале «Электричество». Будучи лично знаком со Славяновым, он как никто другой знал все его изобретения. Посещая неоднократно Пермские пушечные заводы, Шателен мог наблюдать исключительно интенсивную деятельность талантливого инженера. Высоко ценя заслуги Славянова перед отечественной и мировой техникой, Шателен глубоко скорбел по поводу его ранней кончины. Вместе с тем Шателен отмечал, что «за свою недолгую жизнь Славянов успел сделать столько для электротехники, что его имя никогда не забудется и наряду с именами Яблочкова и Петрова будет составлять гордость русской электротехники»¹⁸.

¹⁶ Электротехнический вестник, 1897, № 47, с. 463—464.

¹⁷ Горный журнал, 1897, № 11, с. 122.

¹⁸ Шателен М. А. Николай Гаврилович Славянов (некролог).— Электричество, 1897, № 20, с. 274.

В октябре 1897 г. на могиле Н. Г. Славянова была установлена плита, на которой сварным швом рабочие электролитейного цеха написали: «Дорогому нашему начальнику и другу рабочих Николаю Гавриловичу Славянову, изобретателю электросварки, от благодарного русского народа».

Спустя полвека, в конце 1948 г., Всесоюзное научное инженерно-техническое общество сварщиков решило «в целях увековечения памяти Н. Г. Славянова возложить венки на могилу ученого». При этом возник вопрос о перенесении останков Славянова на новое место. 28 октября 1948 г. прах Николая Гавриловича Славянова был торжественно захоронен в сквере Дома техники г. Перми.

Выступая тогда на траурном митинге, заведующий кафедрой технологии сварочного производства Свердловского политехнического института А. И. Ахун указал на широкое применение в нашей стране изобретения Н. Г. Славянова. «Рост советской индустрии за годы первых пятилеток,— подчеркнул он,— неразрывно связан с развитием и расширением дуговой электросварки металлическим электродом. В настоящее время дуговой сваркой в Советском Союзе выполняются миллионы тонн сварных металлоконструкций и расходуются сотни тысяч тонн металлических электродов. 90% дуговой сварки выполняются по методу Славянова.

Советские люди свято чтут память замечательного русского инженера и ученого, патриота, прославившего нашу Родину изобретением одного из важнейших методов современной техники».

Исполком Пермского горсовета трудящихся вынес решение, по которому одна из улиц в Перми была переименована в улицу «Памяти Н. Г. Славянова»; на домах, где жил и работал Н. Г. Славянов, установлены мемориальные доски. Имя Славянова получил один из пассажирских пароходов Камского речного пароходства.

В учебных заведениях, имеющих сварочную специализацию, были установлены стипендии имени Н. Г. Славянова для аспирантов и студентов.

В 1954 г. на новой могиле был открыт памятник Н. Г. Славянову — бронзовый бюст на постаменте из черного мрамора, на памятнике золотом выведены слова: «Николай Гаврилович Славянов. 1854—1897 гг.»

Советские люди чтут память выдающегося изобретателя. Регулярно в различных организациях и учреждениях проводятся юбилейные научно-технические конференции и сессии, посвященные Н. Г. Славяннову. В электротехническом музее Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина имеется коллекция рабочих приборов Славянова, образцы его работ и фотографии, рассказывающие об его деятельности. Интересные материалы, касающиеся жизни и деятельности изобретателя, собраны в Архиве АН СССР. Среди них, например, — диплом Всемирной выставки в Чикаго 1893 г., фотографии выполненных им работ и т. д.

Как уже говорилось, Славянов не считал для себя зазорным физический труд и часто работал в цехах вместе с рабочими. Ученый вообще отличался демократичностью. Он дружил с рабочими, всегда был внимателен к их нуждам и просьбам. По словам старого рабочего Ильи Николаевича Кержакова, «такого душевного человека и друга рабочих на заводе до него не было среди начальников». «Николай Гаврилович Славянов, — вспоминал в 1948 г. пенсионер И. Г. Кетов, — часто бывал в машинном отделении у слесарей. Если что не ладится, так он, бывало, снимет мундир и, засучив рукава, доведет дело сам. Несмотря на высокую должность и чин, вел себя негордо».

Проводя огромную инженерно-производственную и научно-исследовательскую работу, Славянов не стоял в стороне от общественных событий. Он активно участвовал в работе различных выставок. Например, в 1887 г. на Урало-Сибирской выставке в Екатеринбурге (Свердловск) Славянов демонстрировал динамо-машину, электроизмерительную аппаратуру, дуговые фонари и т. д. «За достоинство предметов, представленных на выставке», ученый был награжден большой серебряной медалью. В 1886 г. по инициативе Славянова при Пермском Алексеевском реальном училище открылось горнозаводское отделение (в настоящее время машиностроительный техникум). За годы своего существования оно подготовило большое количество высококвалифицированных специалистов. Благодаря заботам Славянова в Мотовилихе было организовано двухклассное женское училище. Ученый принимал активное участие в первой всеобщей переписи населения России (1886) и состоял «заведующим третьим

переписным участком Пермской губернии, Пермского уезда».

Н. Г. Славянов оставил богатое литературное наследство. Ученый написал ряд теоретических работ и фундаментальных практических руководств по вопросам дуговой электросварки. Опубликованные при жизни изобретателя, они были переведены почти на все европейские языки и получили всемирную известность. Труды Славянова переиздаются и в наши дни.

Печатные работы Славянова показывают его широкий кругозор, исключительную эрудицию и большой интерес к истории техники. Об этом, в частности, свидетельствует и его обстоятельная статья «Электрическая отливка металлов. Горного инженера Николая Славянова», опубликованная в начале 1892 г. в «Горном журнале». Любопытно, что Славянов уже к названию статьи дает построчное замечание, в котором указывает, что «электрическая отливка привилегирована в России и иностранных государствах».

В начале статьи ученый делает глубокий экскурс в историю электричества, причем не скрывает своей безграничной веры в прогресс этой отрасли науки. «Применения электричества к металлургии,— писал Славянов,— быстро развиваются в последние годы. Можно с уверенностью предсказать, что еще до начала следующего столетия редкий большой завод не будет пользоваться этой силой для металлургических и машиностроительных целей. Оставив в стороне электролиз, вспомним вкратце историю изобретений по электрометаллургии сухим путем...

Вольтова дуга, представляющая явление превращения электрической энергии в тепловую (и световую), известна уже очень давно: первым наблюдал ее Дэви в 1810 г.; но применение теплоты, доставляемой вольтовой дугой для каких-либо промышленных целей, вследствие дороговизны этой теплоты (за неимением практичных источников электричества) долго не могло осуществиться. (Славянов ошибочно приписывает открытие явления электрической дуги Дэви, не зная о том, что это явление впервые было открыто В. В. Петровым.— А. Ч.) Только спустя 70 лет, в 1880 г., вскоре после изобретения динамо-машин Грамма и Сименса, явилось первое применение вольтовой дуги в металлургии — электрический горн Сименса. При-

бор этот состоит из тигля, заключающего в себе небольшие куски металла и составляющего один из электродов вольтовой дуги (положительный), и угольного стержня, представляющего другой электрод; действием вольтовой дуги куски металла расплавляются»¹⁹.

Отличные знания по электротехнике позволили Славянову дать исключительно квалифицированное определение электрической дуги: «Если концы двух проводников, идущих от полюсов источника электричества (электроды), — констатировал ученый, — приблизить до соприкосновения (замкнуть ток) и затем более или менее раздвинуть, то электрический ток, если расстояние между электродами не слишком велико для напряжения этого тока, не прекратится, а образует так называемую вольтову дугу, т. е. нечто вроде пламени, которое состоит из раскаленных частиц, отрываемых действием электрического тока от электродов; эти-то частицы, или же газы или пары, образующиеся из вещества электродов, и служат проводником тока; концы электродов, соприкасающиеся с вольтовой дугой, нагреваются при этом до чрезвычайно высокой температуры, превосходящей точку плавления всех способных плавиться веществ»²⁰. В то время люди еще не знали об ионной теории газов и поэтому в объяснении электропроводимости дугового промежутка электрической дуги отсутствовало понятие «ионы».

Останавливаясь кратко на истории изобретений в области применения электрической дуги в металлургии, Славянов описывает способ «электрической отливки металлов» и перечисляет основные работы, выполненные этим способом. Он констатирует, что в 1885 г. Коулес взял патенты на получение сплавов алюминия из его окислов при помощи электрической дуги, а спустя год стали известны способы Элигу Томсона и Бенардоса.

«Способ Томсона заключается в сварке двух металлических стержней произвольной фигуры поперечного сечения (напр., труб), из которых один соединяют с положительным полюсом, а другой с отрицательным очень сильного (но малого напряжения) источника электриче-

¹⁹ Славянов Н. Г. Электрическая отливка металлов. — Горный журнал, 1892, № 1, с. 84.

²⁰ Там же, с. 85.

ства; при соприкосновении стержней, вследствие плохого контакта, концы их быстро накаливаются до температуры сварки, после чего их сильно нажимают один на другой и проковывают»²¹.

Описывая затем «электрогефест Бенардоса», Славянов подчеркивает, что этот способ заключается в обработке металлических предметов уже электрической дугой, «один электрод которой представляет предмет (положительный), а другой — угольный стержень, укрепленный в рукоятке». Славянов, ссылаясь на патент Бенардоса, отмечает, что этим способом «можно выплавлять пустоты в металлическом предмете, спаивать две металлические части, склеивать и наплавлять слой металла на металлический предмет».

Далее Славянов останавливается на «электрической отливке металлов», на которую он «заявил привилегию в 1890 г.» Суть этого изобретения — «в наливании расплавляемого электрическим током металла на желаемую часть поверхности металлической вещи, причем эта часть также более или менее расплавляется и соединяется (сливается) с наливаемым металлом в высшей степени совершенно»²².

Славянов раскрывает все тонкости процесса дуговой электросварки. При этом он считает, что материалом для отливки могут служить любой металл или сплав, «заготовленные в форме стержней разного диаметра в зависимости от располагаемой силы тока и от величины отливаемой вещи». Эти стержни представляют один из электродов автоматически регулируемой электрической дуги, действием которой они расплавляются. «Такое непрерывное плавление, — отмечал Славянов, — понижает температуру электрической дуги в зависимости от тугоплаваемости расплавляемого электрода. Это понижение температуры электрической дуги очень полезно, так как оно ослабляет вредное действие на металл чрезмерного жара, доставляемого вольтовой дугой и значительно превышающего температуру плавления всех металлов»²³.

Все работы Славянова отличаются ясным и точным изложением мысли, написаны прекрасным языком и со-

²¹ Там же, с. 85

²² Там же, с. 85—86.

²³ Там же, с. 85—86.

держат весьма ценный материал. Их по праву можно назвать классическими. Особенно это относится к книге «Электрическая отливка металлов. Руководство к установке и практическому применению ее. Горного инженера Н. Г. Славянова с чертежами», изданной в 1892 г.

По существу, это первый научный труд по вопросам электросварки, который не потерял научной ценности и до настоящего времени. Так, в книге Славянов впервые указал на обязательное введение в ванну с расплавом добавок марганца, кремния и алюминия, по его мнению, значительно улучшающих качество наплавленного металла. Многие идеи, высказанные в «Электрической отливке металлов», разработаны и с успехом внедрены в производство советскими учеными. Особенно это касается области механизации сварочных процессов, где в наши дни с успехом применяется автоматическая сварка под флюсом, а также автосварка с принудительным формированием шва, электрошлаковая сварка и т. п.

В советском народе жива память о замечательном изобретателе, его ценном вкладе, внесенном в развитие отечественной науки и техники. О работах Н. Г. Славянова, получивших признание и широкое развитие в трудах советских ученых, мы и расскажем в следующей главе.

Способность металла свариваться была открыта человеком еще на заре истории освоения металла. В далеком прошлом родилось умение сваривать отдельные куски железа при починке сломанных железных орудий труда и оружия путем нагрева и последующей проковки. Так возникла кузнечная сварка — древнейший способ сварочных работ, при котором прочность соединения зависит от проковки частей, т. е. от механической работы, произведенной с нагретым металлом. Полученный таким способом металл в месте соединения имеет свойства, приближающиеся к кованому железу.

Накапливающийся опыт кузнечной сварки передавался из поколения в поколение. Мастерство древних кузнецов славилось высоким искусством. Не случайно в греческой мифологии изобретениековки приписывалось богу огня Гефесту (не потому ли Н. Н. Бенардос назвал свой способ сварки «электрогефестом»?). Правда, на протяжении тысячелетий кузнечное оборудование и инструменты почти не менялись.

Как известно, при кузнечной сварке обрабатываемые предметы должны обязательно укладываться в горн для нагрева. Это обстоятельство препятствовало образованию неразъемных соединений в конструкциях с большой протяженностью швов. Спрос на такие конструкции особенно возрос во второй половине XIX в. в связи с развитием машиностроения и строительства. Для их изготовления требовались источники нагрева, которые можно было бы подводить к свариваемым деталям (при кузнечной сварке они помещались в горн или печь). Возникшие в этот период способы соединения металла в какой-то мере

включали в себя процесс кузнечной сварки. Однако это была уже сварка, связанная с расплавлением соединяемых кромок. К числу этих способов относится дуговая электрическая сварка.

Идея использования электричества для плавления металлов имеет свою историю. О теплоте, выделяемой электрической дугой, было известно уже в самом начале XIX в. из опытов В. В. Петрова и Гемфри Дэви. Однако почти полвека разделяют лабораторные опыты плавления металлов электрической дугой и первые попытки применения этого способа на практике, вызванные развитием электротехники и потребностями производства.

Впервые электрическую сварку провел в 1867 г. американский электротехник Томсон. Он брал два куска металла, плотно сдвигал их и пропускал через них электрический ток большой силы и небольшого напряжения. В месте стыка металла возникало большое сопротивление прохождению тока и выделялось значительное количество тепла, благодаря чему кромки металла расплавлялись. Свариваемые части сжимались и проковывались молотом. Таким образом можно было сварить листы или куски металла. Однако при такой сварке детали деформировались и вследствие проковки изменяли свои размеры. И хотя Томсон взял патент на свое изобретение, его способ сварки не получил распространения. Правда, его идея использования тепла, возникаемого в месте электрического контакта, привела к изобретению контактной (но не дуговой!) электрической сварки, получившей огромное распространение в современном производстве, особенно в автомобилестроении, авиации и т. д.

В 1882 г. русский изобретатель Н. Н. Бенардос использовал тепловой эффект электрической дуги для «соединения и разъединения металлов непосредственным действием электрического тока». Дальнейшее развитие способы применения «дуги Петрова» для нагрева и сварки металлов нашли в работах Н. Г. Славянова.

Как уже отмечалось, Славянов, проявив весьма значительный интерес к изобретению Бенардоса, весьма критически оценил отдельные стороны «электрогемфеста». Работая на Пермских заводах, Славянов провел исследования, касающиеся применения электрической дуги в машиностроении. В результате в 1888 г. он создал новый способ электрической сварки — «электрическую отливку

металлов», который сейчас называют «электрической дуговой сваркой по способу Славянова». В конце того же года он испытал изобретение при сварке вала паровой машины. Затем последовали годы доводки метода, тщательной разработки его узловых моментов. И лишь в 1890—1891 гг. Славянов запатентовал способ во многих странах мира.

В привилегии, выданной Н. Г. Славянову в России 13 августа 1891 г. на «способ и аппараты для электрической отливки металлов, отличающихся по средствам выполнения и цели от известных способов применения электрического тока к выплавке и обработке металла», подчеркивается, «что одним или обоими электродами служат при этом стержни из самого материала, предназначенного к отливке или для заливки раковин и пр., а также совокупностью устройства употребляемых при сем способе регуляторов.

Материалом для отливки по предлагаемому способу может служить всякий металл или сплав, который должен быть заготовлен в форме более или менее длинных стержней (железо или сталь — сортовая, катаная или ковкая, а чугун и сплавы меди — литые) разной толщины, в зависимости от силы употребляемого тока и от величины отливаемой вещи».

Бенардос, как уже говорилось, получил привилегию на свой метод в 1886 г. В ней, в частности, констатировалось, что «дуга образуется в месте, где должна быть произведена сварка или резка металла приближением угля (или другого проводящего вещества) к обрабатываемой части». При этом «угли или вещества, заменяющие уголь, могут иметь различные формы». Таким образом, Бенардос не делал ограничений в отношении выбора материала и формы электрода, однако до 1891 г. все работы по сварке в его мастерских, а также на других промышленных предприятиях велись лишь с помощью угольного электрода.

Впервые Бенардос указал на возможность использования при его способе сварки плавящегося металлического электрода в описании к своим экспонатам, представленным на IV электрической выставке в 1892 г., т. е. через год после получения Славяновым привилегии на способ «электрической отливки металлов». В этой связи несомненен приоритет Славянова в применении плавяще-

гося металлического электрода. Заменяв угольный электрод металлическим, Славянов значительно усовершенствовал и упростил процесс дуговой электрической сварки, причем непрерывное плавление электрода заметно повышало ее эффективность. Неудивительно, что славяновский способ сварки нашел в последующем почти повсеместное преимущественное применение: на нем были основаны все дальнейшие усовершенствования дуговой электросварки как в нашей стране, так и за рубежом.

Метод сварки металлов, предложенный Славяновым, заключался в следующем. Обрабатываемый предмет соединялся с одним полюсом источника тока, а провод другого полюса подключался к металлическому стержню. Когда стержнем прикасались к обрабатываемой детали, между ними появлялась электрическая дуга. Под воздействием теплоты дуги металлы стержня и обрабатываемого предмета расплавлялись и соединялись. После прекращения действия электрической дуги наплавленный металл охлаждался и застывал, образуя прочное соединение.

Славянов так писал о своем изобретении: «Электрическая отливка металлов заключается главнейшим образом в наливании расплавленного электрическим током металла на желаемую часть поверхности металлической вещи, причем эта часть также более или менее расплавляется и соединяется (сливается) с наливаемым металлом в высшей степени совершенно. Металл обрабатываемой вещи и отливаемый металл могут быть одинаковые и различные. Отливаемым металлом служит металлический стержень, который вместе с тем составляет один из электродов вольтовой дуги».

Доведя до высокой степени совершенства технику дуговой электросварки, Славянов впервые разработал металлургические и технологические основы ее процесса. По словам изобретателя, «электрическая отливка металлов» позволяет заливать пустоты и трещины в металлических предметах, сливать их друг с другом или по частям, приливать к заготовкам отломанные или недостающие детали (например, зубья у зубчатых колес), наращивать их поверхности за счет того же или другого металла (например, для уменьшения коэффициента трения наваривать слой бронзы на трущуюся поверхность) и т. д. Правда, Славянов считал возможным использовать свой метод

для соединения двух металлических заготовок путем заливки зазора между ними жидким металлом, как, например, при сварке корпуса буксира «Редедя князь Косогский». Однако он считал эту область применения менее важной.

Ученый отдавал предпочтение отливке, заливке, наливанию металла, одним словом — «ванному способу» сварки. При этом, как известно, все зеркало сварочной ванны поддерживается в расплавленном состоянии, причем утечка металла устраняется заблаговременной заформовкой места сварки. Славянов предложил в качестве формовочного материала прессованный кокс или сцементированный жидким стеклом песок, а для электродных стержней — металл, близкий по своему химическому составу к металлу рабочей детали.

В процессе электросварки Славянов весьма большое значение придавал предварительному подогреву и последующему медленному охлаждению детали. Предварительный подогрев, по его словам, был вызван тем, что «при отливе на холодную поверхность первые капли отливаемого металла будут немедленно застывать» и, следовательно, не дадут надежного соединения. «Подогревание необходимо еще потому,— писал он,— что отлитый жидкий металл, находясь почти в непосредственном соприкосновении с холодным металлом, вследствие большой разницы в температурах... сильно сжимается при застывании, тогда как рядом лежащие частицы холодного металла остаются почти неподвижными, иначе сказать, в отлитом металле получаются сильные вредные натяжения (речь идет о внутренних напряжениях в сварных конструкциях, о которых в то время никто не подозревал.— А. Ч.). Если же обрабатываемая вещь подогрета настолько, что некоторый слой ее под отлитым металлом расплавляется, то тогда переход от жидкого (горячего.— А. Ч.) металла до сравнительно холодного (твердого.— А. Ч.) является постепенным, и в таком случае даже самые хрупкие металлы, как, например, чугун, твердая белая бронза и другие, выдерживают застывание без трещин»¹.

Конечно, Славянов все время думал о прочности соединений, полученных с помощью его способа, о надеж-

¹ Славянов Н. Г. Электрическая отливка металлов. СПб., 1892, с. 21.

ной работе сварных деталей. Он писал: «...прочность соединения, слияния (но не спайки и не сварки, потому что отливаемый металл и соприкасающиеся с ним частицы поверхности металлической вещи соединяются в совершенно жидком виде) не менее 100%, т. е. в месте слияния вещь будет не менее прочна, чем в остальных своих частях».

Славянов сознательно избегал использования термина «сварка», понимая под ним только метод соединения металлов в тестообразном состоянии, сварку давлением без участия жидкой фазы. Учитывая трудности, связанные со взаимной перекристаллизацией в процессах кузнечной сварки, он с полным основанием считал термин процесса «сливания» (слития) металлов более точным и совершенным.

По мысли Славянова, метод электрической отливки, в отличие от кузнечной сварки, допускает «слитие самых разнообразных по химическому составу металлов» без применения механического усилия.

Славянов первым отметил влияние материала электрода на температуру электрической дуги, а также металлургическую целесообразность применения мер по ограничению перегрева металла сварочной ванны. В результате действия тепла электрической дуги происходит плавление электрода и образование ванны расплавленного металла. Непрерывное плавление электрода, отмечал Славянов, понижает температуру дуги и тем самым устраняет вредный перегрев металла, наблюдаемый при употреблении угольного электрода. Как видим, Славянов и здесь исправляет недостаток способа сварки, предложенного Бенардосом.

Большое внимание Славянов уделял раскислению находящегося в ванне металла и регулированию его химического состава. С этой целью он вводил в ванну присадки различных ферросплавов. При сварке чугуна применялась обратная полярность (плюс на электроде), а в остальных случаях — нормальная полярность (минус на электроде).

Иногда после окончания сварки чугуна Славянов производил дополнительные операции: «прожигание» и «пропаривание». Первая — уплотнение наплавленного металла путем устранения пористости — заключалась в расплавлении металлическим электродом корки на поверхности за-

стывающей сварочной ванны. Вторая состояла в обработке сварочной ванны очень короткой угольной дугой при обратной полярности с целью обогащения металла углеродом и получения в наплавке структуры мягкого серого чугуна, хорошо поддающегося последующей механической обработке.

Работая на заводе, Славянов продолжал непрерывно разрабатывать и совершенствовать технологию сварки, включая все вспомогательные операции вплоть до способов изготовления электродных стержней, коксовых и кварцевых формовочных плиток и т. д. При этом он самостоятельно проектировал и изготовлял все необходимое оборудование, включая динамо-машины и электроизмерительные приборы.

Исключительно своеобразными являются метод, примененный Славяновым для защиты наплавленного слоя жидкого металла от взаимодействия с окружающей электрическую дугу атмосферой, а также способ управления процессами его раскисления. Как известно, в то время электроды еще не имели защитных покрытий (обмазок), и переносимый в дуге расплавленный электродный металл вступал в реакцию с окружающим воздухом. В результате некоторые элементы, входящие в состав электродного металла, частично выгорали или испарялись, а жидкий металл насыщался окислами и нитридами. При этом наибольшему влиянию подвергалась поверхность металла сварочной ванны.

Славянов ограничил это вредное атмосферное воздействие «на зеркало ванны» с помощью защитного слоя из шлака, наведенного на поверхность расплавленного металла. «Необходимые условия хорошей отливки (т. е. электросварки.— *А. Ч.*) железа и стали,— писал он,— заключаются в том, чтобы жидкий металл по возможности скорее покрылся шлаком и чтобы все время отливки был им закрыт. Для достижения этого следует в самом начале отливки, когда дно обрабатываемого участка только что покрылось жидким металлом, подбрасывать в формовку битое стекло, которое немедленно расплавляется. Толщина слоя шлака, покрывающего жидкий металл, должна быть небольшая, не более 5 мм, такая, чтобы не препятствовать прохождению тока»².

² Славянов Н. Г. Электрическая отливка металлов, с. 28.

Это предложение изобретателя имело очень большое значение для улучшения качества сварки. И сейчас основой всех современных флюсов для автоматической дуговой сварки служат искусственные силикаты, соответствующие по своему химическому составу стеклу. Таким образом, Славянов, по словам академика Е. О. Патона, «впервые осуществил и описал сварку дугой, погруженной во флюс»³.

В 1955 г. сын Е. О. Патона, академик Б. Е. Патон, указывал: «Основываясь на работах Н. Г. Славянова, Евгений Оскарович Патон в 1940 г. разработал со своими учениками способ скоростной автоматической сварки под флюсом, который положен в основу механизации сварочного производства в нашей стране. За истекшее время Институтом электросварки им. Е. О. Патона АН УССР и другими научно-исследовательскими и учебными институтами были проведены значительные теоретические исследования в области сварки под флюсом, развивающие первоначальные положения, выдвинутые основоположниками электродуговой сварки Н. Г. Славяновым и Н. Н. Бенардосом... Советские ученые-сварщики и производственники, идя по пути своего славного соотечественника (Славянова.— А. Ч.) и продолжая развивать начатые им работы в области механизации сварочных процессов, обеспечили широкое внедрение в промышленность нашей страны автоматической сварки под флюсом»⁴.

Основы металлургических процессов, происходящих при сварке, и методы защиты сварочной ванны, разработанные Н. Г. Славяновым, получили свое дальнейшее развитие в современном высокопроизводительном способе автоматической сварки под флюсом. Необходимо отметить, что Славянов обращал особое внимание на механизацию и автоматизацию дуговой сварки, что является одной из важнейших задач сварочной науки и техники и в настоящее время.

³ Патон Е. О. О первенстве советской науки и техники в области сварки под флюсом. Киев, Изд-во АН УССР, 1951, с. 32.

⁴ Патон Б. Е. Современное состояние автоматической сварки под флюсом — итог развития идей Н. Г. Славянова. — Сборник докладов научно-технической конференции сварщиков, посвященной 100-летию со дня рождения Н. Г. Славянова. Киев, Машгиз, 1955, с. 19.

Автоматизация производственных процессов — одно из важнейших направлений развития техники. В. И. Ленин указывал, что в замене ручного труда машинами «...состоит вся прогрессивная работа человеческой техники. Чем выше развивается техника, тем более вытесняется ручной труд человека, заменяясь рядом все более и более сложных машин...»⁵ Изобретатели дуговой электросварки, учитывая трудности ручной сварки, разработали и применили на практике много всевозможных механизированных сварочных приспособлений и устройств для автоматического регулирования длины дуги с угольными и металлическими электродами.

Как известно, качество сварного соединения во многом зависит от длины дуги — расстояния между электродом и свариваемым изделием. Чем короче дуга, тем лучше сварка. Но длина дуги при сварке металлическим электродом измеряется в пределах от 1,5 до 3—4 мм. И это расстояние чрезвычайно трудно выдержать при ручной сварке в течение длительного времени. А во времена Славянова к тому же не было хороших сварочных генераторов тока и стабилизирующих дугу электродных покрытий (обмазок), что еще больше затрудняло процесс поддержания устойчивости металлической сварочной дуги. Приходилось устраивать особые приспособления для автоматического регулирования с помощью соленоидов с дифференциальной обмоткой и т. п.

Славянов и создал и применил на практике первый в мире полуавтомат для сварки металлическим (по его выражению — плавким) электродом. Свой автоматический регулятор длины сварочной дуги — прообраз современных автоматических сварочных головок — Славянов назвал «электрическим плавильником». В 1891 г. он получил от Департамента торговли и мануфактур привилегию на это замечательное изобретение⁶.

Необходимо отметить, что одной из побудительных причин, заставивших Славянова настойчиво искать пути автоматизации процессов сварки, была забота об облегчении труда сварщиков, работающих в условиях мощного теплового излучения (большой силы ток, большой объем сварочный ванны, предварительный подогрев изделия).

⁵ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 1, с. 100.

⁶ Свод привилегий, выданных в России в 1891 г. Спб., 1892, привилегия от 13 августа 1891 г.

При разработке плавильника Славянов использовал работы выдающихся отечественных электротехников Д. А. Лачинова, В. Н. Чиколева и др. по созданию регуляторов для дуговых ламп⁷. Не прошел он мимо и автоматического регулятора электрической дуги, изобретенного в 1880 г. Вернером Сименсом. Он снабдил этим регулятором свой прибор, названный им «электрическим горном», который был предназначен для плавки металлов с помощью электрической дуги⁸.

Построенный Славяновым первый автоматический регулятор длины сварочной дуги поддерживал постоянной длину дуги в гораздо большей степени, чем устройство Бенардоса. Правда, последний работал почти исключительно угольным электродом и поэтому не был связан с необходимостью непрерывного регулирования длины электрической дуги. К тому же автоматизация этого процесса при применении неплавких, т. е. угольных или графитовых, электродов — задача более простая.

Плавильник Славянова подвешивался над местом сварки. Постоянство длины дуги в известных пределах сгорания электрода поддерживалось одним или двумя соленоидными, втягивающими железный сердечник и обеспечивающими автоматическую подачу электрода. По мере обгорания электрод подавался в зону сварки уже вручную посредством маховичка, действующего на направляющие ролики.

Как видим, плавильник Славянова был полуавтоматом. Однако принцип регулирования длины дуги в нем базировался на использовании электромагнитного дифференциального реле, включенного в сварочную цепь, и рычажного механизма, который связывал перемещение сердечника реле с вертикальным перемещением электрода.

Обязательное автоматическое регулирование длины электрической дуги при использовании металлического электрода являлось, по мысли Славянова, важной технологической особенностью его способа сварки. Это обстоятельство он неоднократно подчеркивал в различных

⁷ Лачинов Д. А. О некоторых свойствах вольтовой дуги. Спб., 1877.

⁸ Жуков Н. Электрометаллургия и обработка металлов током. М., 1895, с. 307—308.

статьях, выступлениях, а также в привилегии, выданной на это изобретение: «...электрическая отливка не может быть произведена без автоматического регулирования длины вольтовой дуги... автоматический регулятор успевает уменьшить длину вольтовой дуги до ее угасания... по мере расплавления стержня вольтова дуга так быстро увеличивается, что, если бы не было автоматического регулирования, ее невозможно было бы поддерживать»⁹.

Конечно, то исключительное внимание, которое Славянов придавал проблеме автоматического регулирования длины сварочной дуги, показывает его блестящую техническую прозорливость: на несколько десятков лет он предвосхитил применение механизмов для регулирования длины электрической дуги, имеющих огромное значение и в современной технике автоматической сварки. Но объективности ради необходимо указать, что его мнение о невозможности процесса электросварки металлическим электродом без применения автоматического регулирования длины дуги впоследствии не подтвердилось: ручная дуговая электрическая сварка получила весьма широкое применение.

В своем обстоятельном докладе на заседании I отдела РТО в июне 1892 г. Н. Г. Славянов блестяще раскрыл сущность изобретенного им способа электросварки и показал его отличие от ранее изобретенного Н. Н. Бенардосом способа «электрогефест». При этом ученый высказал оригинальное представление о преобразовании электрической энергии в тепловую и дал яркое определение вольтовой дуги. «Вообще,— констатировал Славянов,— когда электрический ток при прохождении встречает сопротивление, он всегда более или менее преобразуется в теплоту, и количество выделенного тепла пропорционально этому сопротивлению и квадрату силы тока. Таким образом, это количество тепла тем более, чем более сопротивление и чем сильнее ток при данном сопротивлении. Температура же проводника, в котором электричество преобразуется в теплоту, будет зависеть, конечно, от объема этого проводника, так что чем он меньше, тем теплота будет более сконцентрирована и тем температура выше. Воль-

⁹ Свод привилегий, выданных в России в 1891 г., привилегия от 13 августа 1891 г.

това дуга представляет собою как бы проводник малого объема, но большого сопротивления. Поэтому-то температура вольтовой дуги чрезвычайно высока и превышает температуру всех известных источников тепла»¹⁰.

Славянов подчеркнул, что практическое значение этого явления для металлообработки «было понято почти при самом открытии вольтовой дуги, потому что еще Гемфри Дэви производил опыты расплавления тугоплавких металлов в вольтовой дуге, конечно, в очень малом количестве, в лаборатории. Однако же практического применения теплоты вольтовой дуги к обработке более или менее значительных количеств металла не было сделано еще долго, в продолжении 70 лет, и только в 1880 г. Сименс сделал первый шаг в этом деле,— изобрел так называемый электрический горн. Теплота вольтовой дуги не была применена к практической цели так долго, вероятно, потому, что стоимость электрического тока была слишком велика до изобретения динамо-машины Грамма»¹¹.

К сожалению, Славянов тогда не был знаком с работами В. В. Петрова, который открыл ранее Г. Дэви электрическую дугу. Больше того, Петров первым произвел опыты по расплавлению металлов электродугой и указал на целесообразность практического использования ее теплоты при сварке и в металлургии.

По мнению Славянова, преобразовать электрический ток в теплоту можно не только с помощью вольтовой дуги. «Если мы имеем,— указывал Славянов,— два электрода, идущие от источника электричества, и после прикосновения их разведем на небольшое расстояние, то электрический ток не прервется, а будет продолжать проходить через это пространство, пользуясь проводимостью раскаленных паров или частиц, отрывающихся от самих электродов; эти частицы, накаливаясь до чрезвычайно высокой температуры, и представляют вольтову дугу. Если же мы соединим два электрода плохим проводником большого сопротивления, например тонкой проволокой, то она будет нагреваться до более или менее высокой температуры, и это будет второй способ преобразования электрической энергии в теплоту — плохим проводником. Наконец, тре-

¹⁰ Славянов Н. Г. Электрическая отливка металлов.— Записки РТО, 1892, вып. 6, с. 28.

¹¹ Там же, с. 29.

тий способ, который можно назвать плохим контактом, заключается в том, что два проводника соприкасаются неплотно или очень малою частью своей поверхности; тогда, вследствие большого сопротивления в точке соприкосновения, электричество переходит в теплоту и сильно нагревает оба конца электродов»¹².

Квалифицируя способы нагревания металлов электрическим током, Славянов приходит к заключению, что «всякая обработка металла по цели, с которой она производится, может быть отнесена к одному из следующих разрядов. Если желают изменить состав данного металла, например присоединить к нему какой-нибудь другой металл или, наоборот, выделить из него некоторые составные части, то эту обработку можно назвать металлургической обработкой. Если будут обрабатывать для того, чтобы только изменить форму данного вещества, то такая обработка будет механическая. Наконец, можно одновременно изменять химический состав металла и придавать ему требуемую форму — это будет сложная обработка»¹³. Предвидя возражения против такого в известном смысле условного разграничения целей обработки, Славянов предлагает условно называть металлургической обработкой только ту, при которой химический состав изменяется лишь по желанию «обработчика, а не в зависимости от каких-нибудь побочных обстоятельств».

Самой главной отличительной особенностью изобретения Славянова, как уже отмечалось, является разработанный им «ванный» метод, при котором под воздействием тепла электрической дуги создавалась относительно глубокая ванна из расплавленного свариваемого и электродного металла, т. е. шел самый настоящий металлургический процесс. Поэтому, характеризуя свой способ с этой точки зрения, Славянов указывал, что «...обработка с помощью «электрической отливки металлов» вполне металлургическая, так как под жидкой металлической ванной очень удобно производить многие металлургические операции прибавлением каких угодно примесей или реагентов, которые размешиванием можно равномерно распределить по всей массе отлитого металла...»¹⁴

¹² Там же.

¹³ Там же.

¹⁴ Там же.

По мнению Славянова, «сходство электрической отливки с электрогефестом Бенардоса только в том, что обрабатываемый предмет составляет один из электродов обрабатывающей вольтовой дуги.

Различия следующие:

«Электрогефест»

1. Вторым электродом служит уголь, или, вообще говоря, проводник тока.

2. Этот электрод на практике почти всегда соединяют с отрицательным полюсом потому, что если соединить его с положительным, то очень трудно поддерживать непрерывную вольтову дугу. Электрод прикрепляется к рукоятке и длина вольтовой дуги регулируется от руки, вследствие чего электродом не может служить металлический стержень.

3. Так как вторым электродом служит уголь, то температура вольтовой дуги чрезмерно высока, металл пережигается.

4. Согласно патенту, электрогефест должен иметь применение при спайке, наплавлении слоями, в разжигании отверстий, выжигании пустот, при склепке и пр., но не имелось в виду

«Электрическая отливка»

1. Вторым электродом служит материал для обработки, а именно металл для отливки, уголь для обогащения чугуна графитом.

2. С положительным или отрицательным полюсом, в зависимости от отливаемого металла и от желаемого теплового или химического эффекта; вольтову дугу в обоих случаях легко иметь непрерывную, потому что регулирование автоматическое. Электрод может быть металлический и, несмотря на его плавление, вольтова дуга не прерывается.

3. Температура значительно понижается вследствие непрерывного плавления электрода, потому что часть развиваемой теплоты расходуется на это плавление.

4. Электрическая отливка применяется к отливке вещей, заливке пустот в вещах, к доливке недостающих частей вещи и к обработке, с целью изменения химического состава метал-

и почти невозможно при-
менить его к отливке.

5. Наплавление произво-
дится слоями, вследствие
чего эти слои оказываются
потом отделенными друг от
друга тонкими прослойками
окислов.

6. О формовке в патенте
не упоминается, и по само-
му существу способа она
не применима.

7. Материалом для на-
плавления служит изолиро-
ванный от электрического
тока стержень или же ча-
ще кусочки металла, вы-
давки и пр.

8. При появлении пла-
мени из угля, что случается
нередко, как бы чист уголь
ни был, вольтова дуга бро-
сается в сторону вслед за
пламенем и обжигает со-
седнее с наплавляемым ме-
сто; это обстоятельство, при
запайке пороков в отделан-

ла (обращение белого чугу-
на в серый).

5. Отливка, заливка и до-
ливка производится не сло-
ями, а по возможности не-
прерывно до потребной тол-
щины, большими или мень-
шими участками, в зависи-
мости от располагаемой
силы тока; непрерывность
отливки дает возможность
получить под вольтовой ду-
гой жидкую металлическую
ванну, в которой все полу-
чаемые окислы легко
всплывают на поверхность.

6. При всех работах не-
обходима формовка (из
кокса или землистых ве-
ществ) с небольшою при-
былью, в которой будет за-
ключаться излишек метал-
ла со всеми всплывшими
окислами (шлаками), кото-
рый и может быть при ме-
ханической отделке удален.

7. Материалом для от-
ливки служит сам второй
электрод.

8. Вольтова дуга в точ-
ности следит за падающи-
ми каплями расплавленного
металла.

Коэффициент полезного
действия теплоты вольто-
вой дуги очень велик, по-
тому что вольтова дуга на-
гревает то самое место.

ной машинной части, делает работу в высшей степени рискованной и, кроме того, значительно понижает коэффициент полезного действия работы. Известно, что, хотя температура вольтовой дуги чрезвычайно высока, вследствие сконцентрирования теплоты в очень малом пространстве, количество тепла в вольтовой дуге очень невелико, и потому очевидно, что каждый потерянный момент, когда теплота тратится непроизводительно (и имеет место при нежелательном направлении вольтовой дуги), уже значительно уменьшает вероятность получения хорошего результата работы.

9. Коэффициент полезного действия вообще очень мал уже потому, что почти половина всей развиваемой теплоты бесполезно теряется на накаливание угольного электрода.

10. Вследствие того что длина вольтовой дуги регулируется от руки, сила тока, во время работы, претерпевает значительные колебания, и потому источником электричества может служить только батарея аккумуляторов. При непосредственном пользовании током динамо-машины для электрогефеста нет возможности поддерживать в не-

куда падает капля расплавленного металла, и это непрерывно во все время работы, несмотря на передвижения электрода над обрабатываемой поверхностью. Результатом является весьма совершенное соединение (слияние) падающих капель металла с тем местом, на которое они падают, и легкая возможность получения большой жидкой металлической ванны под вольтовой дугой.

9. Так как оба электрода (вещь и расплавляемый стержень) металлические, то вся развиваемая теплота расходуется с пользою на расплавление металла.

10. Автоматическое регулирование дает возможность без неудобств пользоваться током непосредственно от динамо-электрической машины, что значительно уменьшает как первоначальную затрату капитала, так и стоимость эксплуатации электрической отливки.

обходимой степени равномерное напряжение, и машина, испытывая сильные толчки от внезапных изменений количества работы, скоро пришла бы в негодность.

11. Не может быть применен к обработке чугуна, потому что переводит его частью или вполне в твердую (белую) разновидность, не поддающуюся механической отделке.

12. Медные сплавы (бронза, латунь и пр.) не могут быть обрабатываемы, потому что пережигаются (окисляются) и получают негодного качества.

11. При известных вышеуказанных условиях чугуна обрабатывается весьма удобно и получается желаемого качества и твердости, т. е. начиная от белого до совершенно мягкого черного.

12. Вследствие того что под вольтовой дугой имеется жидкая ванна, медные сплавы можно получать желаемого качества и химического состава введением в эту ванну соответственных веществ, напр[имер] фосфористых для устранения окислов, и каких угодно металлов для изменения состава сплава»¹⁵.

Н. Г. Славянов не только глубоко разработал теорию электросварки металлов, но и попытался найти ей широкое промышленное применение. Как указывалось, он впервые использовал дуговую электросварку в ноябре 1888 г. при ремонте вала паровой машины на Пермских казенных пушечных заводах в Мотовилихе. В 1890 г. впервые в России электросварочные работы велись на этих заводах уже в относительно большом объеме. Руководил ими Славянов. Именно в этот период он организовал в Мотовилихе первый в мире электросварочный цех (производственная площадь — 200 м²), который называл

¹⁵ Славянов Н. Г. Электрическая отливка металлов.— Записки РГО, 1892, вып. 6, с. 29—30.

«фабрикой электрической отливки металлов» или «электrolитейной Пермских казенных пушечных заводов». Подлежащие сварке крупные детали и изделия предварительно подогревались в специальной печи. Оборудование цеха, в том числе аппаратура и сварочные машины, были изготовлены на Пермских заводах по чертежам и под руководством Славянова. Ученый подготовил для работы в этом цеху первых отечественных электросварщиков.

К середине 90-х годов электросварка на Пермских пушечных заводах достигла большого технического и экономического совершенства. Только за период с 1891 по 1894 гг. в электросварочном цеху была выполнена 1631 операция по исправлению всевозможных изделий, отливок, механизмов и т. д. Среди заваренных изделий «имелись рамы паровых машин весом до 360 пудов, паровые цилиндры — до 275 пудов, стальные валы — до 150 пудов, станины паровых молотов — до 240 пуд[ов], прокатные валки — до 425 пуд[ов], зубчатые колеса — до 180 пуд[ов], чугунные котлы до 415 пудов и другие, в том числе лафеты пушек, листы паровых котлов, различные части паровозов, всевозможные медные и бронзовые части. Общий вес отремонтированных изделий составил около 17 тыс. пудов, при этом было израсходовано около 700 пудов электродов и получено почти 65 тыс. рублей прибыли». Эти данные свидетельствуют о том, что электрическая дуговая сварка, став промышленным процессом, развивалась на Пермских пушечных заводах в крупное по тем временам производство.

По всей России распространилась слава об успешных работах Славянова на заводах в Мотовилихе, где эффективно и надежно восстанавливались разнообразнейшие изделия, начиная от паровозных рам и кончая церковными колоколами. От заказов не было отбоя. Официальные акты о выполнении сварочных работ, подписанные представителями Морского и Военного министерств, горными инженерами и другими официальными лицами, лишь только подтверждали техническое совершенство и экономическую выгодность метода Славянова.

Сообщая в 1899 г. Д. И. Менделееву краткие сведения о Пермских пушечных заводах, их новый управляющий С. А. Стрельман подчеркнул, что с 1890 г. они «принимают заказы по ремонту различных машинных, паровых, паровозных частей по способу электрической отливки

Н. Г. Славянова — бывшего горного начальника этих заводов», причем этот способ «постоянно применяется и для ремонта частей механизмов самого Пермского завода»¹⁶. Следует заметить, что среди ремонтных работ встречались весьма ответственные. Например, сварка разломившегося на две части паровозного стального гребного вала (диаметр — свыше 200 мм, вес с кривошипам — более 1,5 т). После ремонта вал был установлен на прежнее место и успешно эксплуатировался еще долгое время — «к моменту обследования паровоз прошел свыше 2 тыс. верст».

К середине 90-х годов способ «электрической отливки металлов» применялся уже на Невском, Обуховском и ряде других крупных русских и зарубежных заводов (ремонт больших стальных лафетов на предприятиях Круппа), а также в мастерских Орловско-Витебской и Уральской железных дорог.

Надо заметить, что инженеры и техники железнодорожного транспорта вообще проявили особый интерес к изобретению электросварки. Это объясняется тем, что именно на железнодорожном транспорте сварка оказалась наиболее удобным и эффективным способом ремонта подвижного состава. Вопросы, связанные с развитием и применением электросварки, неоднократно обсуждались даже на съездах инженеров службы подвижного состава и тяги железных дорог России.

Сначала электросваркой пользовались только для ремонта простых деталей и механизмов, у которых чаще всего наплавлялись изношенные поверхности и заваривались трещины. Дальнейшее усовершенствование технологии электросварки позволило применять ее уже для ремонта паровозных цилиндров и рам, изготовленных из проката, а также вагонных колес. По способу Славянова заваривали трещины в бронзовых золотниках и в перемычках между отверстиями дымогарных решеток, наплавлялись шейки паровозных и вагонных осей и т. п., причем исправленные паровозные и вагонные детали, как уже отмечалось, выдерживали продолжительную эксплуатацию. Ремонт деталей на железнодорожном транспорте с помощью электросварки давал большой экономический эффект: многие детали, особенно скаты паровозных колес,

¹⁶ Менделеев Д. И. Уральская железная промышленность в 1899 г., ч. 2. Спб., 1900, с. 5.

с появившимися трещинами в ступице, спицах и ободе, быстро и дешево отремонтированные, снова служили долгий срок, тогда как прежде их приходилось списывать в лом.

Применение способов электрической обработки металла не ограничивалось ремонтными работами. На ряде заводов с их помощью изготавливались новые изделия. Например, завод «Лойд-Лойд» в Бирмингеме освоил электросварочные работы при производстве стальных труб и других изделий, а завод Мюллера и К^о в Швельме (Вестфалия) — при изготовлении железных бочек.

Славянов предназначал свой способ сварки в основном для ремонтно-восстановительных работ. Однако если бы не преждевременная смерть, изобретатель, несомненно, пришел бы к выводу о целесообразности применения дуговой электросварки и в производстве неразъемных металлоконструкций. Об этом свидетельствует, в частности, факт использования сварки электрической дугой в судостроении.

В 1889 г. на Пермских заводах началось строительство одного из самых больших речных судов в Европе — буксирного транспортного парохода «Редедя князь Косогский» (длина — 80 м, ширина — 20 м). При сооружении его корпуса Славянов впервые в мире соединил многие железные листы с помощью электросварки, добившись исключительно прочного сварного шва. До него эту операцию выполняли только методом клепки. 9 мая 1890 г. буксир был спущен на воду. С тех пор прошло почти сто лет. Пароход получил новое имя — «Степан Разин» и все еще служит людям, являясь крупнейшим буксиром Волжского пароходства¹⁷.

Помимо электросварочных операций, связанных главным образом с ремонтом металлических изделий и исправлением брака при литье, Славянов занимался ставшими в дальнейшем важнейшим средством повышения износостойкости деталей машин наплавочными работами. При этом он достиг больших успехов в сварке и наплавке разнородных металлов: бронзы на сталь, чугуна на сталь и т. п. Славяновские наплавки бронзы на сталь до сих пор считаются непревзойденными. Сохранился уникальный стакан Славянова — образец выполненной им лично

¹⁷ ГИА Пермской обл., ф. 276, оп. 1, д. 35, л. 59.

сварки различных цветных металлов: меди, бронзы, латуни, а также стали. Работа Н. Г. Славянова была отмечена золотой медалью на выставке в Чикаго (1893). Аналогичный стакан весом более 5 кг, сваренный Славяновым из цветных и черных металлов, демонстрировался на IV электрической выставке в Петербурге (1892).

К сожалению, несмотря на всемирное признание, способ «электрической отливки металлов» Славянова в дореволюционной России не нашел достаточно широкого применения. Как констатировал в конце XIX в. М. А. Шателен, выдающиеся «чисто русского происхождения» изобретения Бенардоса и Славянова «...применяются в России сравнительно мало, но во Франции, Австрии и особенно в Германии и Англии они получили весьма широкое распространение...

Сравнительно малое распространение электрических сварок и отливок в России надо приписать, вероятно, малому знакомству русских инженеров с электротехникой. Действительно, несмотря на то, что в России русскими людьми было сделано множество изобретений по электротехнике, и притом самых основных (лампы с вольтовой дугой, лампы накаливания, трансформаторы и др.), электротехникой русские инженеры мало интересовались и только в последние годы (середина 90-х годов.— А. Ч.) ее начали вводить в число предметов, преподаваемых в высших технических училищах. Надо надеяться, что после этой меры число электротехнических установок в России быстро увеличится и Россия не будет в этом отношении отставать от Европы»¹⁸.

Большую роль в развитии техники сыграло второе изобретение Славянова — «электрическое уплотнение отливок». Так сам ученый назвал способ освобождения верхней части литых металлических отливок от пустот — наиболее распространенного вида брака в литейных цехах. Славянов запатентовал это изобретение во многих странах.

В русской привилегии, выданной Славянову в 1891 г., указывается: «Способ электрического уплотнения металлических отливок заключается в подогревании только что отлитых предметов посредством вольтовой дуги, не позво-

¹⁸ Шателен М. А. Электрическая сварка и отливка металлов и электрическое уплотнение металлических отливок.— В сб.: Производительные силы России. Спб., 1896, с. 23—24.

ляющей металлу застывать, с целью получения отливки без пузырей (раковин), без усадки и без так называемой «прибыли» в верхней части, обыкновенно идущей в отброс. При этой обработке можно, по желанию, или: 1) одновременно с подогреванием добавлять к отливке некоторое количество металла, или же 2) только поддерживать в расплавленном состоянии верхние слои отливки до застывания ее. В первом случае электрический ток должен замыкаться близ поверхности расплавленного металла металлическим же стержнем, который, расплавляясь, добавляет к отливке новые количества металла, а во втором случае, близ поверхности отливки, проводник тока должен быть неметаллический (кокс, графит, расплавленный шлак и пр.). В том и другом случаях предлагаемая обработка, по объяснению просителя, дает возможность отлитому металлу застывать постепенно снизу, причем при металлах, застывающих спокойно, без кипения, верхние, до конца застывания жидкие, слои служат для наполнения могущих образоваться усадочных пустот, а при металлах, застывающих с кипением, кроме заполнения усадки, жидкие верхние слои дают свободный выход выделяющимся газам. Применение этого способа к спокойно застывающим металлам обуславливает возможность получать отливки без усадочных пустот и устраняет необходимость в прибыльной части, а применение его к металлам, кипящим при остывании, в особенности же к железу и стали, позволяет получать из этих металлов (из чистого железа и всякого рода стали), без прибавления каких бы то ни было уплотняющих химическим путем веществ (алюминия, кремния) и без механического прессования, совершенно плотные, беспузыристые отливки, годные до самых верхних слоев. Способ этот представит особенные выгоды при отливке больших стальных отливок, как, например, в пушечном, броневом и сталепрокатном производствах, при строгих требованиях относительно состава и степени прочности стали. В этом случае способ электрического уплотнения устраняет значительную потерю стали в отбросе, так как при предлагаемой обработке вся болванка, снизу доверху, получается одинаковых качеств, и даже верхняя поверхность ее может быть сделана совершенно плоскою, без усадочной воронки и без шапки».

В качестве источника тока для питания дуги при электрическом уплотнении отливок использовалась ба-

тарей аккумуляторов или электрический генератор, рассчитанные на ток не менее 200—300 А при напряжении не менее 50 В. Для подачи электрода и поддержания дуги был применен автоматический регулятор, используемый при «электрической отливке металлов».

Это изобретение — результат большой научно-исследовательской работы, проделанной Славяновым с целью улучшения качества стальных слитков, необходимых для проковки стволов больших пушек. Из сохранившегося отчета «по производству опытов электрического уплотнения стальных болванок по способу Славянова» видно, что в 1895 г. ученый произвел большое количество подобных экспериментов. При этом им были отлиты болванки из тигельной и мартеновской стали весом 1,6—12,8 т с электрическим уплотнением и без него. Опыт уплотнения болванки из мартеновской стали проводился в чугунной изложнице, наращенной сверху железным цилиндром, заполненным огнеупорным составом из кварцевого песка с жидким стеклом. Плюсовой провод от динамо-машины присоединялся к скобе изложницы, а отрицательный — к угольному электроду. Сразу после отливки поверхность металла покрывалась тонким слоем расплавленного шлака из мартеновской печи. В процессе уплотнения с целью сохранения шлакового покрытия металла в него, время от времени, добавляли толченное стекло. Поверхность полученной разрезанной и остроганной болванки была плотной, без всяких дефектов, в то время как такая же, но неуплотненная, имела усадку.

Ученому пришлось решать сложную по тому времени техническую задачу — получить качественный слиток (причем большого веса). Начав опыты по уплотнению малых слитков, Славянов шаг за шагом переходил к более крупным. В 1894—1895 гг. он обрабатывал уже слитки весом от 5 до 12 т. Надо отметить, что изобретение Славянова не только касалось исключительно важного в металлургии вопроса о повышении качества слитков значительного веса, но и решало не менее сложную проблему увеличения выхода годного металла из отливаемых слитков.

Шателен отнес это изобретение Славянова «к числу новейших применений тепловых действий тока». Критически проанализировав «все способы устранения недостатков металлических отливок», Шателен приходит к

выводу, что «существует единственный способ подогревания поверхности отливок, не имеющий недостатков,— это способ электрический, придуманный Славяновым и примененный им впервые на Пермских пушечных заводах»¹⁹.

Первое краткое сообщение о данном изобретении Славянов сделал на общем собрании РТО в 1892 г. Свой доклад ученый проиллюстрировал образцами четырех болванок, две из которых были неуплотненные, с дефектами — с пузырями, а остальные — уплотненные, без литейных пороков. Изложив основной принцип изобретения, Славянов отметил, что предполагает работать над его усовершенствованием.

Спустя три года, 15 апреля 1895 г., Славянов вновь выступил на общем собрании РТО с докладом «Об электрическом уплотнении металлических отливок, установленном практически в применении к стальным болванкам». На этот раз он детально разобрал технологический процесс электрического уплотнения слитков. Ниже мы остановимся на основных положениях доклада, раскрывающего глубокие познания Славянова в металлургии, показывающего его умение связывать теоретическую и практическую стороны рассматриваемого вопроса, способность экономически оценивать результаты своего творчества.

«Прежде чем перейти к изложению деталей способа электрического уплотнения,— отметил в начале доклада Славянов,— я считаю полезным указать, что я разумею под словом неплотность металлических отливок, от каких причин происходят разнохарактерные виды неплотности и какие применялись до настоящего времени способы устранения этого недостатка. Выяснение всего этого покажет, насколько важно для техники уплотнение металлических отливок, которые почти неизбежно получаются более или менее неплотными»²⁰.

С поразительной точностью классифицировал он виды литейных пороков и устанавливал причины их возникновения. При этом он подчеркивал, «что единственную при-

¹⁹ *Шателен М. А.* Электрическая сварка и отливка металлов и электрическое уплотнение металлических отливок, с. 24—25.

²⁰ *Славянов Н. Г.* Об электрическом уплотнении металлических отливок, установленном практически в применении к стальным болванкам.— Записки РТО, 1895, вып. 6, с. 106.

чиною неплотности литой стали (присутствия в ней различных пустот) можно считать преждевременное застывание верхней поверхности слитка». Славянов предложил новый метод уплотнения, заключающийся в подогревании верхней поверхности слитка до температуры плавления стали. Такую температуру, по мнению докладчика, можно получить сжиганием твердых, жидких или газообразных материалов, а также с помощью электричества.

Славянов подробно рассмотрел способы подогрева верхней поверхности слитка указанными горючими и пришел к заключению, что «применение пламени от сжигания каких бы то ни было горючих материалов для уплотнения стальных слитков если и возможно, то во всяком случае оно более или менее неудобно». Наиболее удобен, по мнению ученого, способ уплотнения металлических отливок теплом электрической дуги. Свой вывод он основывал на результатах, полученных «от его применения, которое было уже сделано в довольно большом масштабе в Пермских казенных пушечных заводах в конце прошедшего и начале сего (1895) года».

«Этот способ,— отмечал далее Славянов,— собственно идея его, изобретен мной еще в 1890 г., а практически в большом виде я применил его только в конце прошлого года, когда с помощью угольного электрода мною были уплотнены три болванки тигельной стали по 320 пудов каждая и одна болванка мартеновской стали в 700 пудов... Результат вышел не такой блестящий, как это было бы желательно, а именно — слитки получились хотя и плотные, но не до самых верхних слоев и не с совершенно ровной верхней поверхностью»²¹.

Дальнейшие опыты Славянова по электрическому уплотнению стальных слитков показали, что «негодная часть уплотненных слитков составляла примерно 10% веса слитка, вместо 30%, получаемых в слитках, не подвергнутых электрическому уплотнению». Славянов подсчитал, что пуд уплотненной мартеновской стали стоит на 13 коп. дешевле неуплотненной мартеновской, а пуд уплотненной тигельной — на 1 р. 27 к. дешевле неуплотненной тигельной. «Из этих расчетов,— указывал Славянов,— видно, что электрическое уплотнение, при примене-

²¹ Там же, с. 116.

нии на заводах, отливающих ежегодно десятки и сотни тысяч пудов стали, доставит громадную экономическую выгоду»²².

В заключение Славянов отметил большие технико-экономические достоинства своего способа и в рациональном использовании заводского оборудования. По его расчетам, «электрическое уплотнение за сравнительно небольшую затрату капитала весьма значительно увеличит производительность или технические средства завода, так как даст возможность заводу готовить слитки в 1½ раза большие; например, завод, который по своим техническим средствам может отливать болванки тяжелее 3000 пудов, имеет возможность получать куски годной стали не тяжелее 1500—2000 пудов; применивши же уплотнение, он при тех же прочих средствах (фабриках, печах и пр.) будет в состоянии готовить куски годной стали в 2700 пудов, для чего, без применения уплотнения, пришлось бы отливать болванки в 4000—5000 пудов; а для этого необходимо было бы капитально перестроить завод, не говоря уже о том, что с возрастанием веса отливаемой болванки значительно возрастают трудности самой работы»²³.

Славянов работал над усовершенствованием способа уплотнения до конца своей жизни. В частности, он пытался разработать наиболее рациональные методы уплотнения фигурных стальных отливок и отливок «из металлов не вскипающих (чугуна, бронзы и пр.)».

Основные положения теории электродугового подогрева прибылей слитков, разработанные Н. Г. Славяновым, нашли широкое практическое применение уже в первой четверти XX в. во Франции, в США, Германии, Швеции.

В отечественной металлургической промышленности первые опытные работы по применению электродугового подогрева прибылей слитков были произведены в начале 50-х годов на заводе «Электросталь», а затем на Кузнецком металлургическом комбинате, Новокраматорском машиностроительном заводе, на Уральском заводе тяжелого машиностроения. В настоящее время советские спе-

²² Славянов Н. Г. Об электрическом уплотнении металлических отливок, установленном практически в применении к стальным болванкам.— Записки РГО, 1895, вып. 6, с. 116.

²³ Там же, с. 117.

циалисты создали большое число новых методов электрического подогрева прибылей слитков, например индукционным током высокой и стандартной частоты и пр.

Как уже отмечалось, изобретенная в конце XIX в. электросварка сразу же привлекла внимание многих деятелей промышленности. Всем импонировали ее чрезвычайная эффективность при исправлении дорогостоящих изделий (восстановление изношенных и поврежденных поверхностей деталей, заделка трещин в литье и т. п.), которые прежде просто браковались и шли в лом. Однако вскоре выяснилось, что далеко не всегда удавалось получить доброкачественные сварные швы, позволяющие изделию начать новую жизнь. В большинстве случаев качество сварки оставляло желать лучшего, что ограничивало применение сварочных работ, а иногда просто вело к их прекращению.

Причин для этого оказалось достаточно. И в первую очередь не были хорошо изучены процессы, происходящие в электрической дуге, отсутствовали электроды с покрытиями, делающие процесс электросварки более качественным. Славянов же, применяя существующую технологию сварки, добивался блестящих результатов главным образом благодаря личному высокому мастерству сварщика.

Практика показала, что способы Бенардоса и Славянова имеют существенные недостатки. Так, изобретение Бенардоса не предусматривало защиту расплавленного металла от вредного влияния кислорода и азота воздуха. Кроме того, механические свойства расплава ухудшались в результате действия высокой температуры угольного электрода и сильного науглероживания шва за счет угольных частиц, попадающих в расплавленный металл из раскаленного электрода. Все это ограничивало применение способа Бенардоса. Им пользовались в основном при изготовлении тонкостенных сосудов, работающих чаще всего под очень небольшим давлением и не требующих особой прочности, а также при восстановлении изношенных деталей, которые подвергались незначительным ударным нагрузкам.

Металл сварного шва, полученного способом Славянова, был высокого качества. Это позволяло применять электросварку Славянова при ремонте основных частей машин. Однако необходимость выполнения в процессе

сварки и после нее отдельных сложных операций по разбивке сварного шва на небольшие участки, которые затем заформовывались, подогревались и заливались плавящимся электродным материалом, ограничивала применение способа Славянова, особенно при изготовлении металлоконструкций. Больше того, им нельзя было варить вертикальные и потолочные швы, а также непрерывные швы большой протяженности, характерные для большинства металлических конструкций.

Со временем стали видны и недостатки самого плавильника Славянова: трудности манипулирования, невозможность визуального наблюдения за процессом сварки, громоздкость, ограниченная площадь производства сварочных работ и т. д. Кроме того, из-за ограниченной длины электродов (800 мм) и необходимости частой их замены приходилось периодически прерывать процесс сварки. В результате к концу 1897 г. сварка плавильником была заменена более удобной и маневренной ручной сваркой.

Основой для широкого применения электросварки в производстве металлических конструкций явилась возможность поддерживать вручную устойчивое горение сварочной дуги. Эта возможность практически начала осуществляться в начале XX в. Правда, при «ручной поддержке» мощность дуги резко уменьшалась (с 30—60 квт до 3—6 квт), но зато открывались перспективы превращения стационарного ванного способа «горячей» сварки в маневренный подвижной способ «холодной» сварки. В последнем случае обходились без предварительного подогрева свариваемого изделия и его заформовки.

Расширение области применения ручной холодной сварки быстро вскрыло ее невысокую производительность. Другим ее недостатком было низкое качество сварного шва (тогда еще не появились электроды с качественными покрытиями). В результате «холодная» сварка нашла свое место только при изготовлении несложных металлоконструкций. Исследования в области улучшения качества и повышения производительности «холодной» сварки в то время не дали заметных результатов. Усилия специалистов-электросварщиков были направлены на решение более легкой задачи: совершенствование сварочной аппаратуры. При этом выяснилось, что по-настоящему усовершенствовать применяемые в электросварке машины и аппараты можно лишь на базе детального изучения ее

технологии, которая, как известно, основывалась на результатах практического использования электросварки в промышленности.

К концу XIX в. во всем мире работало около 100 установок для дуговой электросварки, из них примерно 10 — в России. Необходимо отметить, что в нашей стране действовали крупные промышленные установки дуговой электросварки. Например, первые такие установки были созданы в 1888 г. в мастерских Орловско-Витебской железной дороги. Они предназначались для исправления паровозных колес и рам. В 1897 г. по проекту Н. Г. Славянова мощная электросварочная установка была сооружена на сталелитейном и машиностроительном заводе в Екатеринославле (Днепропетровск). Источником питания дуги здесь служил нормальный генератор постоянного тока напряжением 110 В с максимальной силой тока 1000 А. Излишек напряжения (для процесса поддержания устойчивого горения электрической дуги необходимо было напряжение порядка 20—30 В и для зажигания — 60—70 В), поглощался реостатом, пики тока сглаживались очень мощной по тому времени буферной аккумуляторной батареей. Несмотря на повышенный расход электроэнергии установка являлась большим подспорьем заводу, особенно при исправлении поверхностных дефектов в остальных отливках вагонных, тендерных и паровозных колесных скатов. Интересно, что в то время таких крупных электросварочных установок не было ни в одной стране мира.

В 1895 г. Русское техническое общество создало специальную комиссию по разработке правил приемки электросварных изделий. В ее состав вошли крупные отечественные ученые: Н. А. Белелюбский, А. Д. Гадцук, Н. С. Курнаков, Н. К. Гофман (председатель), М. А. Шателен (секретарь) и др. Комиссия провела 7 заседаний: три — в 1896 г., одно — в 1900 и три в 1901 г.²⁴. Основываясь на результатах успешного применения способов электросварки на заводах и железнодорожном транспорте, а также на данных специальных экспертов, комиссия признала электрическую обработку металлов по способам Бенардоса и Славянова допустимой. Комиссия разработала обстоятельные правила для приема новых метал-

²⁴ ЦГИАЛ, ф. 90, оп. 1, д. 74; Записки РТО, 1901, вып. 6.

лических изделий, изготовленных по способам Славянова и Бенардоса, а также правила проведения электросварочных работ.

Но это уже было после смерти Н. Г. Славянова.

Нельзя согласиться с утверждением отдельных исследователей, что со смертью Н. Г. Славянова (1897) и Н. Н. Бенардоса (1905) развитие электросварки в России совершенно прекратилось. На наш взгляд, произошло лишь снижение темпов ее развития в результате промышленного кризиса, охватившего в начале XX в. многие страны и приведшего к застою науки и техники. Кроме того, в конце XIX в. и в начале XX в. трудами главным образом французских ученых и инженеров (Анри Ле Шателье, Фуше, Пикара) была предложена ацетилено-кислородная (газовая) сварка. Ее большое преимущество — высокое качество сварных соединений, которое достигается благодаря надежной защите расплавленного металла сварочной ванны от вредного воздействия кислорода и азота воздуха факелом газосварочного пламени, — в значительной мере затормозило развитие дуговой электросварки.

Несмотря на оживление в области работ с дуговой электросваркой, которое отмечалось в начале XX в., до первой мировой войны этот вид сварки развивался крайне слабо. Положение изменилось в конце войны, когда электросварка по мере совершенствования стала быстро отвоевывать отдельные позиции у газовой сварки и успешно конкурировать с другими технологическими процессами: клепкой и отливкой.

В апреле 1913 г. в России началось издание журнала «Автогенное дело» (под автогенной сваркой в то время понималась как ацетилено-кислородная, так и электрическая сварки). Программой журнала предусматривались публикации теоретических статей по научным и техническим вопросам, связанным со сваркой и резанием металлов. Сварка рассматривалась как металлургический процесс «с точки зрения физической и технологической».

К участию в журнале были привлечены профессора и преподаватели МВТУ — А. М. Бочвар, А. Э. Мозер, С. П. Ланговой, Н. А. Шилов и др., а также инженеры ряда московских предприятий — С. Б. Фалькевич, Б. М. Неминский, М. А. Александров, Н. А. Милицкий,

И. Русак. Кроме них, в журнале сотрудничали профессора из других городов, в частности Н. Н. Саввин из Петербургского политехнического института, Т. И. Тихонов из Томского технологического института и др. В редакцию журнала вошли специалисты-сварщики из Германии.

В статьях, помещенных в журнале, затрагивались различные проблемы электрической и особенно газовой сварки (вопросы прочности, внутренних напряжений, кислородной резки металлов, в том числе резки под водой, сварки цветных металлов, наварки пластинок из быстрорежущей стали на резцы и т. д.).

Свидетельством исключительного внимания русской технической общественности к вопросам электросварки является и то, что в некоторых высших технических учебных заведениях еще до 1917 г. читались разделы, освещающие процессы дуговой электросварки металлов, а также выполнялись дипломные проекты по сварке. Так, в 1896 г. М. А. Шателен первым стал вести в Петербургском электротехническом институте курс, посвященный применению тепловых действий тока в обработке металлов²⁵. В этот курс, помимо исторического очерка, входило описание способов Томсона, Славянова, Бенардоса и др., применяемых для сварки металлов, а также славяновского способа электрического уплотнения металлических отливок. Позднее Шателен читал курс электросварки студентам Горного и Политехнического институтов.

В 1912—1914 гг. в Петербургском политехническом институте на кораблестроительном отделении под руководством профессора Н. Н. Саввина были проведены две дипломные работы по вопросам сварочной техники: П. Розена «Автогенная сварка металлов» и А. Геркена «Сварка ацетиленом, блаугазом и горновая». Обе работы получили весьма высокую оценку и по решению Ученого совета института были опубликованы в «Трудах Петербургского политехнического института»²⁶. В 1915 г. работа А. Гер-

²⁵ Шателен М. А. Преподавание электротехники в высших технических заведениях в России и за границей.— *Электричество*, 1898, № 7, с. 103.

²⁶ Розен П. И. Автогенная сварка металлов.— *Труды Петербургского политехнического института*, 1912, т. 18, с. 61—90; Геркен А. Сварка ацетиленом, блаугазом и горновая.— *Труды Петербургского политехнического института*, 1915, т. 18, вып. 2, с. 695—712.

кена была напечатана и в журнале «Вестник инженеров».

Дипломные проекты по дуговой электросварке металлов выполнили в 1914 г. в Томском технологическом институте студенты Григорьев и Игнатов. Их работами руководил профессор Т. И. Тихонов, известный в то время специалист в области сварочных процессов²⁷.

К этому времени дуговая электрическая сварка прошла сложный эволюционный путь. Как уже отмечалось, в конце 80-х годов Н. Г. Славянов видоизменил первоначальный способ дуговой электросварки Бенардоса, заменив угольные электроды металлическими, выполненными из металла, однородного металлу сварочного изделия. Это предохраняло металл от перерождения (науглероживания) под действием дуги угольного электрода.

В 1907 г. шведский кораблестроитель инженер Оскар Кьелльберг впервые применил при сварке металлические электроды, покрытые особым тугоплавким составом, играющим роль флюса и предохраняющим металлы сварного шва от вредного влияния воздуха (окисления и азотирования). К сожалению, предложенные им металлические электроды поначалу не получили повсеместного распространения (правда, на германских железных дорогах они применялись уже в 1905 г., т. е. еще за два года до получения Кьелльбергом патента в Германии). Как известно, отсутствие электродов с качественными покрытиями было одной из причин замедленного развития дуговой электросварки.

В дальнейшем Ле Шателье значительно усовершенствовал покрытые электроды Кьелльберга. Французский ученый рекомендовал добавлять в покрытие кремний и некоторые окислы металлов, позволяющие получить шлаки требуемой степени плавкости.

В 20-х годах английский специалист Стромеджер предложил обвитые электроды, покрытые в основном асбестовым шнуром (электроды «квази-арк»). В качестве раскислителя в электродах «квази-арк» служила алюминиевая проволока, расположенная вдоль прута под асбестовой обмоткой.

²⁷ Тихонов Т. И. Аутогенная сварка железа.— Изв. Томского технологического института, 1911, т. 24, № 4; он же. Нагревание металлов при помощи электричества.— Инженер, 1905, № 5.

Для получения доброкачественной сварки при определенных металлах и размерах электродов долгое время не удавалось выбрать необходимые силу тока и напряжение. В начале 20-х годов французский инженер Морис Лебрен в результате многолетних исследований разработал эмпирические формулы силы тока и напряжения в зависимости от диаметра электрода. Этими формулами в сварочной технике пользовались многие годы²⁸.

В царской России с ее слабой энергетической базой не было достаточных условий для развития электросварки. Однако в начале XX в. электросварка продолжала применяться и развиваться на крупнейших русских заводах, а также во многих железнодорожных ремонтных мастерских²⁹.

Особенно интенсивно электросварка использовалась в Одесских главных мастерских Юго-Западных железных дорог. Техническое руководство мастерских хорошо понимало значение этого технологического процесса в развитии производства. В 1894 г. специалисты мастерских выезжали на Пермские пушечные заводы, на Коломенский машиностроительный завод и на Невский механический завод, где знакомились с постановкой электросварочных работ. Инженер Д. А. Дульчевский в 1897 г. побывал в Перми и встречался с Н. Г. Славяновым, затем он посетил Рославльские главные мастерские Орловско-Витебской железной дороги. Как отмечалось, в то время на Пермских пушечных заводах и в Рославльских главных мастерских электросварка велась на самом высоком техническом уровне.

Результатом этих поездок явилась организация в Одессе электросварочной мастерской. Ее возглавил Д. А. Дульчевский. Из года в год возрастал в мастерской объем сварочных работ, совершенствовался технологический процесс сварки, вводилось более совершенное электросварочное оборудование и т. д. В частности, при переоборудовании в 1909 г. одесской электросварочной мастерской аккумуляторная батарея, служившая источником питания дуги, была заменена сварочным генератором, ко-

²⁸ *Лебрен Морис.* Соображения к теории дуговой электросварки.— *Revue de Metallurgie*, 1924, № 8.

²⁹ *Радунский Л. Д.* Развитие техники электрической дуговой сварки металлов в России. М.— Л., Госэнергоиздат, 1959.

торый приводился в действие паровой машиной мощностью 75 л. с. В силу огромных преимуществ электросварки затраты на переоборудование быстро окупались и мастерская давала прибыль. Эта электросварочная мастерская была в России образцовой. В 1910 г. на Всероссийской промышленной выставке в Одессе одесские железнодорожные мастерские были удостоены высшей награды — золотой медали, на которой были выбиты слова: «За умелое применение электросварки». В последующие годы одесская электросварочная мастерская неоднократно расширялась и совершенствовалась.

Позднее способ электросварки с металлическими электродами стал успешно применяться и многими другими ремонтными железнодорожными мастерскими (Конотопскими, Двинскими и др.) для самых разнообразных работ — заварки трещин и раковин в отливках, наливки изношенных поверхностей деталей (особенно вагонных и паровозных колес), для ремонта различных деталей подвижного состава, а также на заводах, в частности на петербургском Александровском заводе Николаевской железной дороги (теперь Пролетарский завод). В ряде случаев электросваркой пользовались и при изготовлении новых деталей.

В 1904 г. моряки русского флота и рабочие Балтийского судоремонтного завода, находясь в осажденном Порт-Артуре, успешно применили электрическую сварку угольными электродами при ремонте корпусов кораблей («Севастополь», «Ретвизан», «Цесаревич»), поврежденных в боях с японским флотом³⁰. Источниками питания дуги в этих работах являлись корабельные генераторы.

³⁰ Радунский Л. Д. Развитие техники электрической дуговой сварки металлов в России, с. 120—121.

Н. Г. Славянов в оценке современников

С момента появления первого изобретения Н. Г. Славянова его деятельность находится в поле зрения научно-технической общественности России. Ученые столичных центров с одобрением встречают труды инженера с далеких Пермских заводов, доклады о славяновском способе электросварки неоднократно заслушиваются на заседаниях РТО. Многочисленные авторы анализируют его изобретения на страницах отечественных и зарубежных журналов.

Первым высоко оценил способ «электрической отливки металлов» профессор МТУ П. К. Худяков. В уже упоминавшейся выше «Заметке об уральских заводах» Худяков, отмечая экономически разумное рациональное использование электростанции заводов, в частности, писал: «В течение дня та же самая электрическая станция утилизируется заводом для производства работ по электрическому сращиванию поломанных изделий, наращиванию их новыми частями и электрической отливке металлов в заранее заготовленные формы и с произвольными очертаниями. Все эти работы исполняются заводом по системе инженера Славянова, не имеющей, по существу дела, ничего общего с известной ранее системой Бенардоса»¹. Худяков указывал, что эти работы ведутся на заводе почти ежедневно, причем не только «для удовлетворения собственных заводских нужд, но и в виду многочисленных частных заказов. Сращивание (т. е. сварка — А. Ч.) металлических частей производилась быстро, прочно, вполне на-

¹ Худяков П. К. Заметки об Уральских заводах. Казенный Пермский завод. — Технический сборник и вестник промышленности, 1891, № 10, с. 432.

дежно, со строгим соблюдением всех главных размеров поломанных изделий и машин и за ничтожную сравнительно плату».

В доказательство Худяков приводил некоторые примеры. Так, в начале 1891 г. на одном частном механическом заводе в Перми во время погрузки на телегу готовой к отправке небольшой паровой машины была разбита рама, и вместо парохода машина попала на завод в Мотовилиху. На другой день ее уже вернули обратно «с целой станиной и прилитыми к ней изнутри ребрами». В другой раз в Пермских железнодорожных мастерских треснула по всей высоте рама больших приводных ножниц (высота — около 2 м), весьма слабо сконструированных и выполненных из плохого материала. Раму отправили в Мотовилиху для сварки. Во время ремонта на ней образовались побочные трещины — результат внутренней напряженности надорванного работою материала. Тем не менее сварка всех кусков рамы была выполнена успешно. Ремонтникам удалось сохранить относительное расположение всех бывших в раме отверстий для рабочих валов. Крепость рамы была в значительной мере усилена прилитыми к ней в надлежащих местах ребрами. За первое полугодие 1891 г. на Мотовилихе, по словам Худякова, при помощи сварки выполнено «свыше 120 разнообразных работ как самого завода, так и различных частных промышленных учреждений, привлекаемых сюда дешевизной, полной целесообразностью и практичностью этих работ».

В следующем (11) номере «Технического сборника и вестника промышленности» Худяков поместил большую, обстоятельную статью, посвященную электрической отливке металлов по способу горного инженера Славянова (в 1891 г. эта статья вышла отдельной брошюрой²). Указав в ней различие методов Бенардоса и Славянова, он отметил самостоятельность, оригинальность славяновского способа электрической обработки металлов. При этом он утверждал: «Производство отливки металлов по способу Славянова и устройство приборов, употребляемых им для этого, ныне патентованы уже в России и во всех иностранных государствах, признавших этот род работы *совершен-*

² Худяков П. К. Электрическая отливка металлов по способу горного инженера Н. Г. Славянова. М., 1891.

но оригинальным (курсив мой.— А. Ч.), не имеющим ничего общего с патентом Бенардоса»³.

Со столь категорическим утверждением Худякова вряд ли можно согласиться. Во-первых, и Славянов, и Бенардос в качестве источника тепла использовали электрическую дугу. Во-вторых (это отмечает и Худяков), в обоих изобретениях обрабатываемый предмет является одним из электродов электрической дуги. Разумеется, все это нисколько не принижает самостоятельности изобретения Славянова. Худяков хорошо ознакомился с изобретением Славянова. С этой целью он летом 1891 г. посетил Пермские заводы. «...Мы имели возможность сделать экскурсию на Урал,— писал Худяков,— и ознакомиться там, на месте, с работами г-на Славянова, интересными с теоретической стороны и в высшей степени плодотворными по своим практическим результатам. В настоящее время вопрос об электрической отливке следует признать уже вполне разрешенным практически, так как изобретателем, после долгих опытов, выработаны теперь в совершенно законченной форме и приемы отливки, и устройство всех нужных для этого приборов, вполне отвечающих всем практическим требованиям»⁴.

Худяков подробно описал электросварочную установку и разнообразные работы, выполненные способом Славянова. В их число входили заливка раковин в чугунных и медных отливках, а также пузырей в стальных изделиях случайно пробитых или ненужных сквозных отверстий в каких угодно изделиях; работы по заливанию трещин в металлических вещах, например на флянце у крышки (весом более 512 кг) цилиндра паровой машины парохода «Пушкарь»; «работы по сливанию в одно целое двух предметов или двух частей одной сломанной вещи с сохранением данных размеров, а также по приливанию отломанных частей или недостающих, вследствие неудачной отливки, отковки или механической обработки»; «работы по исправлению изношенных частей наливанием на рабочую поверхность их нового слоя металла и по наращиванию трущихся поверхностей с целью уменьшения на

³ Худяков П. К. Электрическая отливка металлов по способу горного инженера Славянова.— Технический сборник и вестник промышленности, 1891, № 11, с. 445.

⁴ Там же.

них коэффициента трения или же для уменьшения способности изнашивания их» и т. п. Особое внимание Худяков уделил автоматизации сварочных работ с использованием автоматического регулирования длины сварочной дуги. Он подробно описал сварочный полуавтомат Славянова, его «электрический плавильник», а также работы с ним.

Худяков еще раз остановился на различиях способов электрической обработки металлов Бенардоса и Славянова. По мнению Худякова, эти способы сходны тем, что используют обрабатываемый предмет в качестве одного из электродов электрической дуги,— «во всем же остальном между ними существует весьма большое различие, характеризующее систему Славянова с весьма выгодной стороны»⁵.

В заключение Худяков писал, «что способ электрической отливки Славянова не имеет ничего общего с известным способом электрической спайки Бенардоса, которым работает компания «Электрогефест». Нам остается теперь только пожелать возможно более широкого распространения в практике этого способа электрической отливки, имеющего такое *громадное хозяйственное значение* (курсив мой.— А. Ч.) как для больших механических заводов, так и для всего промышленного округа, в котором заведена такая отливка»⁶. Как видим, Худяков не только поддержал творческое начинание своего соотечественника. Крупнейший русский профессор прозорливо предсказал большое будущее изобретению дуговой электрической сварки, открывшему новую эпоху в истории развития техники.

Выдающиеся изобретения Бенардоса и Славянова нашли отклики в трудах другого профессора МТУ — А. И. Сидорова. Он также высоко оценил значение электросварки, считая ее самым рациональным способом соединения металлических листов. По словам ученого, при доброкачественной сварке прочность «сваренного места не меньше, а иногда даже и больше прочности основного металла». Кроме того, «при приложении нагрузки наблю-

⁵ Худяков П. К. Электрическая отливка металлов по способу горного инженера Славянова.— Технический сборник и вестник промышленности, 1891, № 11, с. 451.

⁶ Там же, с. 452.

дается небольшое удлинение сварных швов, тогда как заклепочный шов практически абсолютно жесток и при разрушении почти не показывает удлинения».

Сидоров констатировал все возрастающее из года в год промышленное использование этого прогрессивного технологического процесса. Многие заводы, обеспеченные контингентом опытных квалифицированных сварщиков, изготавливают с помощью сварки большинство деталей, например «сваривают жаровые трубы, внутренние топки вертикальных котлов, прямоугольные камеры водотрубных котлов и т. п. В Америке были удачные попытки сваривать даже швы главного цилиндрического корпуса больших котлов»⁷.

В опубликованных в 1895 г. статьях «О сварке котельных листов» и «Электрическое нагревание и сварка металлов» Сидоров приходит к заключению, что электрическая сварка металлов «безусловно должна найти широкое применение не только в машиностроении, где она совершит переворот в технологии, но и в других областях техники». В наши дни эти предсказания Сидорова сбылись.

Способы дуговой электросварки, разработанные Н. Н. Бенардосом и Н. Г. Славяновым, экспонировались на IV электрической выставке в Петербурге (1892). Именно здесь с этим замечательным русским изобретением познакомился старейший отечественный электротехник М. А. Шателен.

М. А. Шателен одним из первых оценил громадное значение, которое имеет для техники развитие способов электрической сварки и обработки металлов. Характеризуя экспонаты IV электрической выставки, он дал квалифицированное научно-техническое описание электрической отливки металлов, продемонстрировав исключительную осведомленность о состоянии этого дела не только в России, но и в других странах мира (в частности, в Америке, Германии и Англии).

Как уже отмечалось, Шателен неоднократно посещал Пермские пушечные заводы и воочию наблюдал деятельность одного из создателей дуговой электросварки. Больше того, он лично знал Славянова и состоял с ним в дру-

⁷ Сидоров А. И. Курс деталей машин, ч. 1. М., 1923, с. 190.

жеской переписке. О характере их отношений можно судить, например, по письму Славянова к Шателену от 16 июня 1897 г.:

«Многоуважаемый Михаил Андреевич!

Мой сын вместе с этим письмом передаст Вам прибор (плавильник) для производства электрической отливки по моему способу, который я давно обещал прислать для Горного института. Извините, что так долго не исполнял своего обещания. Посылаю также пластинку из разных металлов, налитых один на другой по моему способу.

Примите уверения в совершенном к Вам уважении и преданности Вашего покорнейшего слуги.

Н. Славянов»⁸.

Любопытно, что и деятельность Шателена в журнале «Электричество» началась с публикации работ по проблемам электрической сварки⁹. Уже в первой статье Шателен рассматривал вопрос об изобретении электросварки в тесной связи с общим ходом развития электротехники. «Лицами, наиболее способствовавшими у нас движению вперед этой отрасли электротехники,— констатировал Шателен,— были наши русские изобретатели Бенардос и Славянов... электрическое плавление металлов... получило применение в способе электрической отливки горного инженера Н. Г. Славянова». Шателен, раскрывая сущность процесса электрической отливки металлов, весьма квалифицированно охарактеризовал возможные рациональные случаи ее практического применения, технологические приемы, обеспечивавшие получение наплавленного металла с заданными химическими и другими свойствами, и оборудование, применявшееся для осуществления этого процесса. В частности, он подробно описал устройство и работу «электрического плавильника» Славянова — автоматического регулятора длины сварочной дуги. Одним из главных достоинств электрической отливки Шателен считал скорость, с которой можно проводить различные работы.

Статья заканчивалась выражением глубокой веры автора в перспективность развития электросварки. «Способ

⁸ Архив АН СССР, ф. 869, оп. 4, д. 713.

⁹ Шателен М. А. Электрическое паяние и электрическая отливка металлов. — Электричество, 1892, № 8, с. 115—121.

электрической отливки Н. Г. Славянова,— утверждал Шателен,— уже получил привилегии как в России, так и за границей и несомненно найдет себе место как на многих механических и чугунолитейных заводах, так и в железнодорожных мастерских и в маленьких походных мастерских на судах во время плавания»¹⁰.

Как известно, для проведения экспертизы способов Бенардоса и Славянова во время работы IV электрической выставки была образована специальная экспертная комиссия. В ее состав вошел и М. А. Шателен. Он провел ряд самостоятельных исследований в области сварки, в которых не только изучались механические и химические свойства металла в местах сварных соединений, но и определялись характеристики сварочной дуги и ее влияние на расплавленный металл. С помощью обоих способов Шателен сварил большое количество образцов. При испытании на разрыв места сварки оказались прочнее основного металла. Комиссия экспертов могла засвидетельствовать возможность получения надежных сварных соединений в производственной практике.

Результаты исследований в виде «извлечения из отчета VIII секции комиссии экспертов при IV электрической выставке РТО» были опубликованы в нескольких номерах журнала «Электричество»¹¹.

В последующие годы Шателен собрал огромный материал, касающийся применения электрической сварки и электрического уплотнения металлов в заводской практике. Уже сам сбор такого фактического материала в середине 90-х годов XIX в. представлял несомненный интерес. Однако Шателен проанализировал собранные данные как в техническом, так и в экономическом отношении¹² и обосновал целесообразность использования зарождающегося технологического процесса металлообработки.

Как уже говорилось, электросварка быстро получила широкое применение на многих машиностроительных и металлургических заводах Германии, Англии и Франции. Специалисты из этих стран приезжали в Россию, чтобы прямо на месте познакомиться с выдающимися изобре-

¹⁰ Там же, с. 121.

¹¹ «Электричество», 1894, № 20, с. 21—22.

¹² Шателен М. А. Электрическое паяние, отливка и уплотнение металлов в применении к заводской практике.— Электричество, 1896, № 3, с. 33—37; № 4, с. 49—54; № 5, с. 63—68.

ниями Бенардоса и Славянова. К сожалению, в самой России процесс внедрения изобретений Бенардоса и Славянова в промышленность развивался очень слабо. Причин для этого было много.

Прежде всего это технико-экономическая отсталость царской России, ее слаборазвитое энерго- и электромашиностроение. Малоомощная русская электротехническая промышленность находилась в руках иностранных капиталистов, которые всячески препятствовали развитию экономики России. Препятствие правящих кругов перед всем иностранным, их неверие в талантливость и творческие силы русского народа также мало способствовали распространению нового технологического процесса — электросварки.

Другой важной причиной недостаточного внедрения электросварки было слаборазвитое машиностроение, которое в первую очередь определяло масштабы металлообработки в стране.

Наконец, практическое применение электросварки в промышленности и строительстве сдерживалось недоверчивым отношением административно-технических властей к новому способу соединения металлов: новизна электросварочных процессов вызывала большую осторожность. Этим определялось «полулегальное» использование электросварки. Официального разрешения на ее применение долгое время не удавалось добиться, и оно последовало лишь много позднее по настоятельным требованиям прогрессивной инженерно-технической общественности России.

Передовые деятели науки и техники России понимали пользу и эффективность метода обработки металла электросваркой, активно боролись за «легализацию этого всецело русского изобретения». В начале 90-х годов в Петербурге по инициативе действительного члена Электротехнического общества инженера А. А. Троицкого было создано Русское товарищество электрической обработки металлов, объединявшееся с товариществом, эксплуатировавшим изобретение Н. Н. Бенардоса «электрогефест».

Вскоре на первых двух страницах журнала «Электротехнический вестник» стало систематически печататься специальное объявление, раскрывающее планы и объем деятельности товарищества. К объявлению прилагался фотоснимок корпуса паровой машины, отремонтирован-

ный способом дуговой электрической сварки. Предполагалось, что Русское товарищество электрической обработки металлов будет «производить интенсивное практическое применение новых технологических процессов в производственной практике». Однако эта организация в дальнейшем не справилась с задачей широкого внедрения в производство способов электрической обработки металлов, ограничив свою деятельность охраной патентных прав, выданных на способы Бенардоса и Славянова. В 1896 г. Русское товарищество электрической обработки металлов демонстрировало изобретение Славянова и Бенардоса на Всероссийской промышленной и художественной выставке в Нижнем Новгороде.

Особенно настойчивую работу по пропаганде электро-сварки проводил А. А. Троицкий. В этой связи интерес представляет его доклад «О современном положении дела электрической обработки металлов по способам Н. Н. Бенардоса и Н. Г. Славянова», прочитанный 15 апреля 1895 г. на Общем собрании членов РТО. Троицкий, в частности, подчеркнул, что рожденные в России способы применения электрической энергии в обрабатывающей и ремонтирующей металлургической промышленности находят все большее развитие во многих странах. Научно-техническая общественность России, к сожалению, до сих пор плохо информирована об этих достижениях. «Практические результаты, полученные в этом направлении, — заявил А. А. Троицкий, — никем и нигде не обобщены и являются для большинства совершенно неизвестными. Причину этого мы объясняем тем, что, во-первых, заводы и фабрики от установки у себя электрической обработки металлов получают более чем значительные выгоды, ради которых и в ограждение себя от конкуренции удерживают дело в секрете, а, во-вторых, собственники способов электрической обработки металлов, по исключительному положению своего предприятия, не имели возможности обобщать все практические результаты работ, произведенных по способам, составляющим их собственность, и доводить о том до общего сведения. Два года тому назад мы прикоснулись к делу электрической обработки металлов и стали собирать все, что только возможно было по этому вопросу. На первых же шагах мы были поражены теми данными, которые оказались у нас в руках, и с каждым новым уяснением практического применения элек-

трической энергии к обработке металлических частей все более и более убеждались в том, что дело это является насущною потребностью как для государственного хозяйства, так равно и для каждого завода, фабрики и мастерской. Собрав в одно целое все знаменательные данные по делу электрической обработки металлов, мы вручаем их вам, гг. электрики, техники, механики, инженеры и инженер-механики, ибо вам же, хочешь не хочешь, а придется нести на своих плечах применение во всех местах России того, о чем последует сообщение, при нравственной ответственности перед современным обществом и будущей историей за то, как вы воспользуетесь вручаемыми нами вам положениями и данными, так как вы, получив ваши технические познания за счет государства и общества и возлагая на свою грудь почтенную их эмблему, приняли вместе с тем на себя ясно определенную обязанность по отношению того государства и общества»¹³.

Внедрению электросварки, по мысли докладчика, сильно мешают трудности, связанные с подбором источников питания электрической дуги. Следовательно, развитие электросварки находится в прямой зависимости от прогресса электротехники: «Легко возможно,— указывает Троицкий,— что если бы электротехника в 1886—88 годах стояла на высоте ее настоящего положения, то все вопросы и затруднения при введении «электрогефеста» на фабриках и заводах разрешились бы свободно и просто, и тем самым вполне оправдались бы надежды лиц, стремившихся практически применить его в том виде и в том положении, в котором он находился тогда; а как вы сами знаете, что дело электротехники в то время было еще в зачатке,— об аккумуляторных батареях не имелось еще ясных представлений, а около динамо-машин в 120 ампер мы ходили все с каким-то благоговейным удивлением, как около восьмого чуда света. Все это, взятое вместе, и являло почти непреодолимые затруднения для правильного и надлежащего разрешения как общих металлургических, так равно электротехнических положений... «Электроге-

¹³ Троицкий А. А. О современном положении дела электрической обработки металлов по способам Н. Н. Бенардоса и Н. Г. Славянова.— Записки РТО, 1895, вып. 6, с. 80. Этот доклад в том же году был издан отдельной брошюрой.

фест» Н. Н. Бенардоса произвел положительный переполох во всемирной сфере капиталистов и техников. Нам приходилось, перебирая старые дела, читать депеши, в которых Америка и иные государства предлагали миллионы за способ, но требовали, чтобы практические применения его отвечали тем заявлениям, которые Товарищество (Русское товарищество электрической обработки металлов.— А. Ч.) делало»¹⁴.

С 1888 г. Н. Г. Славянов упорно трудился на Пермских пушечных заводах над усовершенствованием электрической отливки металлов. По сравнению с Н. Н. Бенардосом у него было большое преимущество: Славянов «располагал глубокою опытностью в деле металлургии и именно, основываясь исключительно на ее законах, совершенствовал свой способ». По словам Троицкого, это изобретение Н. Г. Славянова в свое время наделало «много шума, так как с непреложною ясностью давало в руки металлургической обрабатывающей промышленности все, чего ей недоставало».

В 1890—1891 гг. Славянов получил патенты на «электрическую отливку металлов» и электрическое уплотнение металлических отливок в России, Франции, Германии, Великобритании, Австро-Венгрии, Бельгии; его изобретения были также заявлены в США, Швеции и Италии. «Затем,— подчеркивает Троицкий,— после этого шума, в течение последних 4-х лет не было нигде и никаких данных о том, что делается с этими двумя выдающимися русскими изобретениями, какую они приносят пользу в своем практическом применении и что с ними творит современная металлургическая обрабатывающая промышленность».

Докладчик перечислил русские фабрики и заводы, применявшие способы «электрогест» Н. Н. Бенардоса и «электрическая отливка металлов» Н. Г. Славянова и составлявшие собственность Русского товарищества электрической обработки металлов. На большинстве этих предприятий с помощью электрической обработки металлов восстанавливались металлические отливки, заливались трещины и пустоты в металлических изделиях, приливались отломанные части деталей и т. п. Но были и такие

¹⁴ Там же, с. 98.

заводы, которые основали свое производство исключительно на электрической обработке металлов.

«Переходя к рассмотрению применения электрической энергии к делу обработки металлов в России,— указывал Троицкий,— мы должны прежде всего остановиться на отчете 3 1/2-летней деятельности электролитной мастерской Пермских казенных пушечных заводов, где было прекрасно выполнено (по свидетельству актов приемочных комиссий) 1631 различных работ». Троицкий привел большой отчет о работах, выполненных на указанных заводах по способу Славянова.

«Отчет этот,— подчеркнул докладчик,— вместе со свидетельствами испытательных и приемных комиссий и механическими испытаниями образцов железа, стали, бронзы и латуни, сплавленных по способу горного инженера Н. Г. Славянова, заставит самого строгого критика-техника признать, что практические результаты, достигнутые в этой мастерской, самым положительнейшим образом лишают его возможности изощрять свой ум над искусственным группированием всяких теоретических «против»...

Теперь настало время выдвинуть электрическую обработку металлов на свет божий, в виду чего мы и указываем на необходимость... неотложно разобрать этот вопрос, приняв во внимание все то, что достигнуто казенными Пермскими пушечными заводами, Рославльскими мастерскими и многими инопоземными заводами, эксплуатирующими вышеупомянутые выдающиеся русские изобретения».

По словам Троицкого, только за 8 лет электрическая обработка металлов дала громадную экономию в деньгах и «не поддающуюся оценке экономию во времени, а время в тысяче случаев бывает дороже денег... В России, кроме Орловско-Витебской и Уральской железных дорог, есть еще 34 000 верст рельсовых путей и, кроме вышеприведенных фабрик, еще тысячи заводов и фабрик с различными судостроительными и ремонтными мастерскими различных ведомств и учреждений, от применения в которых электрической обработки металлов государство и общество получают ежегодную экономию миллионов рублей, сохранение которых и должно составить нашу заботу... Равным образом мы не будем останавливаться на перечне всех важных положений, вызывающих необходимость снабдить все суда флота, имеющие уже электрическое

освещение, возможностью производить починочные работы по способу Н. Г. Славянова, ибо это ясно для каждого, но при этом мы признаем нужным указать на то, сколько бед, несчастий и громадных денежных потерь можно предупредить через это, так как случаев беспомощности судов от поломок механизмов и частей их — масса, не говоря уже о военном времени. Напомню только о недавнем случае, имевшем место с кораблем, совершающим рейсы между Англией и Америкой, который в течение месяца носился по волнам океана и считался погибшим за отсутствием о нем сведений только потому, что поломка части его машины не могла быть восстановлена существующими способами, а между тем корабль этот имел электрическое освещение в значительных размерах, и если бы в его распоряжении был способ Н. Г. Славянова, то он быстро бы восстановил поврежденную часть своей машины»¹⁵.

Троицкий указал на необходимость тщательного анализа приведенных в докладе данных. Вместе с тем он призывал членов РТО «установить правильное гражданское положение дела электрической обработки металлов, составляющее всецело русское дело... Это дело является важным общегосударственным вопросом и потребностью и должно поэтому свободно и широко распространиться везде и всюду... Но пока мы стоим на этом незыблемом фундаменте и пока заводчики иноземных государств, производя в Россию поставки, восстанавливают неудавшиеся отливки и механические части электрическими способами, составляющими инициативу и труд русских людей, а русские заводы... будут вынуждены те же части или бросать, или переплавлять, или тихонько применять к ним способы электрической обработки металлов, то до тех пор мы не должны иметь покоя, и ввиду этого мы позволяем себе просить вас, милостивые государи, разобрав и устранить это неправильное положение дела электрической обработки металлов в России»¹⁶.

Призыв покончить с «нелегальным положением способов дуговой электросварки в России» с новой силой прозвучал в ярком выступлении Троицкого на I Всерос-

¹⁵ Троицкий А. А. О современном положении дела электрической обработки металлов по способам Н. Н. Бенардоса и Н. Г. Славянова. — Записки РТО, 1895, вып. 6, с. 100.

¹⁶ Там же, с. 103.

сийском электротехническом съезде 29 декабря 1899 г. Докладчик с горечью констатировал, что «электрическая обработка металлов находится в России в исключительно неблагоприятных условиях из-за отсутствия правил для приемки деталей, обработанных данным способом, а также благодаря существующему запрету использовать этот способ». Все это заставляет «пользоваться электрической обработкой металлов тайком». В то же время, утверждал Троицкий, этот способ дал весьма хорошие результаты при испытании его на многих заводах и железнодорожных мастерских.

I Всероссийский электротехнический съезд постановил ходатайствовать о «приравнении электрической обработки металлов как по надзору, так и по приемке к правилам, установленным для металлических изделий, обработанных тепловым путем». Значительное внимание дуговой электрической сварке металлов и, в частности, правилам приемки сварных изделий было уделено II и III Всероссийскими электротехническими съездами¹⁷.

Интересное сообщение о практическом использовании дуговой электросварки сделал на I Всероссийском электротехническом съезде инженер-технолог П. И. Яшнев. Он рассказал об Александровском заводе, на котором с успехом применялась электрическая обработка металлов по способам Бенардоса и Славянова. Указав на высокие технико-экономические показатели, достигнутые на заводе в результате электросварочных работ, Яшнев призвал к их повсеместному использованию на заводах. Представитель передовой инженерно-технической общест-венности России был вынужден констатировать, что русские изобретения очень медленно внедряются на отечественных предприятиях. «Иностранцы,— отмечает Яшнев,— услышав об изобретении Славянова и Бенардоса, узнав о той громадной пользе, которую доставляют эти спосо-бы, тотчас же стали вводить их на своих заводах, и в настоящее время более чем на 60 заводах применяют вы-шеназванные способы, тогда как русских заводов, на ко-торых практиковались бы способы Славянова и Бенардо-са, весьма немного. Надо, однако, надеяться, что русские техники оценят свои же русские изобретения, *в особен-ности способ Славянова* (курсив мой.— А. Ч.), и, обратив

¹⁷ Электричество, 1905, № 1.

на него должное внимание, будут стремиться вводить его везде, где только существует электрический ток»¹⁸.

Деятели науки и техники России продолжали борьбу за широкое признание дуговой электросварки. В начале XX в. вопросы ее развития и применения в промышленности рассматривались на многих съездах представителей различных технических профессий: инженеров службы подвижного состава и тяги русских железных дорог, деятелей горного дела, металлургии и машиностроения и т. д. Так, в 1913 г. II Всероссийский съезд деятелей горного дела, металлургии и машиностроения принял специальную резолюцию по докладам П. И. Розена «Применение автогенной сварки для ремонта машин и котлов» и Г. С. Санговича «Применение автогенной сварки для ремонта котлов», в которых освещались результаты опытов по использованию электросварки, проводившихся на Путиловском и Адмиралтейском Усть-Ижорском заводах. В резолюции, в частности, указывалось «на желательность проведения обстоятельных испытаний сварных соединений, выполненных всеми видами автогенной сварки с использованием отечественных материалов, а также на необходимость создания кадров сварщиков, необходимых технических руководств по автогенной сварке и т. д.». Интересно, что П. И. Розен упоминал в докладе об опытах по проверке прочности автогенной сварки в стойках гондолы дирижабля. Это свидетельствовало о расширении области применения дуговой электросварки.

И все же приходится констатировать, что в те годы в развитых промышленных странах электросварка применялась гораздо шире. На ряде заводов способы электрической обработки металлов становились основными технологическими процессами производства новых изделий. Больше того, в Англии уже велись обстоятельные научно-исследовательские работы по сварке.

Современники Славянова высоко оценили и его второе (основное) изобретение — электрическое уплотнение металлических отливок. Как уже говорилось, 15 апреля 1895 г. Славянов выступил с обстоятельным докладом по

¹⁸ Яшин П. И. Электролитейная мастерская на Александровском заводе Николаевской железной дороги. — Труды I Всероссийского электротехнического съезда в 1899—1900 гг. СПб., 1900, с. 71.

этому вопросу на общем собрании членов РТО. После доклада председательствующий на этом заседании М. И. Кази сделал вывод, что «предлагаемый способ уплотнения металла имеет весьма большое будущее». М. И. Кази также сказал, что «если этот способ обещает значительно уменьшить прибыльную часть отливок и тем самым увеличить выход годного металла их», то от него «можно ожидать очень реальных результатов для технической промышленности»¹⁹.

Об электрическом уплотнении металлических отливок Славянов сообщил также на технической беседе в Электротехническом обществе. Ее участники вновь подчеркнули перспективу промышленного использования нового метода. В статье, анализирующей выступление Славянова, в частности, указывалось, что «до сих пор этот способ применялся мало, главным образом, вероятно, потому, что многие детали его еще не были разработаны. Теперь же, когда Пермские заводы разработали вполне этот способ, надо думать, что применять его начнут в широких масштабах, так как преимущества его перед остальными очевидны»²⁰.

Возвратившись в Мотовилиху, Славянов продолжил работы по уплотнению отливок. Ученый провел серию новых опытов и добился ощутимых результатов. Именно о них А. А. Троицкий сделал сообщение на технической беседе членов РТО 16 октября 1895 г. Собранным была продемонстрирована фотография разреза стальной болванки весом 9 т, уплотненной по способу Славянова.

Подробный разбор этих работ Славянова сделал один из его ближайших помощников — инженер С. Р. Туржанский. Обращаясь к участникам беседы, он сказал: «Честь имею довести до сведения вашего, что я, как один из участвовавших при электрическом уплотнении стальных отливок на Пермских пушечных казенных заводах, имею возможность сообщить вам некоторые данные по этому вопросу»²¹. Далее он привел основные данные процесса электрического уплотнения отливок и осветил ряд вопросов, касающихся практического применения этого метода.

¹⁹ Записки РТО, 1895, вып. 6, с. 11.

²⁰ Электричество, 1895, № 23, с. 385.

²¹ Туржанский С. Р. Электрическое уплотнение металлических отливок. — Электротехнический вестник, 1895, № 23, с. 324—325.

Присутствовавший на беседе инженер А. А. Сендау обратил внимание на возрастающий интерес металлургической промышленности к способу электрического уплотнения стальных отливок. В этой связи он коснулся последних работ «по электрическому уплотнению болванок из мартеновской стали», проведенных на Пермских пушечных заводах. Во всех случаях результаты испытаний были положительными, и этот способ был «допущен к применению на заводе». Сендау, осветив детали производственного процесса указанных работ, отметил, что «электрическое уплотнение отливок будет иметь в сталелитейном деле громадное экономическое значение»²².

Как видим, уже первые опыты применения электрического уплотнения отливок показали техническую целесообразность и экономическую выгодность славяновского способа. В 1896 г. разрезы крупных слитков из неуплотненной стали и уплотненной по способу Славянова экспонировались на Всероссийской промышленной и художественной выставке в Нижнем Новгороде. Они обратили на себя внимание представителей металлургической промышленности, которые высоко оценили это изобретение ученого.

В заключение хотелось бы сказать несколько слов о споре, который возник между Бенардосом и Славяновым по поводу приоритета на изобретение электросварки. Бенардос, считая себя создателем этого способа, на который он получил 31 декабря 1886 г. привилегию в России, а в 1885 г. — патенты в Германии, Франции и других западных странах, решительным образом протестовал против выдачи привилегии Славянову на способ «электрической отливки металлов».

Интересно отметить, что Славянов, уже получив привилегию, некоторое время сам не был уверен в оригинальности своего изобретения дуговой электросварки металлов. Сделав в конце 1892 г. на одной из технических бесед Электротехнического общества сообщение о способах обработки металлов с помощью электрической дуги, Славянов просил Общество дать свое заключение по вопросу: «Представляет ли предложенный им способ электрической отливки и пайки металлов самостоятельное изобретение, или же способ этот составляет усовершенство-

²² Электротехнический вестник, 1895, № 23, с. 326—328.

вание способа под названием «электрогефест». Для рассмотрения этого вопроса была создана специальная техническая комиссия Общества. В ходе нескольких заседаний члены комиссии рассмотрели документы, относящиеся к этому спорному делу. К сожалению, документов оказалось немного, и комиссия «не признала возможным высказать какое-либо заключение, основываясь на одних лишь теоретических соображениях»²³.

Но вскоре Славянов, осознав самостоятельность и оригинальность своего способа сварки, стал в печати и в публичных выступлениях убеждать в этом научно-техническую общественность. Конечно он не обошелся без критики изобретения Бенардоса, причем Славянов доказывал, что его способ технически совершеннее изобретения Бенардоса.

В самом деле, хотя в привилегии, выданной Бенардосу, не внесено каких-либо ограничений в отношении материала электрода, практически во всех своих работах изобретатель использовал только угольный электрод. Славянов применил «плавкий», т. е. металлический, электрод и тем самым внес коренные изменения как в технологию, так и в металлургию дуговой электросварки. Использование металлического электрода повлекло за собой попытку автоматического регулирования длины сварочной дуги. Это важная особенность привилегии Славянова (как известно, проблема автоматического регулирования дуги совершенно не интересовала Бенардоса), которая тесно увязывается с металлургической сущностью процесса электросварки.

Суд рассмотрел взаимные претензии изобретателей и признал их равноправными. В своем решении суд основывался на экспертизе О. Д. Хвольсона, считавшего, что принципиально решить вопрос об использовании электрической дуги для сварки металлов может лишь академик В. В. Петров. Поэтому, указывая Хвольсон, если аннулировать привилегию Славянова, то с таким же основанием это следует сделать и с привилегией Бенардоса. Конечно, принятое судом решение полностью обходило вопросы технологии процесса электросварки. А ведь над ними главным образом трудились изобретатели. Эти вопросы и были основными в их споре.

²³ Электротехнический вестник, 1894, № 3, с. 82.

Время показало, что каждое из изобретений, предложенных и практически осуществленных Славяновым и Бенардосом, содержало необходимое количество элементов новизны как в области технологии, так и с технической стороны. Этого было вполне достаточно, чтобы получить на них привилегии. В то же время спор между изобретателями показал, что Бенардос лишь частично использовал ценное наследие В. В. Петрова, оставив широкое поле для дальнейшего промышленного применения тепла электрической дуги в технологических процессах. Славянов же значительно больше употребил в своих работах потенциальные возможности электрической дуги, которые, впрочем, исчерпаны далеко не полностью еще и сейчас. Примером может служить открытый совсем недавно процесс сварки сжатой дугой.

Послесловие

В условиях царской России дуговая электрическая сварка металлическим электродом, изобретенная Славяновым, так и не нашла широкого применения в хозяйстве страны. Выдающиеся работы Славянова и его замечательные технические идеи были по достоинству оценены лишь после победы Великой Октябрьской социалистической революции. В результате бурного развития промышленности и энергетики дуговая электросварка быстро завоевала себе место в ряду других способов обработки металлов и в настоящее время является одним из основных технологических процессов нашей промышленности. Ежегодное производство сварных конструкций в СССР достигает почти 70 млн. т, а уровень автоматизации сварочных работ 55%.

Идеи Славянова успешно развиваются. На их основе рождаются новые крупные изобретения и ведутся большие научные работы в области дуговой электросварки. Именно разработанные Славяновым методы позволили нашим ученым и инженерам создать современные высокопроизводительные способы промышленной автоматической дуговой сварки. Они находят широкое применение во всех отраслях народного хозяйства. Использование электросварки обеспечивает повышение производительности труда, позволяет экономить металл, время и рабочую силу, удешевляет себестоимость и облегчает условия труда.

В жизни современного человечества сварка получила чрезвычайно большое распространение. Больше того, без нее сейчас просто невозможно обойтись. Корабли и локомотивы, вагоны, мосты и паровые котлы, всевозможные строительные и гидротехнические конструкции, газо- и

нефтепроводы, трубы большого диаметра для магистральных трубопроводов, автомобили, самолеты — все это в наши дни изготавливается с помощью сварки. При этом не только в СССР, но и в других странах большинство сварочных работ выполняется по способу Славянова.

Сварка металлов — одно из важнейших направлений научно-технического прогресса в нашей стране, в которой созданы все условия не только для широкого практического внедрения электросварки, но и для ее глубокой теоретической разработки. У нас сформировались и развиваются крупные научные школы в области сварки (Е. О. Патон, Б. Е. Патон, В. П. Никитин, Г. А. Николаев, Н. Н. Рыкалин, К. К. Хренов, А. А. Ерохин, К. В. Любовский и др.), опубликованы и издаются фундаментальные труды, посвященные этому прогрессивному технологическому процессу. Вопросами развития и усовершенствования различных видов сварки, разработкой сварочного оборудования занимаются научно-исследовательские и учебные институты (Институт электросварки им. Е. О. Патона, ЦНИИТМАШ, ВНИИЭСО, НИАТ, Институт металлургии им. А. А. Байкова, МВТУ им. Баумана и др.). Ведется широкая подготовка кадров в этой области.

В настоящее время Советский Союз занимает ведущее место не только по объему применения дуговой электросварки, но и по уровню сварочной техники, по глубине и ценности проводимых в этой области научных работ и исследований. И в этом немалая заслуга замечательного ученого и изобретателя Николая Гавриловича Славянова.

Основные даты жизни и деятельности Н. Г. Славянова

- 1854 Николай Гаврилович Славянов родился 5 мая (23 апреля) в с. Никольском Задонского уезда, Воронежской губернии.
- 1872 Окончил с золотой медалью Воронежскую мужскую гимназию. Поступил в Петербургский горный институт.
- 1877 Участвовал в студенческих волнениях и некоторое время скрывался от преследований полиции в Гатчине. Окончил Петербургский горный институт и получил звание горного инженера 1-го разряда.
- 1877—Работал на Воткинском казенном горном заводе: сначала —
1881 смотрителем механических фабрик, а с 1878 г. исполнял обязанности механика завода.
- 1881—Работал на частных Омутнинских заводах инженером для
1883 технических занятий.
- 1883—Работал на Пермских пушечных казенных заводах в Мотовилихе: сначала —
1897 управителем оружейных и механических фабрик по изготовлению артиллерийских орудий и снарядов, затем (с 1888 г.) — помощником горного начальника, а с 1891 г. — горным начальником, т. е. директором этих заводов.
- 1885 Был командирован с 23 мая по 28 сентября за границу — в Бельгию и Германию — для ознакомления с производством оружейных и других заводов, а также для осмотра Всемирной выставки в Антверпене и электрической выставки в Кенигсберге.
- 1888 Изобрел способ электрической отливки металлов, т. е. дуговой электросварки металлическим электродом.
- 1890—Получил патенты на этот способ сварки в России, Франции, Германии, Англии, Австро-Венгрии, Бельгии и сделал заявки на него в США, Швеции и Италии.
- 1891
- 1890 Изобрел способ электрического уплотнения металлических отливок, на который в 1891 г. получил привилегию в России, а также во Франции, Германии, Англии.

- 1891** Начало широкого применения на Пермских пушечных заводах способа дуговой электросварки.
- 1892** За успешное демонстрирование способа дуговой электросварки на IV электрической выставке РТО в Петербурге получил высшую награду выставки — золотую медаль и почетный диплом.
Издав основной печатный труд «Электрическая отливка металлов».
- 1893** Получил почетный диплом и медаль за изобретение способа дуговой электросварки на крупнейшей Всемирной электротехнической выставке в Чикаго.
- 1894** Избран в действительные члены Электротехнического общества.
- 1897** 17 (5) октября Николай Гаврилович Славянов скончался.

Основные труды Н. Г. Славянова

Электрическая отливка металлов.— Горный журнал, 1892, № 1.

Электрическая отливка металлов. Руководство к установке и практическому применению ее. СПб., 1892. (В 1954 г. была переиздана с комментариями и биографией Н. Г. Славянова, написанными К. К. Хреновым и С. Т. Назаровым; М., Машгиз, 1954).

Применение электрической отливки металлов по способу Славянова на Пермских пушечных заводах. СПб., 1894.

Об электрическом уплотнении металлических отливок, установленном практически в применении к стальным болванкам. Доклад Н. Г. Славянова в общем собрании членов Русского технического общества 15 апреля 1895 г.— Записки РТО, 1895, вып. 6.

Об электрическом уплотнении металлических отливок, установленном практически в применении к стальным болванкам. СПб., 1895.

Отчет по производству опытов электрического уплотнения стальных болванок по способу Славянова в Пермских пушечных заводах в 1895 г. СПб., 1895.

- Худяков П. К.* Электрическая отливка металлов по способу горного инженера Н. Г. Славянова. М., 1891; Технический сборник и вестник промышленности, 1891, № 11.
- Шателен М. А.* Электрическое паяние и электрическая отливка металлов.— Электричество, 1892, № 8.
- А. Г.* Успехи электротехники в минувшем (1892) году.— Электричество, 1893, № 1.
- Шателен М. А.* Электрическое паяние, сварка и отливка.— Электричество, 1894, № 20, 21—22.
- Троицкий А. А.* О современном положении дела электрической обработки металлов по способам Н. Н. Бенардоса и Н. Г. Славянова. СПб., 1895.
- Шателен М. А.* Электрическое паяние, отливка и уплотнение металлов в применении к заводской практике.— Электричество, 1896, № 3, 4, 5.
- Шателен М. А.* Николай Гаврилович Славянов (некролог).— Электричество, 1897, № 20.
- Хренов К. К.* Н. Г. Славянов. Автогенное дело, 1938, № 3.
- Николаев Г. А.* Сварка металлов — великое русское изобретение.— Автогенное дело, 1947, № 11.
- Хренов К. К.* Н. Г. Славянов.— Вестник машиностроения, 1947, № 12.
- Чеканов А. А.* Сварочная техника в СССР. Машгиз, 1948.
- Шателен М. А.* Русские электротехники второй половины XIX века. М.— Л., Госэнергоиздат, 1949.
- Шарц А. К.* Уральские техники-изобретатели. Пермь, 1950.
- Патон Е. О.* О первенстве советской науки и техники в области сварки под флюсом. Киев, Изд-во АН УССР, 1951.
- Никитин В. П.* Русское изобретение — электрическая дуговая сварка. М., Изд-во АН СССР, 1952.
- Огиевецкий А. С., Радунский Л. Д.* Николай Гаврилович Славянов. М.— Л., Госэнергоиздат, 1952.

- Никитин В. П.* Н. Г. Славянов как один из творцов изобретения электросварки.— Изв. АН СССР, ОТН, 1952, № 1.
- Чеканов А. А.* Родоначальник электросварки. М., Трудрезервиздат, 1953.
- Чеканов А. А.* Николай Гаврилович Славянов (К 100-летию со дня рождения).— Наука и жизнь, 1954, № 5.
- Славянов Н. Н.* Воспоминания об отце.— Электричество, 1954, № 6.
- Радунский Л. Д.* Н. Г. Славянов.— Электричество, 1954, № 6.
- Хренов К. К., Назаров С. Т.* Биография Н. Г. Славянова.— В кн.: Н. Г. Славянов. Электрическая отливка металлов. Машгиз, 1954.
- Патон Б. Е.* Современное состояние автоматической сварки под флюсом — итог развития идей Н. Г. Славянова.— Сборник докладов научно-технической конференции сварщиков, посвященной 100-летию со дня рождения Н. Г. Славянова. Киев, Машгиз, 1955.
- Радунский Л. Д.* Развитие техники электрической дуговой сварки металлов в России. М.— Л., Госэнергоиздат, 1959.
- Матийко Н. М., Радунский Л. Д.* Развитие дуговой электросварки в СССР. М.— Л., Госэнергоиздат, 1960.
- Чеканов А. А.* История автоматической электросварки. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Александров М. А.— 70
 Аспидов П. А.— 33
 Ахун А. И.— 35

Бадаев С. И.— 18
 Белелюбский Н. А.— 69
 Бенардос Н. Н.— 9, 13, 14, 24, 28,
 39, 41—43, 46, 48, 50, 51, 54, 61,
 67, 69—72, 75—85, 88, 91—93.
 Боргиус В.— 13
 Боргман И. И.— 22
 Борчанинов Л. И.— 33
 Бочвар А. М.— 70
 Булыгин Н. П.— 12

Воронцов П. В.— 20

Гадцук А. Д.— 69
 Гальвани А.— 10
 Геркен А.— 71
 Гершун А. Л.— 10, 11
 Глубоковский М. П.— 30
 Гофман Н. К.— 69
 Грамм З.— 52
 Гребеньчиков З. Ф.— 33
 Григорьев — 72

Дэви Г.— 8, 37, 38, 42, 52
 Дульчевский Д. А.— 73

Ерохин А. А.— 95

Жамен — 13
 Жерар Э.— 22
 Жуков Н.— 50

Игнатов — 72

Кази М. И.— 89
 Карпинский А. П.— 19

Карпинский П. М.— 19, 32
 Кержаков И. Н.— 36
 Кетов И. Г.— 36
 Курпичев В. Л.— 14
 Коулес — 38
 Курнаков Н. С.— 69
 Кьелльберг Оскар — 72

Ланговой С. П.— 70
 Лачинов Д. А.— 12, 13, 50
 Лебрен Морис — 73
 Ленин В. И.— 7, 49
 Ленц Э.— 12
 Ле-Шателье Анри — 70, 72
 Лодыгин А. Н.— 12
 Ломоносов М. В.— 7, 8
 Любавский К. В.— 95

Маркс К.— 13
 Менделеев Д. И.— 12, 20, 24, 58,
 59
 Милицкий Н. А.— 70
 Мозер А. Э.— 70

Неминский Б. М.— 70
 Никитин В. П.— 95
 Николаев Г. А.— 95

Ольдерогге В. В.— 17

Патон Б. Е.— 5, 48, 95
 Патон Е. О.— 48, 95
 Петров В. В.— 8, 12, 34, 38, 42,
 52, 92, 93
 Петров Н. П.— 7
 Пикар Шарль — 70
 Плеханов Г. В.— 17
 Постников А. П.— 22
 Пристлей — 10

Рихман Г. В.— 8
Розен П. И.— 71, 89
Русак И. Н.— 70
Рыкалин Н. Н.— 95

Саввин Н. Н.— 71
Савин П. П.— 33
Сангович Г. С.— 89
Сендау А. А.— 90, 91
Сидоров А. И.— 78, 79
Сименс Вернер — 50, 52
Славянов Г. Н.— 16
Славянов Н. Н.— 16, 29, 31, 33
Славянова В. В.— 33
Слугинов Н. П.— 12, 13
Стемшневский С. Н.— 33
Строльман С. А.— 58
Стромеджер — 72

Тихонов Т. И.— 71, 72
Троицкий А. А.— 82—87, 90
Томсон Э.— 39, 42, 71
Туржанский С. Р.— 90

Фалькевич С. Б.— 70
Фарадей М.— 9
Федоров И. П.— 30
Франклин Б.— 10
Фуше Эдмон — 70

Хвольсон О. Д.— 92
Хренов К. К.— 95
Худяков П. К.— 23, 75—78
Чайковский И. П.— 18
Чайковский П. И.— 18
Чиколев В. Н. 12, 13, 50

Шателен М. А.— 22, 34, 61, 63,
64, 69, 71, 79, 80, 81
Шаховская С. А.— 16
Шаховской А. Е.— 16
Шилов Н. А.— 70

Энгельс Ф.— 13
Яблочков П. Н.— 12, 34
Якоби Б. С.— 12
Яшнев П. И.— 88

Содержание

От автора	5
Вместо предисловия	7
Жизненный путь	16
Изобретения и труды	41
Н. Г. Славянов в оценке современников	75
Послесловие	94
Основные даты жизни и деятельности Н. Г. Славянова	96
Основные труды Н. Г. Славянова	98
Литература о Н. Г. Славянове	99
Именной указатель	101

Андрей Александрович Чеканов

Николай Гаврилович Славянов

1854—1897

*Утверждено к печати
редколлегией научно-биографической серии
Академии наук СССР*

Редактор В. П. Большаков
Художественный редактор В. Г. Ефимов
Технический редактор Н. Н. Плохова
Корректоры Г. М. Котлова, Р. А. Тютина

Сдано в набор 27/VI 1977. Подписано к печати 18/VIII 1977.
Формат 84×108¹/₃₂. Усл. печ. л. 5,46. Уч.-изд. л. 5,2.
Бумага типографская № 2. Тираж 13 000. Тип. зак. 2552. Т-15411.
Цена 30 коп.

Издательство «Наука»
Москва, 117485, Профсоюзная, ул., 94а
2-я типография издательства «Наука»
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10



А. А. Чеканов

**Николай Гаврилович
СЛАВЯНОВ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ВЫШЛА ИЗ ПЕЧАТИ КНИГА

В. С. ВИРГИНСКИЙ
ФОТИЙ ИЛЬИЧ ШВЕЦОВ
(1805—1855)

6,5 л. 39 к.

Книга посвящена жизни и деятельности русского горного инженера, выходца из демидовских крепостных Фотия Ильича Швецова, которому принадлежат многочисленные изобретения и предложения по усовершенствованию различных отраслей горно-металлургического производства. Он сыграл большую роль в создании первой рельсовой дороги с паровой тягой, консультируя Черепановых. Работа написана на основе архивных материалов, впервые выявленных автором. Рассчитана на широкий круг читателей.

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу:

117464 **МОСКВА**, В-464, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почвой» Центральной конторы «Академкнига»
197110 **ЛЕНИНГРАД**, П-110, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайшие магазины «Академкнига».

Цена 30 коп.