

УДК 621.791.001

## ПЕРЕХОД К КОМПЛЕКСНОМУ РАЗВИТИЮ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**А. Н. КОРНИЕНКО**, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),

**А. П. ЛИТВИНОВ**, канд. техн. наук (Приазов. гос. техн. ун-т, г. Мариуполь)

Рассмотрено создание по инициативе Е. О. Патона комплексной программы развития сварочного производства в 1930–1932 гг. Описана организация научно-исследовательского учреждения с такой формой деятельности, которая обеспечивала реализацию научно-технических идей в конкретных технологиях и оборудовании, внедрения их в производство. Приведен перечень приоритетных наукоёмких работ Института электросварки, выполненных под руководством Е. О. Патона.

*Ключевые слова:* сварочное производство, дуговая сварка, автоматическая сварка, комплексное развитие, фундаментальные исследования, мостостроение, история техники

В течение первых десятилетий XX в. сварка в производстве металлоконструкций начинает интенсивно вытеснять заклепочные и болтовые соединения. Сварка имела очевидные преимущества перед клепкой, однако при этом качество металла шва не было стабильным. Широкое внедрение сварки в промышленность было особенно актуальным для СССР, поскольку техническая революция и индустриализация промышленности диктовали необходимость экономии металла и повышения производительности сборочно-сварочных работ. За рубежом закупалось сварочное оборудование и принимались срочные меры по выпуску отечественного оборудования, для чего была организована подготовка кадров, созданы специализированные проектные и отраслевые научно-исследовательские организации. Однако исследование и проектирование, выполнявшиеся в этих организациях и на кафедрах вузов, были направлены на решение лишь отдельных задач сварочного производства. Ни в СССР, ни за рубежом не было учреждений, которые смогли бы объединить и решить весь комплекс проблем, возникших на пути дальнейшего развития сварки.

В 1929 г. известный мостостроитель Е. О. Патон организовал в системе Всеукраинской академии наук (ВУАН) при кафедре инженерных сооружений электросварочную лабораторию. Следует отметить, что Е. О. Патон как специалист в области металлоконструкций и мостостроитель знал все недостатки клепаных соединений [1, 2] и понимал, что сварка откроет новые перспективы в проектировании и строительстве инженерных

конструкций. Ученый разворачивает исследования работоспособности сварных конструкций под действием статических и динамических нагрузок, разрабатывает рациональные типы сварных конструкций и внедрении сварки на предприятиях. На протяжении 1930-х гг. Е. О. Патон и его сотрудниками опубликовано более 60 статей [3–6]. Некоторые из работ были изданы в журнале Американского сварочного общества [7, 8]. В 1933 г. вышла в свет монография по проектированию сварных конструкций [9]. Одновременно Е. О. Патон занимается организационными вопросами: осенью 1930 г. создает Электросварочный комитет, который можно считать прототипом межотраслевого центра координации исследований и помощи во внедрении [10]. В 1931 г. он ставит еще одну задачу — автоматизировать процесс сварки и начинает формировать конструкторское подразделение.

В 1932 г. Е. О. Патон впервые в мире разработал программу комплексного развития сварочного производства. Еще за два десятилетия до того, как он начал заниматься сваркой, специалисты разных стран пытались скоординировать усилия для решения проблем развития новых способов сварки в рамках обществ, ассоциаций, товариществ и др. Однако участники таких добровольных объединений (Американского сварочного общества [11], Всесоюзного научного инженерно-технического общества сварщиков [12], Немецкого сварочного общества [13] и др.) работали в своих лабораториях и на кафедрах самостоятельно над сравнительно узкими проблемами (в рамках своих интересов и возможностей), часто оставляя без внимания даже смежные проблемы. Члены обществ периодически встречались и обменивались информацией о полученных результатах. При этом разработка оборудования и техни-





логий, доведение результатов до промышленного внедрения продвигались крайне медленно. Среди немногих исключений можно назвать компанию «Дженерал электрик», где Э. Томсоном были организованы исследовательская лаборатория и конструкторская группа [14, 15]. Е. О. Патон осознал, что решение такого сложного комплекса научно-технических проблем, какие стоят на пути развития сварочного производства, требует участия металлургов, электротехников, механиков-конструкторов, специалистов отдельных отраслей техники и будет наиболее эффективным при единоличном руководстве в рамках одной организации со всеми необходимыми подразделениями. Результаты научных исследований должны стать основой для технологических и конструкторских разработок, что ускорит внедрение новых технологий в производство.

С начала 1932 г. в ВУАН развернулось обсуждение тематики научно-исследовательских работ на вторую пятилетку развития народного хозяйства СССР. В Харькове и Донбассе состоялись выездные сессии. На них Е. О. Патон выступил с докладами, в которых дал анализ потребности страны в сварочной аппаратуре и прогноз объемов производства сварных изделий [16–18]. Евгений Оскарович утверждал: «Основной проблемой электросварки во второй пятилетке является возможно более полная механизация сварочного процесса. Эта мера даст большую экономию сварочной аппаратуры, времени и рабочей силы... Отсюда следует, что развитие у нас автоматов должно быть поставлено на повестку дня. Не приходится рассчитывать на импортные автоматы, необходимо создать советские...» [18, с. 7].

В ноябре 1932 г. правительством УССР были выделены средства на развитие электросварочной лаборатории [19], а 2 февраля 1933 г. президиум ВУАН вынес решение о преобразовании электросварочной лаборатории в Институт электросварки (ИЭС) [20]. Директором и научным руководителем института был назначен Е. О. Патон [21]. 3 января 1934 г. правительство УССР утвердило это решение [22]. Теперь уже в рамках института Евгений Оскарович продолжал реализовывать идею о едином комплексе научных исследований, технологических разработок, конструировании, изготовлении опытных образцов аппаратуры и участии во внедрении работ института. Структура ИЭС складывалась в соответствии с этими задачами. Подбирались специалисты различных научных направлений. Для подготовки инженеров сварочного производства в 1936 г. Е. О. Патон организует в Киевском политехническом институте сварочный факультет. Учитывая то, что трансформаторы дешевле и проще в эксплуатации, чем генераторы, Е. О. Патон выбирает направление развития дуговой сварки

переменным током [23]. Коллективу технологов и конструкторов удалось в короткие сроки усовершенствовать автоматическую сварочную головку и разработать обмазку с высокими стабилизирующими свойствами (с диоксидом титана), а также найти способ подведения к электродной проволоке сварочного тока. Первое внедрение автоматической сварки состоялось на Бежицком вагоностроительном заводе «Красный Профинтерн» для изготовления пятидесятитонных цистерн, причем проекты всего оборудования для технологической линии были разработаны в ИЭС [23].

Весной 1936 г. по инициативе Е. О. Патона в Киеве была созвана конференция по автоматической сварке. В решениях конференции особое внимание уделялось комплексной разработке ИЭС проблем, связанных с автоматизацией дуговой сварки. Для внедрения автоматической сварки были определены шесть баз. Успехам автоматизации сварочного производства способствовал также Приказ по Народному комиссариату тяжелой промышленности о развитии автоматической сварки № 869 от 23 мая 1936 г., в котором отмечались «...успехи Института электросварки Академии наук УССР при комплексном разрешении задачи автоматизации дуговой электросварки (конструирование автоматической головки, исследование электродов, разработка метода изготовления обмазанных электродов, разработка станков для автоматов) ...», была объявлена благодарность Е. О. Патону и П. П. Бушкету. В приказе отмечалось: «В целях обеспечения заинтересованным заводам УССР технической помощи Института электросварки при автоматизации сварочных процессов просить Академию наук УССР создать при институте постоянное проектно-консультационное бюро по вопросам автоматизации сварки» [24]. Таким образом в 1937 г. в структуре ИЭС появилось еще одно необходимое звено в проведении единого цикла работ (от исследований до внедрения новой техники) — отдел внедрения.

В 1938–1939 гг. под руководством Е. О. Патона разработана сварка под слоем флюса неплавящимся (угольным) электродом низкоуглеродистых сталей толщиной до 18 мм. Технология и оборудование впервые были внедрены для сварки балок железнодорожных платформ на Бежицком вагоностроительном заводе. Флюс для защиты сварочной ванны применял еще Н. Г. Славянов [25], однако для аппарата, перемещающегося при сварке, эта задача решена не была. В первые десятилетия XX в. ряд зарубежных фирм и организаций в СССР активно работали над конструированием механизмов для подачи сварочной проволоки и созданием средств защиты. Были запатентованы способы сварки с бумажной оплеткой проволоки, с «впрессовкой» флюса в пазы в про-





цессе подачи проволоки, способ защиты слоев древесных опилок и др. Приемлемого качества шва и производительности сварочных работ достигли сотрудники фирмы «Линде» (США), разработавшие состав гранулированного флюса для сварки сталей и технику автоматической сварки плавящимся электродом под слоем флюса [23, 26].

Продолжая развивать успехи в механизации и автоматизации процессов дуговой сварки, сотрудники ИЭС сумели самостоятельно завершить решение всех задач, связанных с применением сварки плавящимся электродом под слоем флюса [27]. Был разработан первый отечественный плавящийся флюс (АН-1), составы электродной проволоки, оригинальные конструкции сварочной головки и сварочных трансформаторов. Результаты комплекса поисковых работ обобщены Е. О. Патонем в первой в мировой литературе монографии о сварке под флюсом, вышедшей в 1940 г. [28]. В ней излагались основы нового научного направления — сварочного металловедения. В июне 1940 г. участникам Всесоюзной конференции по автоматической сварке была продемонстрирована сварка под флюсом листов конструкционной стали толщиной более 10 мм со скоростью 30 м/ч. Новый способ сварки оказался в 11 раз более производительным, чем ручная сварка. Такие темпы разработки нового способа и аппаратуры стали возможны благодаря четкой организации научно-исследовательских и проектных работ, которые последовательно проводил Е. О. Патон.

20 декабря 1940 г. вышло в свет Постановление Совнаркома СССР и ЦК ВКП(б) о внедрении автоматической сварки под флюсом в шестимесячный срок на 20-ти крупнейших заводах страны. Е. О. Патон был назначен членом Совета по машиностроению при СНК СССР; ему был поручен контроль за выполнением этого постановления [26]. Возглавляя масштабные организационные и научно-исследовательские работы, Евгений Оскарович приезжал на заводы, где инструкторы ИЭС обеспечивали не только внедрение автоматической сварки, но и обратную связь заводов с институтом.

Суровой проверке патоновский принцип организации разработок новых технологий подвергся в годы Великой Отечественной войны. На Урале (Нижний Тагил) в трудных условиях коллективу ИЭС под руководством Е. О. Патона удалось успешно преодолеть все трудности на пути создания технологии автоматической сварки броневых сталей и внедрения ее в производство танков и другой бронетехники. Были установлены причины растрескивания швов, разработаны технология бездефектной сварки и флюсы из местного сырья, сконструированы оригинальные автоматические сварочные головки с постоянной скоростью подачи электрода и системами управ-

ления, спроектированы поточные линии [29]. Б. Е. Патон и А. М. Макара изучили природу процесса, происходящего в зоне сварки под флюсом, и впервые в мире экспериментально доказали наличие дугового разряда [30]. Опыт и результаты научных исследований, конструирования, разработки технологий и внедрения послужили основой для создания новых способов сварки. Уже к середине 1940-х гг. достигнуты значительные успехи в разработке способов многодуговой и многоэлектродной сварки под флюсом, сконструированы первые сварочные полуавтоматы [31].

Выделив в качестве основной проблемы конца 1940-х гг. автоматизацию сварки под флюсом, Е. О. Патон расширил технологические и конструкторские разработки соединения новых металлов и повышения скорости сварки с целью внедрения этого способа сварки в новые отрасли промышленности. В полной мере принцип комплексных решений проявился при разработке принципиально новых сборочно-сварочных станков-автоматов для изготовления шахтных вагонеток, шахтерских ламп, стоек шахтных крепей и др. Автоматизированное поточное производство труб большого диаметра с двух- и трехдуговой скоростной сваркой было запущено на нескольких заводах страны.

В институте впервые в мире был разработан способ строительства крупногабаритных резервуаров из полотнищ, которые сваривались в цехах автоматами под флюсом, затем сворачивались в транспортабельные рулоны и разворачивались на месте монтажа. Еще одной вехой в истории автоматической сварки под флюсом стало создание впервые в мире устройств и технологий выполнения вертикальных, горизонтальных и потолочных швов. Тем самым была решена задача полномасштабного применения сварки под флюсом при строительстве крупных промышленных сооружений (домен, газгольдеров, трубопроводов) и зданий [32]. Следует отметить, что в 1945 г. за большие заслуги в деле комплексного развития сварного производства ИЭС было присвоено имя его основателя — Е. О. Патона.

В это время возникли и теоретические проблемы, без исследования которых уже нельзя было быстро и уверенно разрабатывать научно обоснованные технологии и новую сварочную технику. В конце 1940-х – начале 1950-х гг. предложены более подробные модели процесса сварки плавящимся электродом, определены причины возникновения пор в шве и трещин в соединениях [33]. К 1941–1945 гг. относится интенсивное развитие металловедения сварки, выделившегося из металлургии сварки в самостоятельное направление еще на этапе исследований структур металла шва и зоны термического влияния соединений броневых сталей [34]. Тогда же и получила развитие





закалочная гипотеза образования трещин в соединениях [34]. В результате комплексных исследований были выработаны научно обоснованные требования к химическому составу стали и способу ее раскисления и структуре, которые в сочетании с требованиями к составу плавящегося электрода и флюса давали возможность гарантировать необходимые служебные свойства сварных соединений при низких температурах. Одним из результатов таких исследований является создание стали для сварных конструкций [35]. Исследования процессов нагрева и плавления электрода при автоматической сварке, начавшиеся еще в годы войны [36], а также электрических параметров сварки [37] позволили сформулировать принципы автоматического регулирования процесса сварки посредством источника питания [38] и привели к созданию оборудования нового класса.

Во второй половине 1940-х гг. научный поиск, исследования и разработки в области изготовления сварных конструкций выполнялись по 35 темам, которые явились как бы прообразом будущих комплексных целевых программ, сориентированных на решение крупных практических проблем. Одной из целей таких исследований была разработка технологии сооружения цельносварных мостов с применением автоматической сварки на монтаже. При фундаментальном изучении какой-либо проблемы Евгений Оскарович всегда руководствовался принципом, согласно которому фронт исследований разворачивался значительно шире, чем того требовала первоначальная проблема. Принцип комплексного выполнения научных исследований, технологических и конструкторских разработок и опытных проверок в полной мере использовался Е. О. Патонем при проектировании и строительстве моста через Днепр в Киеве. Осенью 1953 г. монтаж моста массой около 10 тыс. т и длиной 1543 м, состоящего из 26 пролетов, был завершён.

Одним из важнейших составляющих комплексной программы развития сварочного производства, выдвинутой Е. О. Патонем, явилось выполнение основополагающих теоретических и экспериментальных исследований, необходимых для дальнейших прикладных инженерно-технических разработок. Такая организация научной работы, сочетающей фундаментальную глубину разработок с четкой целенаправленностью, была пионерской для института академического профиля [39]. По широте направлений развития сварочного производства ИЭС им. Е. О. Патона опережал все другие отечественные и зарубежные организации.

Таким образом, в 1932 г. Е. О. Патон выдвинул идею комплексной разработки проблем сварки, включающих металлургические, металловедческие, электротехнические и многие другие аспекты, и создал специализированное научно-иссле-

довательское учреждение, в котором можно самостоятельно решать все проблемы, возникающие на пути развития сварочного производства, и с такой структурой, которая обеспечивает быстрое выполнение всего цикла работ — от научно-технической идеи до создания и внедрения технологий и оборудования. В 1933 г. создание института утверждено президиумом ВУАН, а 3 января 1934 г. правительственным постановлением получен официальный статус Института электросварки.

В 1930–1940-х гг. в ИЭС в составе исследовательских и конструкторских подразделений, мастерских и группы инструкторов под руководством Е. О. Патона в кратчайший срок впервые созданы высокопроизводительное оборудование и отечественные технологии автоматической сварки под флюсом, разработаны рациональные сварные конструкции. Работы института позволили организовать производство на поточных линиях, применить конвейерную сборку и скоростной блочный монтаж с высокой степенью механизации и автоматизации технологических операций.

В 1940–1950-х гг. на новом уровне развернуты теоретические и экспериментальные исследования, без результатов которых уже нельзя было создать наукоемкие технологии и новую сварочную технику. Возник метод исследований принципиально нового уровня — целенаправленные фундаментальные исследования. Принцип комплексного выполнения научных исследований, технологических и конструкторских разработок, опытных проверок и контроля качества в полной мере был использован Е. О. Патонем при организации проектирования и строительства моста через Днепр в Киеве.

1. Патон Е. О. К вопросу об ослаблении листов заклёпками // Журн. М-ва путей сообщ. — 1905. — Кн. 3. — С. 143–156.
2. Патон Е. О., Козловский Н. И. Опытное сравнение электросварки и клепаных прикреплений продольных балок к поперечным. — М.: Транспечать НКПС, 1930. — 28 с.
3. Патон Е. О., Дятлов А. В. Ударные испытания электросварных и клепаных балок. — М.: Транспечать НКПС, 1930. — 20 с.
4. Патон Е. О., Петров М. В. Изыскание рационального типа электросварных сквозных ферм: Опытные исследования. — Киев: Электросвароч. комитет, 1931. — 36 с.
5. Патон С. О., Шеверницкий В. В. Праці в галузі електросварних конструкцій. — К.: ВУАН, 1934. — 38 с.
6. Патон Е. О. Мостовые опорные части сварного типа // Сб. статей по металлическим конструкциям. — М., 1935. — С. 60–96.
7. Paton E. O. Effect of high welding current intensity on shrinkage // Welding J. — 1944. — № 1. — P. 60–62.
8. Paton E. O., Gorbounov B. M., Bernstein D. O. Behavior of residual stresses under external load and their effect on strength of welded structures // Ibid. — 1944. — № 9. — P. 473–480.
9. Патон Е. О., Горбунов Б. Н. Расчет и проектирование электросварных конструкций в промышленном строительстве. — М.; Л.: Госстройиздат, 1933. — 120 с.

10. *Протоколи засідань Президії ВУАН за 1930 р.* — Центр. наук. арх. НАН України, ф.1, оп.1, п.108.
11. *Корниенко А. Н.* Конфорд Эвери Адамс и Американское сварочное общество // *Сварщик.* — 2004. — № 3. — С. 35.
12. *Корниенко А. Н.* История сварки (проблемы и предложения) // *Свароч. пр-во.* — 1989. — № 10. — С. 47–78.
13. *Корниенко А. Н.* У истоков сотрудничества немецких и отечественных специалистов в области сварки (20–30 гг. XX в.) // *Дослідження з історії техніки.* — К.: НТУУ «КПІ», 2004. — С. 125–130.
14. *Корниенко А. Н.* Элихью Томсон // *Сварщик.* — 2001. — № 3. — С. 38.
15. *Корниенко А. Н.* Ирвинг Ленгмюр и атомно-водородная сварка // Там же. — 2002. — № 3. — С. 47.
16. *Патон Е. О.* Пути развития электросварки во второй пятилетке. — Харьков: Машбудвидав, 1932. — 22 с.
17. *Патон Е. О.* Шляхи розвитку електросварювання в другій п'ятирічці. — Харків: Машбудвидав, 1932. — 24 с.
18. *Патон Е. О.* Пути развития электросварки во второй пятилетке // *Автоген. работник.* — 1932. — № 1/2. — С. 7–16.
19. *Протоколи засідань Президії ВУАН за 1933 р.* — Центр. наук. арх. НАН України, ф.1, оп.1, л. 58.
20. Там же. — л. 3.
21. Там же. — л. 7.
22. *Особиста справа Е. О. Патона.* — Центр. наук. арх. НАН України, 1, оп. 1, д. 350.
23. *Матійко М. М.* Развитие дугового электросварювания на Україні. — К.: Вид-во АН УССР, 1960. — 155 с.
24. *Приказ по Народному комиссариату тяжелой промышленности о развитии автоматической сварки № 869 от 23 мая 1936 г.* // *Автоген. дело.* — 1936. — № 7. — С. 42–43.
25. *Патон Б. Е.* Современное состояние автоматической сварки под флюсом — итог развития идей Н. Г. Славянова // *Сб. докл. Науч.-техн. конф. сварщиков: посвящено 100-летию со дня рождения Н. Г. Славянова.* — Киев: — М.: Машгиз, 1955. — С. 15–27.
26. *Чеканов А. А.* История автоматической электросварки. М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 159 с.
27. *Патон Е. О.* О первенстве советской науки и техники в области сварки под флюсом. — Киев, 1951. — 32 с.
28. *Патон Е. О.* Автоматическая сварка голым электродом под слоем флюса. — Харьков: Харьк. дом техники, 1940. — 32 с.
29. *Патон Б. Е.* Развитие автоматической электросварки под флюсом за годы войны // *Электричество.* — 1945. — № 3. — С. 3–5.
30. *Патон Б. Е., Макара А. М.* Экспериментальное исследование процесса автоматической сварки под слоем флюса. — Киев: Ин-т электросварки АН УССР, 1944. — 92 с.
31. *Патон Е. О.* Развитие автоматической сварки под флюсом за 10 лет (1940–1950 гг.) // *Автоген. дело.* — 1950. — № 2. — С. 1–3.
32. *Корнієнко О. М., Літвінов О. П.* Особливості розвитку наукових засад і впровадженнь зварювання в УРСР з 1945 до середини 1950-х років // *Нариси з історії природознавства і техніки.* — 2005. — № 45. — С. 123–131.
33. *Фрумін І. І., Курдо І. В., Подгаєцький В. В.* Образование пор в сварных швах и влияние состава флюса на склонность к порам // Там же. — 1949. — № 10. — С. 1–11.
34. *Макара А. М., Медовар Б. И.* О характере первичной кристаллизации сварочной ванны // Там же. — 1948. — № 12. — С. 25–27.
35. *Патон Е. О., Шеверницький В. В.* Сталь для сварных мостов // Там же. — 1949. — № 6. — С. 3–7.
36. *Патон Б. Е.* Исследование процесса нагрева электрода при автоматической сварке под флюсом // *Тр. Ин-та электросварки им. Е. О. Патона.* — 1948. — № 3. — С. 17–23.
37. *Патон Б. Е.* Процесс плавления электрода при автоматической сварке под флюсом // *Тр. по автоматической сварке под флюсом.* — 1944. — С. 22–38.
38. *Патон Б. Е., Лебедев В. К.* Автоматическое регулирование мощности сварочной дуги // Там же. — 1948. — № 1. — С. 260–281.
39. *Патон Б. Е.* Наука–техника–производство // *Вопр. философии.* — 1980. — № 10. — С. 22–31.

The efforts of E. O. Paton in accomplishing the welding production development program, which he worked out in 1930–1932, are considered. It is noted that he initiated foundation of a research institution with a structure providing realisation of scientific-and-technical ideas into specific technologies and equipment, as well as their commercial application. Brief review of the priority science-intensive developments of the Electric Welding Institute, made under the leadership of E. O. Paton, is given.

Поступила в редакцию 19.12.2007