

**З архіву
наукових праць
та виступів Б.Є. Патона**

Академик Б. Е. ПАТОН

25 лет СВАРКЕ В ОТКРЫТОМ КОСМОСЕ¹

25 июля 1984 г. летчиками-космонавтами СССР Светланой Савицкой и Владимиром Джанибековым впервые в мире в открытом космосе были проведены эксперименты по сварке, резке, пайке и нанесению покрытий. Успешное выполнение уникальных экспериментов в условиях космического пространства показало возможность эффективной деятельности космонавтов при выполнении сложных работ по сварке и родственным технологиям на борту пилотируемого орбитального комплекса в открытом космосе и свидетельствует о высоком совершенстве сварочной аппаратуры, созданной многолетней напряженной работой большого коллектива ученых и инженеров Института электросварки им. Е. О. Патона в тесном сотрудничестве с Центром подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина.

Создатель практической космонавтики, выдающийся конструктор советских космических систем Сергей Павлович Королев еще в начале 1960-х годов предвидел необходимость проведения в космосе работ, связанных со сваркой, и всячески поддерживал исследования по сварке и резке в космосе. В 1964 г. С. П. Королевым была поставлена задача — разработать программу экспериментов по сварке в космических условиях и план совместных работ между ОКБ-1 (в настоящее время Ракетно-космическая корпорация «Энергия») и Институтом электросварки им. Е. О. Патона АН УССР. Так, в институте начала осуществляться программа научных исследований, конечной целью которой было со-

здание аппаратуры и технологий для соединения материалов в космосе с помощью сварки. 16 октября 1969 г. в ходе полета космического корабля «Союз-6» летчики-космонавты Г. Шонин и В. Кубасов впервые в мировой практике осуществили сварку и резку металлов в космосе на универсальной автоматизированной установке «Вулкан». Этот эксперимент, который положил начало эры космической технологии, показал, что наиболее перспективным источником энергии для выполнения операций по сварке и родственным технологиям в открытом космосе является электронный луч. Впоследствии большую поддержку в проведении космических экспериментов по сварке и родственным технологиям оказывал Главный конструктор ракетно-космической техники В. П. Глушко, длительное время возглавлявший РКК «Энергия».

Программы освоения космического пространства, осуществляемые в настоящее время и планируемые на будущее, предусматривают создание крупногабаритных космических объектов в космосе и на Луне. Естественно, что эксплуатация таких сооружений в течение длительного времени потребует систематического проведения профилактического обслуживания, а также ремонтно-восстановительных и монтажных работ как внутри герметичных отсеков, так и снаружи. Одним из наиболее перспективных, на наш взгляд, технологических процессов для этих целей является сварка. При работе в открытом космосе могут возникнуть самые неожиданные ситуации, требующие применения сварки и родственных технологий, причем зачастую вид и

¹ Патон Б. Е. 25 лет сварке в открытом космосе // Автоматическая сварка. — 2009. — № 7. — С. 3—7.

объем операций должен будет определяться космонавтом непосредственно на месте. Космонавтам придется работать на разных участках космического аппарата и иметь дело с различными конструкционными материалами.

Для этих целей в Институте электросварки им. Е. О. Патона и был создан универсальный электронно-лучевой ручной инструмент (УРИ) (рис. 1). В связи с уникальностью эксперимента до его осуществления в открытом космосе был выполнен большой комплекс наземных испытаний в обитаемой барокамере, в условиях кратковременной невесомости на самолете-лаборатории и в гидроневесомости (рис. 2). Испытание УРИ в условиях открытого космоса было проведено на борту орбитальной станции «Салют-7». После разгерметизации переходного отсека и открытия люка В. Джанибеков вынес УРИ на внешнюю поверхность станции и установил его на поручни якорной площадки. С. Савицкая, находясь в переходном отсеке, помогала командиру в транспортировке УРИ. Затем космонавты поменялись местами. Закрепившись на якорной площадке, С. Е. Савицкая приступила к выполнению эксперимента. Она разрешила образец из



Савицкая Светлана Евгеньевна — российский летчик-космонавт, дважды Герой Советского Союза. Родилась 8 августа 1948 г. в Москве. Окончила Московский авиационный институт и Центральную летно-техническую школу ДОСААФ СССР. В 1980 г. была принята в отряд космонавтов. Первый космический полет С. Е. Савицкая

совершила в 1982 г. 25 июля 1984 г. впервые в мире осуществила выход в открытый космос, пробыв вне космического корабля 3 ч 35 мин, во время которого вместе с В. А. Джанибековым ею были выполнены эксперименты по сварке и родственным технологиям. В 1986 г. защитила кандидатскую диссертацию. До 1989 г. С. Е. Савицкая работала заместителем начальника отдела НПО «Энергия». В 1992—1995 гг. — она доцент Московского государственного авиационного института. С 1995 г. — депутат Государственной Думы РФ.

титана, после чего, последовательно заменяя образцы, выполнила сварку, пайку и напыление. В это время В. А. Джанибеков вел телерепортаж и фотосъемку отдельных элементов работы бортиженера. После завершения первого этапа работы космонавты вновь поменялись местами, и В. А. Джанибеков выполнил все операции на остальных образцах. Большую помощь и поддержку непосредственным исполнителям, находящимся за бортом, оказывал космонавт-исследователь И. Волк. После завершения экспериментов УРИ был доставлен на станцию. Эксперимент в открытом космосе продолжался 3 ч 35 мин. Для выполнения технологических экспериментов в открытом космосе с помощью УРИ по сварке, резке и пайке использовали образцы нержавеющей стали и титанового сплава толщиной 0.5...1 мм, а для нанесения серебряных покрытий — алюминиевые образцы. Сварные образцы, полученные в космосе и доставленные на Землю (рис. 3), были всесторонне исследованы. Результаты проведенных исследований показывают, что структура и свойства сварных соединений, выполненных вручную электронным лучом в открытом космосе и на Земле — близки. Име-



Джанибеков Владимир Александрович — российский летчик-космонавт, дважды Герой Советского Союза. Родился 13 мая 1942 г. в поселке Искандар Ташкентской области Республики Узбекистан. В 1965 г. окончил Ейское высшее авиационное училище летчиков и служил летчиком-инструктором в ВВС СССР. С 1970 г. —

в отряде космонавтов. Совершил 5 космических полетов, в том числе международных, в качестве командира корабля. Первый космический полет осуществил в 1981 г. В 1984 г. во время четвертого полета совместно с бортиженером С. Е. Савицкой провел эксперимент по сварке в открытом космосе. С 1985 до 1988 гг. он — командир отряда космонавтов, а с 1988 г. — начальник Управления теоретической и научно-исследовательской подготовки Центра подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина. С 1997 г. находится в запасе.

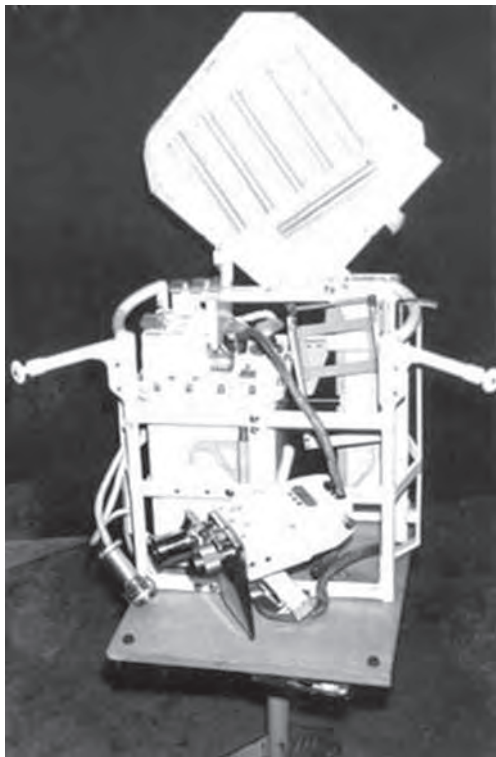


Рис. 1. Универсальный ручной инструмент (УРИ)

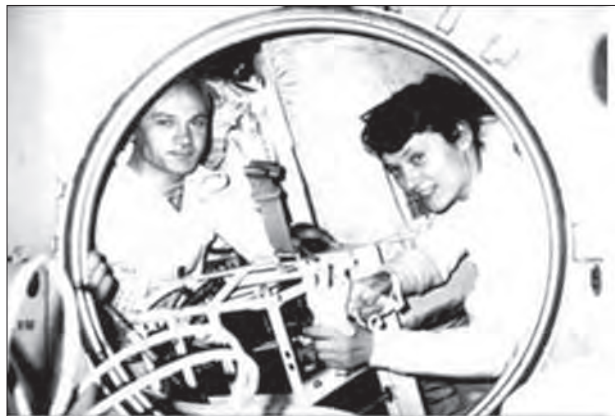


Рис. 2. Летчики-космонавты СССР С. Е. Савицкая и В. А. Джанибеков на предполетных испытаниях сварочного инструмента

ющиеся незначительные отличия, не влияющие на качество сварных соединений «космических» образцов, видимо, можно объяснить особенностями космической среды и условиями теплоотвода.

Перед возвращением на Землю космонавты демонтировали с планшетов образцы, которые впоследствии были переданы в ИЭС для прове-

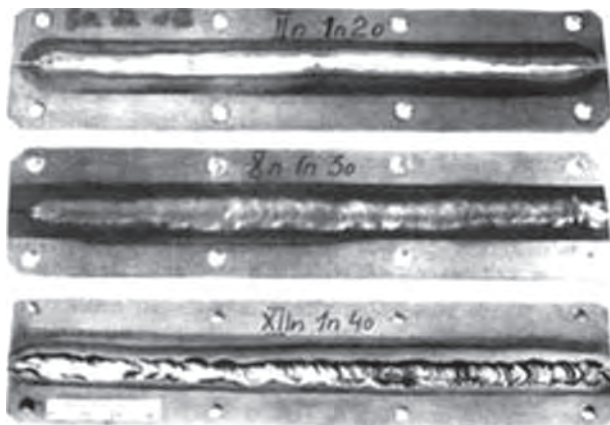


Рис. 3. Образцы стыковых соединений, выполненные в космосе с использованием аппаратуры УРИ

дения исследований. Космонавты С. Савицкая и В. Джанибеков проявили подлинный героизм, взяв на себя роль первопроходцев в этих основополагающих космических экспериментах. Они буквально сломали лед недоверия у скептиков, сомневающих в самой возможности использования в космосе сварочных технологий. Их подвиг навсегда вошел в историю развития сварочной науки и техники.

Десятки людей — конструкторы, технологи, рабочие-сборщики аппаратуры, испытатели, космонавты — своим поистине самоотверженным трудом способствовали проведению этого уникального эксперимента. К сожалению, небольшой объем журнальной статьи не позволяет отметить вклад каждого участника в создание и испытание рабочего инструмента — электронно-лучевой пушки, систем электропитания и управления, а также рабочего места космонавта, без которого невозможно было осуществление процесса сварки в открытом космосе. Однако я не могу не сказать о двух сотрудниках ИЭС им. Е. О. Патона, внесших огромный вклад в создание УРИ.

Это В. Ф. Лапчинский и А. А. Загребельный. Благодаря их огромным усилиям во многом стало возможным как создание УРИ, так и проведение экспериментов героями-космонавтами. Активное участие в их проведении наряду с инженерами-испытателями принимали члены основного и дублирующих экипажей В. Джанибеков,

С. Савицкая, В. Васютин и Е. Иванова. Ознакомившись с целями эксперимента и оборудованием, они наблюдали за работой испытателей, участвовали в обсуждении и анализе ее результатов, после чего приступили к тренировкам, во время которых овладели приемами и навыками ручной сварки, научившись управлять поведением ванны расплавленного металла. Основное внимание при проведении эксперимента уделялось выяснению работоспособности аппаратуры и действиям операторов при выполнении сварочных и других работ в открытом космосе.

Эксперимент показал, что компактные универсальные инструменты типа УРИ позволяют космонавтам проводить работы, связанные с ремонтом или монтажом на внешней поверхности космического объекта с обеспечением необходимого качества сварных соединений. При создании УРИ особое внимание было уделено технике безопасности при проведении работ. Этот вопрос особенно тщательно прорабатывался при проведении многочисленных испытаний, так как нарушение техники безопасности при работе с электронным лучом могло привести к непоправимым последствиям, связанным с жизнью экипажа и функционированием станции. В результате проведенной многоплановой работы была решена задача по обеспечению безопасности экипажа и корабля за счет специальных конструктивных решений самого инструмента и организации рабочего места космонавта. В частности, для исключения воздействия на оператора-сварщика рентгеновского излучения при работе электронно-лучевой пушки использовалось ускоряющее напряжение 5 кВ. Малогабаритный высоковольтный блок, входящий непосредственно в состав ручного инструмента, позволил избавиться от высоковольтного кабеля, являющегося источником повышенной опасности. Для повышения уровня безопасности космонавта-оператора и защиты космического корабля от случайного попадания на его обшивку луча в ручном инструменте использовалась короткофокусная электронно-лучевая пушка. Кроме того, при проведении эксперимента аппаратура на внешней поверхности станции устанавливалась так, что при выполнении сварочных опера-



С. Е. Савицкая, Б. Е. Патон, В. Л. Джанибеков после завершения полетного эксперимента

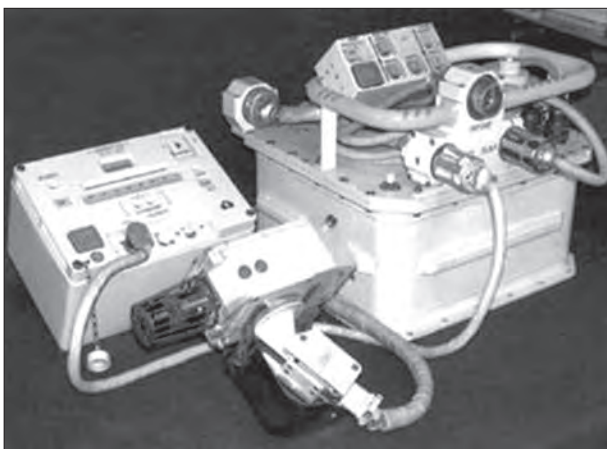


Рис. 4. Комплект оборудования для ручной электронно-лучевой сварки «Универсал»

ций пушка направлялась от борта станции в сторону открытого космоса. Большой вклад в организацию, подготовку и проведение эксперимента по ручной электронно-лучевой сварке в космосе внесли сотрудники НПО «Энергия» во главе с начальником лаборатории В. П. Никитским.

В 1986 г. был продолжен план испытаний УРИ. Космонавтами В. Соловьевым и Л. Кизимом с его помощью была проведена ручная электронно-лучевая сварка и пайка узлов и фрагментов перспективных ферменных конструкций на внешней поверхности станции, что позволило сделать еще один значительный шаг вперед от проведения экспериментов на образцах до сварки элементов и узлов реальных конструкций.

В результате проведенных на борту станции работ с использованием УРИ выяснилась необходимость модификации инструмента, и, в первую очередь, повышения его выходной мощности.

Для решения этих задач было создано новое поколение универсального ручного инструмента — аппаратура «Универсал» (рис. 4). В этой аппаратуре значительно (более чем в два раза) была увеличена выходная мощность. Комплекс «Универсал» прошел всесторонние наземные испытания и был рекомендован для использования в составе перспективных орбитальных станций, в частности, в качестве штатной системы орбитальной станции «Мир».

В начале 1990-х годов Национальное космическое агентство США (НАСА), учитывая достижения Института электросварки им. Е. О. Патона в области сварки в космосе, обратилось с предложением провести совместный эксперимент по сварке и родственным технологиям на борту космического челнока «Колумбия».

Выполнение международного эксперимента по сварке в космосе было намечено на конец 1997 г., однако в связи с рядом серьезных неполадок на борту корабля он не состоялся. Этот эксперимент также готовился для проведения на станции «Мир». После проведения квалификационных испытаний аппаратура «Универсал» была доставлена на борт станции, но, к сожалению, эксперимент не был проведен из-за ее ликвидации. Полагаем, что проведение намеченных экспериментов будет полезно для будущего развития космических технологий.

В последние годы в ИЭС им. Е. О. Патона разрабатывается новое поколение оборудования для проведения сварки и родственных технологий в открытом космосе. Для того чтобы охватить всю номенклатуру толщин различных материалов, которые применяются для создания космических летательных аппаратов, в том числе пилотируемых орбитальных станций, необхо-

димо повысить мощность сварочной аппаратуры, создать новый специализированный источник питания и новую конструкцию электронно-лучевой пушки. Оборудование разрабатывается таким образом, чтобы с помощью создаваемой аппаратуры можно было осуществлять не только ручные, но и механизированные виды работ с помощью робототехники и других автоматизированных устройств. Интенсивное развитие современной техники и технологии реально расширяет технологические возможности выполнения сварочных операций в условиях космоса. В частности, весьма перспективным представляется использование современных волоконных лазеров, имеющих довольно высокий КПД. В этом случае возможна доставка луча к инструменту для выполнения сварки по оптическому световоду на многие метры.

Космические корабли и станции, а также инфраструктура экспедиционных поселений на поверхности Луны, рассчитанные на длительную эксплуатацию в условиях космоса, должны быть оснащены комплектами сварочной аппаратуры, позволяющими выполнять монтажные и ремонтные работы при строительстве и эксплуатации объектов, а экипажи кораблей и экспедиций должны быть обучены основам сварочных технологий и иметь практические навыки выполнения указанных работ.

Мы убеждены, что сварке и родственным технологиям предстоит в дальнейшем сыграть значительную роль в освоении космоса. Электронно-лучевые технологии, опробованные в открытом космосе, могут найти применение в различных физических экспериментах, а затем и в производстве уникальных полупроводниковых материалов. Это позволит перейти от опытов с электронным лучом на орбитальных станциях к строительству лунных поселений и осуществлению различных производств на Луне еще в первой половине XXI в.