



25 років зварюванню у відкритому космосі



Борис Патон
доктор техн. наук,
академік НАН України,
президент НАН України,
директор Інституту електро-
зварювання ім. Є.О. Патона
НАН України,
голова Ради з космічних
досліджень НАН України,
м. Київ

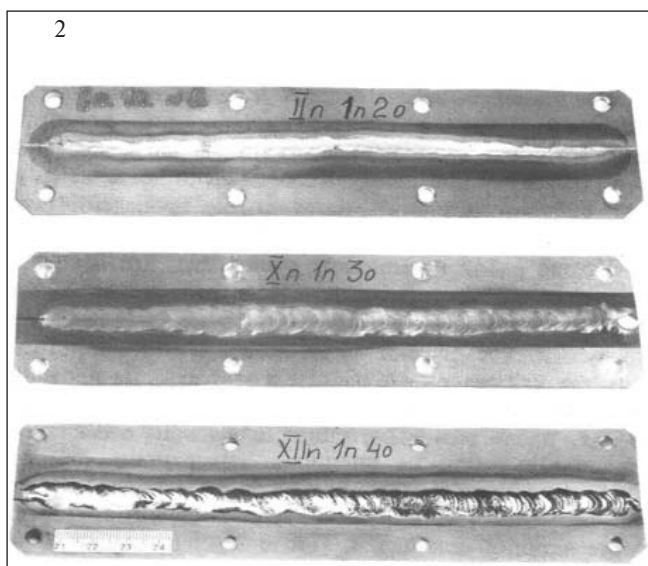
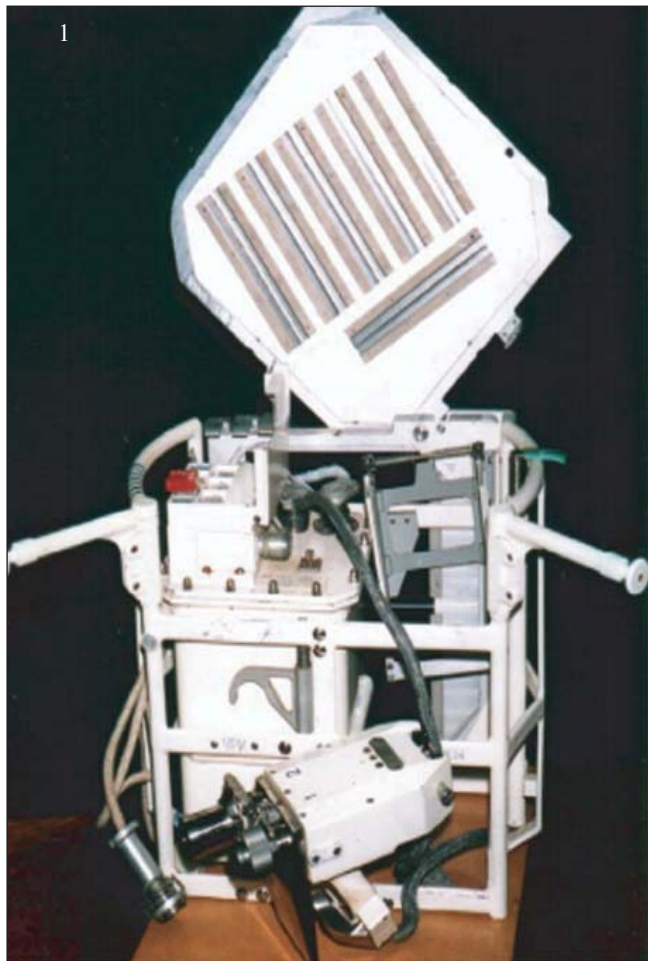
25 липня 1984 року льотчики-космонавти СРСР *Світлана Савицька* і *Володимир Джанібеков* уперше в світі у відкритому космосі провели експерименти зі зварювання, різання, паяння й нанесення покриттів. Успішне виконання унікальних експериментів в умовах космічного простору показало можливість ефективної діяльності космонавтів при виконанні складних робіт зі зварювання та споріднених технологій на борту пілотованого орбітального комплексу у відкритому космосі й свідчить про високу досконалість зварювальної апаратури, створеної багаторічною напруженою працею великого колективу вчених та інженерів Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона в тісному співробітництві з Центром підготовки космонавтів ім. Ю.О. Гагаріна.

Творець практичної космонавтики, видатний конструктор радянських космічних систем *Сергій Павлович Корольов* ще на початку 1960-х років передбачав необхідність проведення в космосі робіт, зв'язаних зі зварюванням, і всіляко підтримував дослідження зі зварювання й різання у космосі. В 1964 році С.П. Корольов поставив завдання — розробити програму ек-

периментів зі зварювання в космічних умовах, а також план спільних робіт між ОКБ-1 (сьогодні — Ракетно-космічна корпорація “Енергія”) й Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона АН УРСР. Так в інституті почала здійснюватися програма наукових досліджень, кінцевою метою якої було створення апаратури і технологій для з'єднання матеріалів у космосі за допомогою зварювання.

16 жовтня 1969 р. у ході польоту космічного корабля “Союз-6” льотчики-космонавти *Г. Шонін* і *В. Кубасов* уперше в світовій практиці здійснили зварювання й різання металів у космосі на універсальній автоматизованій установці “Вулкан”. Цей експеримент, що започаткував еру космічних технологій, показав, що найперспективнішим джерелом енергії для виконання операцій зі зварювання і споріднених технологій у відкритому космосі є електронний промінь.

Згодом значну підтримку в проведенні космічних експериментів із зварювання і споріднених технологій надавав Головний конструктор ракетно-космічної техніки *Валентин Павлович Глушко*, який тривалий час очолював РКК “Енергія”.



Програми освоєння космічного простору, що здійснюються сьогодні, а також заплановані на майбутнє, передбачають створення великогабаритних космічних об'єктів у космосі й на Місяці. Природно, що експлуатація таких споруджень протягом тривалого часу зажадає систематичного проведення профілактичного обслуговування, а також ремонтно-відновлювальних і монтажних робіт як усередині герметичних відсіків, так і зовні. Одним із найперспективніших, на наш погляд, технологічних процесів для цих цілей є зварювання. При виконанні робіт у відкритому космосі можуть виникнути зовсім несподівані ситуації, що вимагають застосування зварювання та споріднених технологій, причому найчастіше вид і обсяг операцій повинен буде визначатися космонавтом безпосередньо на місці. Космонавтам доведеться працювати на різних ділянках космічного апарата і мати справу з різними конструкційними матеріалами.

З цією метою в Інституті електрозварювання імені Є.О. Патона і був створений універсальний електронно-променевий ручний інструмент (УРІ) (рис. 1). У зв'язку з унікальністю експерименту, до його здійснення у відкритому космосі був виконаний великий комплекс наземних випробувань у населеній барокамері за умов короткочасної невагомості на літаку-лабораторії, а також у гідроневагомості.

Випробування УРІ в умовах відкритого космосу було проведено на борту орбітальної станції "Салют-7". Після розгерметизації перехідного відсіку й відкриття люка В. Джанібєков виніс УРІ на зовнішню поверхню станції та встановив його на поручні якірного майданчика. С. Савицька, перебуваючи в перехідному відсіку, допомагала командирові в транспортуванні УРІ. Потім космонавти помінялися місцями. Закріпившись на якірному майданчику, С.Є. Савицька приступила до виконання експерименту. Вона розрізала зразок з титану, після чого, послідовно змінюючи зразки, виконала зварювання, паяння і напильвання (рис. 5). В цей час В. Джанібєков вів телерепортаж і фотозйомку окремих моментів роботи бортінженера. Після завершення першого етапу роботи космонавти знову помінялися місцями і В. Джанібєков виконав усі операції на інших зразках (рис. 4). Значну допомогу й підтримку безпосереднім виконавцям, що перебували за бортом, надавав космонавт-дослідник *Ігор Петрович Волк* (рис. 6). Після завершення експериментів УРІ був доставлений на станцію.



Рис. 1. Універсальний електронно-променевий ручний інструмент (УРІ)

Рис. 2. Зразки стикових з'єднань, отриманих у відкритому космосі з використанням УРІ

Рис. 3. Льотчики-космонавти СРСР С. Савицька і В. Джанібєков під час тестувань УРІ. 1984 р.



Льотчики-космонавти СРСР
С. Савицька (рис. 4) і В. Джанібєков (рис. 5)
під час виконання експериментів з космічного
зварювання у відкритому космосі
на борту ОКС "Салют-7".
25 липня 1984 р.



Експеримент у відкритому космосі тривав 3 год. 35 хв. Для виконання технологічних експериментів у відкритому космосі за допомогою УРІ зі зварювання, різання й паяння були використані зразки із нержавіючої сталі та титанового сплаву товщиною 0,5...1 мм, а для нанесення срібних покриттів — алюмінієві зразки. Зварні зразки, отримані в космосі й доставлені на Землю (рис. 2), були всебічно досліджені. Результати проведених досліджень показують, що структура та властивості зварних з'єднань, виконаних вручну електронним променем у відкритому космосі та на Землі, — близькі. Найвні незначні відмінності, що не впливають на якість зварних з'єднань "космічних" зразків, можна пояснити особливостями космічного середовища та умовами тепловідводу.

Перед поверненням на Землю космонавти демонтували із планшетів зразки, які згодом були передані в ІЕЗ для проведення досліджень. Космонавти С. Савицька і В. Джанібєков виявили справжній героїзм, взявши на себе роль першопрохідників у цих основних космічних експериментах (рис. 7). Вони буквально зламали лід недовіри у скептиків, що сумнівалися в самій можливості використання в космосі зварювальних технологій. Їхній подвиг назавжди увійшов в історію розвитку зварювальної науки й техніки.



Рис. 6. Льотчики-космонавти СРСР Ігор Волк, Світлана Савицька і Володимир Джанібєков. 1984 р.

Рис. 7. Б.Є. Патон та С.Є. Савицька і В.О. Джанібєков — першопрохідники експериментів з космічних технологій у відкритому космосі. Київ, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, 1984 р.

дублюючого екіпажів: *В. Джанібєков, С. Савицька, В. Васютін і Є. Іванова*. Ознайомившись з метою експерименту та устаткуванням, вони спостерігали за роботою випробувачів, брали участь в обговоренні та аналізі її результатів, після чого приступили до тренувань, під час яких опанували прийом і навички ручного зварювання, навчилися управляти поведінкою ванни розплавленого металу. Основну увагу при проведенні експерименту приділяли з'ясуванню працездатності апаратури і діям операторів при виконанні зварювальних та інших робіт у відкритому космосі.

Експеримент показав, що компактні універсальні інструменти типу УРІ дозволять космонавтам проводити роботи, пов'язані з ремонтом або монтажем на зовнішній поверхні космічного об'єкта, із забезпеченням необхідної якості зварних з'єднань. При створенні УРІ особлива увага була приділена техніці безпеки при проведенні робіт. Це питання особливо ретельно проробляли при проведенні численних випробувань, тому що порушення техніки безпеки при роботі з електронним променем могло призвести до непоправних наслідків, пов'язаних із життям екіпажу і функціонуванням станції. У результаті проведеної багатопланової роботи було вирішено завдання забезпечення безпеки екіпажу і корабля за рахунок спеціальних конструктивних рішень самого інструмента та організації робочого місця космонавта. Зокрема для виключення впливу на зварника рентгенівського випромінювання при роботі електронно-променевої гармати використовувалася прискорювальна напруга 5 кВ. Малогабаритний високовольтний блок, що входить безпосередньо до складу ручного інструмента, дозволив позбутися високовольтного кабелю, що є джерелом підвищеної небезпеки. Для підвищення рівня безпеки оператора і захисту космічного корабля від випадкового влучення в його обшивку променів у ручному інструменті використовувалася короткофокусна електронно-променева гармата. Крім того, при проведенні експерименту апаратура на зовнішній поверхні станції встановлювалася у такий спосіб, щоб при виконанні зварювальних операцій гармата направлялася від борту станції у бік відкритого космосу. Великий внесок в організацію, підготовку й проведення експерименту із ручного електронно-променевого зварювання в космосі внесли співробітники НВО "Енергія" на чолі з начальником лабораторії *В.П. Нікітським*.

У 1986 р. був продовжений план випробувань УРІ. Космонавти *В. Соловйов і Л. Кизим* за його допомогою провели ручне електронно-променеве зварювання та паяння вузлів і фрагментів перспективних фермових конструкцій на зовнішній поверхні станції, що дозволило зробити ще один значний крок уперед від проведення експериментів на зразках до зварювання елементів і вузлів реальних конструкцій. У результаті проведених на борту станції робіт з використанням УРІ з'ясувалася необхідність модифікації інструмента, й, передусім, підвищення його вихідної потужності. Для вирішення цих завдань було створене нове покоління універсального ручного інструмента — апаратура "Універсал" (рис. 8). У цій апаратурі значно (більше, ніж у 2 рази) була збільшена вихідна потужність. Комплекс "Універсал" пройшов всебічні наземні випробування і був рекомендований для використання у складі перспективних орбітальних станцій, зокрема, як штатна система орбітальної станції "Мир".

На початку 1990-х років НАСА, з огляду на досягнення Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона зі зварювання у космосі, звернулося з пропозицією провести спільний експеримент зі зварювання та споріднених технологій на борту космічного корабля "Коламбія".



Рис. 8. Комплект обладнання "Універсал" для ручного електронно-променевого зварювання

Виконання міжнародного експерименту зі зварювання в космосі було намічено на кінець 1997 р., але через низку серйозних неполадок на борту корабля він не відбувся. Цей експеримент також готувався для проведення на ОКС "Мир". Після проведення кваліфікаційних випробувань апаратура "Універсал" була доставлена на борт станції, але, на жаль, експеримент не був проведений через ліквідацію станції. Думаємо, що проведення таких експериментів буде корисним для майбутнього розвитку космічних технологій.

В останні роки в ІЕЗ ім. Є.О. Патона розробляють нове покоління устаткування для проведення зварювання та споріднених технологій у відкритому космосі. Для того, щоб охопити всю номенклатуру товщин різних матеріалів, які застосовуються для створення космічних літальних апаратів, у т.ч. пілотованих орбітальних станцій, необхідно підвищити потужність зварювальної апаратури, створити нове спеціалізоване джерело живлення і нову конструкцію електронно-променевої гармати. Устаткування розробляється таким чином, щоб за допомогою створюваної апаратури можна було здійснювати не тільки ручні, але й механізовані види робіт з використанням робототехніки та інших автоматизованих пристроїв. Інтенсивний розвиток сучасної техніки і технології реально розширює технологічні можливості виконання зварювальних операцій в умовах космосу. Зокрема, досить перспективним видається використання сучасних волоконних лазерів, що мають досить високий ККД. У цьому випадку можлива доставка променя до інструмента для виконання зварювання по оптичному світловоду на багато метрів. Космічні кораблі та станції, а також інфраструктура експедиційних поселень на поверхні Місяця, розраховані на тривалу експлуатацію в умовах космосу, повинні бути оснащені комплектами зварювальної апаратури, що дозволить виконувати монтажні і ремонтні роботи при будівництві та експлуатації об'єктів, а екіпажі кораблів і експедицій мають бути навчені основам зварювальних технологій і мати практичні навички виконання зазначених робіт.

Ми переконані, що зварювання та споріднені технології мають зіграти значну роль в освоєнні космосу. Електронно-променеві технології, випробувані у відкритому космосі, можуть знайти застосування в різних фізичних експериментах, а потім і у виробництві унікальних напівпровідникових матеріалів. Це дозволить перейти від дослідів з електронним променем на орбітальних станціях до будівництва поселень та здійснення різних виробництв на Місяці ще в першій половині XXI століття.



14 липня 2009 року у Великому конференц-залі НАН України відбулися урочисті збори з нагоди 25-річчя з часу проведення експериментів зі зварювання у відкритому космосі льотчиками-космонавтами СРСР Світланою Савицькою і Володимиром Джанібековим. У засіданні брали участь російські гості, льотчики-космонавти СРСР С.Є. Савицька і В.О. Джанібеков та Генеральний директор МНТЦ “Корисні навантаження космічних об’єктів” д.т.н. В.П. Никитський, а також экс-президент України Л.Д. Кучма, Генеральний конструктор-Генеральний директор ДКБ “Південне” ім. М.К. Янгеля С.М. Конохов, космонавт України Л.К. Каденюк, члени Президії НАН України, представники МОН України, Національного космічного агентства України, співробітники Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона, Інституту космічних досліджень НАНУ-НКАУ та інших установ. З вітальним словом від Прем’єр-міністра України виступив міністр економіки Б.М. Данилишин. Головував на засіданні президент НАН України Б.Є. Патон.

15 липня 2009 року С. Савицьку і В. Джанібекова зустрічали в НТУУ “Київський політехнічний інститут”.

16 липня 2009 року космонавти були гостями науково-популярної програми “Всесвіт” (FM 72, 07) радіокомпанії “Голос Києва”, де В. Джанібеков залишив чудовий малюнок.

Фото урочистих подій — Олександр Синуця, УНІАН

