

2. А. с. № 706135 СССР. Газодинамический способ возбуждения колебаний. — Б. И.—1992.—№ 8.
3. А. с. № 1141330 СССР. Способ определения локальных дефектов в покрытиях из полимерных материалов.
4. А. с. № 1715316 СССР. Устройство для психофизиологических исследований. — Б. И.—1992.—№ 8.
5. Акимов А. Е., Финогеев В. П. Экспериментальные проявления торсионных полей и торсионные технологии. — М.: НТЦ «Информтехника», 1996.—68 с.
6. Воробьев В. В. Практическая биолокация под водой // Вестник биолокации.—1996.—№ 3.—С. 9—12.
7. Машиностроение Украины: Новые технологии / Под ред. В. А. Ткаченко, Л. Ф. Иванова, А. А. Рябовола, З. Д. Черного. — Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1993.—224 с.
8. Микельсон А. Э., Черный З. Д. Электродинамическое возбуждение и измерение колебаний в металлах. — Рига: Зинатне, 1979.—152 с.
9. Михайленко В. Е., Черный З. Д., Иванов В. С., Радько Е. Ф. Электрогазодинамический метод исследования кинетики дисперсной фазы в потоке газа // ПТО.—1984.—№ 12.
10. Романий С. Ф., Черный З. Д. Неразрушающий контроль материалов по методу Кирлиана. — Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1991.—144 с.
11. Ультразвуковые преобразователи для неразрушающего контроля неметаллических материалов: Каталог. — Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1992.—28 с.
12. Штангл А. Тайны маятника. — С-Пб.: Питер Паблишинг, 1997.—224 с.
13. Энергия пирамид. Волшебный прут и звездный маятник / Сост. А. А. Литвиненко. — Таганрог: Акад. изд-во междунар. ин-та китайской медицины, 1996.—264 с.
14. Mandel P. F. Energetische-Terminalpunkt—Diagnose aus der Kirlian-Photography: Zeitschrift der wissenschaftlichen Abteilung, Section BER.—Zahrgang IV, Juni—1982.—N 2.

UNTRADITIONAL TYPES OF ENERGY  
IN NONDESTRUCTIVE QUALITY CONTROL  
OF PRODUCTS OF ROCKET-SPACE ENGINEERING  
AND THE LINES OF THEIR FURTHER USE

I. V. Fedchyshyna, R. G. Tipitskii,  
O. P. Zheltova, Z. D. Chernyi

We present main scientific works carried out in the past years and concerning new untraditional methods for the nondestructive quality control of parts and aggregates of the rocket-space engineering. These methods were developed at the UkrSNTM. Their conversion-related use in medicine is discussed.

УДК 621:001.89.061.6:629.76

## ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

© С. И. Руденко, В. В. Шелухин, Ф. П. Санин

Відкрите акціонерне товариство «Український науково-дослідний інститут технології машинобудування»

Для високочутливого контролю сумарної негерметичності виробів РКТ, зокрема паливних баків, розроблена методика примусового накопичення контролюального газу гелію в об'ємі сорбційного насосу вибіркової вакуумної відкачки — іонно-плазмового (електродугового) малогабаритного титанового насосу.

Одним из основных критериев оценки эксплуатационной надежности в производстве ракет-носителей, работающих на жидких и, как правило, весьма агрессивных компонентах топлива, является степень их герметичности.

Обеспечение высокого уровня герметичности крупногабаритных топливных баков боевых ракет, которые длительное время находятся в заправленном состоянии и под избыточным давлением, является достаточно сложной научно-технической проблемой, для решения которой необходима разработка не только новых конструктивно-технологических решений по улучшению производства для обеспечения их герметизации, но и совершенствование существующих технологий и средств контроля герметичности.

Опыт показывает [1, 3], что протечки топлива в

баках имеют место только в сварных швах и разъемных соединениях, так как дефекты в металле определяются на ранних стадиях подготовки производства. С другой стороны, в условиях стабильного производства серийных изделий количество дефектных баков не превышает 7—12 %, то есть негерметичными обычно являются каждый восьмой-четырнадцатый бак. Учитывая, что поиск мест негерметичности наиболее чувствительным массспектрометрическим методом даже с применением накладных воздушных камер (присосков) баков объемом 50 м<sup>3</sup> и более имеет цикл от 20 до 50 рабочих смен, остро возникла проблема создания или совершенствования методов и средств контроля суммарной негерметичности крупногабаритных топливных баков.

Анализ существующих технологических решений

по контролю суммарной негерметичности методом спада давления, накопления контрольного газа в атмосфере изолированного пространства даже с масс-спектрометрическим анализом этой атмосферы обычно недостаточно чувствительны для испытаний баков ракет длительного хранения. Контроль суммарной негерметичности в вакуумной камере методами вакуумирования и накопления контрольного газа с использованием масс-спектрометрических течеискателей для регистрации парциального давления контрольного газа в вакуумной системе испытательной установки и средств избирательной откачки вакуумной камеры, что обеспечивает достаточно высокую чувствительность контроля (от 0.01 л·мкм<sup>3</sup>/с (1 мкВт) в камерах объемом 200—1000 м<sup>3</sup> до 10<sup>-5</sup> л·мкм<sup>3</sup>/с (1 нВт) в камерах до 10 м<sup>3</sup>) и при этом позволяет производить единовременную оценку уровня герметичности сотен квадратных метров поверхности топливного бака, а также исключает возможные ошибки производственного персонала. В качестве контрольного газа используется гелий или реже аргон.

Однако для топливных баков изделий длительного хранения достигнутый уровень чувствительности является недостаточным для обеспечения требования по степени герметизации таких баков.

Как видим, все решения по регистрации вытекающего через микродефекты контрольного газа базируются не на какой-то его переработке, а на простой его регистрации в каком-либо объеме в смеси с другими газами, сопутствующими этому процессу. Поэтому дальнейшее повышение чувствительности контроля герметичности возможно только на основе переработки доли вытекающего через течь контрольного газа. Такая попытка была реализована путем постановки между пароструйным и механическим насосами сорбционного насоса небольшой производительности с отключением механического насоса. В качестве сорбционных насосов избирательной откачки использовались цеолитовые и угольные, охлаждаемые углекислотой или жидким азотом, насосы; геттерные (титановые) с термическим, электроннолучевым и ионнодуговым распылением насосы.

К сожалению, большинство этих избирательных насосов, с одной стороны, не одинаково эффективно откачивают некоторые активные газы (например, угольные и цеолитовые слабо сорбируют азот, окислы, а геттерные — воду, углеводороды), а с другой — требуют значительных сорбирующих поверхностей, в результате чего обладают значительными габаритами и рабочим объемом.

Наиболее удобным и экономически целесообразным решением задачи высокопроизводительной из-

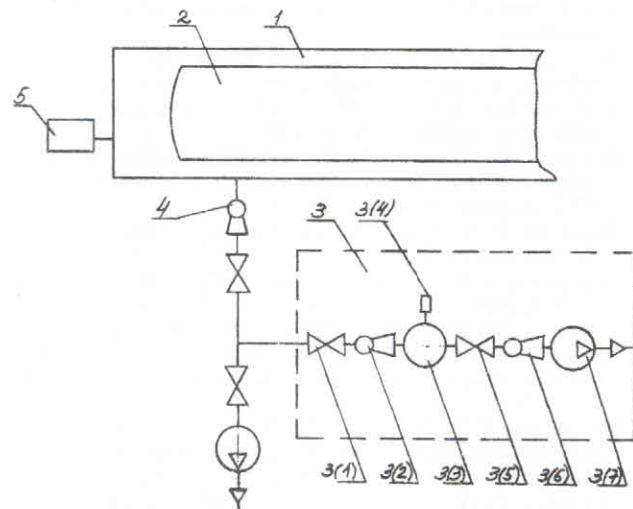


Рис. 1. Принципиальная схема подсоединения системы принудительного накопления: 1 — вакуумная камера, 2 — изделие, 3 — система принудительного накопления, 4 — высоковакуумный насос; 5 — контрольная течь, 3(1), 3(5) — клапан; 3(2), 3(6) — пароструйный насос, 3(3) — ЭДН, 3(4) — масс-спектрометрическая камера; 3(7) — механический насос

бирательной откачки активных газов является применение геттерного насоса с ионноплазменным (дуговым) распылением высокочистого титана с концентрированным плоского катода. В объеме этого насоса происходит накопление контрольного газа, а метод был назван методом принудительного накопления. Итак, суть метода состоит в том, что из вакуумной камеры, в которой размещен испытуемый объект, заполненный контрольным газом, насосом-компрессором, снабженным азотной ловушкой для вымораживания воды, откачивается смесь газов и нагнетается в замкнутый рабочий объем электродугового насоса (схема на рис. 1). В насосе происходит поглощение всех газов, кроме гелия, и принудительное накопление последнего. Определение количества накопленного контрольного газа осуществляется с помощью масс-спектрометра течеискателя с отключенной собственной системой. Время накопления необходимого количества пробного газа и чувствительность испытаний не зависят от величины свободного объема вакуумной камеры. При контроле суммарной негерметичности крупногабаритных топливных баков чувствительность испытаний метода принудительного накопления достигает 1 мкл·мкм<sup>3</sup>/с (0.1 нВт) [2].

Согласно приведенной схеме насос-компрессор бесперебойно откачивает смесь газов из свободного объема вакуумной камеры 1 и нагнетает его в какой-либо малый замкнутый объем, который в-

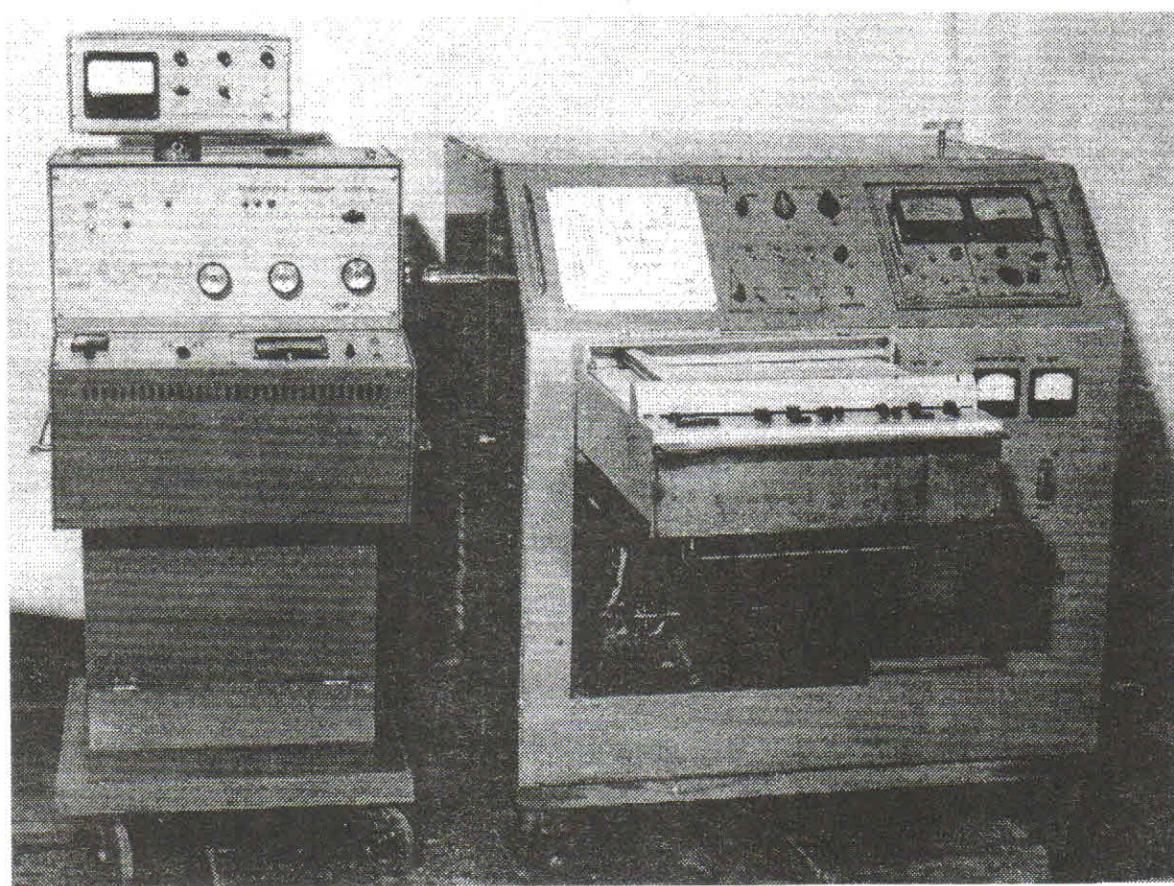


Рис. 2 Блок изменения концентрации (БИК)

куумируется насосом избирательной откачки, где происходит отделение контрольного газа от остальных и количественное его определение. Таким объемом служит корпус электродугового насоса избирательной откачки. После достижения в объеме  $I$  динамического равновесия по контрольному газу поток последнего в объем накопления устанавливается постоянным по величине, то есть накопление газа уже не зависит от величины объема камеры, в которой размещен испытуемый объект.

Для удобства реализации метода принудительного накопления в условиях серийных испытаний изделий создано оборудование, в котором осуществляется принудительное накопление контрольного газа, в основном гелия, и названное блоком изменения концентрации (БИК) (рис. 2). Использование БИК позволяет применять метод принудительного накопления не только для изделий, которые испытываются в вакуумных камерах с объемом от нескольких кубических метров до нескольких сотен и даже тысяч кубических метров, но и, при необходимости, для повышения чувствительности испы-

таний ответственных узлов методами вакуумирования, накладных вакуумных камер и прочее.

Последовательность контроля:

- подготовка объекта к испытаниям;
- получение рабочего вакуума;
- контроль гелиевого фона в режиме накопления, когда вакуумные клапаны закрыты, отключена вакуумная система течеискателя ПТИ;
- контроль потока от эталонной течи в режиме накопления;
- нагружение испытуемого объекта давлением контрольного газа;
- контроль суммарной негерметичности в режиме принудительного накопления (контрольные течи при этом должны быть отключены от системы накопления);
- снижение давления в объеме до атмосферного;
- постепенное отключение вакуумной системы, подача воздуха в вакуумную камеру, открытие камеры;
- отсоединение испытуемого объекта от всех систем и демонтаж.

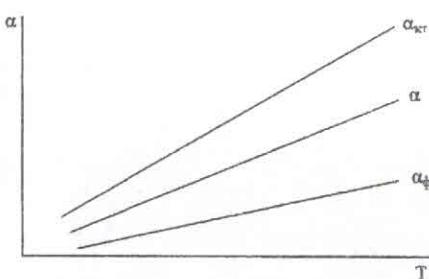


Рис. 3. Схема записи результатов испытаний методом принудительного накопления

Результаты измерений выдаются в виде графиков (рис. 3).

Объект считается герметичным, если кривая  $\alpha = f(t)$  находится между кривыми  $\alpha_\phi$  и  $\alpha_{kt}$ .

Авторы благодарны принимавшим участие в исследованиях А. И. Грекову, Ю. П. Ефимову, Ю. Г. Юкову, Б. П. Ефимчуку.

- Греков А. И., Ефимчук Б. П., Санин Ф. П. и др. Контроль суммарной негерметичности крупноразмерных изделий с принудительным накоплением индикаторного газа // ПТО.—1975.—№ 11.
- Греков А. И., Ефимчук Б. П., Санин Ф. П. и др. Промышленное оборудование для контроля суммарной негерметичности крупногабаритных изделий методом принудительного накопления // ПТО.—1976.—№ 3.
- Санін Ф. П., Джур Є. О., Кучма Л. Д., Найдьонов В. А. Герметичність у ракетно-космічній техніці: Підручник. — Дніпропетровськ: Вид-во ДДУ, 1995.—168 с.

#### HIGHLY SENSITIVE CONTROL OVER THE TIGHTNESS OF ROCKET-SPACE ENGINEERING PRODUCTS

S. I. Rudenko, V. V. Shelukhin, F. P. Sanin

To exercise highly sensitive control (testing) over total leakage for rocket-space engineering products, fuel in particular, a new technology was developed. It is based on the forced accumulation of helium, as a test gas, in the volume of a sorption pump for selective vacuum pumping. Ionic plasma (electric arc) small-size pump is used for this purpose.

УДК 621.757:658.512.011

## ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ ТА ПРИЛАДІВ

© М. В. Філіппова

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Розглядаються питання створення математичної моделі виробу з метою автоматизації технології механоскладальних робіт. При цьому розглядаються функціональні зв'язки між параметрами конструкції і порядком створення виробу, а також схема базування деталей у виробі у вигляді спрямованого графа.

Підвищення ефективності сучасного приладо- та машинобудівного виробництва неможливе без автоматизації технологічного проектування. Використання систем автоматизованого проектування дозволить скоротити терміни впровадження в виробництво нових проектно-конструкторських розробок та їхню собівартість.

Системи автоматизованого проектування повинні діяти в умовах великого різноманітності завдань на проектування та виробничих ситуацій. У зв'язку з цим найперспективнішими в галузі автоматизованого проектування є науковий напрямок на стику технології та математичного моделювання, в основі якого знаходиться визначення механізму побудови технологічних понять та їхне дослідження [3].

Завершальним етапом технологічного проектування нового виробу є розробка технології механо-

складальних робіт.

Технологія складання залежить в першу чергу від конструкції виробу, технологічних методів та засобів, які необхідні для його складання. Логіка формальних міркувань, яка реалізується на ЕОМ при автоматизованому проектуванні технологічного процесу, полягає в тому, що на основі аналізу властивостей та відношень деталей у виробі визначаються такі відношення, які забезпечують виконання всіх заданих його властивостей.

Проектування технологічного процесу складання пов'язане з комплексним вирішенням різноманітних задач. Багато факторів, що впливають на рішення та взаємозв'язок окремих рішень між собою, робить отримання якісного, з усіх точок зору, технологічного процесу складною проблемою [2].

Аналіз різноманітної за серійністю та характером