

## ИСПЫТАНИЯ РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ТРУБ МАЛОГО ДИАМЕТРА ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Васильева В. А., Назарова Я. А.

АО «ОКБ «Факел» г. Калининград, valervasileva@mail.ru

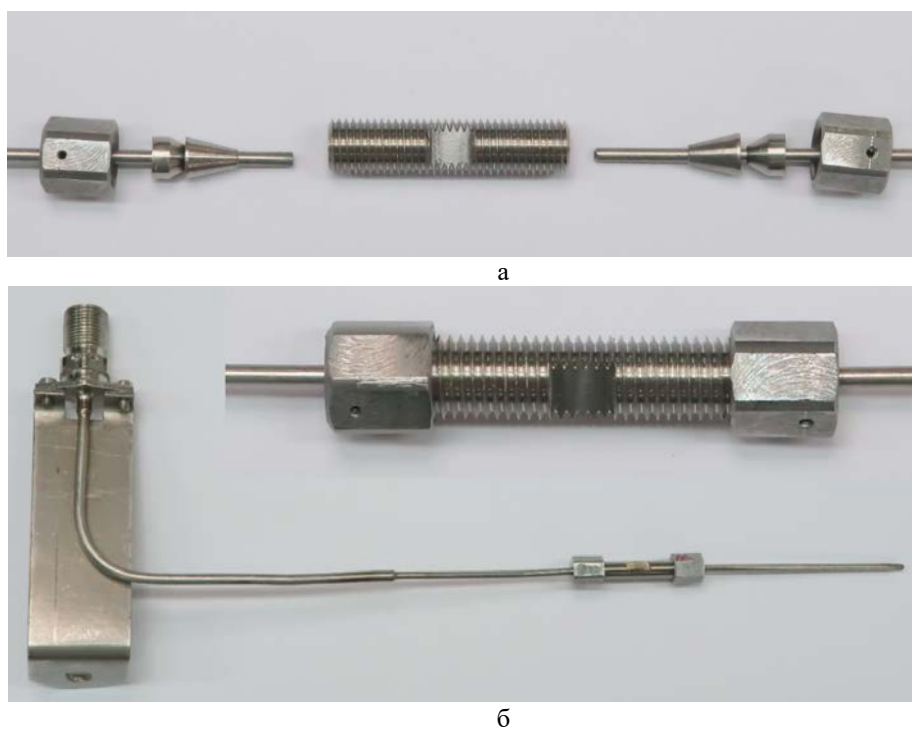
*Ключевые слова:* разъемное соединение, трубопровод, пневмогидравлическое соединение, герметичность, испытания

Для отработки технологии применения РРС (здесь и далее: разъемных резьбовых соединений) в качестве замены неразъемным (сварным или паяным) в двигательных установках малых космических аппаратов [1, 2] был изготовлен образец соединения трубок 2,0x0,5 12X18Н10Т без покрытия и термообработки.

Для предотвращения самооткручивания в процессе испытаний и/или эксплуатации, резьбовые соединения подлежат стопорению (например, проволокой или путем нанесения лакокрасочных материалов на резьбу). В приведенной работе стопорение не выполнялось с целью изучения поведения крепежа в процессе испытаний.

Соединение представлено следующими элементами: конусные прокладки, накидные гайки и шуцеры.

Фотографии соединения представлены на рис. 1.



*Рис.1 – Конструкция рассматриваемого соединения:*

*а – детали, входящие в соединение; б – разъемное соединение в сборе и общий вид испытываемого трубопровода с подсоединительной частью*

Царапины, повреждения на изготовленном соединении отсутствуют, резьба, внутренний диаметр трубки находятся в пределах допустимых погрешностей. Сборка соединения с трубками осуществлялась без заеданий и заклиниваний.

С целью проведения пневматических испытаний, к концу трубки был приварен подсоединительный участок, представленный резьбовой частью с трубкой.

Испытания проводились в следующем объеме и последовательности (см. табл. 1).

Табл. 1. Последовательность и параметры испытаний

№ п/п	Наименование работ	Параметры испытаний
1	2	3
1	Пневматические испытания на прочность и герметичность	Давление пневматических испытаний: - прочность $(400 \pm 10)$ кгс/см <sup>2</sup> - герметичность $(200 \pm 10)$ кгс/см <sup>2</sup>
2	Циклические пневматические нагружения соединения	5 циклов по 5 минут при давлении испытания $P_{min} = 0$ кгс/см <sup>2</sup> $P_{max} = (200 \pm 10)$ кгс/см <sup>2</sup>
3	Циклические термические удары	Испытания при постоянно поданном испытательном газе в магистраль трубопровода при давлении $(50 \pm 10)$ кгс/см <sup>2</sup> . $T_{min} = -40$ °С $T_{max} = +180$ °С 5 циклов по 5 минут при давлении испытания
4	Разборка и повторная сборка с контролем проходного сечения трубки	Пять циклов сборки-разборки соединения с последующими пневматическими испытаниями на прочность и герметичность.
5	Пневматические испытания на прочность и герметичность	Давление пневматических аналогично п. 1
6	Циклические термические удары	Аналогично п. 3
7	Разборка и повторная сборка с контролем проходного сечения трубки	Аналогично п. 4
8	Пневматические испытания на прочность и герметичность	
9	Рентгенографический контроль	-
10	Циклические термические удары	Аналогично п. 3
11	Пневматические испытания на прочность и герметичность	Аналогично п. 1
12	Механические испытания на кручение	Эксцентриситет 2,5 мм Суммарное кол-во оборотов 101 000 об.
13	Пневматические испытания на прочность и герметичность	Аналогично п. 1

В результате испытаний согласно табл. 1, было установлено, что соединение механически прочное и герметичное, выдерживает механические и тепловые нагрузки без потери герметичности. Самооткручивание не зафиксировано.

#### Заключение

Установлено, что разъемное резьбовое соединение трубок диаметром 2 мм соответствует требованиям к прочности и герметичности установок, выполненных на базе жидкостных реактивных двигателей, выдерживает прочностное давление  $(400 \pm 10)$  кгс/см<sup>2</sup> и давление герметичности  $(200 \pm 10)$  кгс/см<sup>2</sup> без разрушения и падения давления.

Если рассматривать тип данных соединений как возможную альтернативу соединениям типа сварки и пайки, то он потенциально может позволить сократить время сборки установок (особенно крупногабаритных) на треть – при изготовлении составных частей РРС из партии деталей может изыматься несколько образцов для испытаний и подтверждения качества, в то время как при сварке и пайке подготовке подлежит каждый образец, выполняемый в одну смену.

Кроме того, РРС позволяет осуществлять повторный монтаж и переналадку в кратчайшие сроки, что важно при необходимости замены составных частей изделия, ремонте и дефектации.

### **Список литературы**

- 1 Беляев Н.М., Уваров Е.И. Расчет и проектирование ракетных систем управления космических летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1974. 200 с.
- 2 Гахун Г.Г., Баулин В.И., Володин В.В. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1989. 424 с.

### **Сведения об авторах**

Васильева Валерия Александровна – ведущий инженер-технолог АО «ОКБ «Факел». Область научных интересов: повышение технологичности, функциональные материалы, аддитивные технологии.

Назарова Яна Андреевна – главный технолог АО «ОКБ «Факел». Область научных интересов: металлы, сплавы, неупорядоченные структуры.

### **TESTING OF DETACHABLE JOINTS FOR SMALL DIAMETER PIPES OF SPACECRAFT THRUSTERS**

Vasileva V.A., Nazarova Ya.A.

EDB «Fakel» Kaliningrad, Russia, [valervasileva@mail.ru](mailto:valervasileva@mail.ru)

*Keywords: detachable connection, pipeline, pneumohydraulic connection, tightness, testing*

In order to increase the manufacturability of the propulsion systems of small spacecraft and reduce the cost of their manufacture, a detachable threaded connection was made, which is used to connect the pneumohydraulic elements included in these thrusters.

The connection has successfully passed pneumatic, climatic and mechanical tests without destruction and significant changes in the diameter of the passage section of the tubes.