

МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ «ПРОТИВОТОКОМ» ПРОБНОГО ГАЗА

© С. И. Руденко, В. А. Ладиков, Б. П. Ефимчук, З. Д. Черный

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

Приводятся результаты экспериментальных исследований модернизированного течешукача у порівнянні з течешукачами, що використовуються в промисловості.

Среди разнообразия методов и принципов построения высокочувствительных систем течейсказания, применяемых в отрасли, наибольшее распространение получили масс-спектрометрические системы с гелиевыми течейскаателями типа ПТИ. Хотя первые образцы гелиевых течейскаателей созданы давно, они непрерывно совершенствуются.

В настоящее время основным направлением совершенствования масс-спектрометрических течейскаателей является повышение их чувствительности при больших газовых нагрузках в системах течейсказания. Для достижения этой цели за рубежом широко применяются течейскаатели, работающие на принципе «противотока» пробного газа. Суть этого принципа заключается в том, что пробный газ (гелий) подается не на вход диффузионного насоса, как в обычных течейскаателях, а в его форвакуумный трубопровод. При этом вследствие проницаемости пробного газа через паровые струи диффузионного насоса гелий диффундирует в масс-спектрометрическую камеру течейскаателя, где и детектируется.

Масс-спектрометрические и скаатели, выпускаемые в настоящее время, не оснащаются устройствами, позволяющими их использовать в режиме «противотока» пробного газа. Мы доработали серийный течейскаатель ПТИ-10, что позволяет ему работать еще и в режиме «противотока» пробного газа.

Эффективность такой доработки оценивалась экспериментально путем прямого сравнения чувствительности испытаний, достигаемой с помощью модернизированного течейскаателя при поочередной подаче анализируемого газового потока на вход диффузионного насоса течейскаателя и в его форвакуумный трубопровод.

Исследования выполнялись на испытательном стенде, который представляет собой вакуумную

камеру объемом 200 л, откачиваемую пароструйным высоковакуумным агрегатом ВА-05-4 с механическим насосом предварительного разрежения ВН-2МГ. Течейскаатель подсоединяется к выпускному патрубку агрегата ВА-05-4. Эталонный поток пробного газа (гелия) для оценки чувствительности испытаний создается с помощью набора эталонных диффузионных течей типа «Гелит». Эти течей подсоединяются к вакуумной камере стенда через вакуумный вентиль. Для обеспечения газовой нагрузки системы течейсказания на вакуумной камере устанавливается натекаатель.

Испытания проводились в такой последовательности. До подсоединения течейскаателя к испытательному стенду оценивается его собственная чувствительность. Для этого используется штатная эталонная диффузионная течей величиной $3.2 \cdot 10^{-9}$ м³Па/с, установленная в течейскаателе заводом-изготовителем. Поток от этой течей подается в масс-спектрометрическую камеру через входной дросселирующий вентиль Ду-32, как в обычных серийных течейскаателях. Затем вентиль Ду-322 закрывается и поток гелия от эталонной течей с помощью дополнительных вакуумных трубопроводов подается в масс-спектрометрическую камеру через форвакуумный трубопровод диффузионного насоса этого же течейскаателя. В результате установлено, что флуктуации фонового сигнала течейскаателя при работе в режиме «противотока» и не превышают 100 мВ. Анализ приведенных результатов экспериментов (см. таблицу) показывает, что при фоновых газовых нагрузках использование серийного течейскаателя ПТИ-10 в режиме «противотока» снижает чувствительность испытаний не менее чем в 6 раз.

Для оценки влияния увеличения газовой нагрузки на чувствительность испытаний модернизированный течейскаатель подсоединялся к выпускному

Экспериментальная оценка чувствительности течеискателя ПТИ-10, работающего по штатной схеме и в режиме «противотока»

Номер эксперимента	Подача на вход течеискателя		Подача в режиме «противотока»		$K = Q_{\min}^* / Q_{\min}^{\text{пр}}$
	Реакция течеискателя, В	Чувствительность Q_{\min}^* , 10^{-11} м ³ Па/с	Реакция течеискателя, В	Чувствительность $Q_{\min}^{\text{пр}}$, 10^{-11} м ³ Па/с	
1	6.65	9.6	1.08	59	0.163
2	6.70	9.5	1.07	59	0.161
3	6.61	9.7	1.09	58	0.167
4	6.63	9.6	1.06	60	0.160
5	6.71	9.5	1.05	61	0.156
6	6.30	10.0	1.07	59	0.169
7	6.65	9.6	1.04	61	0.157

патрубку агрегата ВА-05-4 испытательного стенда. Измерения выполнялись при фиксированной газовой нагрузке с поочередной подачей анализируемого газового потока на вход течеискателя и к выпускному патрубку его диффузионного насоса (режим «противотока»). Газовая нагрузка стенда изменялась ступенчато с помощью натекателя в диапазоне от 0.001 до 0.025 м³Па/с.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что при газовых нагрузках испытательного стенда менее 0.002 м³Па/с целесообразно применение серийных течеискателей ПТИ-10 с подачей анализируемого потока на вход течеискателя (штатная схема). Но при газовых нагрузках более 0.002 м³Па/с имеет смысл применять режим «противотока». При этом эффективность применения этого режима испытаний, как следует из полученных экспериментальных результатов, повышается с увеличением газовой нагрузки. Например, при газовой нагрузке 0.02 м³Па/с чувствительность испытаний в режиме «противотока» выше не менее чем в три раза.

Следует отметить, что, кроме повышения чувствительности испытаний при увеличении газовой нагрузки, применение режима «противотока» исключает загрязнение масс-спектрометрической камеры течеискателя продуктами, выделяющимися из испытываемой системы. В связи с этим возможно проведение испытаний без заполнения азотной ловушки жидким азотом. Кроме того, течеискатель может подсоединяться непосредственно, без дроссели-

рования анализируемого потока газа, к системам давления до 10 Па, что упрощает процесс испытаний, особенно методом щупа.

ВЫВОДЫ

1. Применение режима «противотока» пробного газа при масс-спектрометрических испытаниях на герметичность целесообразно при газовых нагрузках систем течеискания более чем 0.002 м³Па/с. При этом обеспечивается возможность высокочувствительного контроля герметичности без заполнения азотной ловушки течеискателя жидким азотом.

2. Результаты проведенных исследований и анализ тенденций развития течеискательной аппаратуры свидетельствуют о необходимости реализации схемы детектирования с «противотоком» в конструкциях течеискателей типа ПТИ-10 на стадии их серийного изготовления.

Авторы благодарны А. И. Грекову и П. А. Калиниченко, принимавшим участие в исследованиях.

MASS-SPECTROMETRIC INSPECTION OF AIR-TIGHTNESS BY MEANS OF TESTING GAS COUNTERFLOW

S. I. Rudenko, V. A. Ladikov,
B. P. Efimchuk, Z. D. Chornyi

Results of experimental testing of modified leak detectors compared with available now in industry are presented.