

ГЕЛИЕВЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСУДА ДЬЮАРА RPMS-9 С СИСТЕМОЙ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ГАЗА

© 2025 г. Денис Сергеевич Увин^{1*}, М.А. Черосов^{1**}, Р. Г. Батулин^{1***}

¹ – *Институт физики, Казанский федеральный университет, 420008 Казань,
ул. Кремлевская, д. 18*

* - *attractor.but@yandex.ru*; ** - *che027@yandex.ru*; *** - *tokamak@yandex.ru*

Неразрушающий контроль (НК) является жизненно важным процессом в производстве, обслуживании и обеспечении качества компонентов и систем. Он позволяет оценивать материалы и конструкции, не нанося ущерба и не изменяя их свойств, гарантируя, что они остаются пригодными для использования. Среди различных доступных методов неразрушающего контроля обнаружение утечек гелия выделяется как высокочувствительный и точный метод выявления утечек в герметичных системах [1]. Этот метод особенно важен в тех случаях, когда даже самые незначительные утечки могут поставить под угрозу безопасность, производительность или соответствие экологическим требованиям [2]. При обнаружении утечек гелия используются уникальные свойства газообразного гелия, в том числе его низкая молекулярная масса, инертность и способность быстро проникать через небольшие отверстия. Эти свойства делают гелий идеальным газом-индикатором для обнаружения утечек, которые в противном случае невозможно было бы обнаружить обычными методами. Используя передовую масс-спектрометрию или другие технологии обнаружения, система обнаружения утечек гелия может выявлять утечки со скоростью всего 10^{-12} мбар·л/с, что значительно превосходит чувствительность других методов неразрушающего контроля. Однако одним из ключевых недостатков метода и дороговизны его использования является работа гелиевого течеискателя без систем рециркуляции.

Цель данной работы – описать принцип работы масс-спектрометрического метода для дефектоскопии гелиевого сосуда Дьюара установки для измерения физических свойств RPMS-9 с использованием гелиевого течеискателя Pfeiffer HLT 260 и системы рециркуляции. Вакуумные сосуды Дьюара представляют собой сложные устройства с большим количеством сварных и герметизированных соединений (рис. 1). Гелиевый масс-спектрометрический метод позволил определить и локализовать течь без дорогостоящей процедуры снятия кожухов и тепловых экранов. Наличие системы рециркуляции (системы сбора газообразного гелия) позволило собрать невосполнимый ресурс с эффективностью не менее 95 %.

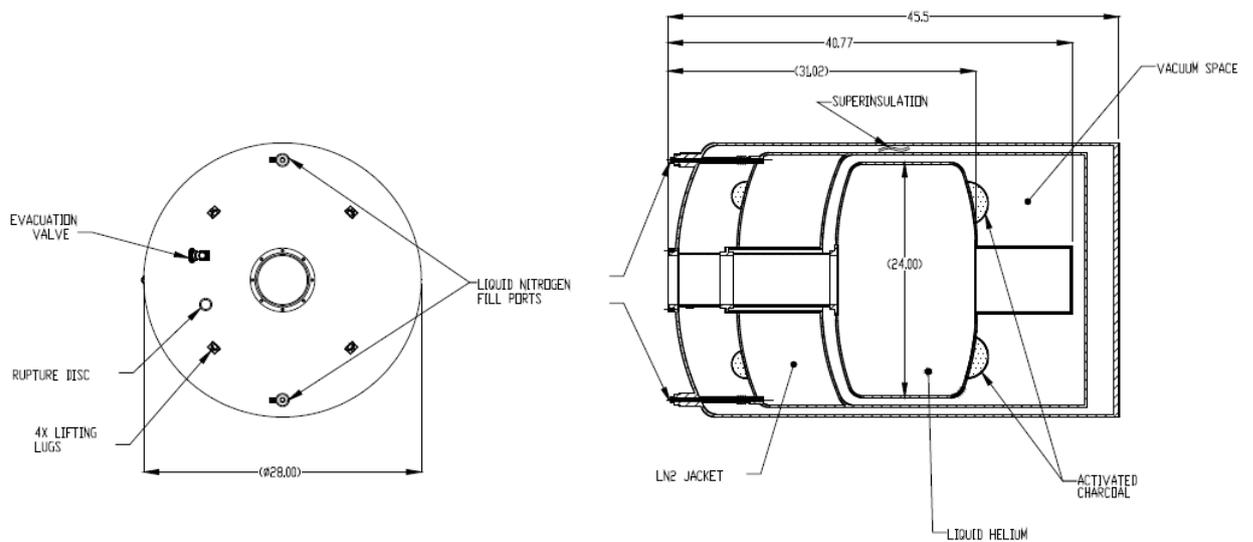


Рис. 1. Вид сверху (слева) и сечение сосуда Дьюара PPMS-9 повышенной емкости с азотной полостью

ЛИТЕРАТУРА

1. Bley W.G. Handbook of vacuum technology. Methods of leak detection. New York: Wiley, 2016. P. 907–942.
2. Jung W., Kim D., Ko S.H. Recent Progress in High-Efficiency Transparent Vacuum Insulation Technologies for Carbon Neutrality // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology. 2024. V. 11. № 5. P. 1681–1702.