

## ПОИСК ТЕЧЕЙ В ВАКУУМНЫХ УСТАНОВКАХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ "ЭВРИСТИЧЕСКИМИ" МЕТОДАМИ

### SEARCH FOR LEAKS IN VACUUM INSTALLATIONS AND TECHNOLOGICAL EQUIPMENT BY "HEURISTIC" METHODS

А.Ю.Кочетков / kochetkov@laspaces.ru

A.Yu.Kochetkov

АО "НПО Лавочкина", г. Химки

В статье представлен обобщённый и систематизированный опыт поиска негерметичности в технологическом оборудовании, имеющего в своём составе вакуумные системы.

Ключевые слова: вакуумная установка, вакуумная система, вакуумная течь

The article presents a generalized and systematized experience of finding leaks in technological equipment that includes vacuum systems.

Keywords: vacuum installation, vacuum system, vacuum leak

#### ВВЕДЕНИЕ

При эксплуатации вакуумного оборудования рано или поздно возникает момент, когда в силу различных причин, в нём возникают течи. В последнее время появилось ряд публикаций [2,3], которые рассматривают проблемы поиска течей в вакуумных установках и технологическом оборудовании, при невозможности использования обычных способов течеискания, таких как гелиевый течеискатель.

Автор данной работы, в своей практике, также неоднократно сталкивался с аналогичными проблемами. Имеется ряд примеров, представленных ниже.

#### ТЕЧЬ АЗОТНОГО ЭКРАНА ТЕРМОВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ

При проведении тепловакуумных испытаний в термовакуумной камере в момент заливки их жидким азотом наблюдалось повышение давления в рабочем объёме. При достижении азотными экранами определённой температуры величина натекания увеличивалась в 2 раза. Экспериментальные данные представлены на рис. 1.

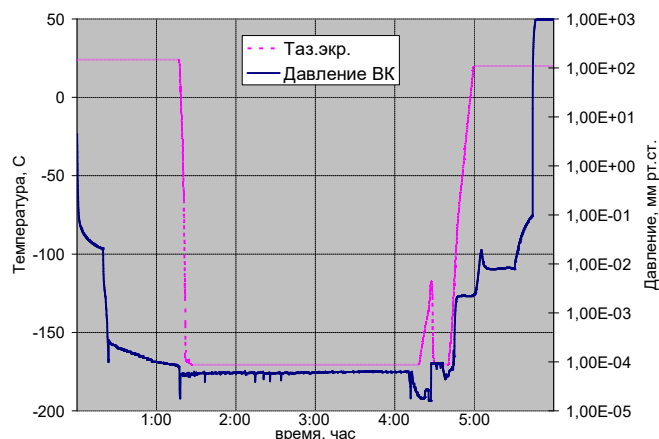


Рис. 1. Экспериментальные данные.

При повышении температуры азотного экрана, после остановки подачи жидкого азота, до определённого значения давление в рабочем объёме вакуумной камеры восстанавливалось.

После остановки ТВК было принято решение проверить на герметичность каждую секцию азотного экрана. В каждую секцию отдельно подавалась гелиево-воздушная смесь под давлением 3,5 Ати. Более высокое давление запрещает подавать инструкция по эксплуатации. Проводился контроль герметичности методом спада давления и методом щупа. Течь обнаружить не удалось. При подаче избыточного давления внутрь азотного экрана течь не открывается.

Следующая попытка найти течь была предпринята при помощи метода обдува. Азотный экран откачивался до остаточного давления  $1 \times 10^{-2}$  мм рт.ст. Определить место течи также не удалось.

В результате проведённых работ стало очевидно, что течь открывается при температуре азотного экрана ниже минус 160 °С. Специалистами проводившими поиск была проработана возможность поиска течи в азотных экранах при атмосферном давлении. Для этого необходимо было залить их жидким азотом и подать туда гелий, после чего провести проверку методом щупа. Впоследствии, от этого варианта отказались ввиду его сложности. Во-первых при заливке азотных экранов в атмосфере на них выпадет конденсат в виде инея, который будет мешать поискам, во-вторых контрольный газ-гелий проблематично смешать с жидким азотом.

Единственно возможным способом устранить течь являлось последовательная повторная сварка всех "подозрительных" сварных соединений в наиболее напряжённых местах.

Специалистами отдела главного сварщика была проведена повторная сварка двух сварных швов. На рисунке 2 были представлены результаты проверки на герметичность азотного экрана после сварочных работ. Как видно из графика влияние температуры азотных экранов и давления в них полностью отсутствует, что говорит о том, что течь успешно устранена.

## **ПОИСК ТЕЧИ В ВАКУУМНОЙ УСТАНОВКЕ НА ЭТАПЕ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ**

При проведении переделке термобарокамеры в вакуумную установку коллектив испытателей столкнулся с невозможность создать необходимое остаточное давление. Максимальный вакуум, которого удалось достичь был  $1,2 \times 10^{-1}$  мм рт.ст. Течь была достаточно велика, так как вакуумная установка откачивалась двумя вакуумными насосами, суммарной производительностью 118 л/с. Величина течи соответственно составляла огромного значения 14,2 мм рт.ст×л/с.

Вакуум, который мог быть создан в вакуумной установке не позволял использовать метод обдува, так как в то время мы не обладали современными телиевыми течеискателями, а ПТИ 10 не мог нормально работать при таком высоком давлении. В тоже время течь была достаточно большая для того чтобы можно было её найти более простыми способами. В первую очередь было принято решение поиска течи "на слух". По окончании рабочего дня было остановлено всё технологическое оборудование, которое мешало в поисках.

Вакуумная установка была откачена до максимального остаточного давления и насосы были остановлены. Специалисты прослушивали все вероятные места. Место течи было определено по звуку.

Течь обнаружилась в сварном шве верхнего фланца вакуумной установки. Что характерно, данная установка проектировалась как термобарокамера, с остаточным давлением 1,5 мм рт.ст. Величина течи позволяла получить требуемое давление и служба технического контроля, при изготовлении камеры, её пропустила. После устранения течи путём замены фланца на новый установка была оснащена новыми высоковакуумными

насосами, которые откачали её до остаточного давления  $1,5 \times 10^{-5}$  мм рт.ст. Данная вакуумная установка работает по сей день.

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ВАКУУМНАЯ УСТАНОВКА**

Существует специальное технологическое оборудование, когда сложные технологические процессы проводятся в вакууме, при этом в рабочем её объёме имеются системы и оборудование под избыточным давлением, в частности с инертными газами, такими как аргон. В таких случаях аргон подаётся в заданный объём в определённый момент. Этот объём изолирован от остального рабочего объёма и связан с источником газа вне камеры специальной магистралью. При этом в начале рабочего цикла вакуумной установки отдельный объём связан с общим объёмом, и их связь перекрывается в определённый момент.

При пуско-наладочных работах вакуумной установки в ней была обнаружена течь. Установка была проверена на герметичность методом обдува. Проверка проводилась очень тщательно. Место течи выявить не удалось.

По результатам работ было принято решение о тщательном анализе конструкторской и технологической документации на предмет выявления ошибок. При анализе конструкторской документации выяснилось, что имеющаяся линия подачи аргона в вакуумную установку от пневмопульта была проверена на герметичность отдельно. Пневмопульт проверялся на герметичность отдельно. Стык линии и пульта при его монтаже проверен не был. После устранения негерметичности в стыке удалось достичь заданного остаточного давления. Вакуумная установка была пущена в эксплуатацию.

### **ВЫВОДЫ**

Приведённые выше случаи поиска течи в вакуумных установках имеют различный сценарий развития. Все они не похожи друг на друга, но в тоже время их объединяет одно обстоятельство. Все приведённые случаи похожи в том, что не удалось найти течи "правильными" методами течеискания. Всегда приходилось находить нестандартные способы.

Большую роль в успешном окончании работ играет квалификация работающего персонала, который в трудной ситуации может найти правильный выход.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. В.В. Алымов, Я.О. Желонкин, А.А. Бикташев, И.А. Сунгатуллин, С.И. Саликеев "Вакуумные пульсирующие течи".
2. Вакуумная техника: справочник/ К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин и др.; под общ. ред. К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2009. 590 с., ил.
3. Е.В. Жировов, И.А. Лозанов, В.А. Кобзев, К.В. Сметанин, Н.В. Артёмова, Е.Н. Галаганова. "Опыт поиска негерметичности теплоизоляционной полости криогенной транспортной цистерны объёмом 25 м<sup>3</sup> фирмы "Linde" при отсутствии технической документации". Материалы XXVII Научно-технической конференции "Вакуумная наука и техника", Судак, 16-21 сентября 2021г, с 223-224.