

ТЕХНИЧЕСКАЯ КАРТОЧКА ИЗДЕЛИЯ

Система контроля герметичности методом вакуумной камеры ЛИКЛАБ V75



Система ЛИКЛАБ V75 предназначена для высокочувствительных испытаний на герметичность изделий методом вакуумной камеры с применением гелиевого течеискателя. Установка обеспечивает количественную оценку потоков утечек на уровне до 1×10^{-11} Па·м³/с и точную локализацию дефектов при контроле корпусов, теплообменников, клапанов, фильтров и других вакуумируемых изделий. Конструкция включает вакуумную камеру объемом 75 литров, форвакуумную систему, клапанную группу и интерфейс подключения течеискателя по стандарту KF. ЛИКЛАБ V75 разработана для применения в лабораториях неразрушающего контроля и на производственных участках, где требуется подтверждение класса герметичности в соответствии с ГОСТ Р...

Телефон +7-812-715-00-17	E-mail mail@leaklab.ru	Страница leaklab.ru
------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------

Параметры и состав поставки уточняются по актуальной странице. Паспорт, руководство и утвержденная методика имеют приоритет.

Технические характеристики и параметры

№	Товар, услуга (представление)	Кол-во	Ед.из.
1	Масс-спектрометрический течеискатель КУКУ ZQJ-3200	1	шт
2	Щуп для гелиевого течеискателя КУКУ ZQJ-3200	1	шт
3	Вакуумная камера 700x700x150 мм для испытаний изделий	1	шт
4	Насос пластинчато-роторный двухступенчатый 16 м3/ч (220 VAC)	1	шт
5	Ловушка масляного тумана для форвакуумного насоса	1	шт
6	Сильфон вакуумный KF25 1 м	2	шт
7	Клапан вакуумный ручной угловой KF25	3	шт
8	Контрольная гелиевая течь	1	шт
9	Переходник для подключения гелиевой течи	1	шт
10	Хомут KF-25 алюминиевый	1	шт
11	Центрирующее кольцо с витоновым уплотнением KF-25	1	шт

№	Товар, услуга (представление)	Кол-во	Ед.из.
12	Тройник KF-25	1	шт
13	Редуктор на инертные газы (гелий) до 10 атм.	1	шт
14	Пуско-наладочные работы и монтаж на территории Заказчика	1	раб. дн.
15	Инструктаж персонала по порядку проведения испытаний и обслуживанию установки	2	раб. дн.

Описание и область применения

Система контроля герметичности с вакуумной камерой для высокочувствительных испытаний

Система предназначена для количественной оценки утечек и локализации дефектов герметичности изделий методом гелиевого течеискания с применением вакуумной камеры или щупа. Концепция построена на масс-спектрометрическом анализе гелия как индикаторного газа при создании перепада давлений между полостью изделия и вакуумируемым объемом. Техническая архитектура обеспечивает воспроизводимую чувствительность на уровне $1 \times 10^{-9} \dots 1 \times 10^{-12} \text{ Па} \cdot \text{м}^3 / \text{с}$ в зависимости от режима и конфигурации подключения, а также стабильность базовой линии в условиях серийных испытаний.

Область применения и типовые объекты контроля

Составные элементы систем газового пожаротушения, арматура трубопроводов, теплообменные аппараты, вакуумные корпуса, сварные и пайные узлы, паяные пластинчатые теплообменники, фильтры и корпуса приборов, элементы газораспределительных систем и блоков подготовки газов, а также прочие изделия, допускающие вакуумирование или опрессовку индикаторным газом. Конфигурация камеры и узлов подвода гелия позволяет контролировать как компактные детали, так и среднегабаритные сборки без снятия функциональной арматуры.

Принцип действия и режимы испытаний

В основе работы лежит разделение объемов объекта контроля и масс-спектрометрического течеискателя вакуумной линией с форвакуумной и, при необходимости, высоковакуумной ступенью. При способе вакуумной камеры объект заполняется гелием или гелиево-азотной смесью до установленного избыточного давления, а внешний объем камеры откачивается до остаточного давления, достаточного для заданной чувствительности. При наличии дефекта гелий диффундирует в вакуумируемое пространство и регистрируется детектором. При способе щупа изделие находится под избыточным давлением гелия, а насадка щупа, подключенная к течеискателю, сканирует наружную поверхность, обеспечивая локализацию дефекта по координатам.

Базовый состав включает жесткую вакуумную камеру с герметизируемой крышкой, форвакуумный пластинчато-роторный насос с ловушкой масляного тумана, течеискатель масс-спектрометрического типа с входным узлом под стандарт KF, комплект запорной и регулирующей арматуры, вакуумные сильфоны из нержавеющей стали, редуктор подачи индикаторного газа и эталонную контрольную течь для проверки чувствительности. Камера оснащается силовыми ребрами и посадочными местами под вводы, что исключает паразитные деформации при циклах откачки и напуска. Выхлоп течеискателя и форвакуумного насоса уводится в вентиляцию для исключения накопления гелия в помещении.

Характеристики чувствительности и метрологические основы

Достижимая чувствительность зависит от остаточного давления в камере, эффективной скорости откачки на фланце измерительного канала и фоновой концентрации гелия в воздухе. При остаточном давлении 100 Па фиксируется надежная регистрация потоков порядка $1 \times 10^{-9} \text{ Па} \cdot \text{м}^3 / \text{с}$ в интегральном режиме, при снижении давления до $1 \dots 10 \text{ Па}$ и оптимизации проводимости вакуумной линии достигается диапазон $1 \times 10^{-10} \text{ Па} \cdot \text{м}^3 / \text{с}$ и ниже. Номинальная калибровка проводится по встроенной или внешней контрольной течи с трассируемостью к национальному стандарту. Для экспресс-проверки стабильности нуля допускается использование окружающего воздуха как газовой смеси с естественной долей гелия порядка 5 ppm, что соответствует типичному эквиваленту сигнала $\sim 1 \times 10^{-7} \text{ Па} \cdot \text{м}^3 / \text{с}$ в режиме щупа; данное значение применимо лишь как оперативный ориентир и не заменяет калибровку по эталону.

Расчетные соотношения и пороги браковки

Интегральный критерий браковки связывается с допустимой годовой потерей массы или давления в изделии и переводится в объемный и давленческий потоки. Для газа с квазистационарным истечением через микродефект при избыточном давлении p и эквивалентном объеме V допуска годовой потери ΔV год задает средний объемный поток Q

$V = \Delta V \text{ год}/T$, где $T=31\,536\,000$ с. Давленческий поток в единицах $\text{Па} \cdot \text{м}^3/\text{с}$ равен $L=p \cdot Q \cdot V$. Для пересчета между газами используют поправку по режиму течения. В ламинарной области применима зависимость от динамической вязкости μ : $L \sim 1/\mu$. Для переходной и молекулярной областей корректно учитывать молекулярную массу и коэффициенты прилипания; практическая инженерная оценка выполняется по эталонным таблицам газовых поправок течеискателя, фиксированным для конкретного прибора и диапазона давлений. При контроле смесью He/N_2 допустимый порог по сигналу масштабируется по объемной доле гелия в смеси.

Подготовка, калибровка и верификация

Перед началом смены выполняется проверка герметичности вакуумной трассы без изделия, затем калибровка по контрольной течи с подтверждением заявленной чувствительности и линейности. Верифицируется нулевой уровень при закрытом входе, проверяется время релаксации фона после напуска гелия. При испытаниях изделия с эластомерными уплотнениями учитывается вклад газопроницаемости материала, проявляющийся после выдержки более 15...20 минут при высоком парциальном давлении гелия; в протоколе фиксируется соответствующая поправка или проводится дифференциальное измерение на предустановленных интервалах времени.

Изделие осматривается, обезжиривается зоны предполагаемых течей, подключается линия подачи индикаторного газа и контрольные манометры. Камера очищается от конденсата, поверхностей, способных сорбировать гелий, и закрывается с равномерным прижимом. Выполняется ступенчатая откачка до остаточного давления, достаточного для начала измерений, как правило не выше 1000 Па, с последующим доведением до целевого уровня, установленных методикой. Выдержка под вакуумом рассчитывается по суммарному объему камеры и изделия. Подается гелий до установленного избыточного давления в изделии. Считывается интегральный сигнал течеискателя, проводится проверка стабильности показаний и исключение вкладов от продувок и паразитных каналов. При превышении порога браковки выполняется локализация дефекта через переход в режим щупа без нарушения исходной подготовки изделия.

Порядок проведения испытаний методом щупа

Изделие заполняется чистым гелием либо сертифицированной смесью до рабочего давления, допустимого конструкторской документацией. Насадка щупа поддерживается в постоянном контакте с поверхностью, равномерно сканируются подозрительные зоны со скоростью порядка десятых долей метра в минуту. При регистрации пикового сигнала проводится уточнение координат дефекта методом угасания сигнала при смещении насадки. Для исключения ложных индикаций от застойных зон предусматриваются направленные продувки инертным газом и контроль обратных ходов по чистым областям.

Участок оснащается приточно-вытяжной вентиляцией с выводом отработанных газов, линией чистого азота для продувки течеискателя и камеры, электрическими линиями с защитным заземлением и источником бесперебойного питания для течеискателя. Газовые баллоны фиксируются в стойках, редукторы устанавливаются по инструкции производителя, магистрали проверяются на отсутствие утечек. Выхлоп форвакуумного насоса и течеискателя подключается к вытяжному каналу с фильтрацией аэрозоля масла. Освещенность рабочего поля поддерживается на уровне не ниже 500 лк. Температура и влажность контролируются для обеспечения повторяемости показаний. Не допускается сквозняк в зоне камеры и несанкционированные источники гелия в помещении.

Требования к вакуумным коммуникациям и скорости откачки

Сечение вакуумной трассы согласуется с требуемой эффективной скоростью откачки на фланце камеры. Недопустимы локальные диафрагмирующие сужения на переходах и длинные участки гибких рукавов малого диаметра. Для минимизации потерь проводимости используются сильфоны соответствующего условного прохода и плавные переходы между стандартами фланцев. Учет реальной проводимости линии обязателен при интерпретации времени достижения остаточного давления и при расчете чувствительности.

Основными факторами риска являются давление газов, нагретые поверхности насосов и электробезопасность. Персонал проходит обучение обращению с сосудами под давлением, использует СИЗ глаз и рук, соблюдает регламенты отключения питания при доступе к высоковольтным узлам установки. Испытания ведутся при отсутствии посторонних лиц в зоне камеры, с блокировкой от случайного напуска и с визуальным контролем состояния арматуры. Протоколируются все отклонения и внештатные остановки, фиксируются показания контрольных датчиков. Утилизация отработанного гелия и вентиляция выполняются так, чтобы исключить рост фоновой концентрации в помещении и деградацию нулевой линии течеискателя.

Обслуживание, калибровка и прослеживаемость

Ежедневное обслуживание включает проверку вакуумных уплотнений, состояния ловушек и фильтров, контроль уровня масла и температуры насосов, проверку нулевой линии течеискателя и калибровку по контрольной течи с отметкой в журнале. Периодическая поверка эталонных течей проводится согласно межповерочному интервалу производителя с трассируемостью к национальным эталонам. Документооборот включает протоколы испытаний,

журналы калибровок, акты технического обслуживания и отчеты по несоответствиям с корректирующими мероприятиями.

На результат существенно влияют температура изделия и камеры, газопроницаемость эластомерных уплотнений, сорбция гелия на пористых поверхностях и остаточное загрязнение внутренних объемов. Для исключения систематических смещений применяется термостатирование, дегазация, выдержка под вакуумом и нормирование временных интервалов измерений. При интерпретации сигналов учитываются переходные процессы, связанные с запаздыванием поступления газа к детектору и с релаксацией фона после высоких нагрузок гелием. При необходимости применяется математическая фильтрация и усреднение с заданной постоянной времени, согласованной с инерционностью вакуумной системы.

Интеграция в производственные потоки

Система предусматривает быструю смену оснастки, унифицированные присоединительные стандарты и шаблоны параметров испытаний под типовые изделия. В режиме серийного контроля реализуется цикличность с повторяемой подготовкой, что обеспечивает статистическую устойчивость и возможность применения карт контроля процессов. Для повышения доступности рекомендуется резервирование течеискателя и наличие второго комплекта форвакуумного оборудования на случай профилактики или ремонта.

Технические рекомендации по проектированию изделий с учетом течеискания

Конструкторская документация должна предусматривать доступ к критическим соединениям для осмотра и локальной проверки щупом, рациональный выбор материалов уплотнений с низкой проницаемостью к гелию, минимизацию скрытых полостей, где возможна сорбция и задержка индикаторного газа. Для криогенных применений приоритетны фторэластомеры высокой чистоты с проверенной стойкостью к термоциклам, металлические уплотнения на CF/CFN там, где это технологически оправдано, а также регламент на допускаемые перепады температур и давлений в цикле испытаний.