Вакуумная испытательная камера Ликлаб D500L1000

Технические характеристики

Параметр	Значение или исполнение	Условия
Система	LeakLab D500 L1000	Высоковакуумная испытательная установка изготовления Ликлаб
Размеры камеры	Диаметр 500 мм, длина 1000 мм	Номинальные размеры по данным изготовителя. Рабочее пространство задается чертежом и оснасткой
Остаточное давление	p ≤ 1×10 -6 Па	По данным изготовителя достигнуто в подготовленной демонстрационной комплектации
Высоковакуумные порты	CF с медными прокладками	Уплотнение загрузочного люка и остальных соединений рассматривается отдельно
Предварительная откачка	Сухой двухвинтовой насос CBVAC SSH20	Модель предусмотрена описанной изготовителем конфигурацией. Подбор форвакуумной поддержки зависит от выбранного турбомолекулярного насоса
Высоковакуумная ступень	Турбомолекулярный насос	Модель, опоры, охлаждение и быстрота действия закрепляются в спецификации
Измерение давления	LeakLab AGP4000, Пирани и холодный катод	По документации AGP4000 диапазон 1×10 -6 ...1×10 5 Па для воздуха и азота
Автоматика	Программируемое реле ОВЕН ПР225	Алгоритм и исполнительные цепи разрабатываются для конкретной установки
Газовый тракт	Без масла как рабочей уплотняющей жидкости	Смазка редуктора и подшипников обслуживается по документации компонентов
Документирование	Документы об испытаниях камеры и системы	Состав, форма и критерии приемки определяются согласованными требованиями заказчика

Изготовление, испытания и сопровождение в лаборатории Ликлаб

LeakLab D500 L1000 представляет собой высоковакуумную испытательную установку с камерой диаметром 500 мм и длиной 1000 мм. Лаборатория контроля герметичности Ликлаб объединяет камеру, насосную группу, измерение давления, вакуумную арматуру и автоматику в систему для работы с изделиями и исследовательскими образцами. Демонстрационная установка изготовлена, оснащена насосами и доступна для согласованного показа. По данным изготовителя, в демонстрационной комплектации достигнуто остаточное давление не более 1×10 -6 Па.

При изготовлении заказного стенда исходят из размеров и материалов изделия, газовой нагрузки, требуемого давления и метода испытаний. Такая постановка задачи связывает конструкцию камеры с выбором откачки, размещением датчиков и программой приемки. Вы можете заказать комплектную установку, отдельные компоненты или работы по интеграции оборудования в существующий процесс.

Состав установки и технические характеристики

Вакуумная камера образует пространство испытания, насосная группа удаляет газ, а вакуумметр показывает давление в точке установки преобразователя. Арматура позволяет разделять участки газового тракта и выполнять предусмотренные методикой переключения. Программируемое реле обрабатывает сигналы приборов и задает последовательность действий исполнительных устройств. Результат работы определяется согласованностью этих узлов, состоянием поверхностей и условиями конкретного цикла.

Демонстрационный образец показывает реализуемость комплектной системы. Его существование не означает одинакового состава всех заказных установок. Модель турбомолекулярного насоса, исполнение вводов, оснастку изделия и измерительный канал гелиевого контроля фиксируют в спецификации поставки. Фотографии ниже показывают изготовленную камеру и этап первичного контроля. Они документируют конструкцию и отдельные операции, а не заменяют спецификацию нынешней насосной группы.

Камера D500 L1000, загрузка и вакуумные соединения

Цилиндрический корпус установлен на опорах и имеет откидную загрузочную крышку. На фотографиях видны ручка, петли, прижимы, внутренние поверхности и торцевые присоединения. Фронтальный доступ удобен при установке образца и обслуживании оснастки. При проектировании проверяют пространство перед открытой крышкой, возможность безопасного размещения изделия и доступ к соединениям после установки камеры на рабочем месте.

Обозначение 500×1000 мм описывает типоразмер камеры. Допустимые габариты изделия зависят также от загрузочного проема, внутренней оснастки, выступающих вводов и необходимых технологических зазоров. Поэтому полезное пространство согласуют по чертежу установки. Число, введенное оператором в поле объема на экране автоматики, само по себе не является измерением свободного объема. Для количественного испытания учитывают образец и все полости, сообщающиеся с измеряемым участком.

Высоковакуумные порты CF используют деформируемую медную прокладку. Уплотняющие кромки формируют металлическое соединение при сборке фланцев. После разборки прокладку заменяют, а кромки сохраняют чистыми и защищают от повреждений. Конструкцию такого соединения описывает справочник Pfeiffer Vacuum по вакуумным присоединениям .

На загрузочной крышке показано отдельное кольцевое уплотнение. В измерительной обвязке присутствуют разъемные соединения с хомутами. Наличие CF-портов не делает все соединения стенда металлическими. Для достижения требуемого давления рассматривают уплотнения крышки, клапанов, преобразователей и переходников как единую систему. Допустимость прогрева определяют по всем установленным компонентам, включая наиболее чувствительные к температуре элементы.

Расположение портов выбирают с учетом будущей эксплуатации. Откачной патрубок должен обеспечивать достаточную проводимость, преобразователь давления должен характеризовать нужную область, а вводы изделия должны оставаться доступными. Для вакуумного контроля требуется возможность отделить испытательный объем от насосной ветви. Соединения и переходники подбирают среди вакуумной арматуры Ликлаб и компонентов CBVAC с проверкой их размеров, материалов и назначения.

Изготовление камеры и сборка испытательного стенда

Изготовление начинается с технического задания на испытание. Заказчик определяет объект контроля, его габариты, допустимые воздействия, требуемое давление и критерий приемки. Специалисты Ликлаб связывают эти требования с компоновкой корпуса, числом портов, способом загрузки и размещением насосов. На этой стадии важно предусмотреть доступ для осмотра, очистки и последующего обслуживания, поскольку удобство таких операций влияет на воспроизводимость вакуума.

При разработке корпуса учитывают нагрузку от наружного атмосферного давления при вакуумировании. Фланцы, крышка, опоры и соединения должны соответствовать расчетной конструкции. Назначение камеры для работы под вакуумом не означает разрешения произвольно подавать в нее избыточное давление. Допустимые режимы и порядок наполнения входят в эксплуатационную документацию конкретного исполнения. Толщину стенок, марку материала и режимы сварки устанавливают конструкторские и технологические документы.

После изготовления корпус подготавливают к сборке и контролю. Внутренние поверхности и присоединения должны быть доступны для удаления загрязнений, а уплотняющие места должны сохранять форму и чистоту. Для глубокого вакуума существенны остатки технологических жидкостей, частицы, влага и полости, из которых газ выходит медленно. Проверка только внешнего вида не характеризует газовыделение и герметичность готовой сборки.

Сборка насосной и измерительной частей требует согласования механических и электрических интерфейсов. Массу подключенного оборудования учитывают при выборе опор и трубопроводов. Кабели прокладывают так, чтобы обслуживание разъемного соединения не требовало натяжения проводов. Запорные устройства размещают с учетом методики испытаний и доступа оператора. Эти решения задают проектом, а при пусконаладке проверяют уже на собранной установке.

Контроль корпуса, проверка собранной системы и приемочные испытания решают разные задачи. На первом этапе ищут негерметичные участки камеры и ее соединений. Затем проверяют работу откачки, измерительного канала и алгоритма управления. В приемочной программе фиксируют комплектацию, условия подготовки и показатели, которые необходимо подтвердить. По результатам оформляют предусмотренные договором документы об испытаниях на соответствие согласованным требованиям.

Предварительная и турбомолекулярная ступени откачки

В начале цикла из камеры удаляют основную массу газа. Для описанной конфигурации предусмотрен сухой двухвинтовой насос CBVAC SSH20, который выполняет предварительную откачку и обеспечивает форвакуумную поддержку высоковакуумной ступени. По документации этой модели предельное давление находится в области 1 Па. Это характеристика насоса при условиях его испытания, а не универсальное давление в загруженной камере и не готовая уставка управления стендом.

В двухвинтовой рабочей полости газ перемещается вращающимися роторами с расчетными зазорами. Масло не используется как рабочая уплотняющая жидкость в газовом тракте. При подборе насоса учитывают количество газа, характер паров, сопротивление линии и условия выпуска. Подробные сведения приведены в карточке CBVAC SSH20 , руководстве SSH20 и материале о расчете и эксплуатации сухой откачки .

Турбомолекулярный насос работает за счет передачи импульса молекулам газа от быстро движущихся лопаток ротора. Последовательность роторных и статорных ступеней создает направленный перенос газа от входа насоса к выпуску. Для удаления этого газа необходим работающий форвакуумный насос. После достижения высокого вакуума предварительная ступень продолжает поддерживать условия на выпуске турбомолекулярной ступени.

Давление в камере и давление в форвакуумной линии относятся к разным точкам системы. Разрешение пуска, открытия высоковакуумного клапана и перехода к испытанию определяют по документации выбранного насоса и алгоритму стенда. Значение 1 Па нельзя автоматически назначить общим порогом всех переключений. Подача газа, охлаждение, режим разгона и остановки также требуют согласования с контроллером конкретной насосной модели.

Тип опор и выбор турбомолекулярного насоса

Для заказных решений рассматривают насосы на подшипниках качения и на магнитном подвесе. Керамические подшипники остаются механическими подшипниками с трением и износом. Магнитные опоры поддерживают ротор без механического контакта в штатном режиме, однако конструкция может содержать вспомогательные опоры. Выбор определяется рабочим газом, быстротой действия, допустимыми нагрузками, обслуживанием и условиями монтажа.

Пример модели с керамическими шариковыми подшипниками представляет CBVAC JFB-100/251 . В каталоге изготовителя для нее указаны пластичная смазка подшипников и номинальная частота 54 000 об/мин. Таким образом,

порядок скорости около 50 000 об/мин применим к этому примеру, но не ко всем турбомолекулярным насосам. Быстрота действия и предельное давление также относятся к определенному газу и исполнению входного фланца.

Для CBVAC MTP-3201 на магнитном подвесе каталог указывает 27 720 об/мин, водяное охлаждение и форвакуумную откачку более 1300 л/мин. Последнее соответствует более 78 $м^3$/ч, что превышает номинальные 21,6 $м^3$/ч SSH20. Поэтому MTP-3201 рассматривают при отдельном расчете насосной группы и не подставляют вместо компактного насоса без изменения форвакуумной поддержки. Эти примеры описывают варианты оборудования, а не паспортную комплектацию демонстрационного экземпляра D500 L1000.

Безмасляный газовый тракт и техническое обслуживание

Безмасляная откачка означает отсутствие масла как рабочей уплотняющей жидкости в газовом тракте насосной группы. Это уменьшает риск переноса масляных загрязнений в исследуемый объем. Для материалов, электроники и чувствительных поверхностей такое решение упрощает обеспечение чистоты процесса. При этом остаточные углеводороды могут поступать из других источников, поэтому абсолютную чистоту среды устанавливают отдельными измерениями, если она входит в требования.

У сухого насоса необходимо различать рабочую полость и узлы привода. Руководство CBVAC SSH20 предусматривает проверку уровня и состояния масла редуктора, а также его замену. Долив не заменяет регламентную замену. Конкретный интервал и применяемый материал определяют по действующей инструкции для поставленного исполнения и условиям эксплуатации. Нарушение обслуживания приводных узлов может ухудшить работу насоса, даже если его вакуумная полость остается сухой.

Аналогичное различие необходимо для турбомолекулярной ступени. Каталог JFB прямо описывает смазываемые керамические шариковые подшипники. Для другого типа опор действуют собственные процедуры проверки и обслуживания. Ресурс, сроки замены подшипников и порядок сервисных работ нельзя переносить с одной серии на другую. При эксплуатации контролируют изменение шума, вибрации, времени разгона и состояния охлаждения в пределах требований изготовителя.

Чистота установки зависит и от того, как ее открывают, загружают и собирают. Загрязненное изделие, неподходящая оснастка или длительный контакт с влажным воздухом способны увеличить газовую нагрузку независимо от типа насоса. Поэтому сухую откачку дополняют подготовкой поверхностей, обращением с уплотнениями и контролем условий процесса. Сервисная программа должна охватывать всю систему, включая арматуру, датчики и электрические соединения.

Измерение давления вакуумметром LeakLab AGP4000

В составе установки используется широкодиапазонный вакуумметр LeakLab AGP4000. Документация первичного преобразователя AGP4000 под маркой ASAIR описывает два измерительных принципа: Пирани и ионизационный метод с холодным катодом. Такое сочетание позволяет прослеживать изменение давления от области атмосферного давления до высокого вакуума. Датчик формирует измерительный сигнал, а автоматика стенда обрабатывает его для индикации и управления.

В таблице 2 оригинального руководства AGP4000 указан диапазон 1×10 -6 ...1×10 5 Па для воздуха и азота. Погрешность по азоту составляет ±30 % показания, повторяемость составляет ±5 % показания. Эти величины характеризуют прибор и не равны точности определения остаточного давления всей установки. Приемочная методика должна учитывать условия измерения, применимость газовой градуировки и характеристики конкретного экземпляра.

В области Пирани используется зависимость теплопередачи от давления газа. Холоднокатодный канал регистрирует ионизационный процесс при низком давлении. Оба принципа зависят от свойств газовой среды. Показание прибора с градуировкой по воздуху или азоту нельзя без оценки соответствующих поправок считать газонезависимым измерением произвольной смеси. Особенно важно учитывать это при поступлении гелия и при изменении состава остаточного газа.

Документация предусматривает присоединение KF25, аналоговый выход 0...10 В и цифровую связь RS-485 с Modbus RTU. Наличие разъема RJ45 в данном приборе не означает подключения к обычной сети Ethernet. Функция преобразования аналогового напряжения связана с логарифмом давления. Схему подключения и преобразование сигнала реализуют по руководству, с проверкой единиц и выбранного интерфейса. Распиновка и программные уставки не определяются по внешнему виду разъема.

Нижняя граница диапазона, разрешение экрана и неопределенность результата имеют разный смысл. Дополнительные цифры на индикаторе не расширяют нормированный диапазон. Для решения о выполнении требования $p \le 1×10^{-6}$ Па непосредственно у нижней границы учитывают метрологические характеристики и

установленное правило принятия решения. При необходимости методика предусматривает дополнительное средство измерений с подходящим диапазоном.

По сведениям Ликлаб, проводятся работы по утверждению типа вакуумметров. Возможность поставки с поверкой определяется актуальным метрологическим статусом прибора на дату заказа. Калибровка, проверка работоспособности и поверка решают разные задачи. Для заказа доступны карточка AGP4000 , руководство по эксплуатации и разбор принципов измерения давления AGP4000 .

Автоматика ОВЕН ПР225 и последовательность цикла

Основой автоматики служит программируемое реле ОВЕН ПР225. Специалисты Ликлаб разрабатывают логику под конкретную насосную группу, измерительные каналы и исполнительные устройства. Реле получает сигналы датчиков и контроллеров насосов, обрабатывает состояния и управляет разрешенными действиями через предусмотренные электрической схемой цепи. Само реле не является вакуумметром и не измеряет давление без преобразователя.

Рабочий цикл начинается с подготовки камеры и проверки исходных состояний. После загрузки и закрытия камеры выполняется предварительная откачка. При соблюдении условий выбранного оборудования автоматика разрешает высоковакуумный режим. Затем система стабилизируется, проводится предусмотренное испытание, выполняется завершение и контролируемое наполнение. Последовательность конкретных клапанов и численные уставки определяются документацией установки.

При разработке заказного алгоритма рассматривают реакции на недопустимое давление, отсутствие готовности насоса, отказ датчика, потерю связи и нарушение охлаждения. Необходимость каждого контроля связана с фактическим оборудованием и анализом режима работы. Реализованные блокировки фиксируют в схеме и проверяют при приемке. Возможности аппаратной платформы сами по себе не подтверждают реализацию каждой функции в установленной программе.

Обслуживающий персонал должен различать рабочую команду, подтверждение ее выполнения и условие разрешения следующего шага. Например, команда пуска не означает, что ротор уже вышел на рабочую частоту. Сообщение преобразователя должно проверяться на корректность и актуальность перед использованием в алгоритме. При потере сигнала дальнейшее поведение установки задают заранее, а не оставляют на усмотрение очередного оператора.

Состав интерфейсов и электрические характеристики проверяют по модификации реле и документации ОВЕН ПР225 . Архивирование, удаленное управление и автоматическое формирование протоколов включаются только при наличии таких требований в заказе и их реализации в проекте. Применение ПР225 также не означает автоматического присвоения системе функций контроллера функциональной безопасности.

Подготовка системы и достижение остаточного давления

Требование p ≤ 1×10 -6 Па относится к подготовленной системе в определенной комплектации. Ликлаб сообщает о достижении этого уровня в демонстрационной установке. При приемке заказного оборудования результат оформляют с указанием условий: состояния камеры, загрузки, расположения датчика, состава насосной группы и режима подготовки. Сообщение о достигнутом уровне не задает универсального времени откачки для любого изделия.

По мере снижения давления возрастает влияние газовыделения поверхностей, десорбции влаги и поступления газа через негерметичные соединения. Дополнительную нагрузку могут создавать эластомерные уплотнения и материалы образца. Процедура подготовки должна соответствовать содержимому камеры и допустимым воздействиям на него. Прогрев применяют только там, где его допускает вся сборка и где режим предусмотрен эксплуатационной документацией.

Газ удаляется из камеры через патрубки, клапаны и переходники, поэтому эффективная быстрота откачки у камеры отличается от паспортной быстроты насоса. Узкое или длинное соединение ограничивает перенос газа. При расчете учитывают режим течения, газ, геометрию тракта и реальные характеристики оборудования. Увеличение паспортной быстроты насоса не всегда дает сопоставимое улучшение на рабочем объеме.

Для стационарной оценки связь давления с газовой нагрузкой выражают через отношение p ≈ Q/S эфф , если учтены применимые ограничения модели. Здесь Q обозначает суммарный поток поступающего газа, а S эфф обозначает эффективную быстроту откачки в рассматриваемой точке. Такое соотношение показывает необходимость одновременно уменьшать газовую нагрузку и обеспечивать проводимость тракта. Оно не является расчетом подтвержденного давления конкретного стенда без исходных данных.

При оценке кривой откачки сравнивают одинаковые состояния системы. Давление после длительной подготовки пустой камеры и давление вскоре после загрузки влажного изделия отражают разные условия. Результат испытания

должен сохранять эту разницу. Для воспроизводимой приемки заранее задают порядок подготовки и измерения, а не выбирают единственное минимальное показание из произвольного цикла.

Фотоматериалы первичного контроля фиксируют конструкцию, размещение измерительных узлов и индикацию около атмосферного давления. Они не являются протоколом достижения 1×10 -6 Па. При необходимости исследования газовыделения полезно сопоставлять процедуру с опубликованными методами измерений, например с работой NIST по газовыделению вакуумных камер . Результаты для других материалов и образцов не переносятся на D500 L1000 как ее паспортные данные.

Вакуумметрический контроль по росту давления

После изоляции от насосной группы изменение давления может использоваться для оценки суммарного поступления газа. В простом приближении при постоянной температуре и известном объеме применяют Q = V·dp/dt. Объем V относится ко всему изолированному участку, а скорость роста давления определяется по согласованному интервалу наблюдения. Изменение температуры и продолжающееся газовыделение могут существенно влиять на результат.

Измеренный рост давления объединяет поступление через течи, десорбцию с поверхностей и другие газовые источники. Поэтому один такой тест не всегда позволяет выделить именно негерметичность. Выбор момента изоляции, длительности наблюдения и состояния поверхности входит в методику. Общие ограничения метода рассматриваются в руководстве Leybold по изменению давления .

Для задач вакуумметрического контроля Ликлаб применяет комплекс ВакуумТест . Принципы проведения такого испытания описаны в технической публикации о ВакуумТест . Использование этого подхода следует согласовывать с требуемой чувствительностью и характером объекта. Регистрация изменения общего давления не заменяет избирательную регистрацию гелия масс-спектрометрическим каналом.

Гелиевый контроль и чувствительность измерительной схемы

В проекте различают контроль герметичности самой камеры, испытание изделия внутри камеры и проверку чувствительности всей схемы. Камеру проверяют как часть оборудования, которое должно обеспечивать условия испытания. При контроле изделия измерительный сигнал должен относиться к его состоянию с учетом фона установки. Проверка чувствительности показывает, какой поток через течь можно достоверно обнаружить при выбранной обвязке и режиме.

Для гелиевого контроля необходим отдельный масс-спектрометрический измерительный канал. Вакуумметр AGP4000 измеряет давление и не заменяет гелиевый течеискатель. Подключение гелиевого течеискателя предусматривают в соответствующей комплектации. Его наличие в поставке, подключение к камере и режим совместной работы с насосной группой закрепляют в спецификации и программе испытаний.

Заявленный ориентир минимального достоверно регистрируемого потока составляет q = 1×10 -11 Па·м 3 /с. Для D500 L1000 это требование к проверке конкретной измерительной схемы. Его нельзя считать подтвержденной характеристикой любой комплектации или выводить из остаточного давления камеры. Чувствительность отдельного течеискателя также не равна автоматически чувствительности стенда после подключения дополнительной откачки и арматуры.

При одновременной работе нескольких откачных ветвей поток гелия распределяется между ними. Доля, достигающая течеискателя, зависит от проводимости и режимов насосов. Высокая суммарная быстрота откачки может ускорять удаление газа, но одновременно уменьшать сигнал в измерительной ветви. Поэтому при проверке чувствительности воспроизводят именно рабочую схему, включая положения арматуры, состояние насосов и способ подачи пробного газа.

Проверку выполняют с применением калиброванной гелиевой течи , подходящей по потоку и условиям использования. Учитывают собственный фон гелия, концентрацию пробного газа, время отклика, восстановление фона и неопределенность эталонного потока. Проверка канала должна охватывать тот путь переноса газа, по которому будет регистрироваться течь изделия. Это позволяет установить реальную способность системы различать полезный сигнал и фон.

Первый класс герметичности и область применения стандарта

Для задач в области использования атомной энергии применимость требований оценивают по ГОСТ Р 50.05.01-2018 . В таблице 1 этого документа класс I связан с диапазоном предельно допустимых потоков воздуха через течи объекта при рабочем давлении от 5×10 -11 до 5×10 -10 Па·м 3 /с включительно. Эти нормы относятся к объекту и условиям контроля, а не к универсальной маркировке вакуумной камеры.

Ориентир 1×10 -11 Па·м 3 /с для обнаружения гелия не является определением первого класса по этому стандарту. При переходе от требований по воздуху к измерению гелия учитывают принятую методику, свойства газа и условия испытания. Способ контроля и пороговую чувствительность проверяют в соответствии с применимыми положениями стандарта, включая приложения Б и В. Заявление о соответствии конкретного изделия делают по результатам предусмотренной процедуры.

Документ об испытании камеры подтверждает результаты выполненных работ в указанном объеме. Его форма может предусматривать протокол, заключение или сертификат испытаний в составе согласованного комплекта. Такой документ не следует отождествлять с обязательным сертификатом соответствия продукции, поверкой приборов или подтверждением всех возможных отраслевых требований. Работы по испытаниям на герметичность согласуют с объектом и программой контроля.

Комплектация для исследований и технологических задач

Основу системы составляют камера, выбранная насосная группа, измерение давления, арматура и управление. Документы поставки определяют состав каждого узла и подтверждаемые характеристики. Дополнительные функции оценивают вместе с изменением газовой нагрузки, числа вводов и требований к чистоте. Такой порядок позволяет сохранить связь между назначением установки и условиями, при которых она достигает заданного давления.

Для испытаний электроники и ответственных компонентов камера создает контролируемую вакуумную среду. При этом электрические вводы, крепления, питание изделия и измерительная аппаратура относятся к отдельной части проекта. Допустимую нагрузку на образец и критерии его работоспособности задает программа испытаний. Наличие вакуума само по себе не описывает воздействие температуры, радиации, вибрации или других факторов.

В исследованиях материалов важны чистота поверхностей, состав остаточного газа, последовательность подготовки и доступ к образцу. Для создания установки напыления потребуются соответствующие источники, вводы, оснастка и управление процессом. Для термовакуумных испытаний необходимы средства задания и измерения температуры. Базовую камеру нельзя считать готовой системой имитации космической среды без такого оснащения и подтвержденной программы.

Заказная конструкция может предусматривать иной набор портов, дополнительные датчики и средства подключения течеискателя. Каждое изменение проверяют на совместимость с остаточным давлением и процедурой контроля. Для первоначального выбора доступны вакуумные камеры Ликлаб , турбомолекулярные насосы и материал о проектировании камер и азотных ловушек .

Пусконаладка, сервис и обучение персонала

Ликлаб сопровождает установку от подбора компонентов до освоения испытаний на рабочем месте. Пусконаладка связывает механическую сборку, измерительный канал и программу управления. Проверяют предусмотренные режимы, последовательность завершения цикла и действия при отклонениях. Состав передаваемых инструкций и документов об испытаниях согласуют с заказчиком, чтобы персонал мог воспроизводить требуемые условия эксплуатации.

В процессе эксплуатации Ликлаб выполняет сервисное обслуживание вакуумного оборудования , диагностику и ремонт. Основанием для работ могут быть ухудшение откачки, изменение показаний, нарушения герметичности или сообщения контроллеров. Диагностика рассматривает систему последовательно: состояние камеры и соединений, измерение давления, работу насосов и корректность управления. Это помогает установить причину отклонения перед заменой исправных компонентов.

Обучение проводит лаборатория контроля герметичности Ликлаб на своей базе, а также на территории заказчика с использованием приобретенного оборудования. Практическая часть может включать подготовку камеры, чтение показаний, выполнение согласованного цикла, обращение с уплотнениями и проверку измерительной схемы. Содержание программы связывают с задачами сотрудников и составом установки. Сведения о направлении представлены в разделе обучения вакуумной технике и контролю герметичности .

Для устойчивого результата персоналу важно понимать происхождение каждого численного показателя. Давление характеризует состояние газа в точке измерения, поток через течь характеризует поступление газа, а класс герметичности определяется применимым нормативным документом. Разделение этих понятий помогает правильно проводить испытания, оценивать результат и готовить техническое задание на развитие установки.

Видео конструкции и первичного контроля камеры

Видеозапись показывает загрузочную крышку, внутренние поверхности, торцевые порты и первичную измерительную обвязку D500 L1000. Съемка относится к этапу контроля камеры. Нынешняя готовность демонстрационной высоковакуумной установки описана выше по сведениям изготовителя.

Открыть видео камеры в формате MP4

Демонстрационный разрез турбомолекулярного насоса

Короткий ролик показывает демонстрационный разрез насоса с открытым для наблюдения пакетом ступеней. Запись иллюстрирует устройство насосного узла и дополняет фотографии сервисных работ. Она не является записью испытания D500 L1000.

Фотографии изготовления и первичного контроля

Галерея содержит 37 фотографий камеры и первичного контроля, а также четыре фотографии работ с турбомолекулярным насосом. Изображения сгруппированы по узлам и открываются в увеличенном виде. Подписи отражают показанные детали и этап съемки.

Демонстрация установки и техническое предложение

Вы можете согласовать демонстрацию LeakLab D500 L1000, обсудить комплектацию под Ваше изделие или запросить техническое предложение. Для подбора полезно сообщить габариты и материалы объекта, требуемое давление, метод контроля, критерий приемки и условия размещения. Если необходима регистрация гелиевого потока на уровне 1×10 -11 Па·м 3 /с, это требование включают в программу проверки измерительной схемы.

Свяжитесь с лабораторией по телефону +7-812-715-00-17 или электронной почте mail@leaklab.ru . Действующие сведения опубликованы на странице контактов Ликлаб . Наличие демонстрационного образца позволяет обсудить систему на реальном оборудовании, а состав и условия поставки согласуются для конкретного заказа.

Страница изделия: https://leaklab.ru/product/vakuumnye-ispytatelnye-kamery/vakuumnaya-ispytatelnaya-kamera-liklab-d500-l1000-dlya-kontrolya-germetichnosti-po-gost-r-50-05-01-2/