

ТЕХНИЧЕСКАЯ КАРТОЧКА ИЗДЕЛИЯ

ЛИКЛАБ Крио: система вакуумирования криогенных резервуаров и мобильных цистерн



ЛИКЛАБ Крио — автоматизированная система вакуумирования и контроля герметичности криогенных резервуаров, мобильных цистерн и сосудов с экранно-вакуумной изоляцией. Комплекс построен на трехступенчатой схеме откачки: сухой винтовой форвакуумный насос CBVAC SSH20, бустерный насос Рутса ULVAC MBS-053 и высоковакуумный турбомолекулярный насос CBVAC 80/63.

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

Причина роста давления	Признак	Дальнейшие действия
Сквозная течь	Давление после отсечения насосов растет устойчиво, часто близко к линейной зависимости	Проверить арматуру, соединения, сварные швы, выполнить гелиевое течеискание
Дегазация поверхностей	Рост давления постепенно замедляется	Продолжить откачку, выполнить технологическую выдержку, сушку или прогрев при наличии такой возможности
Остаточная влага в изоляции	Давление снижается медленно, наблюдается длительный участок газовыделения	Продлить цикл откачки, оценить необходимость дополнительной сушки или повторной подготовки резервуара
Негерметичность клапана или переходника	Рост давления появляется после отсечения насосной системы, но не подтверждается при отдельной проверке резервуара	Проверить оснастку, уплотнения, вакуумный порт и запорную арматуру

Параметр	Значение	Примечание
Назначение	Вакуумирование и контроль герметичности криогенных резервуаров	Межстенное пространство, экранно-вакуумная изоляция, мобильные цистерны
Форвакуумная ступень	CBVAC SSH20	Сухой винтовой насос
Рабочая быстрота форвакуумной ступени	16 м³/ч	Расчетное значение в составе системы с учетом арматуры и магистралей
Предельное давление форвакуумной ступени	до 1 Па	При исправном насосе и подготовленной вакуумной системе
Бустерная ступень	ULVAC MBS-053	Насос Рутса
Давление включения бустерной ступени	около 500 Па	Уставка может уточняться под объект и защитный алгоритм

Параметр	Значение	Примечание
Быстрота откачки бустерной ступени	до 50 м³/ч	В рабочей области среднего вакуума
Рабочая область бустерной ступени	до 0,04 Па	При корректной форвакуумной поддержке и низкой газовой нагрузке
Высоковакуумная ступень	СВ-VAC 8063	Турбомолекулярный насос
Быстрота откачки турбомолекулярного насоса	80 л/с	По азоту, в зависимости от исполнения насоса
Входной порт высоковакуумной ступени	ISO 63	Подключение через соответствующую вакуумную арматуру и переходники
Диапазон измерения давления	1×10 ⁻⁵ Па до 1×10 ⁵ Па	Широкодиапазонный датчик Пирани-Пеннинга
Контроль герметичности	Метод регистрации роста давления во времени	Опция ЛИКЛАБ ВакуумТест
Режимы управления	Автоматизированный и ручной сервисный	С ограничением доступа к ручному режиму

Режим	Назначение	Основные действия системы
Ожидание	Готовность к запуску	Система показывает давление, состояние клапанов и готовность насосов
Форвакуумная откачка	Первичное снижение давления	Запускается CBVAC SSH20, открывается форвакуумная линия, остальные ступени заблокированы
Завершение форвакуумной откачки	Переход к бустерной ступени	Контроллер проверяет достижение давления около 500 Па и готовность клапанов
Бустерная откачка	Ускоренное снижение давления в среднем вакууме	Включается насос Рутса ULVAC MBS-053, контролируется нагрузка и давление
Высоковакуумная откачка	Достижение глубокого вакуума в области изоляции	Включается СВ-VAC 8063 после достижения безопасного давления
Стабилизация	Выдержка резервуара под откачкой	Система продолжает откачку до стабилизации давления или завершения заданного времени
Контроль герметичности №1	Оценка грубого роста давления после первичной откачки	Клапаны перекрываются, насосы изолируются, фиксируется динамика давления
Контроль герметичности №2	Повторная оценка после высоковакуумной откачки или выдержки	Выполняется более точная оценка натекания и дегазации
Завершение откачки	Безопасное окончание работы	Останавливаются насосы, закрываются клапаны, система переводится в безопасное состояние
Ручной режим	Сервисная проверка узлов	Оператор с доступом вручную включает насосы и клапаны для диагностики

Результат наблюдения	Вероятная причина	Рекомендуемое решение
Давление достигло целевого уровня и после отсечения растет медленно	Система герметична, остаточное газовыделение допустимо	Завершить откачку, оформить результат контроля
Давление достигло целевого уровня, но после отсечения растет линейно	Вероятное натекание через дефект или арматуру	Проверить оснастку, выполнить гелиевое течеискание
Давление не достигает требуемого уровня	Большая газовая нагрузка, влага, дефект, загрязнение или недостаточная проводимость линии	Продолжить откачку, проверить схему подключения, оценить необходимость поиска течи
После повторной откачки результат заметно улучшается	Преобладает дегазация	Продолжить технологическую сушку и выдержку
После повторной откачки результат не улучшается	Вероятна сквозная негерметичность	Провести локализацию течи гелиевым методом

Сообщение	Возможная причина	Действия оператора
Авария входного напряжения	Отсутствие фазы, неправильное напряжение, нарушение питания	Проверить ввод питания, автоматические выключатели, заземление и защитные цепи
Авария клапанов	Фактическое положение клапана не соответствует команде	Проверить пневмопитание, электропитание клапана, кабель, датчик положения и механическое состояние клапана
Авария насосов	Ошибка привода, перегрузка, перегрев, отказ связи или недопустимый режим	Посмотреть код ошибки, остановить цикл, проверить насос согласно руководству по эксплуатации
Нет сигнала вакуумметра	Повреждение датчика, обрыв кабеля, ошибка интерфейса	Проверить питание датчика, линию связи, адрес, разъем и исправность вакуумметра
Давление не снижается	Открытый порт, негерметичность, неисправность насоса, закрытый клапан, загрязнение фильтра	Проверить схему подключения, клапаны, соединения, насосы и оснастку
Превышено время откачки	Большой объем, высокая дегазация, влага, течь или ограниченная проводимость линии	Проверить объект, повторить откачку, провести тест удержания вакуума

Описание и область применения

ЛИКЛАБ Крио. Система вакуумирования и контроля герметичности криогенных резервуаров

ЛИКЛАБ Крио представляет собой автоматизированный откачной пост для вакуумирования межстенного пространства криогенных резервуаров, транспортных цистерн, сосудов с экранно-вакуумной изоляцией и вакуумно-изолированных магистралей.

Система предназначена для создания, восстановления и контроля вакуума в области изоляции, а также для оценки герметичности по динамике изменения давления после отсечения насосов. Комплекс объединяет сухую форвакуумную ступень, бустерный насос Рутса, турбомолекулярный насос, широкодиапазонное измерение давления, вакуумную арматуру и контроллер автоматического управления.

1. Общие положения

Настоящее техническое описание определяет назначение, состав, принцип действия и порядок применения системы ЛИКЛАБ Крио при вакуумировании криогенных емкостей. Комплекс применяется для транспортных и стационарных резервуаров с экранно-вакуумной изоляцией, где требуется восстановить пониженное давление в межстенном пространстве и подтвердить отсутствие значимого натекания.

Вакуумная изоляция криогенного резервуара работает эффективно только при низком остаточном давлении. При ухудшении вакуума возрастает теплоприток к внутреннему сосуду, увеличивается испарение криогенного продукта, повышается нагрузка на предохранительную арматуру и ухудшается эксплуатационная стабильность емкости. Поэтому контроль вакуума является не вспомогательной операцией, а частью технического обслуживания резервуара.

ЛИКЛАБ Крио рассчитан на работу с объектами, у которых требуется:

- вакуумирование межстенного пространства после ремонта или регламентных работ;
- восстановление вакуумной изоляции после длительной эксплуатации;
- проверка фактического остаточного давления в области изоляции;
- диагностика ухудшения вакуума после транспортировки или простоя;
- оценка наличия сквозной течи или преобладающей дегазации;
- подготовка резервуара к последующему гелиевому течеисканию;
- получение данных для технического заключения по состоянию вакуумной изоляции.

2. Назначение откачного поста

Откачной пост ЛИКЛАБ Крио предназначен для проведения откачки межстенного пространства транспортных и стационарных криогенных емкостей с экранно-вакуумной изоляцией. После достижения заданного давления система может выполнять контроль удержания вакуума методом регистрации роста давления во времени.

Комплекс решает две связанные задачи. Первая задача заключается в удалении газа и паров из межстенного пространства. Вторая задача заключается в диагностике причины последующего роста давления. Для криогенных

резервуаров это принципиально важно, поскольку одинаковое ухудшение вакуума может быть вызвано разными физическими процессами.

3. Состав системы ЛИКЛАБ Крио

ЛИКЛАБ Крио построен по трехступенчатой схеме откачки с автоматическим переходом между режимами в зависимости от давления. Такая схема позволяет корректно работать в широком диапазоне, от атмосферного давления до высокого вакуума.

Форвакуумная ступень

Сухой винтовой насос CBVAC SSH20. В составе комплекса используется рабочая быстрота откачки 16 м³/ч и предельное давление до 1 Па. Насос выполняет первичную откачку и поддерживает последующие ступени.

Бустерная ступень

Механический бустерный насос Рутса ULVAC MBS-053. Насос включается после достижения давления около 500 Па и повышает эффективную быстроту откачки в среднем вакууме до 50 м³/ч.

Высоковакуумная ступень

Турбомолекулярный насос CB-VAC 8063 с быстротой откачки 80 л/с и входным портом ISO 63. Ступень применяется после снижения давления до безопасного диапазона для высоковакуумной откачки.

В состав системы также входят:

- главный отсечной клапан между системой и резервуаром;
- вакуумные клапаны форвакуумной, бустерной и высоковакуумной линий;
- клапан напуска или продувки;
- широкодиапазонный вакуумный датчик Пирани-Пеннинга;
- контроллер автоматического управления;
- панель оператора с мнемосхемой;
- силовой шкаф управления и защиты;
- кабели питания и сигнальные линии;
- гибкие вакуумные соединения, переходники и фланцевая оснастка;
- опция ЛИКЛАБ ВакуумТест для контроля роста давления и расчета потока натекания.

4. Технические характеристики комплекса

5. Принцип работы трехступенчатой откачки

В начале процесса давление в межстенном пространстве может быть высоким. На этом этапе включается только форвакуумная ступень, поскольку бустерный и турбомолекулярный насосы не должны принимать избыточную газовую нагрузку. Сухой винтовой насос CBVAC SSH20 удаляет основную массу воздуха и паров.

После достижения давления около 500 Па контроллер разрешает включение бустерного насоса Рутса ULVAC MBS-053. Бустер резко увеличивает эффективную быстроту откачки, особенно в диапазоне среднего вакуума, где одна форвакуумная ступень уже работает менее эффективно.

После дальнейшего снижения давления включается турбомолекулярный насос CB-VAC 8063. Высоковакуумная ступень обеспечивает доводку давления до уровня, необходимого для восстановления теплоизоляционных свойств экранно-вакуумной изоляции.

6. Система автоматизированного управления

САУ ЛИКЛАБ Крио представляет собой программно-технический комплекс, состоящий из шкафа управления, контроллера, силовой коммутационной части, панели оператора, датчиков давления, исполнительных клапанов и программного алгоритма. Система обеспечивает автоматизированную или ручную работу откачного поста.

САУ выполняет следующие функции:

- управляет запуском и остановом всех насосных ступеней;
- открывает и закрывает вакуумные клапаны в правильной последовательности;
- измеряет и отображает давление в вакуумной системе;

- контролирует достижение уставок давления;
- блокирует включение насосов при неподходящих условиях;
- отображает текущий режим работы;
- выводит аварийные и технологические сообщения;
- позволяет вводить уставки времени, давления и критериев контроля;
- поддерживает ручной сервисный режим для диагностики;
- формирует данные для протокола откачки и контроля герметичности.

В основу алгоритма заложена безопасная последовательность работы. Если давление не достигло заданного значения, система не разрешает переход на следующую ступень. Если датчик фиксирует аварийное состояние, несоответствие положения клапана или отказ насоса, САУ закрывает клапаны, останавливает откачку и выводит сообщение оператору.

7. Панель оператора и мнемосхема

Панель оператора предназначена для запуска откачки, ввода уставок, контроля текущего состояния установки и перехода в сервисные экраны. Главный экран должен содержать мнемосхему вакуумной системы, на которой отображаются насосы, клапаны, датчики давления, состояние исполнительных механизмов и активный режим.

На главном экране рекомендуется отображать:

- текущее давление в межстенном пространстве;
- давление в форвакуумной линии или на выпуске бустерной ступени;
- состояние насоса CBVAC SSH20;
- состояние бустерного насоса ULVAC MBS-053;
- состояние турбомолекулярного насоса CB-VAC 8063;
- положение основных клапанов;
- наличие разрешения на включение следующей ступени;
- текущий режим откачки;
- технологические сообщения и подсказки;
- аварийные сообщения;
- кнопки «Пуск откачки», «Стоп», «Контроль герметичности», «Ручной режим».

На экране ввода уставок оператор задает рабочие параметры конкретного резервуара. В зависимости от конфигурации это может быть объем межстенного пространства, целевое давление, давление включения бустера, давление включения турбомолекулярного насоса, время стабилизации, время контроля роста давления и допустимое конечное давление.

8. Режимы работы

9. Подготовка системы к работе

Перед запуском ЛИКЛАБ Крио необходимо выполнить техническую подготовку резервуара, вакуумной магистрали и самой установки. Нельзя запускать автоматический цикл без проверки вакуумного порта и состояния арматуры.

- Проверить техническое состояние резервуара и доступность вакуумного порта.
- Убедиться, что подключаемый порт относится к межстенному пространству, а не к рабочей полости резервуара.
- Проверить наличие заглушек, переходников, уплотнений и вакуумной арматуры.
- Очистить соединительные поверхности фланцев от загрязнений, влаги и следов коррозии.
- Подключить вакуумную магистраль системы к резервуару.
- Проверить положение ручных клапанов.
- Подключить электропитание установки.
- Проверить наличие заземления.

- Убедиться в отсутствии аварийных сообщений на панели оператора.
- Ввести установки давления, времени и объема контролируемого пространства.
- Перейти на главный экран и подтвердить готовность к пуску.

10. Порядок автоматизированной откачки

Запуск цикла

Оператор нажимает кнопку «Пуск откачки» на главном экране. Контроллер проверяет готовность системы, состояние аварий, положение клапанов и наличие корректного сигнала давления.

Форвакуумная стадия

Открывается форвакуумная линия и запускается CBVAC SSH20. Система снижает давление от атмосферного уровня или от текущего остаточного давления до установки включения бустерной ступени.

Включение бустера

После достижения давления около 500 Па контроллер запускает насос Рутса ULVAC MBS-053. Бустер увеличивает быстроту откачки и ускоряет удаление остаточных газов из межстенного пространства.

Переход к высокому вакууму

При достижении заданного давления контроллер разрешает запуск турбомолекулярного насоса CB-VAC 8063. Высоковакуумная ступень работает при открытом соответствующем клапане и исправной форвакуумной поддержке.

Стабилизация

Система выдерживает объект под откачкой. Оператор контролирует скорость снижения давления. Если давление снижается медленно, система позволяет продолжить технологическую откачку для удаления влаги и газовыделения.

Контроль удержания вакуума

После достижения заданного давления оператор запускает тест удержания. Клапаны закрываются, насосы изолируются от резервуара, ЛИКЛАБ ВакуумТест регистрирует рост давления и рассчитывает эффективный поток натекания.

11. Контроль герметичности и анализ кривой давления

Вакуумметрический контроль выполняется после отсечения насосов от межстенного пространства. Прибор регистрирует изменение давления во времени и рассчитывает поток натекания с учетом заданного объема.

Интерпретация результата должна учитывать не только конечное давление, но и форму кривой:

- приближенно линейный рост давления чаще указывает на постоянное натекание через дефект;
- затухающий рост давления чаще указывает на газовыделение внутренних поверхностей;
- скачкообразное изменение давления может указывать на нестабильность клапана, неплотность оснастки или локальное вскрытие объема;
- отсутствие снижения скорости роста после длительной откачки является основанием для поиска течи;
- улучшение результата после повторной откачки указывает на влияние дегазации или влаги.

По итогам контроля оператор получает начальное давление, конечное давление, разницу давлений, расчетный поток натекания и график давления во времени. Эти данные могут использоваться для технического заключения, сервисного отчета или принятия решения о необходимости ремонта.

12. Критерии принятия решения

13. Ручной сервисный режим