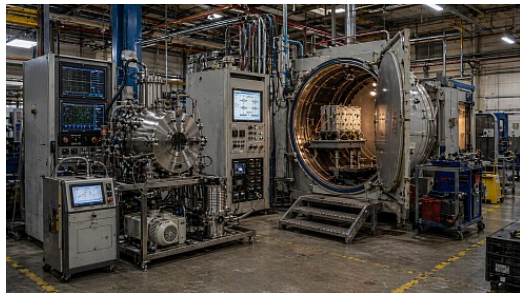


ТЕХНИЧЕСКАЯ КАРТОЧКА ИЗДЕЛИЯ

Установки для испытаний на герметичность и для испытаний электронных средств в условиях вакуума и комплексных воздействий



Лаборатория ЛИКЛАБ разрабатывает и изготавливает испытательные установки и стенды для контроля герметичности, вакуумных испытаний и комплексной отработки радиоэлектронных изделий в условиях, приближенных к реальной эксплуатации. В статье рассмотрены принципы построения таких систем, состав вакуумных камер, средства откачки, нагрева, измерения и регистрации параметров, а также возможности имитации ультранизкого давления, термовакуумных режимов, солнечного излучения, повышенной влажности, пыли, песка и других воздействующих факторов. Показано, как проектируются установки для испытаний на герметичность в вакууме, для выявления течей, оценки устойчивости изделий к внешним нагрузкам и...

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

Модуль установки	Назначение
Вакуумная камера	Создание герметичного испытательного объема, размещение изделия, обеспечение технологических вводов, оптических окон, кабельных проходов и сервисного доступа
Система откачки	Предварительное и высоковакуумное разрежение, удаление газовой нагрузки, достижение заданного времени выхода на режим
Система измерения давления	Контроль диапазона от атмосферного давления до глубокого вакуума, регистрация скорости откачки и стабильности режима
Система нагрева в вакууме	Формирование заданной температуры изделия, экранов или узлов камеры, проведение термовакуумных испытаний и ускоренных режимов
Газовая система	Подача сухого воздуха, азота, гелия и других технологических сред, продувка, заполнение, контроль перепада давлений
Контроль герметичности	Испытания методом индикаторного газа, вакуумной камеры, обдува, накопления, локализация дефектов и проверка после ремонта
Система имитации внешних воздействий	Солнечное излучение, пыль, песок, влажность, циклирование температуры, комбинированные климатические факторы
Шкаф автоматики	Управление насосами, клапанами, нагревом, датчиками, регистрацией событий, сигнализацией и защитами

Модуль установки	Назначение
Программное обеспечение	Рецепты режимов, архив данных, графики, протоколы испытаний, контроль допуска и прослеживаемость результатов

Тип задачи	Рекомендуемое исполнение стенда
Проверка герметичности электронного корпуса	Камера или оснастка под индикаторный газ, вакуумная линия, датчики давления, контроль времени насыщения и стабилизации
Локализация места течи	Подключение масс-спектрометрического течеискателя, щуп, насадки для обдува, локальная оснастка, режимы поиска и подтверждения
Проверка после ремонта или пайки	Сокращенный автоматизированный цикл с протоколом годеи или брак
Работа в вакууме или под водой	Комбинированная схема прочностной проверки, герметичности и функционального контроля под внешней нагрузкой

Описание и область применения

ЛИКЛАБ изготавливает установки для испытаний на герметичность и для испытаний электронных средств в условиях вакуума и комплексных воздействий

Лаборатория ЛИКЛАБ разрабатывает и изготавливает испытательные установки для контроля герметичности, вакуумных испытаний и термовакуумной отработки радиоэлектронных изделий, электронных блоков, приборов, кабельных сборок, датчиков, модулей, корпусов и другой ответственной аппаратуры. Такие установки применяют там, где недостаточно разовой проверки изделия при комнатных условиях. Для критически важных электронных средств требуется воспроизвести среду, максимально приближенную к реальной эксплуатации, измерить изменение параметров во времени, подтвердить стойкость конструкции и выявить скрытые дефекты до ввода изделия в работу.

Практика показывает, что для современной аппаратуры одного только электрического контроля недостаточно. Важны испытания при пониженном давлении, в глубоком вакууме, при нагреве и охлаждении, при действии влаги, пыли, излучения и перепадов давления. Именно поэтому испытательный стенд сегодня является не вспомогательным оборудованием, а частью инженерной системы обеспечения качества изделия. Хорошо спроектированная установка должна не просто создавать требуемую среду, а обеспечивать устойчивый режим, воспроизводимость, регистрацию параметров, безопасность, метрологическую прослеживаемость и понятный протокол результата.

Для каких задач изготавливаются такие установки

ЛИКЛАБ проектирует оборудование под конкретную задачу заказчика. На практике это могут быть как компактные стенды для отдельных операций, так и комплексные установки, объединяющие вакуумную камеру, систему нагрева, средства контроля герметичности, газовую обвязку, датчики давления, автоматизированный шкаф управления и программный архив испытаний.

Типовые задачи, которые решает такое оборудование:

- контроль герметичности корпусов, блоков и узлов электронных средств
- термовакуумные испытания аппаратуры и ее элементов
- испытания на воздействие пониженного давления и глубокого вакуума
- испытания на воздействие нагрева в вакууме
- проверка работоспособности под нагрузкой в условиях отсутствия конвективного теплообмена
- моделирование космической среды в части вакуума, тепловых потоков и радиационно-теплового баланса
- испытания на солнечное излучение, пыль, песок, влажность и комбинированные климатические воздействия
- проверка стойкости материалов, покрытий, уплотнений, кабельных вводов и клеевых соединений
- локализация мест нарушения герметичности и проверка эффективности ремонта
- отработка конструкции до серийного производства

Почему для электронной аппаратуры вакуум является отдельным испытательным фактором

В условиях глубокого вакуума резко меняется теплообмен. Конвективный отвод тепла исчезает, а передача энергии идет в основном через теплопроводность по конструктивным связям и через лучистый обмен. Для электронных

модулей это означает, что допустимый режим мощности, температурные градиенты и поведение материалов могут заметно отличаться от условий наземной эксплуатации. Если изделие не прошло такую проверку заранее, в работе возможны перегрев локальных зон, деградация параметров, нестабильность соединений, изменение токов утечки, ухудшение работы датчиков и отказ отдельных узлов.

Кроме тепловой составляющей, вакуум выявляет другие критические явления. Это газовыделение материалов, испарение и переконденсация летучих компонентов, ускоренное проявление дефектов герметизации, изменение электрической прочности промежутков, влияние перепада давлений на корпус и вводы, деформации от различия коэффициентов теплового расширения. Для ответственной аппаратуры именно такие испытания позволяют подтвердить, что изделие сохраняет параметры не в лабораторном комфорте, а в физически тяжелой среде.

Какие установки изготавливает ЛИКЛАБ

Состав и конфигурация оборудования определяются назначением изделия, требуемым уровнем вакуума, допустимой скоростью откачки, тепловой нагрузкой, методом контроля герметичности и глубиной автоматизации. Обычно установка строится по модульному принципу. Это позволяет адаптировать ее под опытную отработку, приемочные испытания, серийный контроль или ресурсные исследования.

Вакуумная часть установки

Основа стенда для испытаний в вакууме это испытательная камера. Ее проектируют не как простую оболочку, а как рабочий технологический объем с заданным поведением. В конструкции учитывают полезный объем, геометрию размещения изделия, скорость удаления газовой нагрузки, уровень остаточного давления, состав остаточных газов, температурную однородность, удобство монтажа, чистоту поверхности и допустимое газовыделение материалов.

Для реальных задач ЛИКЛАБ подбирает насосную систему не по формальному принципу, а по характеру процесса. Если испытание связано с интенсивным газовыделением изделия, требования к форвакуумной части и к скорости откачки будут одни. Если требуется низкое остаточное давление и чистая среда для оценки теплового режима или масс-спектрометрического контроля герметичности, конфигурация будет другой. В систему могут входить предварительные механические насосы, бустерные ступени, турбомолекулярные насосы, криогенные элементы, ловушки, фильтры, отсечные и дроссельные клапаны, а также датчики нескольких физических принципов для надежного перекрытия всего диапазона давлений.

При проектировании обязательно оценивают время выхода на рабочий режим. Для заказчика важен не только конечный вакуум, но и производительность стенда. Чем лучше рассчитаны объем камеры, сечение трубопроводов, коэффициент проводимости линий, пропускная способность клапанов, тепловой режим и газовыделение материалов, тем стабильнее установка работает в серийном цикле.

Система нагрева и термовакуумные режимы

Испытания в вакууме часто неразрывно связаны с нагревом. ЛИКЛАБ предусматривает встроенные системы нагрева изделия, экранов, плит, оснастки или отдельных функциональных зон. Это позволяет решать несколько задач сразу. Во-первых, проверять работоспособность изделия при рабочих и предельных температурах. Во-вторых, ускорять десорбцию и выход на стабильный вакуумный режим. В-третьих, моделировать космические тепловые условия, когда прибор получает тепловую нагрузку от излучения, но не охлаждается потоком воздуха.

Система нагрева в вакууме требует иной инженерной логики, чем обычная климатическая камера. Здесь недостаточно просто установить нагреватель. Нужно обеспечить контролируемый тепловой поток, исключить локальный перегрев, рассчитать влияние экранов и поверхностей, стабилизировать температуру изделия, защитить уплотнения и кабельные проходы, а также правильно выбрать точки измерения. Для этого используются термопары, термосопротивления, инфракрасный контроль, многоуровневая автоматика и защитные алгоритмы по температуре, времени и давлению.

Испытания на герметичность как часть общей системы качества

Для ответственной электроники герметичность корпуса, вводов и сборки в целом является не вторичным признаком, а одним из базовых условий надежности. Негерметичность приводит к проникновению воздуха, влаги и загрязнений, ускоряет коррозионные процессы, меняет электрические свойства изоляции, ухудшает тепловой режим и делает изделие непригодным для эксплуатации в вакууме, под водой или в агрессивной среде.

ЛИКЛАБ изготавливает стенды, в которых испытание на герметичность интегрировано в общий цикл приемки. Это особенно важно для аппаратуры, которая должна выдерживать пониженное давление, глубокий вакуум, гидростатическую нагрузку, климатические циклы или длительное хранение. Для таких изделий отдельно оценивают прочность корпуса, стойкость к перепаду давлений и реальный поток утечки.

В зависимости от конструкции изделия и требований программы в стенд могут закладываться разные методы контроля герметичности. Для высокочувствительных задач применяют индикаторный газ и масс-спектрометрический анализ. Для технологического контроля используют испытания по проникновению среды, контроль давления, вакуумный спад или рост давления, пузырьковый метод для локальных дефектов, а также комбинированные схемы, когда после грубой проверки проводится высокочувствительное течеискание.

Имитация космической среды

Для изделий космического и околокосмического назначения одного вакуума недостаточно. Важен полный тепловой и физический контекст. Поэтому ЛИКЛАБ предусматривает возможность создания термовакуумных стендов, в которых сочетаются глубокий вакуум, лучистые тепловые потоки, охлаждающие экраны, нагреваемые поверхности, имитаторы солнечного излучения и элементы контроля фактического температурного поля изделия.

Такой стенд позволяет оценивать не только сохранение работоспособности, но и реальное формирование теплового режима. Для заказчика это означает возможность проверить расположение приборов в отсеке, выяснить взаимное влияние тепловыделяющих узлов, подобрать режимы терморегулирования, выявить температурные деформации конструкции и подтвердить температурные запасы до выпуска аппаратуры.

По сути, речь идет не просто о вакуумной камере, а о лабораторной модели эксплуатационной среды. Чем точнее смоделированы давление, тепловой поток, спектральная нагрузка и режим включения изделия, тем выше ценность результата для конструктора и службы надежности.

Солнечное излучение, песок, пыль, влажность и комбинированные воздействия

В ряде проектов заказчику требуется не только вакуум, но и дополнительные внешние нагрузки. ЛИКЛАБ учитывает это еще на стадии технического задания. В зависимости от назначения изделия в состав комплекса могут входить камеры солнечного излучения, пылевые камеры, камеры тепла и влаги, барокамеры и специальные зоны подготовки образцов.

Испытание на солнечное излучение необходимо для проверки внешнего вида, состояния органических материалов, покрытий, лакокрасочных слоев, прозрачных элементов, клеевых соединений и параметров изделия после длительного облучения. Для таких задач важны не только плотность потока, но и равномерность воздействия, контроль температуры и безопасность наблюдения через защищенные окна.

Испытания на песок и пыль необходимы для изделий, работающих в запыленной среде или при наличии абразивного воздействия. Здесь проверяют устойчивость к засорению, износу, ухудшению теплоотвода, нарушению подвижности механизмов и загрязнению чувствительных поверхностей. Если изделие должно работать в наружной среде, такие испытания особенно важны для разъемов, вентиляционных элементов, герметизирующих узлов и фильтров.

Испытания на повышенную влажность позволяют оценить стойкость к конденсации, набуханию материалов, изменению сопротивления изоляции, ухудшению электрической прочности и ускоренной коррозии. При разработке стенда важно обеспечить не просто влажный воздух, а точное поддержание сочетания температуры и относительной влажности без выпадения неконтролируемого конденсата на изделие, если такой режим не предусмотрен методикой.