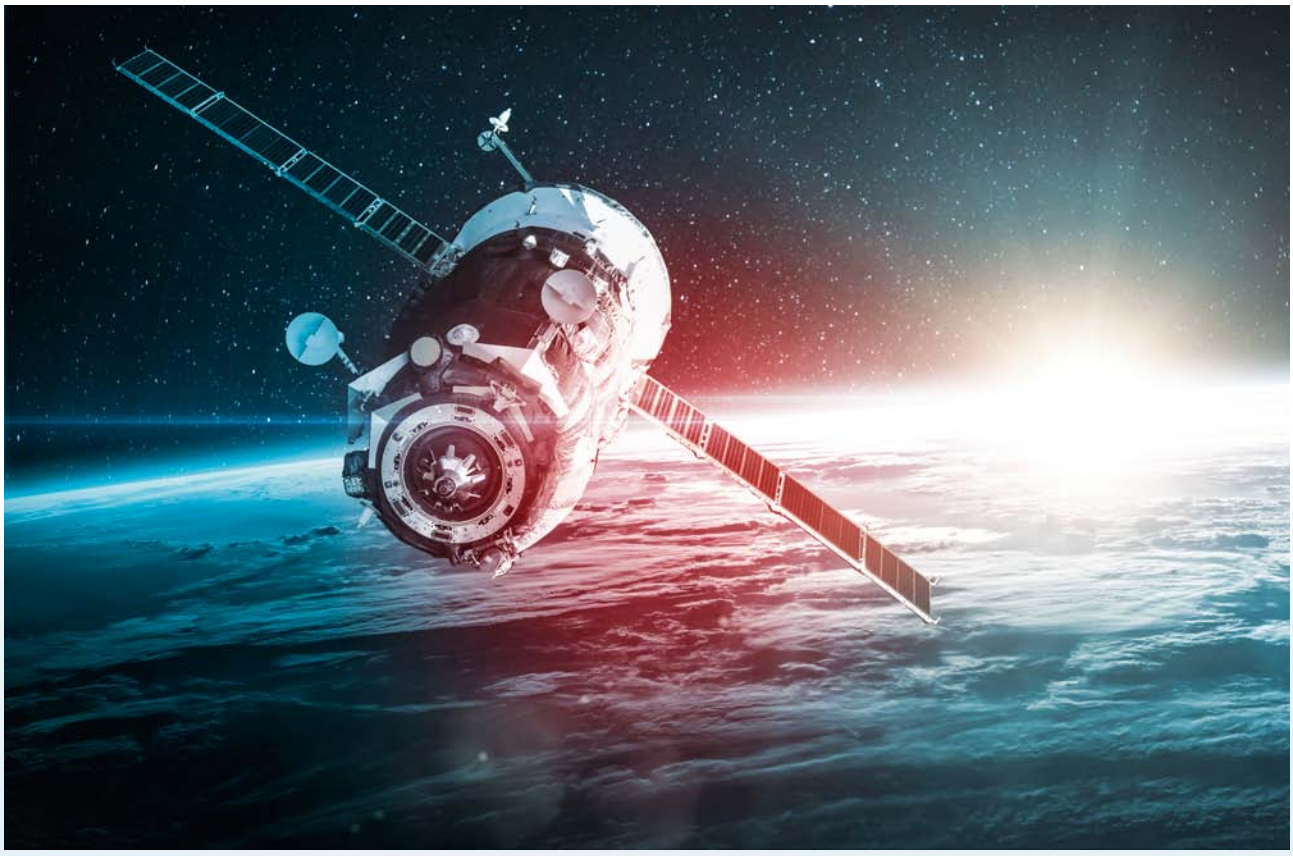
LAUDA

ОКТЯБРЬ 2026

# ОТЧЕТ О ПРИМЕНЕНИИ

# НА ОКОЛОЗЕМНУЮ ОРБИТУ И ДАЛЬШЕ



# Точное термостатирование для оборонной отрасли — от вакуумных камер до испытаний материалов

**В оборонной отрасли наземные стационарные и мобильные системы (такие как спутники, ракеты, самолеты и беспилотники) редко получают второй шанс. Компоненты должны надежно функционировать в экстремальных условиях: в космосе, в условиях, близких к абсолютному вакууму, при температурах, значительно превышающих земные нормы, и в течение многих лет без возможности технического обслуживания или ремонта. Для обеспечения успеха каждой миссии все системы и компоненты должны проходить тестирование в реалистичных условиях, а также сертификацию. Для этих целей компания LAUDA предоставляет технологию точного термостатирования — надежную, воспроизводимую и используемую по всему миру ведущими компаниями в аэрокосмической, авиационной и оборонной отраслях.**

## Самое жесткое испытание перед запуском: термостатирование в термовакуумной камере

Так Термовакуумная камера (ТВК) — центральный испытательный прибор в аэрокосмической отрасли как для гражданских применений, так и в сфере безопасности и оборонной отрасли. Она имитирует экстремальные условия различных основных слоев земной атмосферы — почти вакуум с давлением ниже $10^{-6}$ мбар и температурами, действию которых компоненты будут подвергаться на орбите в будущем. В то время как на освещенной Солнцем стороне Земли спутники, в зависимости от их орбиты, подвергаются воздействию температур до 150 °C, на затененной стороне они охлаждаются до –190 °C, и все их электронные компоненты, конструктивные элементы и подсистемы должны выдерживать эти экстремальные колебания температуры без каких-либо повреждений. В отличие от тех отраслей, в которых для обеспечения качества достаточно выборочной проверки, в космических полетах каждый отдельный элемент проходит полный цикл испытаний — процесс, который может занимать несколько недель. Дефекты, обнаруженные только в космосе, устранить просто невозможно.

## Принцип термостатирования ТВК

Внутри вакуумной камеры испытуемый образец цилиндрически окружен так называемым кожухом (терморегулируемой стенкой из нержавеющей стали). Через эту двойную стенку по замкнутому контуру закачивается теплоноситель. Поскольку в вакууме конвекционная теплопередача невозможна, теплообмен между кожухом

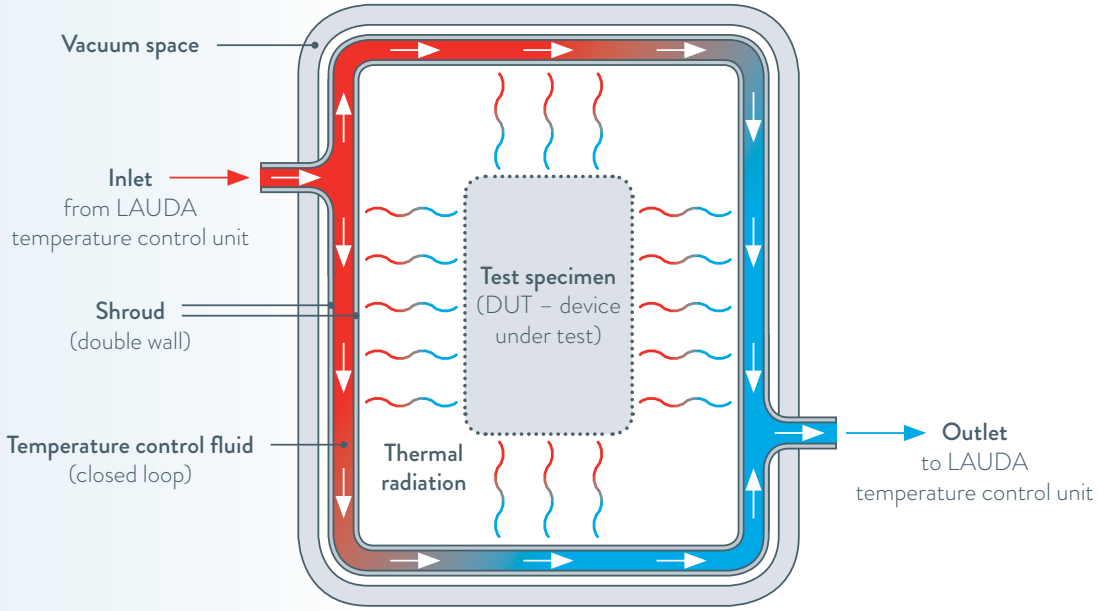



Рисунок 1:
Схема термовакуумной камеры



Рисунок 2:
Термостат LAUDA Integral, подключенный к термовакуумной камере

и испытуемым образцом происходит исключительно за счет теплового излучения. Поэтому термостатирующее устройство должно с предельной точностью и стабильностью поддерживать температуру кожуха и при этом быстро и воспроизводимым образом осуществлять динамические изменения температуры.

**Краткий обзор испытательных процедур**
Как правило, в испытаниях в термовакуумной камере (ТВК) используются три процедуры:

- **Термоциклическое испытание:**
Испытуемый образец подвергается определенному количеству термоциклов от низких до высоких температур. После каждого цикла проверяются функциональные характеристики. Типичные диапазоны температур составляют от –40 до 80 °C для электронных компонентов, однако они могут быть значительно шире, в зависимости от области применения. В специальных сценариях испытаний для применений с самыми высокими требованиями к эффективности охлаждения компания LAUDA использует жидкий азот, надежно достигая температур ниже –100 °C.
- **Испытание теплового баланса:**
Это испытание служит для валидации математической модели тепловых характеристик спутника или компонента. В нем определяется распределение температуры внутри системы, которое затем сравнивается с расчетами. Отклонения приводят к корректировке изоляции, отражателей или нагревательных элементов.
- **Нагрузочные и стресс-тесты:**
Для определения предельных параметров компонентов и проверки запаса прочности специально создаются условия, превышающие экстремальные (с температурами ниже –100 °C и значительно выше 100 °C).

**Решения LAUDA по термостатированию для вакуумных камер**
Технологические термостаты LAUDA Integral XT используются в термовакуумных камерах по всему миру. Их преимущество заключается в сочетании широкого температурного диапазона, высокой температурной стабильности и мощного насоса — важнейших характеристик для высококлассного термостатирования кожуха. Версии с водяным охлаждением обеспечивают особенно компактную и эффективную интеграцию в ограниченные испытательные среды, где достаточная циркуляция воздуха для использования термостатирующего устройства с воздушным охлаждением невозможна.
Для применений, требующих температур ниже –40 °C, таких как тестирование компонентов двигателей, топливных систем или подсистем спутников в криогенных условиях, ассортимент дополняют технологические термостаты LAUDA Integral с двухступенчатой технологией охлаждения. Их низкий температурный диапазон до –90 °C позволяет проводить даже самые сложные низкотемпературные испытания.
Рециркуляционные охладители LAUDA Ultracool также используются для охлаждения самих вакуумных насосов, которые выделяют значительное количество отработанного тепла в термовакуумной камере, что крайне важно для стабильной работы камеры.
Компания LAUDA предлагает гибкие интерфейсные решения для системной интеграции: аналоговые и цифровые интерфейсы, а также интерфейсы полевой шины обеспечивают бесшовную интеграцию в автоматизированные испытательные среды и системы управления испытательными стендами более высокого уровня.

**Стресс-тестирование наземных систем: камера моделирования условий окружающей среды**
В сфере безопасности и оборонной отрасли стресс-тесты гарантируют, что критически важные компоненты могут выдерживать экстремальные физические, климатические и электронные нагрузки. При моделировании условий окружающей среды эти компоненты подвергаются воздействию экстремальных условий (таких как солевой туман, высокая влажность, резкие перепады температуры и пустынная пыль) для предотвращения коррозии и отказов. Точные и надежные термостатирующие устройства, такие как LAUDA Integral XT, позволяют точно моделировать эти температурные условия (от экстремально низких температур до высоких тепловых нагрузок), тем самым обеспечивая получение результатов испытаний, соответствующих военным стандартам.

**Другие области применения: Испытание материалов и сенсорные технологии**
Помимо термостатирования вакуумной камеры и моделирования условий окружающей среды, компания LAUDA обслуживает две другие тесно связанные области применения в аэрокосмической отрасли.

**Испытание материалов при экстремальных температурах**
Материалы, используемые в аэрокосмической и оборонной отраслях (от высокопрочных алюминиевых и титановых сплавов до армированных волокном пластмасс), должны надежно демонстрировать свои механические свойства в широком диапазоне температур. Стандартизированные методы испытаний, такие как **испытание на ударную вязкость по Шарпи (DIN EN ISO 148-1)**, испытания на изгиб и испытания на падение, требуют точной предварительной подготовки образцов до заданных температур испытаний (значительно ниже или выше комнатной температуры).

Ключевыми требованиями к термостатирующему оборудованию, помимо достижимых температурных пределов, являются, прежде всего, **размер и глубина ванны, воспроизводимость, равномерность распределения температуры внутри ванны и скорость переноса**: Так, при испытании на ударную вязкость по Шарпи образец должен переноситься в испытательную машину в течение нескольких секунд после подготовки. Любая задержка искажает результат. Термостаты с ванной Proline Kryomate и Universa MAX обеспечивают предварительную подготовку: они создают стабильную и равномерную температуру в ванне с малым временем стабилизации, что создает основу для получения отвечающих стандартам и сопоставимых результатов испытаний.

**Термостатирование и калибровка датчиков**
Современные аэрокосмические и оборонные системы используют на множество высокоточных датчиков: датчики температуры, инерциальные датчики, гироскопы и акселерометры должны быть точно откалиброваны во всем диапазоне рабочих температур. Дрейф температуры или неточности измерений, которые кажутся незначительными при комнатной температуре, на практике могут приводить к критическим ошибкам навигации или управления.
Термостатирующие устройства и системы LAUDA обеспечивают создание точной и стабильной температурной среды, необходимой для калибровки таких датчиков. Несколько линеек продукции LAUDA, включая криогенные термостаты для низкотемпературной калибровки и высокотемпературные термостаты для высокотемпературной характеризации, охватывают диапазон температур от –90 до 320 °C.

**LAUDA — экспертиза, покоряющая мир**
В сфере безопасности и аэрокосмической и оборонной отраслях превыше всего ценится одно: надежность. Термостатирующие установки и системы LAUDA используются научно-исследовательскими учреждениями, системными интеграторами и поставщиками услуг тестирования на всех континентах — от лабораторий по тестированию спутников в Европе и аэрокосмических компаний в США до оборонных компаний во многих странах мира.
Являясь высокоэффективным партнером, компания LAUDA предлагает широкий спектр решений, от компактных лабораторных установок до индивидуальных технологических решений, обеспечивающих долговечность и простоту обслуживания.

В соответствии с философией LAUDA: «Вместе делаем мир лучше, добиваясь точных температур».

LAUDA DR. R. WOBSER GMBH & CO. KG
Laudaplatz 1 • 97922 Lauda-Königshofen • Германия
www.lauda.de/ru