

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ



ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Вселенная бесконечна и беспощадна. Это уже ощущают спутники, вращающиеся вокруг Земли. Прежде всего, экстремальные перепады температур между солнечной и теневой сторонами Земли представляют собой реальную проблему для спутников на орбите. Поскольку техническое обслуживание и ремонт невозможны, все материалы и детали, а также сам спутник должны проходить интенсивные испытания, в которых решающее значение имеют устойчивость к воздействию температуры и вакуума.

СПУТНИКИ И УСЛОВИЯ, В КОТОРЫХ ОНИ ДОЛЖНЫ РАБОТАТЬ

Связь и интернет, прогнозы погоды, телепрограммы — современный человек в своей повседневной жизни уже не обходится без работы спутников. Они обеспечивают основу для создания глобальных сетей. На околоземной орбите находятся более 2000 хорошо функционирующих спутников¹ и Международная космическая станция (МКС).

Вакуум и экстремальные температуры предъявляют огромные требования к материалам и технике. Например, во время длительной солнечной фазы на Луне преобладают температуры до +120 °С, в то время как в теневой фазе температура опускается до -130 °С². Для технических устройств в космосе добавляется внутренне генерируемая температура, например от электроники управления. Поэтому сложность разработки спутников заключается в защите чувствительных компонентов техники как от перегрева, так и от отказа, вызванного холодом.

Вакуум не облегчает эту задачу: В то время как на земле для компенсации температуры отведение тепла может осуществляться путем конвекции, в вакууме это невозможно. Температуры выше -270 °С генерируются в космосе, главным образом, прямым солнечным излучением. Следовательно, их образование также зависит от того, насколько сильно излучение поглощается облучаемым материалом. Кроме того, вакуум влияет на агрегатное состояние жидких сред: смазочные материалы, например, испаряются из-за отсутствия давления воздуха.

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОЙ В КОСМОСЕ

Для предотвращения перегрева под воздействием солнца используются наружные материалы, которые отражают большую часть лучистой энергии. Некоторые спутники также вращаются вокруг собственной оси для равномерного распределения прямого солнечного излучения. Для обеспечения рабочей температуры внутри спутника частично устанавливаются дополнительные нагреватели, которые, в отличие от прямых солнечных лучей, поддерживают определенную температуру. Кроме того, компоненты можно укрыть изолирующим материалом.

В процессе разработки спутника сначала используются тепловые модели, с помощью которых рассчитываются изменения температуры в спутнике. Затем эти модели проходят испытания на испытательном стенде в максимально реальных условиях, в частности, при низком давлении, экстремальных температурах, а также резкой смене температур.

В большинстве отраслей изделия проходят интенсивные испытания только на стадии разработки. После этого для обеспечения качества достаточно регулярных выборочных проверок. В космической отрасли все совершенно по-другому: Каждый спутник проходит полный цикл индивидуальных испытаний, который может занять несколько недель. Это обусловлено не только огромными усилиями и затратами на каждый запуск в космос, но и тем, что техническое обслуживание и ремонт в космосе невозможны. Кроме того, необходимо обеспечить, чтобы спутник при запуске не подвергал риску ракету-носитель.

¹ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36582/umfrage/anzahl-der-satelliten-im-all-verteilt-nach-laendern/>

² <https://www.bernd-leitenberger.de/umgebungsbedingungen.shtml>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМАЛЬНОЙ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ

Все эксплуатационные и нагрузочные испытания спутников, а также их отдельных компонентов проводятся в так называемых термальных вакуумных камерах, в которых можно точно регулировать как давление, так и температуру. В зависимости от размера испытываемого образца термальная вакуумная камера должна иметь значительные размеры. Однако большинство спутников сегодня очень компактны: малые спутники, называемые кубсатами, имеют размер с обувную коробку. Небольшой размер не только удешевляет транспортировку на орбиту, но и снижает вероятность повреждения от космического мусора и метеоритов. Другим преимуществом является то, что они могут быть испытаны в значительно меньших термальных вакуумных камерах, которые также дешевле в приобретении и эксплуатации.

Температура внутри камер обеспечивается высокопроизводительными системами термостатирования. Термостатическая среда циркулирует по замкнутому контуру в термостатирующей стенке, называемой кожухом, которая в форме цилиндра окружает испытываемый образец. При использовании, к примеру, в качестве рабочей среды теплопроводящего масла можно обеспечить интервал температур от $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это теплопроводящее масло охлаждается с помощью хладагента или нагревается электрически, в зависимости от потребности. Более низких температур можно достичь, например, с помощью азота в кожухе. В дополнение к этой температуре, которая передается отражением от кожуха, в зоне испытания может быть установлена термическая пластина, на которой располагается образец для испытания. Таким образом можно смоделировать также управляемую теплопередачу.

МЕТОД ИСПЫТАНИЙ

В дополнение к датчикам спутника устанавливается множество других датчиков, в т. ч. для тщательного контроля за изменением температуры. Помимо предоставления всех результатов измерений они также обеспечивают необходимую безопасность испытываемого образца. При угрозе повреждения компонентов в результате перегрева температура внутри камеры немедленно снижается.

При тестировании теплового баланса, в частности, определяется распределение температуры внутри спутника и сравнивается с расчетами тепловой модели. В случае отклонения результатов измерений можно, например, удалить отражающие элементы с поверхности спутника, установить дополнительные нагревательные элементы или оптимизировать изоляцию отдельных компонентов. Испытание на цикличность термостатирования проверяет работоспособность испытываемого образца через определенное количество циклов с различными уровнями температуры. Кроме того, испытания под нагрузкой и стресс-тесты предоставляют информацию о воздействии экстремальных условий на образец испытания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спутники незаменимы для существования мира, связанного всемирной паутиной. Для обеспечения своей рентабельности они должны работать надежно и без технического обслуживания в течение нескольких лет в экстремальных условиях. Высокопроизводительные системы термостатирования, такие как серия PRESTO от JULABO, обеспечивают в термальных вакуумных камерах огромные температуры, с помощью которых можно надежно и воспроизводимо проверять спутники и все предназначенные для космоса системы и компоненты. Устройства PRESTO просты в эксплуатации и, благодаря продуманному набору дополнительных модулей, чрезвычайно гибки и могут быть адаптированы к конкретным требованиям. Наши эксперты в области аэрокосмической промышленности всегда готовы ответить на ваши вопросы.