

Новое слово в испытаниях спутников

Thales Alenia Space в партнерстве с *Siemens* тестирует новые средства и подходы к акустическим испытаниям

©2019 Siemens Digital Industries Software

Запуск спутников в космос – тяжелое испытание для его деталей и узлов. Несмотря на высокую вероятность поломок и повреждений, инженеры должны гарантировать доставку аппарата на орбиту в абсолютно исправном состоянии. Успех запуска спутников – это результат современных подходов и программ приемо-сдаточных испытаний, а также кропотливой работы конструкторов и производителей.

Проверка на прочность

Важнейшим этапом разработки спутников являются приемо-сдаточные испытания, которые нужны для ответа на вопрос, сможет ли каждая деталь перенести суровые условия запуска. Благодаря многолетнему опыту *Siemens Digital Industries Software* в разработке специализированных решений для испытаний на внешние динамические воздействия, всё больше космических агентств отдают предпочтение *Siemens* в партнерстве по проведению приемо-сдаточных испытаний. Возможности программной платформы **Simcenter Testlab** и аппаратной платформы **Simcenter SCADAS**, входящих в портфолио решений *Simcenter*, гарантируют безопасное и эффективное проведение таких испытаний.

Thales Alenia Space, совместное предприятие компаний *Thales* и *Leonardo*, является ведущим европейским производителем спутников и космических аппаратов. Специалисты компании создают высокотехнологичные решения для телекоммуникации, навигации, дистанционного зондирования Земли, задач в области экологии, строительства орбитальной инфраструктуры, а также для научных исследований. Государственные учреждения и частные компании полагаются на большой опыт *Thales Alenia Space* в области проектирования, изготовления и эксплуатации спутниковых систем, обеспечивающих связь и оптимизацию использования ресурсов планеты.

Подходы к испытаниям: поиск идеальной формулы

Испытания на устойчивость к динамическим воздействиям окружающей среды предусматривают множество проверок, необходимых для квалификационной оценки целевой и служебной аппаратуры космических аппаратов. Акустические прочностные испытания являются одним из критически важных этапов: объект подвергается воздействию поля звукового давления высокой интенсивности с измерением вибрационных колебаний. Специалисты по испытаниям проверяют как

отдельные компоненты (рефлекторы, панели солнечных батарей), так и весь спутник.

Акустические прочностные испытания космических аппаратов традиционно проводятся в реверберационных акустических камерах. Обычно это крупные стенды объемом более 1000 м³, в которых нагнетается газообразный азот с коэффициентом звукопоглощения ниже, чем у воздуха. Спектр шума создается модуляторами, соединенными с рупорами, и достигает уровня более 150 дБ. В таких камерах имитируется поле звукового давления, воздействующее на спутник под обтекателем ракетоносителя на участке выведения. Помимо многоканального сбора данных, *Simcenter* позволяет управлять акустическим нагружением в реверберационных камерах по заданному профилю.

Акустические испытания в реверберационных камерах – надежный, безопасный и точный метод, но длительный и дорогостоящий. Аналогичным методом проводятся испытания антенн и рефлекторов, используя для этого камеры среднего размера.

Последние пятнадцать лет американская космическая отрасль работает над созданием



Усилители

альтернативных подходов к испытаниям. Исследовательские проекты направлены на оценку более экономичных способов, позволяющих проводить испытания без уникальных и дорогих в эксплуатации испытательных стендов. В частности, разработан метод прямого возбуждения акустическим полем (*Direct Field Acoustic eXcitation* или **DFAX**; в США также используется сокращение **DFAT** – *Direct Field Acoustic Test*), который в отдельных случаях уже применяется при проведении квалификационных испытаний американских спутников. Метод **DFAX** отличают более низкие начальные инвестиции и последующие эксплуатационные расходы. Среди его технических преимуществ – существенное сокращение периода времени, необходимого для выхода на заданный уровень нагрузки, и лучшее управление по спектру в низкочастотном диапазоне от 20 до 60 герц.

В 2016 году агентство НАСА опубликовало «Справочник НАСА 7010» – первую работу, закладывающую основу нового подхода к акустическим испытаниям. Как и американские коллеги, ведущие европейские компании, включая *Thales Alenia Space*, проводят эксперименты по освоению и оценке новых методик акустических испытаний космических аппаратов.

Добавьте громкости!

Что общего между фестивалями *Alfa Future People* в России, *Coachella* в США и *Sziget* в Венгрии? Эти популярные рок- и поп-фестивали под открытым небом собирают страстных поклонников музыки. Характеристики усилителей и динамиков за последние годы достигли максимума. Как побочный результат, появление концертной аппаратуры, способной создавать подходящее для

испытаний спутников поле акустического давления, сделало возможным разработку метода прямого возбуждения акустическим полем.

При проведении испытаний методом **DFAX** объект испытаний устанавливается в центре круга из громкоговорителей и подвергается непосредственному воздействию акустического поля. Современные усилители и динамики дают на выходе достаточно громкий звук, обеспечивающий требуемое значение общего уровня звукового давления. Уровни виброколебаний при использовании метода **DFAX** сравнимы с теми, что зафиксированы в рамках испытаний в реверберационных камерах. В ближайшем будущем запускаемые с космодрома Европейского Союза спутники смогут проходить ряд испытаний с помощью таких же динамиков, какие используются на концертах.

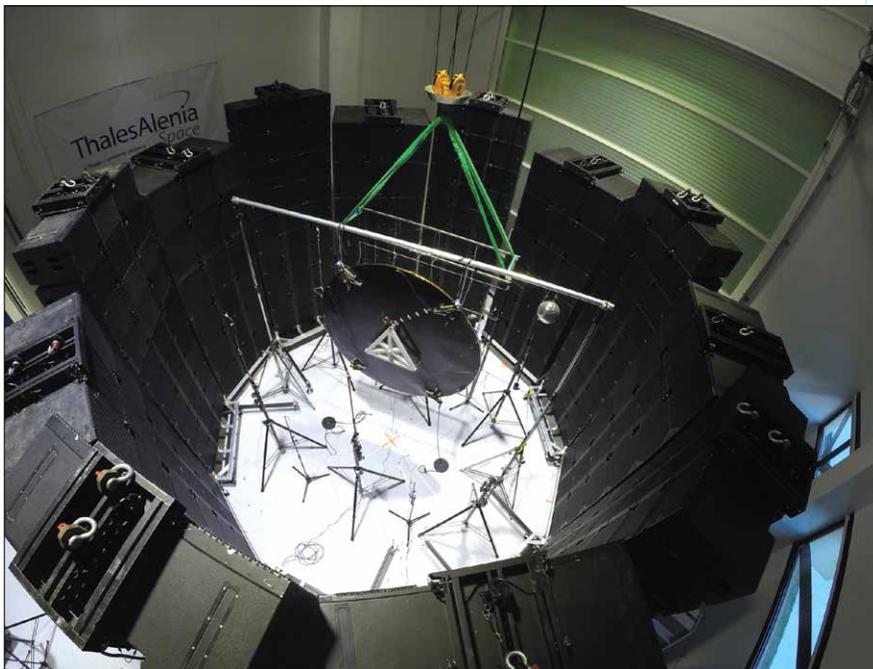
Метод **DFAX** снижает общие затраты: испытания можно проводить практически везде. Помимо очевидного удобства, сокращается продолжительность испытаний. Однако нельзя забывать о вопросах безопасности, надежности и точности. Природа звукового поля при испытаниях методом **DFAX** отличается от поля в камерах реверберации, и эту разницу необходимо учитывать для получения реалистичных результатов. Инженеры компании *Thales Alenia Space* постоянно работают над совершенствованием и оценкой метода **DFAX**.

Звук – вокруг

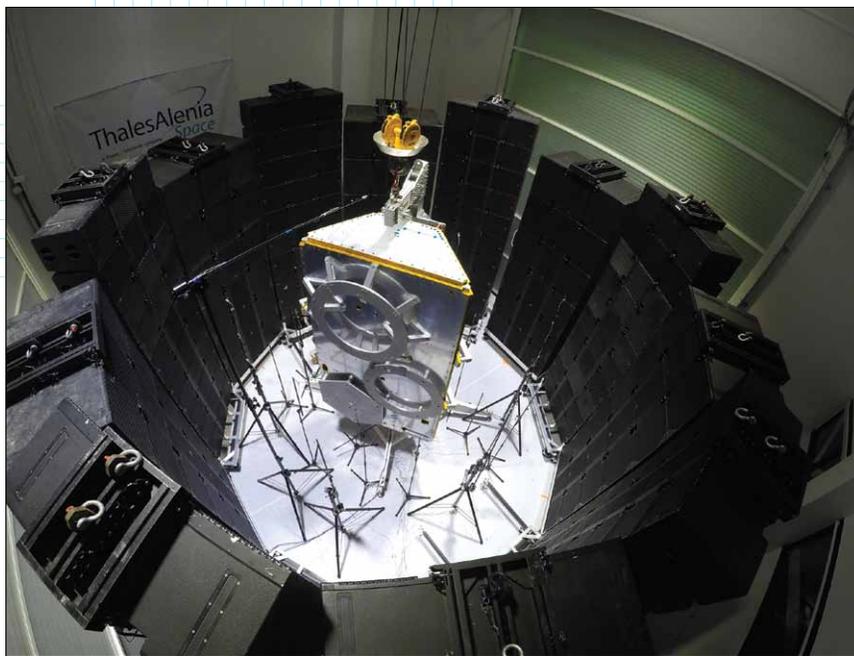
Инженеры компании *Thales Alenia Space* в Тулузе разрабатывают компоненты спутников, из которых затем собирается полноценный космический аппарат. У компании есть своя реверберационная камера, которая находится в Каннах, в 500 км от Тулузы. На практике это означает, что каждый

новый разработанный компонент необходимо перевозить в Канны для проведения акустических приемо-сдаточных испытаний, что приводит к дополнительным расходам и задержкам. При поддержке специалистов компании *Siemens Digital Industries Software*, инженеры *Thales Alenia Space* изучили новую методику **DFAX**, позволяющую проводить приемо-сдаточные испытания прямо на месте. Проект получил название «Гром» – весьма подходящее для установки, создающей звук с уровнем громкости 147 дБ в «чистой комнате» и отвечающей требованиям стандарта *ISO9*. Это уникальный по своим техническим характеристикам стенд.

В рамках серии испытаний было воссоздано такое же поле акустического давления, которое действует на телекоммуникационный спутник под головным



Отражатель звука



Идут испытания

обтекателем ракеты-носителя. Стенд был спроектирован так, чтобы обеспечить уровни акустического давления, характерные для участка выведения.

Оборудование стенда включает 96 динамиков, установленных по кругу в 12-ти стойках, и 96 усилителей, выдающих на выходе мощность 4×5 кВт. Объект испытаний был помещен в центр цилиндра высотой пять метров, образованного стойками с динамиками. Основная трудность состояла в создании равномерного диффузного акустического поля вокруг объекта испытаний. В ходе испытаний инженеры должны были убедиться, что поведение объекта аналогично тому, что наблюдалось в реверберационной камере.

Кристоф Фабриэ, руководитель проекта в компании *Thales Alenia Space*, поясняет:



Идут испытания

“Компания *Siemens* применила весь свой опыт для решения сложной задачи создания равномерного звукового поля вокруг испытываемого объекта. Мы использовали аппаратную платформу *Simcenter SCADAS* с *MIMO*-контроллером и программным обеспечением *Simcenter Testlab* в режиме управления многокомпонентным случайным возбуждением с обратной связью. В систему поступают сигналы от 16-ти микрофонов, размещенных вокруг объекта испытаний. Эти сигналы обрабатываются, и система выдает скорректированный сигнал управления нагружением. Скорректированные сигналы управления подаются на динамики, что и позволяет получить равномерное поле давления”.

Аппаратные модули *Simcenter SCADAS* (измерительные усилители) выдают сигналы в нужном диапазоне напряжений. Алгоритм с обратной связью гарантирует, что выходной сигнал соответствует заданному профилю нагружения. Новый подход позволил успешно провести приемо-сдаточные испытания динамического макета рефлектора антенны. На втором этапе инженеры выполнили приемо-сдаточные испытания среднеразмерной платформы макета спутника *Global Star* второго поколения (*GB2*). Последовательность испытаний полностью соответствовала условиям запуска согласно спецификациям ракеты-носителя.

“На втором этапе мы проверяли пригодность новой методики для проведения последующей серии приемо-сдаточных испытаний целой группы космических аппаратов. Методика позволяет проводить до 25-ти испытаний за одну смену. Это очень эффективный способ проверки новых конструкций космических аппаратов. Он позволит нам исследовать большее число вариантов с мгновенной оценкой результатов непосредственно в нашей лаборатории”, – отмечает Кристоф Фабриэ.

Новый метод позволяет снижать затраты на приемо-сдаточные испытания спутников и обеспечивать полную безопасность как испытываемых объектов, так и задействованного персонала. Теперь испытания можно проводить на месте без необходимости перевозки космических аппаратов в специальный испытательный центр. 🧐