

ИСПЫТАНИЯ ПОСАДОЧНЫХ МОДУЛЕЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ МЕЖПЛАНЕТНЫХ СТАНЦИЙ В ВАКУУМНОЙ КАМЕРЕ ВК-48

П.Н. Берёзко, А.Ю. Кочетков

АННОТАЦИЯ

Предложение АО «НПО Лавочкина» заключается в модернизации вакуумной камеры ВК-48 объемом 2200 куб.м. до уровня термовакуумной. Планируется дооснащение имитатором солнечного излучения и автоматизированными средствами контроля и управления, а также другими системами для проведения тепловакуумных испытаний. Это позволит определить количественные и качественные характеристики теплообмена объекта испытания при различных режимах эксплуатации. Это существенно ниже по стоимости, чем создание новой термовакуумной камеры меньшего объёма.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ТЕРМОВАКУУМНАЯ КАМЕРА, ТЕРМОВАКУУМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

TESTING OF LANDING MODULES OF AUTOMATIC INTERPLANETARY STATIONS IN THE VK-48 VACUUM CHAMBER

P.N. Berezko, A.Y. Kochetkov

ABSTRACT

The proposal of Lavochkin Association consists of modernization of VK-48 vacuum chamber with a volume of 2000 cubic meters to the thermal vacuum chamber level. It is planned to retrofit it with a solar radiation simulator and automatic monitoring and control equipment, as well as other systems for conducting thermal vacuum tests. This will allow to determine the quantitative and qualitative characteristics of the heat and mass interchange of the test object under various operating conditions. This is significantly lower in cost than creating a new thermal vacuum chamber of a smaller volume.

KEYWORDS

THERMAL-VACUUM TEST CHAMBER, THERMAL-VACUUM TESTING

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время АО «НПО Лавочкина» ведёт подготовку к производству перспективных космических аппаратов (КА) научного применения также по заказам Российской академии наук.

В соответствии с нормативной документацией отрасли космические аппараты должны проходить наземную отработку в термовакуумных камерах (ТВК).

Данная отработка проводится в 2 этапа:

- Тепловакуумные испытания (ТВИ);
- Комплексные электрические испытания в ТВК (КЭИ в ТВК).

Тепловакуумные испытания проводятся в следующих целях:

- экспериментального исследования тепловых режимов, технических характеристик системы обеспечения теплового режима (СОТР), количественных и качественных

характеристик теплообмена объекта испытания (ОИ) при различных режимах эксплуатации, в условиях максимально приближенных к полетным;

- подтверждения выполнения требований технического задания на СОТР в части температур конструкции КА, в частности мест установки приборов.

КЭИ являются контрольными испытаниями собранного КА, являются проверкой его функционирования в вакууме и подтверждают работоспособность КА при воздействии факторов космического пространства.

ПРОВЕДЕНИЕ ТЕПЛО ВАКУУМНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Для выпуска космических аппаратов необходимо создание условий для проведения комплексных термовакуумных и электрических испытаний космических аппаратов в условиях имитации космического пространства.

На сегодняшний день в АО «НПО Лавочкина» отсутствует рабочее место для проведения перечисленных испытаний, поэтому все они планируются на других предприятиях отрасли. Модернизация камеры ВК-48 позволит решить вопросы с обеспечением специализированных требований к испытаниям КА производства АО «НПО Лавочкина», в том числе по промышленной чистоте, по планетарному карантину, а также требований к программам и методикам испытаний, формирующихся под характеристики существующих ТВК (жесткая привязка расположения изделия к компоновке вакуумных камер).

На данный момент ни одна экспериментальная база отрасли по термовакуумной отработке не обеспечивает выполнение вышеперечисленных требований.

Как правило, компоновка космического аппарата требует его размещения в ТВК относительно поля тяжести Земли либо вертикально (наибольший габарит – высота), либо горизонтально (наибольший габарит – длина). Также большое значение имеют различные выносные конструкции: солнечные батареи, антенны, фермы с приборами и оборудованием.

Характеристики ТВК должны также обеспечивать возможность проведения в ней не только КА в сборе, но и посадочного аппарата в климатических условиях изучаемой планеты.

Основным критерием при выборе конфигурации рабочего объема вакуумной камеры является форма объекта испытаний. Сегодня вакуумные камеры отрасли имеют форму вертикального или горизонтального цилиндра, повторяющую геометрию первых космических аппаратов, имеющих герметичный приборный контейнер, термостабилизация которых основана на циркуляции газа внутри приборного контейнера, при проведении испытаний положение аппарата не играет особой роли.

Сегодня при проектировании испытательного стенда нового поколения должна учитываться форма перспективных, создаваемых космических аппаратов, разработчики, которых не ограничены пределами герметичного приборного контейнера и могут выбирать компоновку, исходя из наиболее рационального размещения аппаратуры.

Проектируемые перспективные космические аппараты имеют различные формы, предпочтительно параллелепипеда и куба.

На космических аппаратах используется оборудование, расположенное на выносных конструкциях, которые сложены в походном положении под обтекателем и раскрываются после выведения на орбиту, к ним относятся: солнечные батареи, антенны, и другие. А также используются раскрывающиеся конструкции входящие в

состав орбитальных и посадочных модулей космических аппаратов, предназначенных для работы в атмосфере и на поверхности других планет и Луны, такие как посадочные устройства, трапы, манипуляторы, грунтозаборные устройства,

Цилиндрические вакуумные камеры, существующие в отрасли, не могут позволить испытывать космические аппараты, имеющие перечисленные выше механизмы, в рабочей конфигурации из-за недостаточного рабочего объёма.

ВАКУУМНАЯ КАМЕРА ВК-48

На предприятии имеется кубическая вакуумная камера (ВК-48) объёмом 2200 куб.м., которая может быть дооснащена до термовакуумной. ВК-48 была спроектирована в 1970-х годах как термовакуумная, однако в силу обстоятельств не была оснащена рядом систем, и использовалась для испытаний крупногабаритных изделий на герметичность.

Проведенный анализ возможных вариантов формы корпуса термовакуумной камеры показал, что выбор вакуумной камеры, большого объёма, в виде куба оптимален с точки зрения испытаний в ней современных космических аппаратов в рабочей конфигурации, имеющих негерметичный приборный контейнер, а также позволит обеспечить более полное выполнение отработки тепловых режимов КА независимо от их компоновки и размещения тепловых труб на изделиях за счёт возможности проведения ТВИ, как в горизонтальном, так и в вертикальном положениях.

В кубической вакуумной камере типа ВК-48 можно разместить дополнительное оборудование, так как имеются "слепые" зоны, в которые не попадает тепловое излучение от имитатора Солнца. В этих зонах удобно разместить приборы для видео и инфракрасной съёмки испытуемого изделия, а также аппаратуру контроля геометрических параметров при тепловых нагрузках.

Реконструкция и техническое перевооружение вакуумной камеры ВК-48 позволит:

- обеспечить более полное выполнение отработки тепловых режимов КА независимо от их компоновки и размещения тепловых труб в изделиях за счёт возможности проведения ТВИ, как в горизонтальном, так и в вертикальном положениях;
- проведение испытаний современных и перспективных КА всех типов;
- обеспечить требуемый класс чистого помещения (не хуже класса ISO 8) и условия по соблюдению планетарного карантина (для испытаний межпланетных станций);
- исключить риски при транспортировке изделий, технологического оборудования и КПА в другие предприятия отрасли и обратно;
- уменьшение сроков подготовки к ТВИ и КЭИ лётного КА
- возможность проведения ТВИ КА других предприятий отрасли с приемлемыми затратами.

В связи с вышеуказанным, целесообразно ввести в эксплуатацию рабочее место по тепловакуумным испытаниям изделий предприятия, базируясь на доработке ВК-48.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложение АО «НПО Лавочкина» заключается в модернизации вакуумной камеры ВК-48 объёмом 2200 куб.м. до уровня термовакуумной. Планируется дооснащение имитатором солнечного излучения и автоматизированными средствами контроля и управления, азотообеспечения а также другими системами для проведения тепловакуумных испытаний. Это позволит определить количественные и качественные характеристики тепломассообмена объекта испытания при различных режимах

эксплуатации. Это существенно ниже по стоимости, чем создание новой термовакуумной камеры меньшего объёма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрейчук О.Б., Малахов Н.Н. Тепловые испытания космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1982. 143 с.
2. Афанасьев В.А., Барсуков В.С., Гофин М.Я. и др. Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов // Под редакцией Н.В. Холодкова. М.: Изд-во МАИ, 1994. 412 с.
3. Вакуумная техника: справочник/ К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин и др.; под общ. ред. К.Е. Демихова, Ю.В. Панфилова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2009. 590 с., ил.
4. Власов В.И., Горшков А.Б., Залогин Г.Н., Землянский Б.А. и др. Руководство для конструкторов. Конвективный теплообмен для изделий РКТ / Под. ред. Б.А. Землянского. Королёв: ЦНИИмаш, 2010. 397 с.
5. Зайцев А.Н., Чухлов В.Д., Тулин Д.В., к.т.н. Шабарчин А.Ф., Мартынов В.В., Кочетков А.Ю., Мишин Ю.М., д.т.н. Нестеров С.Б. К вопросу определения внешних тепловых потоков на космическом аппарате, размещённом в вакуумной камере // Материалы XIX научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов. "Вакуумная наука и техника". Сентябрь 2012. С. 87-93.
6. А.Ю. Кочетков ФГУП "НПО им. С.А. Лавочкина" Химки, МО. Выбор оптимальной формы объёма термовакуумной камеры для проведения тепловакуумных испытаний космических аппаратов // Материалы XXIV научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов. "Вакуумная наука и техника". Сентябрь 2017. С. 240-242.
7. А.Ю. Кочетков АО "НПО Лавочкина" Химки, МО. Испытания посадочного аппарата в климатических условиях поверхности Марса в термовакуумной камере // Материалы XXVI научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов. "Вакуумная наука и техника". Сентябрь 2019. С. 233-236.
8. А.Ю. Кочетков, Е.В. Шеметова АО "НПО Лавочкина" Химки, МО. Определение возможности использования теплоприёмников суммарного теплового потока ФОА 020 при проведении тепловакуумных испытаний в термовакуумной камере // Материалы XXV научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов. "Вакуумная наука и техника". Сентябрь 2018. С. 244-247
9. В.А. Лисейкин, Н.Ф. Моисеев, Г.Г. Сайдов, О.П. Фролов Основы теории испытаний. Экспериментальная отработка ракетно-космической техники // под ред. д-ра техн. наук В.К. Чванова. - М.: Машиностроение-Полёт / Виарт Плюс, 2015. - 265с.
10. Малозёмов В.В., Кудрявцева Н.С. Системы терморегулирования космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1986. 584 с.
11. Нусинов М.Д. Воздействие и моделирования космического вакуума. М.: Машиностроение, 1982. -176 с., ил.
12. Петров Г.И. Моделирование тепловых режимов космического аппарата и его окружающей среды. М.: Машиностроение, 1971. 382 с.
13. Тулин Д.В., Шабарчин А.Ф., Зайцев А.Н., Кочетков А.Ю., Чухлов В.Д., Митрофанов В.Д., Гавриков Б.В., Романько В.А., Нестеров С.Б. К проблеме измерения давления внутри КА и их модулей при проведении тепло-вакуумных испытаний (ТВИ). XVII

научно-техническая конференция с участием зарубежных специалистов "Вакуумная техника и наука" 2010. с. 238-242.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Берёзко Павел Николаевич – ведущий инженер, (ORCID: 0009-0001-3811-0913) АО «НПО Лавочкина», г. Химки Московской обл. e-mail: BerezkoPN@laspace.ru

Кочетков Алексей Юрьевич – начальник отдела АО «НПО Лавочкина», г. Химки Московской обл. e-mail: KochetkovAIU@laspace.ru