

# **РЕКОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ ВК-48**

П.Н. Берёзко, А.Ю. Кочетков

## **АННОТАЦИЯ**

Предложение АО «НПО Лавочкина» заключается в модернизации вакуумной камеры ВК-48 объемом 2000 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

## **RECONSTRUCTION AND TECHNICAL MODERNIZATION OF 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 на уровне собранного КА по проверке функционирования в вакууме конструкции 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 АО «НПО Лавочкина» не имеет требуемого рабочего места для проведения перечисленных испытаний, поэтому все они планируются на других предприятиях отрасли однако, модернизированная камера ВК-48 позволит решить вопросы с обеспечением специализированных требований к КА производства АО «НПО Лавочкина» по промышленной чистоте (не хуже класса ISO 8), по планетарному карантину, по соблюдению требований по безопасности, 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 данных требований.

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

Габариты рабочего объема термовакуумной камеры должны предусматривать возможность проведения испытаний космических аппаратов целиком.

Основным критерием при выборе конфигурации рабочего объема вакуумной камеры является форма объекта испытаний. Имеющиеся сегодня вакуумные камеры имеют форму вертикального или горизонтального цилиндра. Эта геометрия повторяет геометрию первых космических аппаратов, имеющих герметичный приборный контейнер. Так как термостабилизация таких космических аппаратов основана на циркуляции газа внутри приборного контейнера, то положение аппарата при испытаниях не играет особой роли. Целевая задача создания термовакуумной камеры - проверка проектных решений и качества сборки при условиях максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации. При проектировании испытательного стенда нового поколения необходимо учитывать форму создаваемых сегодня и перспективных космических аппаратов. При проектировании аппаратов нового поколения разработчики не ограничены пределами герметичного приборного контейнера и могут выбирать компоновку, исходя из наиболее рационального размещения аппаратуры.

Проектируемые сегодня и перспективные космические аппараты имеют различные формы. Чаще всего это параллелепипед и куб. Все космические аппараты оснащены оборудованием, расположенным на выносных конструкциях, которые сложены в

походном положении под обтекателем и раскрываются после выведения на орбиту, к ним относятся: солнечные батареи, антенны, и другие. Отдельно стоят раскрывающиеся конструкции космических аппаратов, предназначенных для работы на поверхности других планет и Луны, такие как посадочные устройства, трапы, манипуляторы, грунтозаборные устройства.

Существующие цилиндрические вакуумные камеры не позволяют испытывать космические аппараты, имеющие перечисленные механизмы, в рабочей конфигурации из-за недостаточного рабочего объёма.

## **ВАКУУМНАЯ КАМЕРА ВК-48**

На предприятии имеется кубическая вакуумная камера (ВК-48) подходящего объёма, 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. В связи с вышеуказанным, целесообразно ввести в эксплуатацию рабочее место по тепловакуумным испытаниям изделий предприятия, базируясь на доработке ВК-48.

Анализ возможных вариантов формы корпуса термовакуумной камеры однозначно показывает, что выбор вакуумной камеры в виде куба оптимален с точки зрения испытаний в ней космических аппаратов с негерметичным приборным контейнером, с другой стороны цилиндрическая термовакуумная камера дешевле и проще в изготовлении, при этом результаты испытаний в ней имеют большие погрешности. С точки зрения надёжности и достоверности получаемых результатов, кубическая термовакуумная камера предпочтительна.

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 счет возможности проведения ТВИ, как в горизонтальном, так и в вертикальном положениях;
- 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;
- исключить проведение дополнительных работ по проверкам изделий после их транспортировки;
- исключить формирование командированной комплексной бригады предприятий (не менее 50 чел.) для подготовки и проведения испытаний;
- увеличить гибкость выполнения работ (обеспечение параллельности проведения испытаний изделий предприятий отрасли в существующих ТВК).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложение АО «НПО Лавочкина» заключается в модернизации вакуумной камеры ВК-48 объемом 2000 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.

## 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