

СЕКЦИЯ 4 ВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

К вопросу проектирования оборудования для наземной тепловакуумной отработки космической техники

*Е.Н. Капустин, Н.В. Куксова, О.Р. Чернышев, *С.Б. Нестеров, **Е.В. Жировов*
Казань, АО «Вакууммаш», ул. Тульская, 58; E-mail: kazan@uasta.ru;
* Москва, РНТВО им. академика С.А. Векшинского;
** Москва, ЗАО «Криогенмонтаж», Староваганьковский пер., д.23, стр.1

В статье рассмотрен вопрос об актуальности задач по разработке новых подходов к проектированию систем имитации космического пространства, приведены некоторые требования к современному испытательному оборудованию и тенденции дальнейшего развития данной тематики как одного из важнейших направлений вакуумной и криогенной техники.

A few words about the design of equipment for ground heat-vacuum testing of space technics. E.N. Kapustin, N.V. Kuksova, O.R. Chernyshev, S.B. Nesterov, E.V. Zhironov. The article discusses the relevance of tasks to develop new approaches to the design of space simulation systems, presents some requirements for modern test equipment and the trends of further development of this subject as one of the most important areas of vacuum and cryogenic technology.

Наземная тепловакуумная отработка изделий космической техники является неотъемлемым и одним из ключевых этапов их создания, от проектирования макета до штатного запуска готового образца. Эффективность проводимых в рамках создания космических аппаратов (далее – КА) испытаний напрямую зависит не только от качества имитации каждого из факторов, оказывающих непосредственное влияние на КА при его эксплуатации в космосе, но и комплексность моделирования данных факторов. Поэтому для воспроизведения на Земле условий, максимально приближенных к условиям космоса, разрабатываются термобарокамеры, имеющие в своем составе не только средства создания высокого вакуума, но и системы имитации иных факторов космического пространства, в том числе пониженных температур, электромагнитного излучения Солнца, инфракрасного излучения теневой стороны Земли [1].

Ведущие предприятия, на протяжении многих лет работающие в области создания космической техники, среди которых АО «ИСС им. М.Ф. Решетнева», ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», ОАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева», имеют собственную испытательную базу, в состав которой входят, в частности, и термовакuumные камеры различных объемов и модификаций [1]. Некоторые из действующих имитаторов космического пространства представлены в таблице.

п/п	Наименование параметра	ВК600/300[1]	ГВУ-600 [1]	ТБК-120 [2]
1	Пространственная ориентация термовакuumной камеры	вертикальная	горизонтальная	вертикальная
2	Полезный диаметр, м	5,5	6	не менее 4
3	Полезная длина (высота), м	8	10	не более 8
4	Полезный объем, м ³	300	более 250	120
5	Предельное давление, мм рт.ст.	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$
6	Наименьшая температура, К	130	100	88
7	Диаметр пятна ИСИ, м	3	4,5	4
8	Максимальная интенсивность солнечного излучения, Вт/м ²	1400	1400	1500

Развитие технологий космического аппаратостроения и усложнение задач, решаемых средствами космонавтики, неотъемлемо ведет к изменению требований к испытательному оборудованию.

В связи с большими временными и финансовыми затратами на разработку и монтаж средств имитации космического пространства, одним из важных требований к оборудованию такого рода является его универсальность. Под универсальностью понимается обеспечение возможности проведения термовакуумной отработки космических аппаратов с различными массогабаритными характеристиками [3] и конструктивными особенностями, в том числе требующими строго горизонтального расположения КА при проведении испытаний [4]. Конструктивно она может быть достигнута увеличением полезного внутреннего объема термовакуумной камеры (до 1000 м³ и более) и выполнением требования по горизонтальной ориентации корпуса камеры.

С технологической точки зрения обеспечение универсальности тепловакуумного испытательного оборудования может достигаться использованием средств безмасляной откачки для вакуумирования рабочего объема. В частности, использование турбомолекулярных и криогенных насосов при проектировании систем вакуумирования термобарокамер позволяет достигать давление до 10⁻⁶ Па при безмасляной высоковакуумной откачке [5, 6].

Увеличение и усложнение структуры тепловых нагрузок, возникающих в ходе тепловакуумной отработки современных КА, также приводит к ужесточению требований к системам теплоотвода и имитации «холодного» космического пространства. Среди них обеспечение на поверхности криоэкранов (далее – КЭ) термовакуумных камер температурного поля до 93 К и ниже, максимально равномерного по всей площади КЭ [1, 7,8], что при проектировании имитаторов космического пространства также является многоуровневой задачей, которая может быть решена лишь при совместном использовании богатого опыта создания криогенных систем для нужд космической отрасли [9], но и комплексной теоретической проработки [1, 8].

В связи с тем, что большая часть существующих и эксплуатируемых в России имитаторов космического пространства создавалась в 70-е – 90-е годы прошлого столетия [9], на сегодняшний день они перестают удовлетворять ужесточающимся в процессе развития отрасли космического аппаратостроения требованиям как по эффективности и надежности, так и по технологическому обеспечению испытаний, предъявляемым к ним, и возникает необходимость либо создавать новое современное испытательное оборудование, либо идти по пути глобальной модернизации существующих термобарокамер. В любом случае, разработка новых подходов к проектированию систем имитации космического пространства, наряду с теоретическими и опытно-конструкторскими изысканиями в данной области, сегодня являются важными и актуальными задачами вакуумной и криогенной техники.

Выводы

Повышение требований к испытательному оборудованию для проведения наземной термовакуумной отработки КА неизменно должно привести к серьезным изменениям его облика по сравнению с уже существующим оборудованием. Это делает актуальными на сегодняшний день задачи как по созданию новых современных термовакуумных камер, так и по усовершенствованию действующих средств проведения испытаний.

Наличие необходимости комплексного подхода как к вопросам создания новых имитаторов космического пространства, так и к переоснащению существующего испытательного оборудования, требует не только детальной проработки большого количества систем, крайне отличающихся между собой по функциональности и технологиям проектирования, но и слаженной работы специалистов в различных областях науки и техники, обладающих соответствующими знаниями и опытом в ведении разработок и изготовлении изделий подобного рода.

Литература

1. Расчет и конструирование криоэкранов стендов для тепловой отработки и испытания космических аппаратов. / С.В. Кравченко, С.Б. Нестеров, Н.А. Тестоедов и др.; Под ред. проф., д.т.н. С.Б. Нестерова. – М.: НОБЕЛЛА, 2013. – 89 с.

2. Комплексные испытания космических аппаратов [Электронный ресурс] // Информационный спутниковые системы. – 2010. – №11. – С. 16 – 21. – Режим доступа: <https://www.iss-reshetnev.ru/media/journal/journal-11-2010.pdf>. – (Дата обращения: 07.02.2017).
3. О.В. Капралов, Н.В. Куксова, С.Б. Нестеров, В.В. Путырский, О.Р. Чернышев. Особенности создания испытательного комплекса для проведения проверок герметичности современных космических аппаратов в рамках их предстартовой подготовки // «Вакуумная техника, материалы и технология». Коллективная монография. Материалы XI Международной научно-технической конференции. Под ред. доктора технических наук, профессора С.Б. Нестерова. М.: НОБЕЛЛА. – 2016. – с. 246 – 250.
4. Ю. Вшивков, Ф.В. Танащенко, Е.Н. Головенкин, Е.В. Юртаев. Разработка и термовакуумные испытания тепловых экранов для защиты электропривода механического блока от эффекта «Солнечная ловушка» // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени акад. М.Ф. Решетнева. – 2012. – Выпуск 5(45). – С.117 – 122.
5. Е.Н. Капустин, Dr. Stefan Lausberg, М.В. Мурашкин, М.В. Абраев. Вакуумные технологии в имитации космического пространства // «Вакуумная наука и техника». Материалы XXII научно-технической конференции. Под. ред. академика А.С. Бугаева. М.: ~, 2015. – с.174–179.
6. Е.Н. Капустин, Р.Р. Зиганшин, М.В. Абраев, А.Е. Капустин. Разработка и производство термовакуумных установок (термобарокамер) в АО «Вакууммаш» // «Вакуумная наука и техника». Материалы XXII научно-технической конференции. Под. ред. академика А.С. Бугаева. М.: ~, 2015. – с.105–111.
7. Малоземов В.В. Тепловой режим космических аппаратов / В.В. Малоземов. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с., ил.
8. Н.В. Куксова, И.В. Петров, С.Б. Нестеров. Выбор режима работы криогенных экранов для имитаторов космического пространства больших объемов // Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России»: сборник докладов / Союз машиностроителей России, Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – с. 766–768.
9. Е.В. Жировов. Опыт изготовления, монтажа, наладки и эксплуатации криовакуумных установок, оснащенных отечественным вакуумным и криогенным оборудованием за период с 1972 по 2014 г. // Вакуумная техника и технология. – 2015. – Т.25, №2. – с.64 – 65.

Влияние методов обезжиривания поверхностей конструкционных материалов на скорость газовыделения в вакууме

В.Г. Самоделов, А.К. Дедков, О.Е. Чубаров
ООО «Криомаш- БЗКМ», г. Балашиха, Московская обл., пр. Ленина, вл.65, стр.1.
E-mail: [samodelov vg@cryobzkm.ru](mailto:samodelov_vg@cryobzkm.ru)

В статье представлено сравнение соотношений скоростей газовыделений с поверхности образцов из нержавеющей стали, обращенных в вакуум, предварительно подвергнутых различным методам обезжиривания.

Methods to degrease surfaces – their effect on the gas emission speed in vacuum. V.G. Samodelov, A.K. Dedkov, O.E. Chubarov. The ratios of the gas emission speed from the surface samples of stainless steel are compared. These surfaces are facing vacuum and previously have been subjected to various methods of degreasing.

Необходимость проведения тщательной очистки поверхностей конструкционных материалов, обращенных в вакуум, связана с тем, что жировые и масляные загрязнения, источником которых являются чаще всего смазочно-охлаждающие жидкости и смазочные материалы, имеют высокое давление насыщенных паров, что препятствует достижению