

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИМИТАТОРЫ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕРМОВАКУУМНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Р. О. Асланян^{1, 2*}, Д. И. Анисимов^{1, 2}, И. А. Марченко¹, В. И. Пантелеев²

¹АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»
Российская Федерация, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52

²Сибирский федеральный университет
Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, просп. Свободный, 79

*E-mail: roksana_a@list.ru

Представлено сравнительное описание трех образцов имитаторов солнечного излучения отечественного производства по четырем ключевым параметрам.

Рассмотрен вопрос о возможности создания и применения компактных трансформируемых источников теплового излучения солнечного спектра, с целью повышения качества термовакуумных испытаний для космических аппаратов различных классов.

Ключевые слова: имитатор солнечного излучения, космический аппарат, термовакуумные испытания, наземные испытания, световое пятно.

CURRENT AND FUTURE SOLAR SIMULATORS FOR THERMAL VACUUM TESTS OF SPACECRAFTS

R. O. Aslanyan^{1, 2}, D. I. Anisimov^{1, 2}, I. A. Marchenko¹, V. I. Panteleev²

¹JSC Academician M. F. Reshetnev Information Satellite Systems
52, Lenin Str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russian Federation

²Siberian Federal University
79, Svobodny Av., Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

E-mail: roksana_a@list.ru

We made comparative description of the three solar simulators home production by four key parameters. In this work the possibility of creation and application of the compact solar simulator is considered. The research objective is to develop a compact solar spectrum simulator for increasing the quality of spacecraft thermal vacuum tests.

Keywords: solar simulators, spacecrafts, thermal vacuum tests, ground tests, light spot.

Введение. Одной из актуальных проблем в области освоения космического пространства является адекватное моделирование условий космического полета для испытаний космических аппаратов (КА) на Земле [1]. Важным фактором термовакуумных испытаний является имитация солнечного излучения [2]. Рассмотрены несколько имитаторов промышленного производства с целью выявления наиболее оптимальных конструкций и схем, а также рассмотрена возможность создания и последующего применения компактных трансформируемых источников теплового излучения солнечного спектра.

Испытания. Термовакуумная отработка КА и его систем терморегулирования проводится в термобарокамерах, имитирующих условия реальной эксплуатации КА с применением специального испытательного оборудования, стендов и систем.

Имитатор солнечного излучения (ИСИ) предназначен для имитации прямого солнечного излучения, действующего при орбитальном функционировании на КА [3].

Требования к ИСИ для околоземной орбиты: удельная тепловая мощность падающего теплового потока 1340–1440 Вт/м²; равномерность облучения до ±15 %; непараллельность лучей до 4 угловых градусов; спектральный диапазон имитируемого солнечного потока близкий к диапазону солнечного излучения ($200 \text{ нм} \leq \lambda \leq 2000 \text{ нм}$) [4].

Для анализа выбраны ИСИ применяемые в термобарокамерах АО «ИСС имени академика М. Ф. Решетнева» (ТБК-120, ГВУ-600) и ИС-500 (ВК 600/300) – в испытательном центре Роскосмоса НИЦ.

Проведем анализ ИСИ по следующим параметрам: источник излучения – определяет спектральный диапазон ИСИ и его близость к спектру излучения Солнца; площадь облучаемой поверхности – определяет возможность применения имитатора излучения для испытаний КА различного размера; неоднородность уровней плотностей падающего потока излучения – не должна превышать ±15 %; максимальная интенсивность солнечного излучения – удельная тепловая мощность на уровне 1340–1440 Вт/м² [5].

Сравнительная характеристика ИСИ

Имитатор	Источник излучения	Площадь облучаемой поверхности, м	Неоднородность уровней плотностей падающего потока излучения, %	Максимальная интенсивность солнечного излучения
1. ИСИ ТБК-120	Газоразрядные ксеноновые лампы	2×2	<10	1600
2. ИСИ ГВУ-600	Газоразрядные ксеноновые лампы	4×4	<10	1600
3. ИС-500	Газоразрядные ксеноновые лампы	3×8	<10	1500

В таблице приведены значения этих параметров для рассматриваемых ИСИ.

Сравнительный анализ ИСИ. Для сравнительного анализа были выбраны следующие модели ИСИ и присвоены соответствующие номера: ИСИ ТБК-120 – № 1; ИСИ ГВУ-600 – № 2; ИС-500 ВК 600/300 – № 3.

В рассматриваемых имитаторах в качестве источника света используются газоразрядные ксеноновые лампы. Излучение чистого ксенона в процессе электрического газового разряда при сверхвысоком давлении имеет спектральное распределение с цветовой температурой около 6000 К, наиболее совпадающее с распределением солнечного излучения.

Одним из важных параметров ИСИ является площадь облучаемой поверхности с равномерной плотностью излучения. Имитатор № 3 имеет наибольший размер светового пятна, что позволяет проводить испытания более крупногабаритных КА и их узлов, чем имитаторы № 1 и 2.

Максимальную интенсивность солнечного излучения имеют ИСИ № 1 и 2.

Заключение. Анализируя все выше рассмотренные параметры имитаторов в комплексе, можем сделать вывод, что все рассматриваемые ИСИ удовлетворяют предъявляемым требованиям. Наиболее оптимальной базовой конструкцией для ИСИ являются конструкции № 2 и 3, имеющие наибольшие размеры светового пятна.

Перспективными в области термовакуумных испытаний являются возможность создания и последующего применения компактных трансформируемых источников теплового излучения солнечного спектра с целью повышения качества ТВИ для КА различных классов.

Конструктивно трансформируемый источник солнечного излучения (ТИСИ) будет представлять собой набор отдельных блоков, из которых будет собираться цельный имитатор солнечного излучения. В состав каждого отдельного блока будут входить источники света, собирающая оптика, устройства для когеренции света и система термостабилизации. Конструкция устройства ТИСИ будет выполнена таким образом, чтобы обеспечивать возможность проведения ТВИ в термобарокамерах, спроектированных без специально отведенного места для имитатора солнечного излучения (возможность межцехового транспортирования). С помощью ТИСИ станет возможна имитация витковой засветки КА от Солнца, как при орбитальном функционировании (невозможно осуществить при помощи стационарных ИСИ). Компактные трансфор-

мируемые источники солнечного излучения позволят увеличить размеры светового пятна и, как следствие, размеры рабочего поля.

Библиографические ссылки

1. Андрейчук О. Б., Малахов Н. Н. Тепловые испытания космических аппаратов. М. : Машиностроение, 1982. 107 с.
2. Крат С. А., Филатов А. А., Христич В. В. Тепловакуумные испытания космического аппарата: опыт создания имитатора солнечного излучения на основе современных газоразрядных ламп высокого давления // Вестник СибГАУ. 2010. № 2 (28). С. 73.
3. Харитонов А. В., Макарова Е. А. Распределение энергии в спектре Солнца и солнечная постоянная. М. : Наука, 1972. 83 с.
4. Петров В. П. Контроль качества и испытание оптических приборов. Л. : Машиностроение, 1985. 222 с.
5. Подходы к созданию комплексных систем для отработки и испытания космических аппаратов / С. В. Кравченко [и др.] // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 1 (13). С. 50.

References

1. Andreychuk O. B., Malakhov N. N. *Teplovyye ispytaniya kosmicheskikh apparatov* [Thermal testing of space vehicles]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 1982. 107 p.
2. Krat S. A., Filatov A. A., Khristich V. V. [Spacecraft thermal vacuum testing: an experience of creation of sunlight simulator based on the high – pressure gas – discharge lamps]. *Vestnik SibGAU*. 2010. No. 2, P. 73. (In Russ.)
3. Kharitonov A. V., Makarova Ye. A. *Raspredeleniye energii v spektre Solntsa i solnechnaya postoyannaya* [The energy distribution in the solar spectrum and the solar constant]. M. : Nauka Publ., 1972, 83 p.
4. Petrov V. P. *Kontrol' kachestva i ispytaniye opticheskikh priborov* [Quality control and test of optical devices]. L. : Mashinostroyeniye Publ. 1985. 222 p.
5. Kravchyenko S. V., Nyestyrov S. B., Roman'ko V. A., Tyestoyedov N. A., Khalimanovich V. I., Khristich V. V. [Approach to creating a complete system for processing and testing of spacecraft]. *Engineering Journal: nauka i innovatsii*. 2013. No.1 (13). P. 50.