

<https://doi.org/10.15407/knit2020.06.023>
УДК 62-97/-98:536.24.08

Ю. А. ПОШТАРЕНКО, інж.
Б. М. РАССАМАКІН, старш. наук. співроб., канд. тех. наук
Ю. М. СИДОРЕНКО, старш. наук. співроб., д-р тех. наук
В. І. ХОМІНІЧ, старш. наук. співроб., канд. тех. наук
М. Д. ШЕВЧЕНКО, пров. інж.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Проспект Перемоги 37, Київ, Україна, 03056

ДОСЛІДНИЦЬКО-ВИПРОБУВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ТЕРМОВАКУУМНИЙ СТЕНД ТВК–2,5

У повідомленні наведено додаткові конструкційні особливості модернізованого стенду ТВК-2,5, який забезпечує фізичну імітацію комплексного впливу на об'єкт основних факторів космічного простору — глибокого вакууму, криогенних температур, сонячного та земного опромінювань, високого ступеня поглинання зовнішнім середовищем теплового випромінювання. Стенд уможливує реалізацію внутрішнього тепловиділення об'єкта та динаміку проходження об'єктом заданої орбіти.

Ключові слова: термовакуумний стенд ТВК-2,5, фактори космічного простору, наземні випробування, вакуум, продуктивність відкачування, криогенні температури, опромінення, тепловиділення, інфрачервоне опромінення.

Безвідмовне функціонування та запланований строк активного життя об'єктів космічної техніки значною мірою забезпечується рівнем температур як на поверхнях, так і у об'ємах їхніх складових та об'єктів у цілому.

Розрахункові методи визначення величин граничних температур окремих виробів космічної техніки та космічних апаратів в цілому дають значні похибки. У зв'язку з цим виникає необхідність експериментального уточнення розрахункових даних. Для цього проводять відповідні наземні випробування в умовах, які імітують комплексний вплив факторів космічного простору. Згідно із Стандартом Європейського співтовариства з космічної стандартизації [4] назем-

ні випробування є обов'язковими при створенні об'єктів космічної техніки.

Для проведення таких експериментальних досліджень та випробувань виробів космічної техніки (зокрема, їхніх наземних термовакуумних досліджень та випробувань) в КПІ ім. Ігоря Сікорського у 1994 р. було створено стенд ТВК-2,5, який використовувався у низці космічних проєктів [1–3].

Даний стенд (рис. 1) забезпечує фізичну імітацію комплексного впливу на об'єкт основних факторів космічного простору — глибокого вакууму, криогенних температур, сонячного та земного опроміненнь, високий ступінь поглинання зовнішнім середовищем теплового випроміню-

Цитування: Поштаренко Ю. А., Рассамакін Б. М., Сидоренко Ю. М., Хомініч В. І., Шевченко М. Д. Дослідницько-випробувальний експериментальний термовакуумний стенд ТВК–2,5. *Космічна наука і технологія*. 2020. 26, № 6 (127). С. 23–26. <https://doi.org/10.15407/knit2020.06.023>

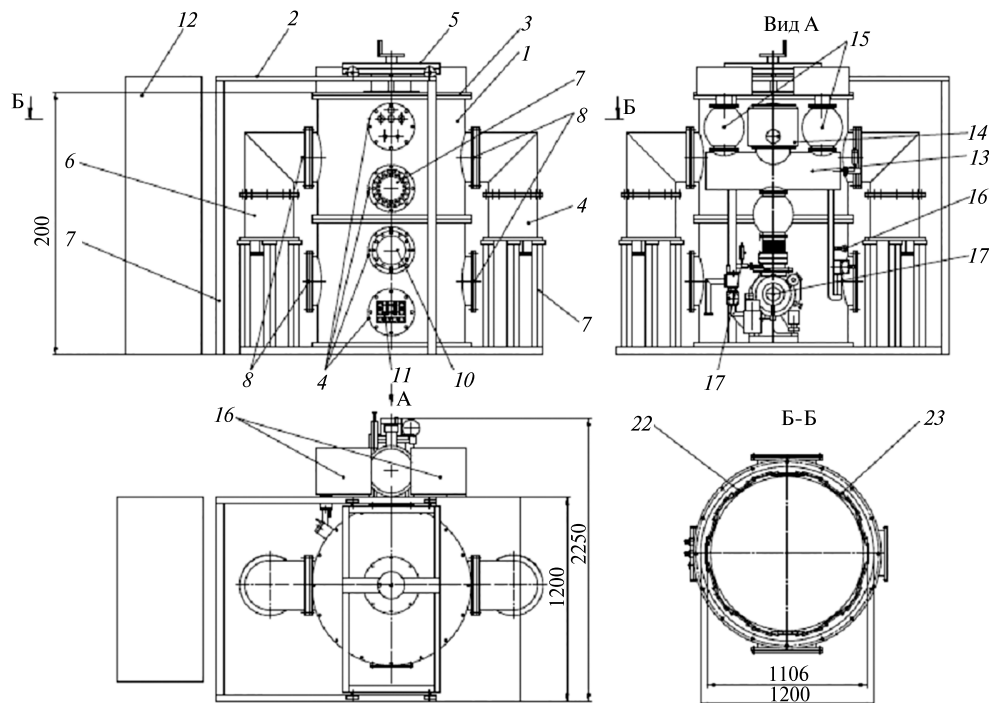


Рис. 1. Експериментальний стенд ТВК-2,5: 1 — камера вакуумна, 2 — рама з напрямачами, 3 — верхня кришка вакуумної камери, 4 — вхідні патрубки умовного проходу Ду300 і фланцями, 5 — візок переміщення верхньої кришки з механізмом її підйому, 6 — насоси високовакуумні турбомолекулярні з вертикальним валом (ТМН-2500) з їхніми механічними опорами 7, 8 — вхідні патрубки умовного проходу Ду400 з фланцями, 9 — оглядове вікно діаметром 130 мм, 10 — оглядове вікно діаметром 190 мм, 11 — блок вакуумізмільних електричних роз'ємів, 12 — стійка приладів керування та діагностики, 13 — бустерний об'єм 0,08 м³, 14 — затвор високовакуумний, 15 — пастка криогенна азотна, 16 — насоси магніторозрядні діодні НМД-04-1, 17 — вакуумні давачі, 18 — натікач, 19 — насос турбомолекулярний з горизонтальним валом ТМН-500, 20 — вакуумні давачі, 21 — затвор високовакуумний, 22 — трубки криопанелей, 23 — пластини криопанелей

вання. На стенді можна зреалізувати внутрішнє тепловиділення об'єкта та динаміку проходження об'єктом заданої орбіти.

За останні два роки було проведено чергову технічну модернізацію стенда, яка полягала у наступному.

1. Високовакуумні насоси НВГМ-2М (продуктивністю 2000 л/с по азоту та Н400/7000 продуктивністю 5000 л/с по азоту) замінено на два турбомолекулярні насоси продуктивністю 2500 л/с кожний. Це дозволяє з урахуванням конструктивних особливостей вакуумної системи забезпечити відкачування неагресивних газів з масовими числами до 131. Нова фактична продуктивність високовакуумної системи без врахування сорбційної здатності криопанелей стано-

вить 4000 л/с. При спільній роботі турбомолекулярних насосів із охолодженими криоекранами сумарною площею 7.2 м² за рахунок адсорбції газів на криопанелях, що мають температури, менші за температури їхньої конденсації, потужність високовакуумної відкачувальної системи зростає.

2. Модернізовано форвакуумну групу насосів, яка на сьогодні забезпечує швидкість відкачування до 140 л/с.

3. Експериментальні дослідження вакуумної системи стенда показали відповідність розрахункових та експериментальних даних. Наприклад, при газовому навантаженні (відкачуванні потоку ксенону потужністю 2 мг/с) та початковому залишковому тиску у камері $5 \cdot 10^{-5}$ торр в

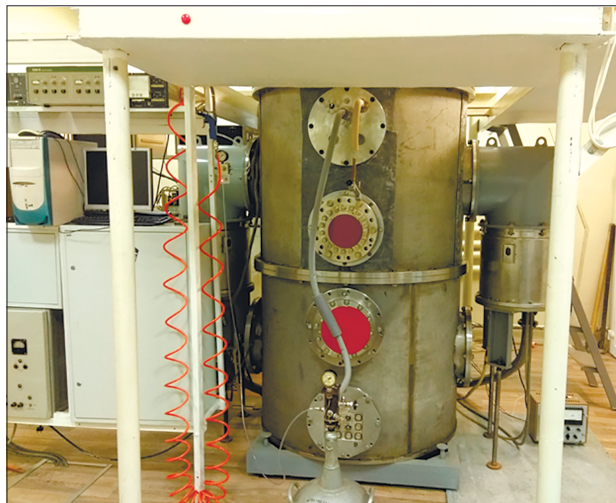


Рис. 2. Загальний вигляд експериментального стенда ТВК-2,5

динамічному режимі в останній підтримується залишковий тиск $5 \cdot 10^{-4}$ торр.

4. На вакуумній камері встановлено два ілюмінатори з оптичного скла діаметром 130 мм та 190 мм, що дозволяє візуально спостерігати ззовні за об'єктами досліджень та випробувань безпосередньо у вакуумній камері.

5. Збільшено кількість вакуумщільних електричних вводів: низьковольтних до 8 (50 контактів кожний), високовольтних силових — до 6.

Кількість електричних вакуумних вводів та їхню номенклатуру за потреби може бути змінено.

6. На верхньому фланці камери встановлено вакуумщільнений привід крокового двигуна, що дозволяє забезпечити в автоматичному режимі у реальному часі відтворення циклограм проходження космічним апаратом штатних орбіт.

7. На основі ніхромових нагрівачів створено ряд джерел інфрачервоного опромінення, які керуються функціонально або за табульованими функціями та імітують тепловий вплив від Сонця, Землі та інших астрономічних об'єктів.

8. Удосконалено багатоканальну вимірювальну автоматичну систему діагностування теплових потоків шляхом впровадження нових датчиків теплового потоку та забезпечено візуалізацію теплових полів об'єктів за допомогою засобів обчислювальної техніки.

На сьогодні модернізований тепловакuumний експериментальний стенд ТВК-2,5 відповідає сучасним вимогам досліджень і випробувань об'єктів космічної техніки згідно з нормами Європейського співтовариства [4] та дозволяє отримувати науково обґрунтовані рекомендації зі створення надійних виробів космічного призначення нового покоління.

Загальний вигляд стенда приведено на рис. 2.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рассамакин Б. М., Душейко М. Г., Байсков Н. Ф., Остапчук С. В., Лауш А. Г., Ланевский Е. В., Хоминич В. И., Мельник Р. С. *Наноспутники серии «POLYUTAN»: результаты испытаний и планы развития*. Науч. работы X Международн. науч. конф. «Функциональные основы наноэлектроники». Список науч. работ. Харьков-Одесса, 2019. С. 164–173.
2. Рассамакин Б. М., Рогачев В. А., Хоминич В. И., Петров Ю. В., Хайрнасоев С. М. Экспериментальное моделирование тепловых режимов малогабаритных космических аппаратов и их внешних тепловых потоков. I. Термовакuumная установка ТВК-2,5. *Космична наука і технологія*. 2002. 8, № 1. С. 37–41.
3. Рассамакин Б. М., Рогачев В. А., Хоминич В. И., Петров Ю. В., Хайрнасоев С. М. Экспериментальное моделирование тепловых режимов малогабаритных космических аппаратов и их внешних тепловых потоков. II. Результаты термовакuumных испытаний макета микроспутника типа МС – 1 – ТК – ТВ. *Космична наука і технологія*. 2002. 8, № 4. С. 3–10.
4. Стандарт Європейського співтовариства з космічної стандартизації. Космічні проектно-конструкторські розробки: Випробування / ECSS-E-ST-10-03C. [Введено в дію від 2012–06–12: Секретаріат ECSS ESA-FSTEC, Відділ стандартів і вимог]. Нордвік, Нідерланди, 2012. 176 с.

Стаття надійшла до редакції 08.10.2020

REFERENCES

1. Rassamakin B. M., Ducheiko M. G., Bayskov M. F., Ostapchuk S. W., Lauch A. G., Lanevsky E. W., Hominich V. I., Melnyk R. S. (2019). Nanosatellites of the POLYITAN series: results of experiments and prospects for development. Scientific works of the X Int. Sci. Conf. "Functional Basis of Nanoelectronics" are included in the Collection: X International Scientific Conference "Functional Basis of Nanoelectronics" Collection of Scientific Works. Kharkiv-Odesa, 164–173.
2. Rassamakin B. M., Rogachyov V. A., Hominich V. I., Petrov Yu. V., Khairnasov S. M. (2002). Experimental modeling of thermal modes of small-sized space apparatus and their outer thermal flows. I. Thermal vacuum stand TVK-2,5. *Space Science and Technology*, **8** (1), 37–41 [in Russian].
3. Rassamakin B. M., Rogachyov V. A., Hominich V. I., Petrov Yu. V., Khairnasov S. M. (2002). Thermal conditions of a small-sized space devices and their external heat flows experimental modeling. II. Thermovacuum tests of microsatellite model MC – 1 – TK - TB results. *Space Science and Technology*, **8** (4), 3–10 [in Russian].
4. ECSS-E-ST-10-03C 2012–06–12 / Space engineering. Testing. ECSS Secretariat ESA-ESTEC/ Requirements & Standards Division. Noordwijk, The Netherlands.

Received 08.10.2020

Yu. A. Poshtarenko, engineer

B. M. Rassamakin, senior researcher, Ph.D. in Tech

Yu. M. Sydorenko, senior researcher, D.Sc. in Tech

V. I. Khominich, senior researcher, Ph.D. in Tech

M. D. Shevchenko, leading engineer

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

37 Peremohy Ave, Kyiv, 03056 Ukraine

RESEARCH AND TESTING EXPERIMENTAL THERMAL VACUUM STAND TVK-2,5

We present additional design features of the upgraded stand TVK-2,5, which provides a physical imitation of the complex effect on the object of the main factors of outer space, namely, deep vacuum, cryogenic temperatures, solar and terrestrial radiation, a high degree of absorption of thermal radiation by the external environment. The stand can be used to implement the internal heat release of the object and the dynamics of the object passing a given orbit.

Keywords: thermal-vacuum stand TVK-2,5, space factors, on-site tests, vacuum, pumping efficiency, cryogenic temperatures, radiation, heat release, infrared radiation.