

## УСТАНОВКА ДЛЯ ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР 83—473 К

П. И. ДИДЫК, В. Л. СЕМЁНОВ, А. А. БАСОВСКИЙ, А. А. ЖУКОВ

*ОАО „Российские космические системы“, 111250, Москва, Россия*

*E-mail: felix\_engine@mail.ru*

Представлена установка для термоциклирования, обеспечивающая возможность проведения испытаний устройств и материалов к воздействию изменения температуры в диапазоне 83—473 К; предложенная установка позволяет достоверно определять устойчивость к воздействию со скоростью до 10 К/с.

**Ключевые слова:** установка для термоциклирования, термоциклы, испытания, диапазон температур 83—473 К.

Установки, предназначенные для испытаний конструкций и материалов на устойчивость к изменениям температуры, а также методы проведения испытаний достаточно широко описаны в литературе [1—7] и регламентированы различными стандартами [8—11]. Однако известные установки не обеспечивают соблюдения условий испытаний при воздействии температур от 83 до 473 К, что не позволяет достоверно оценить работоспособность устройств и материалов, температуры эксплуатации которых находятся в указанном диапазоне. В связи с этим актуальной задачей является разработка установки для термоциклирования, обеспечивающей возможность проведения испытаний в диапазоне 83—473 К.

Для решения поставленной задачи была спроектирована, изготовлена и апробирована установка, структурная схема которой представлена на рис. 1, а, где 1 — механизм перемещения контейнера; 2 — контейнер с образцами (устройствами и/или материалами); 3 — камера тепла; 4 — камера холода; 5 — испаритель. В камере тепла находятся герметичная кварцевая емкость, бесконтактный нагреватель и платиновый датчик температуры; в состав камеры холода входят емкость для хранения сжиженных газов (сосуд Дьюара), испаритель и два платиновых датчика температуры — в зоне испытания устройств и в объеме сжиженного газа (для контроля наличия газа); стойка управления содержит четыре преобразователя датчиков температуры, два таймера выдержки образцов (в камере тепла и в камере холода) и счетчик испытательных циклов (рис. 1, б).

Принцип работы установки заключается в следующем: испытания устройств и/или материалов осуществляются в течение непрерывно следующих друг за другом циклов, каждый из которых состоит из двух этапов.

1. Образцы (устройства и/или материалы) в контейнере помещают в камеру холода посредством механизма перемещения контейнера. Температуру в камере холода заранее доводят до нижнего рабочего значения температуры эксплуатации образца, и выдерживают его при этой температуре до достижения теплового равновесия.

2. После выдержки в камере холода образец помещают в камеру тепла посредством механизма перемещения контейнера. Температуру в камере тепла заранее доводят до верхнего рабочего значения температуры эксплуатации образца, и выдерживают его при этой температуре до достижения теплового равновесия.

Минимальное время перемещения образцов составляет не более 30 с. Термоциклограмма представлена на рис. 2.

По окончании последнего цикла образцы выдерживают при комнатной температуре до достижения теплового равновесия.

Охлаждение образцов происходит в камере холода за счет испарения жидкого азота. При этом интенсивность испарения, а следовательно, и температура в камере холода определяется мощностью испарителя. Нагрев в камере тепла происходит за счет мощности, выделяемой с бесконтактного нагревательного элемента. Таким образом, выдержка образцов осуществляется в инертной среде азота, что позволяет избежать образования ледяной корки и необратимых процессов окисления под действием повышенной температуры.

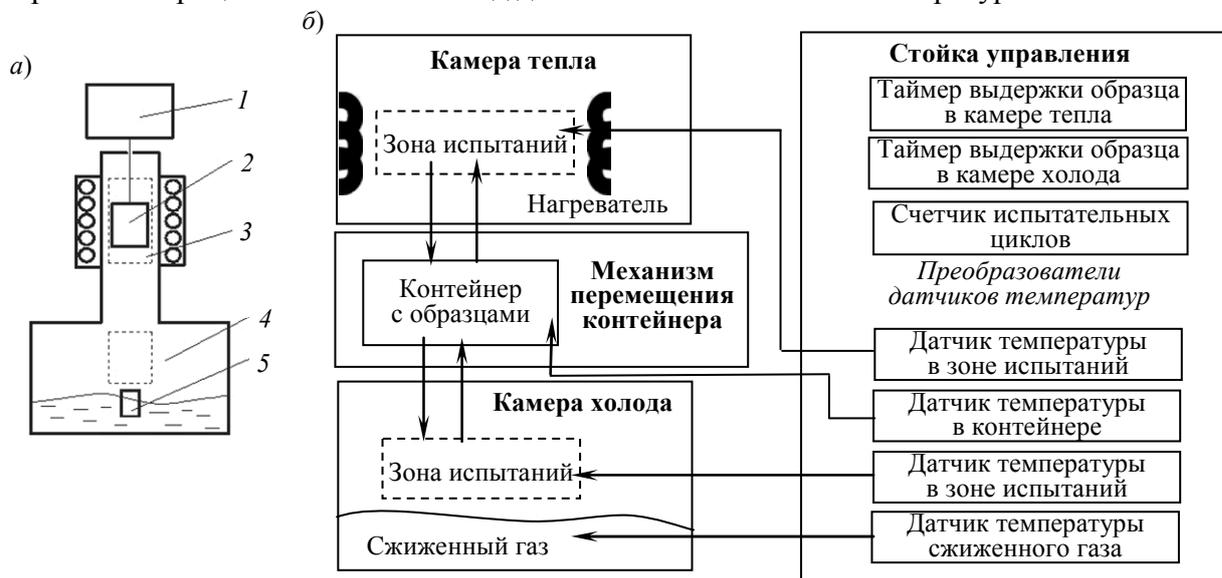


Рис. 1

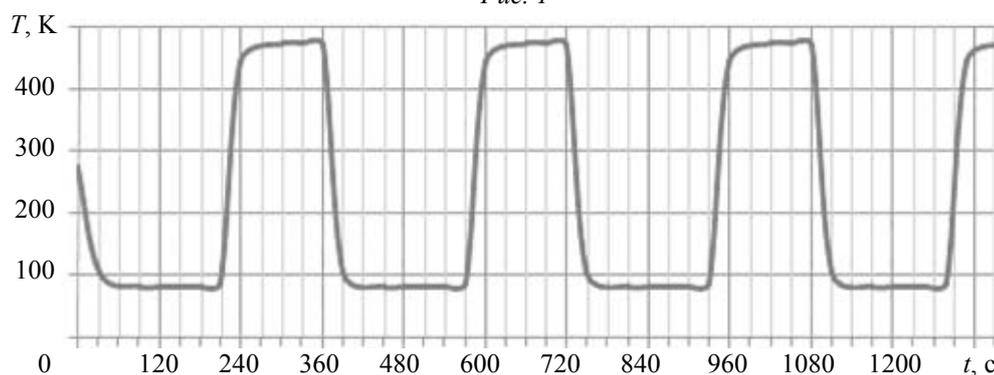


Рис. 2

Установка обеспечивает точность измерения температуры  $\pm 4$  К при испытаниях устройств с предельными размерами  $40 \times 40 \times 50$  мм и суммарной массой не более 100 г. Наличие платиновых датчиков обеспечивает точность измерения температуры  $\pm 0,2$  % [12] в контейнере с образцами, в камере тепла и в камере холода. Предложенная установка позволяет проводить граничные испытания и может быть использована в исследовательских целях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс: <[www.thermalproductsolutions.com](http://www.thermalproductsolutions.com)>.
2. Электронный ресурс: <[www.espec.com/na/products/thermal\\_shock/](http://www.espec.com/na/products/thermal_shock/)>.
3. Пат. SU1490600. Устройство для испытания полых изделий на термоудар / В. В. Никитин, Д. Г. Грак. Опубл. 30.06.89.
4. Пешес Л. Я., Степанов М. Д. Основы теории ускоренных испытаний на надежность. Минск: Наука и техника, 1972. 168 с.
5. Колтаков А. О термоциклах и термоциклировании // Силовая электроника. 2006. № 2. С. 6—11.

6. Карташов Г. Д. Форсированные испытания. Надежность технических систем: Справочник / Под ред. И. А. Ушакова. М.: Радио и связь, 1985. 352 с.
7. Борцов В. Н., Листратенко А. М., Антонова В. А., Буеров Г. В., Семенов Л. П., Тымчук И. Т., Проценко М. А., Костышин Я. Я. Ускоренные форсированные термоциклические испытания солнечных батарей космического назначения // Технология приборостроения. 2011. № 1. 9 с.
8. MIL-STD-883E. Test Method Standard Microcircuit. Method 1010.7-Temperature Cycling: Intr. 31.12.96.
9. ECSS-E-10-03 A. Космическая техника. Испытания. Введ. 15.02.02.
10. ГОСТ Р 51368-99. Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на устойчивость к воздействию температуры. М., 1999.
11. ГОСТ 30630.0.0-99 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Общие требования. М., 1999.
12. Электронный ресурс: <[http://sensing.honeywell.com/product%20page?pr\\_id=23057](http://sensing.honeywell.com/product%20page?pr_id=23057)>.

#### Сведения об авторах

- Павел Игоревич Дидык** — ОАО „Российские космические системы“; инженер-исследователь;  
E-mail: felix\_engine@mail.ru
- Виктор Львович Семёнов** — ОАО „Российские космические системы“; инженер-исследователь
- Андрей Андреевич Басовский** — ОАО „Российские космические системы“; ведущий научный сотрудник;  
E-mail: abas36@mail.ru
- Андрей Александрович Жуков** — д-р техн. наук, доцент; ОАО „Российские космические системы“;  
E-mail: and\_zhukov@mail.ru

Рекомендована  
ОАО „Российские космические  
системы“

Поступила в редакцию  
17.09.14 г.

**Ссылка для цитирования:** Дидык П. И., Семёнов В. Л., Басовский А. А., Жуков А. А. Установка для термоциклирования в диапазоне температур 83—473 К // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 3. С. 226—228.

### ТHERMOCYCLING SETUP FOR TEMPERATURE RANGE OF 83—473 K

P. I. Didyk, V. L. Semyonov, A. A. Basovsky, A. A. Zhukov

JSC "Russian Space Systems", 111250, Moscow, Russia

E-mail: felix\_engine@mail.ru

A thermocycling setup temperature range of 83—473 K is demonstrated. The setup allows for testing of devices and materials for effects of temperature changes in the specified range, the experimental data on impact temperature variations are obtained with the speed up to 10 Kps.

**Keywords:** thermocycling setup, thermocycles, testing, temperature range of 83 — 473 K.

#### Data on authors

- Pavel I. Didyk** — JSC "Russian Space Systems"; engineer; E-mail: felix\_engine@mail.ru
- Viktor L. Semyonov** — JSC "Russian Space Systems"; engineer
- Andrey A. Basovsky** — JSC "Russian Space Systems"; leading researcher;  
E-mail: abas36@mail.ru
- Andrey A. Zhukov** — Dr. Sci.; JSC "Russian Space Systems"; E-mail: and\_zhukov@mail.ru

**Reference for citation:** Didyk P. I., Semyonov V. L., Basovsky A. A., Zhukov A. A. Thermocycling setup for temperature range of 83—473 K // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroyeniye. 2015. Vol. 58, N 3. P. 226—228 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-3-226-228