

УДК 520.66+53.08

А. В. Дудник<sup>1</sup>, М. Прето<sup>2</sup>, Е. В. Курбатов<sup>1</sup>, С. Санчез<sup>2</sup>, Т. Г. Тимакова<sup>1</sup>, К. Г. Титов<sup>1</sup>, П. Парра<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків

<sup>2</sup> Група космічних досліджень, Університет м. Алкала, Алкала де Енарес, Іспанія

## МАЛОГАБАРИТНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОНОВ И ЯДЕР ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В ОТКРЫТОМ КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

---

*Представлено концепцію побудови малогабаритного бортового приладу SIDRA для вимірювань потоків енергійних заряджених частинок у космічному просторі і перші результати лабораторних тестів окремих модулів приладу. Обґрунтовано необхідність розробки такого типу спектрометра і наведено перелік актуальних завдань, що вирішуються за його допомогою. Представлено структурну схему, дається опис модулів і вузлів приладу SIDRA. Обговорюються результати комп'ютерного моделювання, вимірювань основних характеристик перетворювачів заряду в напругу, формувачів і пристроїв вибірки і зберігання сигналів; тестувань лабораторного макету на електромагнітну сумісність і за допомогою прискорювача заряджених частинок. Описуються особливості програмного забезпечення прототипу модуля цифрової обробки сигналів, а також режими роботи приладу.*

---

### ВВЕДЕНИЕ

Для осуществления длительных космических миссий необходимы точные знания о распределении естественной радиации в окружающем пространстве. Бортовые системы жизнеобеспечения спутников могут давать сбои в своей работе или выходить из строя под воздействием повышенных потоков легких или тяжелых ядер высоких энергий. В случае, если такие спутники имеют на своем борту сенсоры, адекватно отражающие изменения радиационной обстановки, причина сбоев может быть идентифицирована. К примеру, мониторы, установленные на борту спутников SCATHA, « *Voyager I*» и CRRES, помогли идентифицировать причины сбоев в работе аппаратуры, сброса первичного питания при его подаче на полезную нагрузку [1, 2, 15]. Несмотря на многолетние масштабные усилия создателей космической аппаратуры, направленные на разработку всевозможных методов защиты электронного и оптического

оборудования от вредного воздействия корпускулярной радиации, время от времени поступают сведения о выходе из строя того или иного модуля, устройства или системы космического аппарата. Так, в результате мощной солнечной вспышки балла X5.4 в рентгеновском диапазоне по данным спутника GOES15, произошедшей в 04.02UT 7 марта 2012 г., и серии более мелких предшествующих и последующих вспышек, из короны Солнца в межпланетное пространство были сброшены огромные облака намагниченной плазмы. Европейский космический зонд « *Венера-Экспресс*», находящийся на орбите Венеры, гораздо ближе к Солнцу, чем Земля, был в этот день подвержен воздействию радиации. Звездные датчики, помогающие зонду определить свою позицию и ориентацию в пространстве, были «ослеплены». Команда управления полетом Европейского космического агентства приняла решение временно вывести датчики из эксплуатации и поддерживать ориентацию зонда с использованием гироскопов.

В настоящее время новые детектирующие системы для регистрации потоков заряженных частиц развиваются быстрыми темпами. Вы-

2. Дудник А. В., Подгурски П., Сильвестер Я. и др. Рентгеновский спектрофотометр SphinX и спектрометр частиц СТЭП-Ф спутникового эксперимента КОРОНАС-ФОТОН – предварительные результаты совместного анализа данных // Астрон. вестник. — 2012. — 46, № 2. — С. 173–183.
3. Саркисян Л. А., Кирьянов Е. Ф., Воробьев Ю. А. Модернизация стодвадцатисантиметрового циклотрона // Приборы и техника эксперимента. — 1979. — № 1. — С. 19–21.
4. Юров В. Н., Котов Ю. Д., Глянченко А. С. и др. Научная аппаратура «Солнечный монитор» для исследования радиационного состояния околоземного космического пространства // Ядерная физика и инжиниринг. — 2011. — 2, № 4. — С. 314–319.
5. Agostinelli S., Allison J., Amako K., et al. Geant4—a simulation toolkit // Nucl. Instrum. Meth. A — 2003. — 506, N 3. — P. 250–303.
6. Dotsenko O. V., Dudnik O. V., Mezjat D., Prieto M. Concept of application of the SIDRA instrument to ensure safe operation of a satellite // 9<sup>th</sup> Ukrainian Conference on space research, Abstracts. — 2009. — P. 76.
7. Dudnik O. V., Bilogub V. V., Kurbatov E. V., et al. Compact on-board instrument SIDRA for measurement of particle fluxes & dose rates – concept and first model // 9<sup>th</sup> Ukrainian Conference on space research. Abstracts. — 2009. — P. 78.
8. Dudnik O. V., Mezjat D., Prieto M. The concept of compact on-board instrument for measurements of particle fluxes & dose rates // Scientific Session MEPhi-2009: Abstracts. — 2009. — 2. — P. 151 (in Russian).
9. Dudnik O. V., Prieto M., Kurbatov E. V., et al. First concept of compact instrument SIDRA for measurements of particle fluxes in the space // J. Kharkiv University. Phys. Ser. «Nuclei, Particles, Fields». — 2011. — 969, N 3(51). — P. 62–66.
10. Koons H. C., Gorney D. J. Relationship between electrostatic discharges on spacecraft P78-2 and the electron environment // J. Spacecraft Rockets. — 1991. — 28, N 6. — P. 683–688.
11. Leung P., Whittlesley A. C., Garrett H. B., Robinson P. A. Environment-induced electrostatic discharges as the cause of Voyager I power-on resets // J. Spacecraft Rockets. — 1986. — 28, N 3. — P. 323–330.
12. Prieto M., Guzman D., Garcia J. I., et al. Control Unit of the SIDRA Scientific Instrument // Proc. of 9<sup>th</sup> Conference «Jornadas de Computacion Reconfigurable y Aplicaciones», Alcalá de Henares, Spain. — 2009. — P. 475–484.
13. Renker D. Geiger-mode avalanche photodiodes, history, properties and problems // Nucl. Instrum. Meth. A. — 2006. — 567, N 1. — P. 48–56.
14. Vacheret A., Barker G. J., Dziewiecki M., et al. Characterization and simulation of the response of Multi-Pixel Photon Counters to low light levels // Nucl. Instrum. Meth. A. — 2011. — 656, N 1. — P. 69–83.
15. Violet M. D., Frederickson A. R. Spacecraft anomalies on the CRRES satellite correlated with the environment and insulator samples // IEEE Trans. Nucl. Sci. — Dec. 1993. — 40, N 6. — P. 1512–1519.

Надійшла до редакції 21.06.12

O. V. Dudnik, M. Prieto, E. V. Kurbatov, S. Sanchez,  
T. G. Timakova, K. G. Titov, P. Parra

#### A SMALL-SIZED DEVICE FOR MONITORING OF HIGH-ENERGY ELECTRONS AND NUCLEI IN THE OUTER SPACE

We present the concept of the compact on-board device SIDRA for measurements of energetic charged particle fluxes in the outer space and first results of laboratory tests for separate instrument's units. The necessity to elaborate the spectrometer of such a type is substantiated and some actual problems to be solved with the use of the device are listed. The block diagram is presented and the modules and components of the device SIDRA are described. We discuss some results of computer simulation, of measurements for the basic characteristics of charge-to-voltage converters, shapers, and sample and hold apparatus. Some results of tests for electromagnetic compatibility with other payload and with the help of charge particle accelerator are also considered. The features of the software for the digital processing module prototype as well as the device operation modes are described.