

# ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУР ВНЕШНЕГО КОМАНДНО-ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА\*

Л. Ф. Ноженкова<sup>1</sup>, О. С. Исаева<sup>1</sup>, Р. В. Вогоровский<sup>1</sup>,  
А. В. Мишуров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт вычислительного моделирования СО РАН,  
г. Красноярск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация

*Разработан программный редактор, позволяющий формировать процедуры автономных испытаний приема и отработки команд и выполнять анализ функционирования бортовой аппаратуры командно-измерительной системы космического аппарата. Автономные испытания командно-измерительной системы проводятся без подключения бортовых систем, взаимодействующих с объектом контроля. Для проведения автономных испытаний требуется, с одной стороны, формировать и передавать команды в командно-измерительную систему, а с другой – собирать и передавать ответы. В условиях комплексных испытаний эти функции выполняют бортовые системы. Разработанное программное обеспечение обеспечивает работу имитаторов бортовых систем, позволяет настроить перечень команд и параметры приема-передачи данных: коммутационные интерфейсы, время ожидания реакции на команду, количество повторений отправки, способ передачи, эталонные значения полей телеметрии для контроля и анализа отработки команд и др.*

*Редактор интегрирован в программное обеспечение контрольно-проверочной аппаратуры командно-измерительной системы. При проведении автономных испытаний построенный программный комплекс функционирует как окружение объекта контроля. Упрощение процесса создания испытательных процедур приема-передачи команд расширяет возможности исследования бортовой аппаратуры, повышает качество и надежность испытаний.*

*В статье подробно описан порядок подготовки и настройки испытательных процедур. Описание сопровождается иллюстрациями, которые позволяют детально представить состав и функции программного обеспечения.*

*Ключевые слова: космический аппарат, бортовая аппаратура, командно-измерительная система, телекоманды, телеметрия, контрольно-проверочная аппаратура, поддержка проведения испытаний, анализ функционирования оборудования.*

## Введение

Бортовая аппаратура командно-измерительной системы космического аппарата представляет

© Ноженкова Л. Ф., Исаева О. С., Вогоровский Р. В., Мишуров А. В., 2017

DOI: 10.26732/2225-9449-2017-4-175-183

\* Исследование выполнено при поддержке краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках реализации проекта «Подготовка к внедрению программно-аппаратного комплекса для

собой высокотехнологичную продукцию с длительным жизненным циклом. От качества ее испытаний во многом зависит работоспособность всего бортового комплекса. Под испытанием понимается экспериментальное определение (оценивание, контроль) количественных и качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него при его функционировании, при моделировании объекта или воздействий [1].

автоматизации испытаний бортовой аппаратуры командно-измерительной системы в АО "ИСС"».

Командно-измерительная система применяется для измерения параметров движения, приема и передачи различных видов информации, формирования и передачи на космический аппарат команд и программ управления, стандартных частот и сигналов времени для синхронизации работы бортового комплекса управления [2]. С наземного комплекса управления передаются телекоманды, командно-измерительная система выполняет их прием, первичную обработку и передачу для выполнения в бортовой комплекс управления. В обратном направлении командно-измерительная система осуществляет передачу пакетов телеметрии с информацией о состоянии бортовых систем космического аппарата и результатами обработки телекоманд. Проведение всесторонних испытаний в наземных условиях позволяет выявить соответствие бортовой аппаратуры заданным техническим требованиям, что в дальнейшем обеспечивает надежность и работоспособность космического аппарата в течение всего срока его активного существования.

Правила и порядок испытаний различных объектов контроля определяются международными и отраслевыми стандартами [3], такими как: ГОСТ 16504-81 [1], стандарт ISO/IEC 9646 [4], определяющий методологию проведения функционального тестирования коммуникационных систем, стандарты испытаний бортовой аппаратуры космического оборудования Европейского космического агентства [5, 6] и другие.

Для проведения испытаний систем космического аппарата используется наземный сегмент, который содержит имитаторы внешних условий, контрольно-измерительную и контрольно-проверочную аппаратуру. Сложность задачи во многом определяется большим количеством информационных параметров и сигналов управления [7]. Для автоматизации методик испытаний разрабатываются как универсальные системы, языки программирования, так и специализированные программно-аппаратные комплексы, примеры которых представлены в [8, 9]. Кроме того, решаются специализированные задачи моделирования или анализа функционирования объекта контроля [10]. Системы автоматизации испытаний имеют большое число наблюдаемых параметров и должны содержать развитые средства визуализации и анализа данных. Программное обеспечение должно поддерживать режимы подготовки, проведения испытаний, обработки и анализа данных. В режиме подготовки испытаний необходимо задавать сценарии измерения, обработки и отображения данных, обеспечивать повторное использование созданных ранее сценариев, а кроме того, поддерживать самотестирование измерительных модулей и устройств. В режиме проведения испытаний требуется выполнять надежное измере-

ние и регистрацию непрерывного потока данных, отображение измеряемых и обработанных параметров в формате, удобном оператору, проводить контроль предельных значений и аварийное реагирование. Для обработки и анализа программное обеспечение должно иметь возможность выполнять упорядоченное хранение, поиск данных испытаний и производить выборки по различным критериям, обеспечивать удобное представление результатов в виде графиков и таблиц, формировать протоколы и отчеты [11].

На предприятии-изготовителе спутниковых систем функционирует программное обеспечение контрольно-проверочной аппаратуры, которая выполняет измерения и управляет оборудованием командно-измерительной системы [12, 13]. Библиотеки программ, обеспечивающих взаимодействие между контрольно-проверочной аппаратурой и объектом контроля, разработаны специалистами Сибирского федерального университета [14]. Программное обеспечение контрольно-проверочной аппаратуры разработано с учетом общих требований к измерительным системам [15]. Для расширения его функциональных возможностей и упрощения процесса подготовки испытаний приема-передачи команд и анализа состояния бортовых систем разработано программное обеспечение, получившее название «Редактор формирования процедур внешнего командно-программного управления».

### Задачи редактора формирования процедур внешнего командно-программного управления

Автономные испытания командно-измерительной системы проводятся без подключения бортовых систем, взаимодействующих с объектом контроля. Для проведения автономных испытаний требуется, с одной стороны, формировать и передавать команды в командно-измерительную систему, а с другой – собирать и передавать ответы, которые в реальных условиях выдают бортовые системы.

Рассмотрим схему потоков данных, возникающих при проведении автономных испытаний приема-передачи команд [16] (рис. 1). Испытание начинается с того, что программное обеспечение передает в командно-измерительную систему команду (стрелка 1). Командно-измерительная система формирует и добавляет квитанцию о принятой команде в передаваемый пакет телеметрии (стрелка 2). Далее она анализирует команду и в случае, если получена команда для бортового комплекса управления, передает ее в программное обеспечение, заменяющее при автономных испытаниях место бортовых систем (стрелка 3). Для

контроля отработки команды программное обеспечение формирует ответ на бортовую команду в соответствии с заданными настройками и передает его в командно-измерительную систему (стрелка 4). Командно-измерительная система добавляет полученный ответ к телеметрии и передает в программное обеспечение (стрелка 5). Получая телеметрию, программное обеспечение анализирует квитанции и делает выводы о прохождении команды.

Разработанное ранее программное обеспечение контрольно-проверочной аппаратуры позволяет проводить испытания командно-измерительной системы при приеме, передаче и обработке команд [17]. Но поскольку это программное обеспечение имеет универсальный функционал, то построение сценариев испытаний для данной задачи довольно трудоемко.

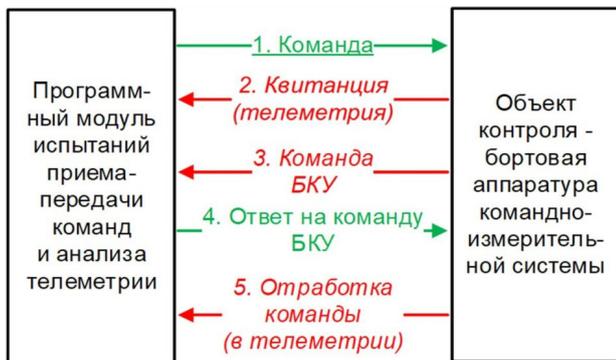


Рис. 1. Поток данных при испытаниях приема-передачи команд

Редактор формирования процедур внешнего командно-программного управления упрощает процесс подготовки испытаний, позволяет задавать команды и параметры контроля их выполнения без необходимости формирования взаимосвязей между цепочками действий сценария, предназначенными для управления передачей данных. При проектировании редактора на основе проведенного анализа сценариев испытаний были выделены основные задачи [18] и разработаны функциональные диаграммы (рис. 2).

Выделены следующие задачи подготовки и проведения испытаний приема-передачи команд: формирование базы команд и структур телеметрии, задание списка команд и контрольных значений телеметрии, настройка передачи команд и приема телеметрии, выполнение передачи команд и приема телеметрии, анализ отработки команд.

Редактор формирования процедур внешнего командно-программного управления решает поставленные задачи в полном объеме. Редактор выполняет функции по настройке команд (рис. 3) и проверке их выполнения.

Описание реализации программной поддержки решения перечисленных в функциональной диаграмме задач представлено далее.

### Формирование команд и структур телеметрии

Формирование списка команд и структур телеметрии выполняется в программном обеспечении контрольно-проверочной аппаратуры. В его

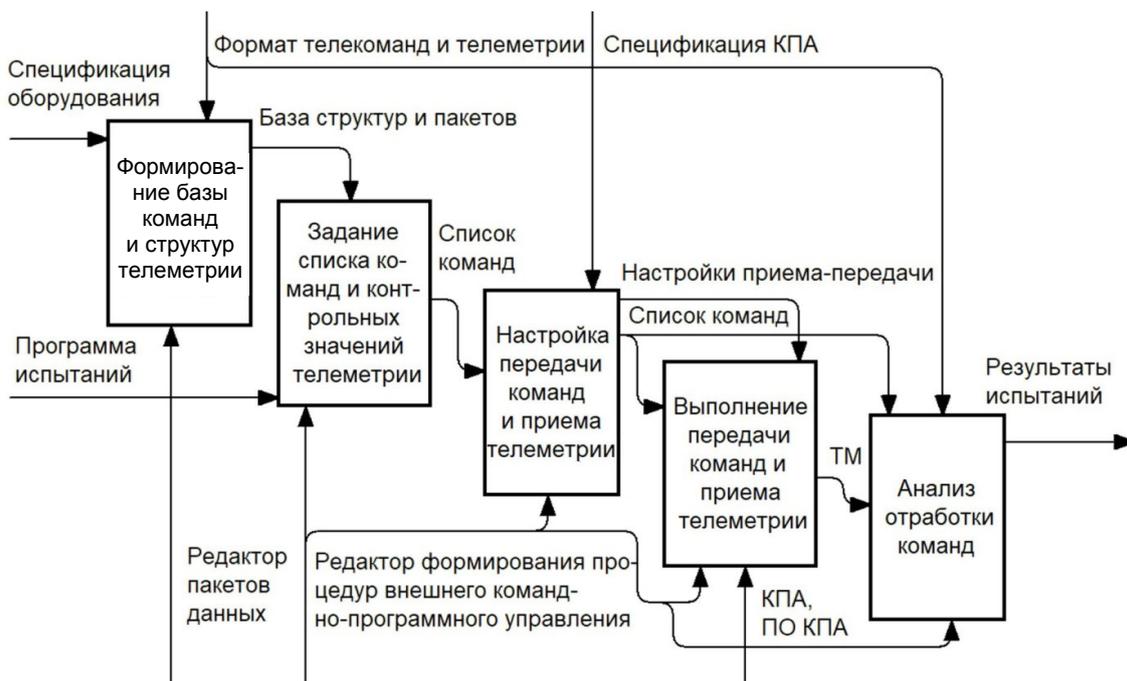


Рис. 2. Функциональная диаграмма испытания приема-передачи команд

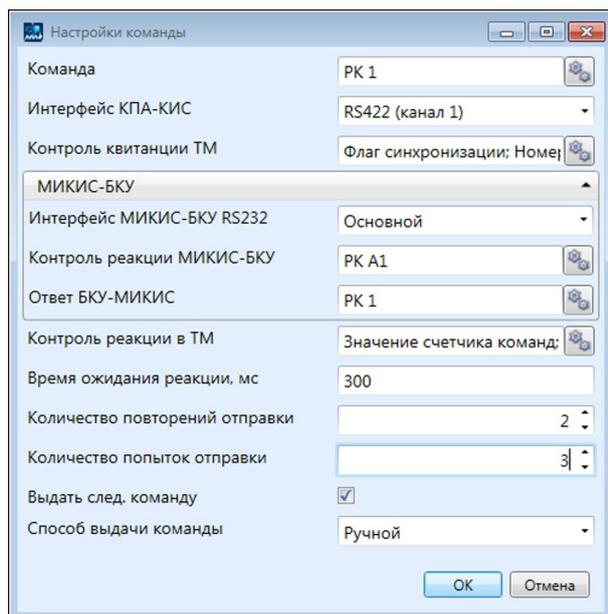


Рис. 3. Окно настройки команды

состав входит редактор пакетов данных (рис. 4), который позволяет создавать произвольные структуры команд и телеметрии, а также формировать команды в соответствии с заданной структурой. В редакторе пакетов данных представлен перечень структур, содержащих набор полей и их значения для пакетов, созданных на основе этих структур.

Структуры пакетов могут быть сохранены на диске в виде файла во внутреннем формате, что позволяет переносить их между рабочими местами или использовать в качестве шаблонов для создания новых структур.

Программное обеспечение ведет контроль длины полей, составляющих структуру пакета, позволяет заполнять значения по умолчанию, вычисляет контрольную сумму. Удобные функции навигации по базе данных позволяют легко находить требуемые структуры данных или пакеты, отвечающие условиям поиска.

### Задание списка команд и контрольных значений телеметрии

Список команд, которые будут отправляться в объект контроля при проведении испытаний, формируется из команд, созданных в редакторе пакетов данных и сохраненных в базе. Выбор команды выполняется в два этапа. Из базы команд выбирается наименование команды (рис. 5). Далее выполняется выбор изменяемых полей, значения которых были указаны при формировании структуры пакета. Такой подход упрощает ввод команд, например, одна команда, отправляемая на основной или резервный канал, задается одним пакетом.

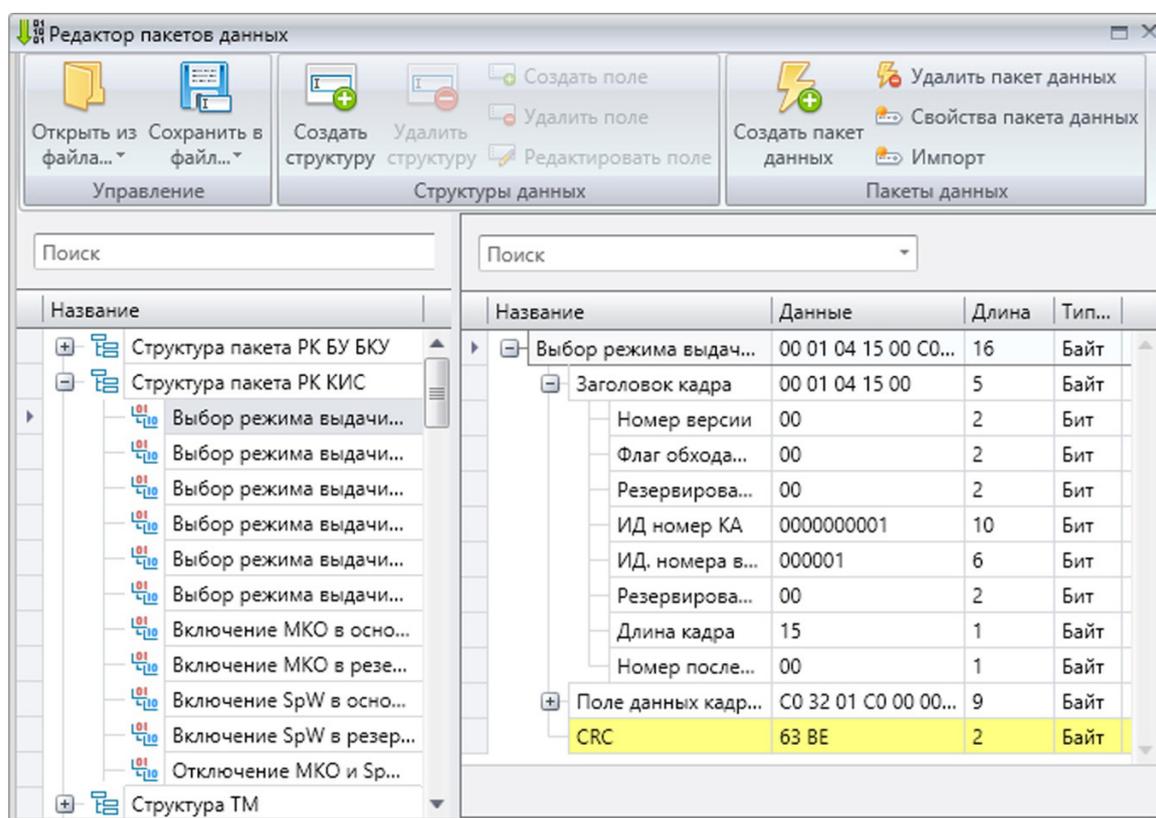


Рис. 4. Редактор пакетов данных

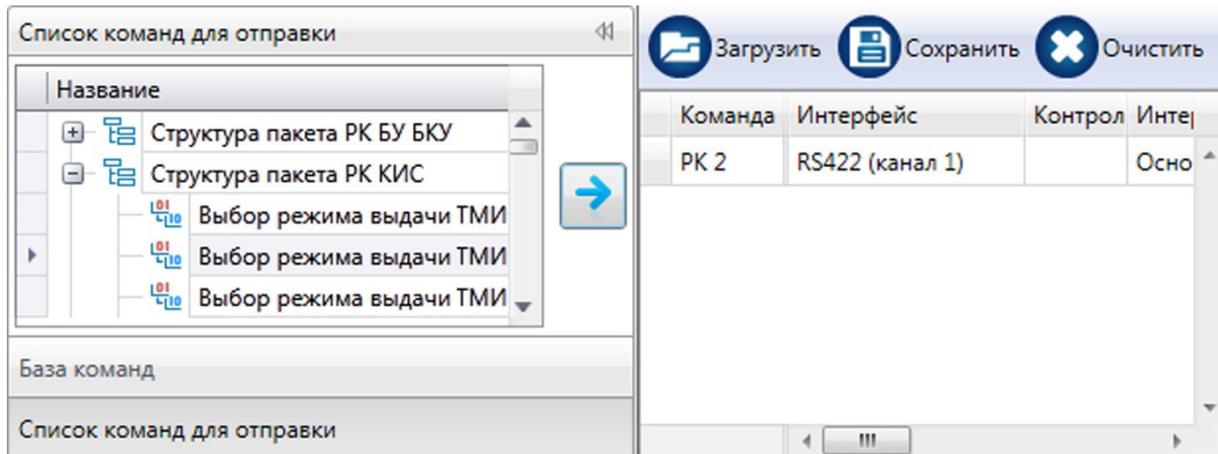


Рис. 5. Выбор команды из базы команд

Название	Контрольное значение
<input type="checkbox"/> ТМ из excel	00 00 00 00 00 00 00 00 ...
<input type="checkbox"/> Заголовок трансп. кадра	00 00 00 00 00 00
<input type="checkbox"/> Ид. номер кадра	00 00 ...
<input checked="" type="checkbox"/> Номер версии	10 ...
<input type="checkbox"/> Ид. номер КА	0000000000 ...
<input type="checkbox"/> Ид. номер виртуаль	000 ...
<input type="checkbox"/> Флаг рабочего конт	0 ...
<input type="checkbox"/> Счетчик кадра основно	00 ...

Рис. 6. Задание контролируемых полей в телеметрии

Для анализа отработки команд в пакете, описывающем структуру телеметрического кадра, выбираются контролируемые поля и указываются контрольные значения (рис. 6).

Например, поле, в котором программа должна проверять квитанцию на получение команды, указывается в параметре «Контроль квитанции ТМ». Контроль отработки команды задается в параметре «Контроль реакции в ТМ». Аналогично задаются другие параметры контроля телеметрии.

### Настройка передачи команд и приема телеметрии

Настройка передачи команд выполняется в главном окне редактора формирования процедур внешнего командно-программного управления (см. рис. 3). Для настройки заполняются следующие параметры. «Команда» выбирается из ранее сформированного списка команд для отправки. В «Интерфейс КПА-КИС» подставляется одно из значений «RS-422 (канал 1)», «RS-422 (канал 2)», ВЧ. Способы задания параметров «Контроль квитанции ТМ», «Контроль реакции МИ КИС-БКУ»,

«Контроль реакции в ТМ» описаны выше. «Интерфейс МИ КИС-БКУ для RS232» выбирается из выпадающего списка значений: «Основной» или «Резервный». «Ответ БКУ-МИ КИС» задает данные, которые программное обеспечение будет передавать в МИ КИС в качестве реакции на команду, имитируя функции бортовых систем. Параметр «Время ожидания реакции» позволяет задавать в миллисекундах время, в течение которого программа будет проверять поступающую телеметрию для текущей команды. Если по завершении указанного времени квитанция в телеметрии не будет получена, то программа отобразит ошибку передачи команды. Параметр «Количество попыток отправки» задает количество повторений отправки команды при неудачной передаче. Как только команда успешно передана, попытки отправки прекращаются. «Количество повторений отправки» задает цикл отправок одной и той же команды. «Способ выдачи команды» позволяет задать управление передачей в автоматическом или ручном режиме. После заполнения указанных параметров процедура испытания приема-передачи команд готова к выполнению.

## Выполнение передачи команд и приема телеметрии

Заданные пакеты данных, содержащие команды, передаются в программно-аппаратный комплекс контрольно-проверочной аппаратуры. Взаимодействие с оборудованием командно-измерительной системы посредством контрольно-проверочной аппаратуры выполняется в программном обеспечении, разработанном специалистами Сибирского федерального университета [14].

Передача команд выполняется по двум циклам. Первый цикл образуется по заданному в настройках количеству повторений, второй, внутренний цикл, – по количеству попыток передачи при ошибках контроля (рис. 7). Цикл по количеству попыток имеет переменную длину, поскольку в настройках определяется только максимальное число

попыток передачи. При успешной передаче с первой или последующих попыток цикл завершается.

Процесс проведения испытаний отображается в окне мониторинга «Проверка команд» (рис. 8).

Визуализируются параметры передачи команды, время отправки и получения реакции в телеметрии, а также контролируемые значения. Команды и настройки передаются в порядке, указанном при формировании испытания. По ходу выполнения испытания команда может быть добавлена в список, отправлена повторно или пропущена. Состояние отправки команды отображается цветом: зеленым – команда передана успешно, красным – команда передана, но в результате выполнения получены ошибки (несовпадения с контрольными параметрами телеметрии, отсутствие квитанции и пр.), синим – команда выполняется в текущий момент.

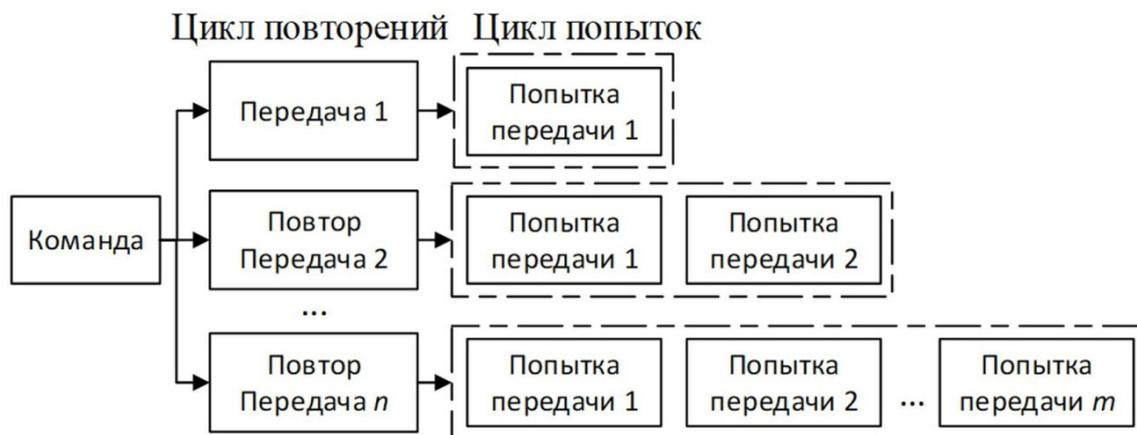


Рис. 7. Циклы выполнения передачи команд

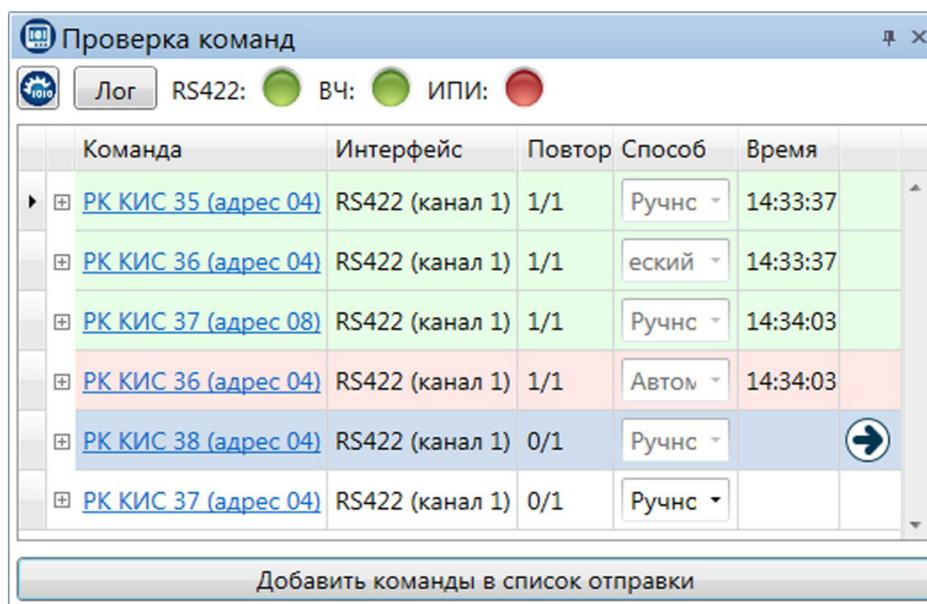


Рис. 8. Отображение состояния отправки команды

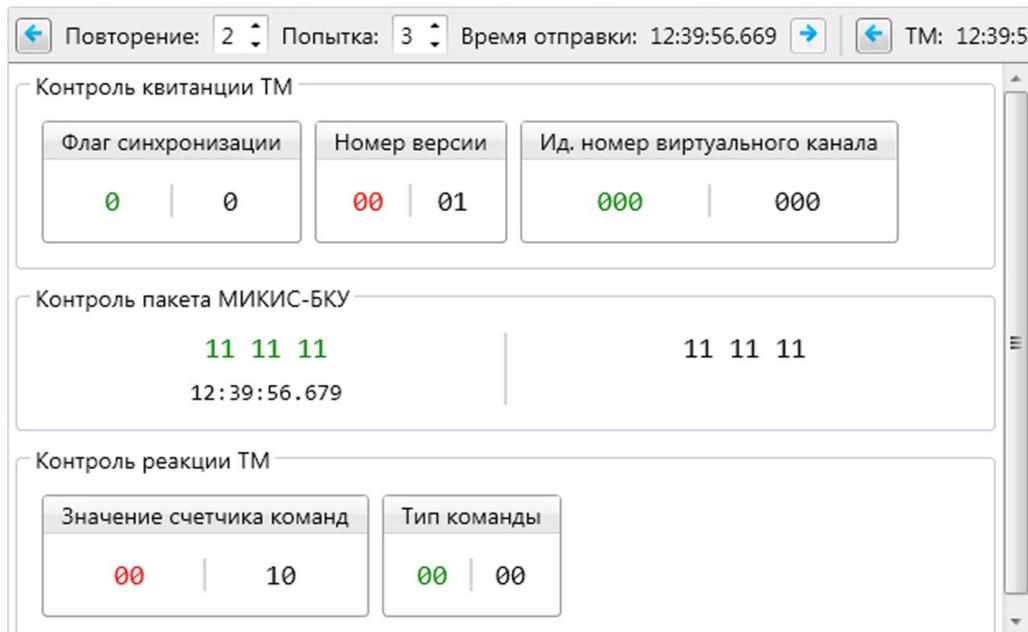


Рис. 9. Детализация отработки команды

## Анализ отработки команд

В ходе выполнения испытания программное обеспечение проводит анализ отработки команд по заданным параметрам и сравнение со значениями, приходящими в телеметрии. Анализ отработки команд отображается на панели детализации для каждой команды (рис. 9).

Сведения об отработке команд включают: время отправки команды, время получения реакции в телеметрии, счетчики повторений и выполненных попыток, а также контролируемые значения. Результаты сравнения контрольных значений с полями получаемой телеметрии отображаются в виде поименованных блоков.

Окно мониторинга постоянно обновляется, показывая текущее состояние испытательных действий. Оперативность и наглядность отображения результатов позволяют наблюдать процесс отправки команд и отслеживать корректность работы командно-измерительной системы в контрольных точках.

## Заключение

Разработанный редактор формирования процедур внешнего командно-программного управления позволяет проводить испытания функционирования командно-измерительной системы при приеме и отработке команд. Применение нового редактора обеспечивает планирование, подготовку, проведение испытаний приема-передачи команд и анализ результатов.

Интеграция разработанного программного инструмента с программно-аппаратным комплексом контрольно-проверочной аппаратуры командно-измерительной системы космического аппарата позволяет выполнять контроль соответствия физических характеристик оборудования техническим требованиям, предъявляемым к нему, одновременно с анализом отработки команд бортовой аппаратурой.

## Список литературы

1. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. ГОСТ 16504-81. М. : Стандартинформ, 2011. 24 с.
2. Системы и комплексы космические. Термины и определения. ГОСТ Р 53802-2010. М. : Стандартинформ, 2011. 28 с.
3. ITU-T Recommendation Z.500 – Framework on formal methods in conformance testing (1997). 49 p.
4. ISO/IEC 9646-1: Information Technology – Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework – Part 1: General concepts (1994). 46 p.
5. ECSS-E-ST-10-02C. Space engineering – Verification – European Cooperation for Space Standardization (ECSS) (2009). 45 p.
6. ECSS-E-ST-10-03C. Space engineering – Testing – European Cooperation for Space Standardization (ECSS) (2012). 128 p.

7. Туркин И. Б., Лучшев П. А. Разработка программного обеспечения для автоматизации испытаний систем электропитания космических аппаратов // *Авиационно-космическая техника и технология*. 2011. № 2(79). С. 11–19.
8. Garavel H. OPEN/CÆSAR: An open software architecture for verification, simulation, and testing // *Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems*. Springer Berlin Heidelberg, 1998, pp. 68–84.
9. Telemans J. Testing Concurrent Systems: A Formal Approach // *CONCUR'99 Concurrency Theory*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999, pp. 46–65.
10. Фраленко В. П. Методы и алгоритмы обработки потоков данных в многопроцессорных вычислительных комплексах командно-измерительных систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Переславль-Залесский, 2011. 21 с.
11. Программное обеспечение для промышленных измерений. М. : НПП «МЕРА», 2014. 100 с.
12. Программное обеспечение контрольно-проверочной аппаратуры командно-измерительной системы космического аппарата – ПО КПА КИС. Руководство оператора. Красноярск : ИВМ СО РАН, 2015. 78 с.
13. Ноженкова Л. Ф., Исаева О. С., Вогоровский Р. В., Грузенко Е. А. Автоматизация испытаний параметров и логики функционирования командно-измерительной системы // *Исследования наукограда*. 2016. № 3–4 (18). С. 17–24.
14. Горчаковский А. А., Евстратько В. В., Камышникова А. С., Камышников А. Н., Мишуров А. В., Панько С. П., Сухотин В. В. Гибридная контрольно-проверочная аппаратура // *Успехи современной радиоэлектроники*. 2016. № 11. С. 260–262.
15. Раннев Г. Г. Измерительные информационные системы. М. : Издательский центр «Академия», 2010. 336 с.
16. Ноженкова Л. Ф., Исаева О. С., Вогоровский Р. В., Грузенко Е. А. Программная поддержка испытаний приема-передачи команд и анализа телеметрии в командно-измерительной системе // *Вестник СибГАУ*. 2016. Т. 17, № 4. С. 997–1004.
17. Nozhenkova L.F., Isaeva O.S., Vogorovskiy R.V. Automation of Spacecraft Onboard Equipment Testing // *AER-Advances in Engineering Research*, Vol. 52, 2016, pp. 215–217, DOI: 10.2991/amsee-16.2016.57.
18. Ноженкова Л. Ф., Исаева О. С., Вогоровский Р. В. Автоматизация испытаний командно-программного управления бортовой аппаратурой космического аппарата // *Автоматизация. Современные технологии*. 2017. Т. 71, № 4. С. 184–188.

*История статьи*

*Поступила в редакцию 6 сентября 2017 г.*

*Принята к публикации 18 октября 2017 г.*

## FORMATION OF PROCEDURES OF THE EXTERNAL COMMAND-AND-SOFTWARE CONTROL FOR TESTING THE SPACECRAFT COMMAND-AND-MEASURING SYSTEM

**L. F. Nozhenkova<sup>1</sup>, O. S. Isaeva<sup>1</sup>, R. V. Vogorovskiy<sup>1</sup>, A. V. Mishurov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of computational modelling SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation*

*We have created a software editor allowing to develop the test procedures for the command reception and execution and to analyze the spacecraft onboard command-and-measuring system's function. The article describes the order of test procedures preparation and setup. The description is supported with illustrations allowing to see in detail the composition and functions of the software. The editor helps to set the list of commands and the parameters of data reception and transmission: commutation interfaces, command response waiting time, the number of command transfer repetitions, the way of transmission, verification values of the telemetry fields for command control and execution analysis, etc. The editor is integrated in the software of the control-and-measuring system's equipment. During tests, the software complex operates as an environment of the object of control. Simplification of the process of creating test procedures for command reception and transmission expands the possibilities of study of the onboard equipment and increases the quality and accuracy of tests.*

*Keywords: spacecraft, onboard equipment, command-measuring system, telecommands, telemetry packets, test and control equipment, test execution support, equipment functions analysis.*

## References

1. *Ispytaniya i kontrol' kachestva produktsii. Osnovnye terminy i opredeleniya* [Testing and quality control of products. Basic terms and definitions]. GOST 16504-81, Moscow, Standardinform Publ., 2011, 24 p. (In Russian)
2. *Sistemy i komplekсы kosmicheskikh apparatov. Terminy i opredeleniya* [Systems and complexes, space. Terms and Definitions]. GOST R 53802-2010, Moscow, Standardinform Publ., 2011, 28 p. (In Russian)
3. ITU-T Recommendation Z.500 – Framework on formal methods in conformance testing (1997), 49 p.
4. ISO/IEC 9646-1: Information Technology – Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework – Part 1: General concepts (1994), 46 p.
5. ECSS-E-ST-10-02C. Space engineering – Verification – European Cooperation for Space Standardization (ECSS) (2009), 45 p.
6. ECSS-E-ST-10-03C. Space engineering – Testing – European Cooperation for Space Standardization (ECSS) (2012), 128 p.
7. Turkin I. B., Luchshev P. A. *Razrabotka programmnoy obespecheniya dlya avtomatizatsii ispytaniy sistem ehlektrosnabzheniya kosmicheskikh apparatov* [Development of software for automation of testing of power supply systems for space vehicles]. Aerospace Engineering and Technology, 2011, no. 2(79), pp. 11–19. (In Russian)
8. Garavel H. OPEN/CÆSAR: An open software architecture for verification, simulation, and testing. Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems. Springer Berlin Heidelberg, 1998, pp. 68–84.
9. Telemans J. Testing Concurrent Systems: A Formal Approach. CONCUR'99 Concurrency Theory. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999, pp. 46–65.
10. Fralenko V. P. *Metody i algoritmy obrabotki potokov dannykh v mnogoprocessornykh vychislitel'nykh kompleksakh komandno-izmeritel'nykh sistem* [Methods and algorithms for processing data streams in multiprocessor computer systems of command-measuring systems]. Abstract of Cand. tech. science, Pereslavl-Zalessky, 2011, 21 p. (In Russian)
11. *Programmnoye obespecheniye dlya promyshlennykh izmereniy* [Software for industrial measurements]. NPP “MERA”, 2014, 100 p. (In Russian)
12. *Programmnoye obespecheniye kontrol'no-proverochnoy apparatury ko-mandno-izmeritel'noy sistemy kosmicheskogo apparata – PO KPA KIS. Rukovodstvo operatora* [The software of control and testing equipment of the coordinate system of the spacecraft – software KPA KIS. Operator's manual]. ICM SB RAS, Krasnoyarsk, 2015, 78 p. (In Russian)
13. Nozhenkova L. F., Isayeva O. S., Vogorovsky R. V., Gruzenko E. A. *Avtomatizatsiya ispytaniy parametrov i logiki funkcionirovaniya ko-mandno-izmeritel'noy sistemy* [Automation of testing of parameters and logic of functioning of the coordinate measuring system]. The Research of the Science city, 2016, no. 3–4(18), pp. 17–24. (In Russian)
14. Gorchakovskii A. A., Evstrat'ko V. V., Kamyshnikova A. S., Kamyshnikov A. N., Mishurov A. V., Panko S. P., Sukhotin V. V. *Gibridnaya kontrol'no-proverochnaya apparatura* [Hybrid test equipment]. Achievements of Modern Radioelectronics, 2016, no. 11, pp. 260–262. (In Russian)
15. Rannev G. G. *Izmeritel'nye informatsionnye sistemy* [Measuring information systems]. Moscow, Akademia Publ., 2010, 336 p. (In Russian)
16. Nozhenkova L. F., Isayeva O. S., Vogorovsky R. V., Gruzenko E. A. *Programmnyye podderzhka ispytaniy priema-peredachi komand i analiza telemekhniki v komandno-izmeritel'noy sisteme* [Software support for command-and-control tests and telemetry analysis in the command and measurement system]. Vestnik SibGAU, 2016, vol. 17, no. 4, pp. 997–1004. (In Russian)
17. Nozhenkova L. F., Isaeva O. S., Vogorovskiy R. V. Automation of Spacecraft Onboard Equipment Testing. AER-Advances in Engineering Research, vol. 52, 2016, pp. 215-217, DOI: 10.2991/amsee-16.2016.57.
18. Nozhenkova L. F., Isayeva O. S., Vogorovsky R. V. *Avtomatizatsiya ispytaniy komandno-programmnogo upravleniya bortovoy apparatury kosmicheskogo apparata* [Automation of tests of command-and-control control of onboard equipment of spacecraft]. Automation: Modern Technologies Publ., 2017, vol. 71, no. 4, pp. 184–188. (In Russian)

Article history

Received 6 September 2017

Accepted 18 October 2017