

## **Возможности использования наземного комплекса управления и приёма телеметрической информации ИЗМИРАН для организации дублирующих каналов связи со спутниками геофизического мониторинга Земли**

**В.Д. Кузнецов, Д.В. Лисин**

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн  
им.Н.В.Пушкова РАН (ИЗМИРАН),  
142190 Московская область, г. Троицк  
E-mail: lisindv@izmiran.ru*

Центр космических информационных технологий ИЗМИРАН был создан в 1999 году для осуществления информационного обеспечения космических проектов. За эти годы накоплен большой опыт по управлению и приёму телеметрической информации с больших и малых космических аппаратов научного назначения. В планах коллектива Центра расширение возможностей использования действующего в ИЗМИРАН наземного комплекса управления и приёма телеметрической информации со спутников различного назначения, включая микро- и наноспутники. Имеется возможность обеспечения экспериментов с микроспутниками как по приёму телеметрии, так и по информационному обеспечению космических экспериментов различного назначения.

**Ключевые слова:** спутники, микроспутники, телеметрия, наземный комплекс управления, система сбора научной информации.

Для решения широкого круга задач, связанных с управлением, сбором и передачей на Землю научной информации с комплекса научной аппаратуры (КНА) орбитальной солнечной обсерватории «КОРОНАС-Ф» (запущена 31 июля 2001 г.) в 1999г. в ИЗМИРАН был создан Центр информационных космических технологий (ЦКИТ), силами которого были решены следующие задачи:

1. разработана и изготовлена бортовая аппаратура для КА «КОРОНАС-Ф», обеспечивающая сбор, хранение и передачу на Землю в диапазонах 137 и 1700 МГц информации с КНА, а также оперативное управление работой КНА по собственной командной радиолинии (КРЛ) в диапазоне 137 МГц

2. разработана и изготовлена аппаратура наземного комплекса управления и приёма телеметрической информации для работы с КА по радиолиниям 137 и 1700 МГц.

Созданный комплекс бортовая аппаратура-наземный сегмент продемонстрировал свою эффективность в ходе бесперебойной работы станции на орбите в период 2001-2005 гг. вплоть до схода КА с орбиты.

Бортовая часть комплекса была представлена системой сбора научной информации ССНИ-КФ и блоком релейной логики БУС-КФ. В состав ССНИ-КФ вошли:

- резервированная бортовая цифровая вычислительная машина на базе микропроцессора i486SX (ИЗМИРАН)
- резервированный накопитель информации на базе твердотельного ОЗУ (ИЗМИРАН)
- два приёмопередатчика КРЛ 137 МГц ТР137-КФ (ИЗМИРАН)
- два телеметрических передатчика диапазона 1700 МГц, предоставленные немецким космическим агентством DLR в рамках международного сотрудничества по проекту «КОРОНАС-Ф»

Наземная часть комплекса, расположенная на территории ИЗМИРАН, включает в себя:

- следящее антенно-поворотное устройство с четырёхэлементной антенной диапазона 137 МГц (усиление 12 дБ) с автоматическим управлением
- следящее антенно-поворотное устройство с параболической антенной 3.7м с автоматическим управлением для приёма телеметрии радиолинии 1.7ГГц
- приёмопередающая и каналобразующая аппаратура командной радиолинии 137 МГц
- приёмная аппаратура радиолинии 1.7 ГГц
- обеспечивающий вычислительный комплекс, включающий рабочие места планирования операций, ситуационного контроля, архивации данных, выхода в ИНТЕРНЕТ и т.п.

Задачи управления КНА решались следующим образом. В центре планирования операций на основании баллистических расчётов составлялись расписания сеансов управления и сброса телеметрии с борта КА. Заявки на выдачу управляющих команд от постановщиков научных экспериментов на борту станции принимались по каналам электронной связи и сводились в единый пакет управляющих команд соответствующей автоматизированной системой под контролем оператора.

Заявка на выдачу команд представляла собой перечень требуемых команд (без ограничения количества) с указанием абсолютного времени выдачи команды на борту. Набор выдаваемых команд включал в себя возможность выдачи на аппаратуру в заданное время цифрового массива объёмом до 24 Кбайт, что активно использовалось постановщиками экспериментов для перепрограммирования бортовых контроллеров КНА в полёте.

К полученному итоговому перечню команд добавлялись рассчитанные автоматизированной системой команды включения/отключения бортовых передатчиков и приёмников в соответствии с составленными расписаниями сеансов связи и фактической ориентацией КА в пространстве для оптимального выбора бортовых антенн.

Полученный перечень автоматически сортировался, привязывался к бортовому времени станции и передавался по радиоканалу 137 МГц на борт в защищённом режиме с контролем целостности информации и квитированием. За весь период работы станции 4.5 года было проведено 730 сеансов управления КНА, что определялось объективными потребностями и заявками постановщиков экспериментов, а не пропускной способностью радиолинии.

Приём научной информации осуществлялся по радиолинии 1.7 ГГц на двух пунктах: приёмный центр DLR Neustrelitz (г. Нойштрелиц, Германия) и ЦКИТ ИЗМИРАН. Принятые в центре DLR данные доставлялись по сети Интернет в центр обработки данных ИЗМИРАН, обрабатывались автоматизированной системой предварительной обработки и временной привязки и раздавались потребителям с ftp-сервера ИЗМИРАН в течение 10-15 минут с момента окончания сеанса сброса с борта станции.

Наземный комплекс ИЗМИРАН был успешно использован также для обслуживания МКА «КОМПАС» (2001-2002гг) и «КОМПАС-2» (2006-2007гг.).

В ходе подготовки системы спутникового мониторинга природных и техногенных катастроф «ВУЛКАН» в период 2003-2007 гг. в ИЗМИРАН был разработан лабораторный образец бортовой аппаратуры ССНИ нового поколения, включая командно-телеметрическую радиолинию в диапазоне 2.4 ГГц.

В связи с прекращением работ по целевым КА, настоящее время ресурсы наземного комплекса ИЗМИРАН свободны и могут быть использованы в следующих направлениях:

- приём телеметрии, управление КА различного назначения, например, в качестве дублирующего наземного пункта
- организация на базе ЦКИТ учебно-практической лаборатории, участвующей в образовательных программах подготовки школьников и студентов соответствующих специальностей ВУЗов.

Кроме того, учитывая значительный практический опыт специалистов ИЗМИРАН в разработке, изготовлении и испытаниях бортовой аппаратуры, возможна также разработка систем аналогичного класса для научных и образовательных спутников, а также недорогих альтернативных радиолиний в диапазонах 137, 144 МГц, 2.4 ГГц, используемых для резервирования штатных систем различных спутников.

Для примера на базе хорошо отработанного в ходе орбитальных полётов 3-х КА приёмопередатчика командной радиолинии ТР-137 весом 405 грамм возможно изготовление функционально законченной резервной радиолинии диапазона 137 МГц с поддержкой имеющимися средствами наземного комплекса ИЗМИРАН. Бортовая часть такой радиолинии может представлять собой приёмопередатчик со встроенной каналобразующей аппаратурой и выходом на любые цифровые сети внутриспутникового обмена от RS-232 до МКО (ГОСТ Р 52070-2003) и весом порядка 800 грамм.

По такой радиолинии возможна передача команд на борт КА со скоростью 4-10 кБит/с в защищённом от сбоев виде и сброс телеметрии с борта на наземный пункт ИЗМИРАН со скоростью 64 Кбит/с.

## **Possibilities of usage of IZMIRAN ground station for telemetry and control of geophysical monitoring satellites**

**V.D. Kuznetsov, D.V. Lisin**

*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of the Russian Academy of Sciences (IZMIRAN),  
142190 Moscow region, Troitsk  
E-mail: lisindv@izmiran.ru*

The space informational technologies center of IZMIRAN was found in 1999 to provide informational support for space projects. A lot of experience in field of controlling of the scientific satellites and receiving telemetry from big and little ones was gained during more than 10 years of work. The article shortly describes this experience and give the perspectives of its usage in the future projects, including micro- and nano-satellites operation.

**Keywords:** satellites, micro-satellites, telemetry, ground stations, control.