

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИКИ РАН)

УДК 520 681.3 681.7

Номер государственной регистрации 01.20.03 03422

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки  
Института космических исследований  
Российской академии наук  
академик РАН



Л.М. Зелёный

«    »  
\_\_\_\_\_ 2016 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Разработка перспективных бортовых систем и приборов, программно-аппаратных средств, создание КА малой размерности для проведения космических исследований, реализации прикладных и образовательных программ.

Тема ВЕКТОР

0028-2014-0007

Научный руководитель

д.т.н. \_\_\_\_\_ Г.А. Аванесов  
«    » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Москва

2016

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы

г.н.с., д.т.н.



Аванесов Г.А.

Ответственные исполнители

разделов темы:

заместитель директора



Чулков И.В.

зав.отделом, к.т.н.



Бессонов Р.В.

зав.лаб, д.ф.-м.н.



Манагадзе Г.Г.

нач.лаб.



Ануфрейчик К.В.

нач.лаб.



Козлов О.Е.

нач.лаб.



Козлов И.В.

зав.отд.



Назаров В.Н.

нач.лаб.



Коновалов А.А.

нач.отд.



Аверьянова И.Г.

## РЕФЕРАТ

Отчет 24 с., 16 рисунков, 6 источников

БОРТОВЫЕ СИСТЕМЫ, НАУЧНЫЕ ПРИБОРЫ, ПРОГРАММНО-  
АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА, СОВРЕМЕННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ,  
РАДИОФИЗИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА, МАСС-СПЕКТРОМЕТРЫ

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
Раздел 1. Разработка перспективной оптико-физической аппаратуры для научных и прикладных космических исследований.....	7
Раздел 2. Создание современных детекторов, научных приборов и комплексов для проектов ФКП, находящихся в стадии ОКР: «Луна-Ресурс», «Луна-Глоб», EchoMars, «Спектр-РГ», «Спектр-УФ», «Резонанс» и пр. Сопровождение созданной аппаратуры при проведении летно-космических испытаний .....	10
Раздел 3. Разработка и испытания высоконадежных систем управления научной аппаратурой.....	13
Раздел 4. Разработка малогабаритных космических аппаратов для научных исследований .....	15
Раздел 5. Работы по созданию наземной испытательной аппаратуры для имитации космического пространства.....	18
Раздел 6. Работы по обновлению научно-производственного центра в ИКИ РАН для создания перспективной космической аппаратуры .....	20
Раздел 7. Выпуск технической документации.....	23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	24
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	24

## ВВЕДЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в соответствии с государственным заданием ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ по следующим научным направлениям.

- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радиоастрономии (номер направления в Программе 16, 14)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно- земных связей (номер направления в Программе 16, 14)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планет и малых тел Солнечной системы (номер направления в Программе 16, 71)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля (номер направления в Программе 79,80)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области механики, систем управления и информатики (номер направления в Программе 21)
- Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики (номер направления в Программе 16)

Эти НИР и ОКР соответствуют следующим направлениям фундаментальных исследований, указанным в Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 03 декабря 2012 г. № 2237-р.

№ п/п	Направление фундаментальных исследований	Номер направления в программе
1.	Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач	16
2.	Современные проблемы физики плазмы, включая физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы её применения в технологических процессах	14
3.	Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли. Космохимия планет и других тел Солнечной системы. Возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.	71

4.	Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС- технологии.	80
5.	Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества	79
6.	Общая механика, навигационные системы, динамика космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов, механика живых систем.	21

Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики проводятся по теме 0028-2014-0007 ВЕКТОР

Тема 0028-2014-0007 ВЕКТОР является частью государственного задания ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ.

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2016 г. по теме ВЕКТОР Разработка перспективных бортовых систем и приборов, программно-аппаратных средств, создание КА малой размерности для проведения космических исследований, реализации прикладных и образовательных программ.



**Тема «ВЕКТОР». Разработка перспективных бортовых систем и приборов, программно-аппаратных средств, создание КА малой размерности для проведения космических исследований, реализации прикладных и образовательных программ.**

Гос. регистрация №01.20.03 03422

Науч. рук. д.т.н. Аванесов Г.А.

Зам. рук. темы Чулков И.В.

## **Раздел 1. Разработка перспективной оптико-физической аппаратуры для научных и прикладных космических исследований**

### **1.1 Разработка методов и средств фотограмметрической обработки изображений оптических съемочных систем, привязки к географической и планетной системам координат, построение цифровых моделей местности**

Отв. исп. И.В. Полянский.

Проведены работы по исследованию и экспериментальной отработке применимости разных вариантов сжатия высокодетальных снимков поверхности Луны при разной освещенности, с оценкой точности восстановления рельефа и построения топографической цифровой модели поверхности (ЦМП).

Современные спутниковые съемочные системы имеют высокое разрешение, что требует больших объемов для хранения и передачи данных на Землю. Понижение разрешения ведет к потере полезной информации, поэтому важно сохранить данные без генерализации, с максимальной разрешающей способностью. Однако, в условиях ограниченного ресурса хранения и скромных возможностей каналов передачи, а также иных ограничений, встает задача сжатия информации.

Сжатие без потерь может обеспечить выигрыш в среднем в 1,5 раза, что недостаточно для высокодетальной съемки. Сжатие с нормируемыми потерями позволяет получить значительное сокращение объема, однако необходимо определить допустимый уровень потерь качества данных для конкретного случая топографической стереосъемки поверхности Луны. Эту задачу в настоящее время решить нельзя из-за ограничений мощности бортового компьютера и времени, требуемого на обработку.

Стандарт JPEG2000 имеет успешную историю применения в съемочной аппаратуре различного назначения и поддерживается аппаратными средствами, применимыми в условиях космического пространства. Важно оценить качество восстанавливаемой информации при разной высоте солнца, так как большой процент приоритетных мест съемки лежит в затененных областях и на терминаторах.

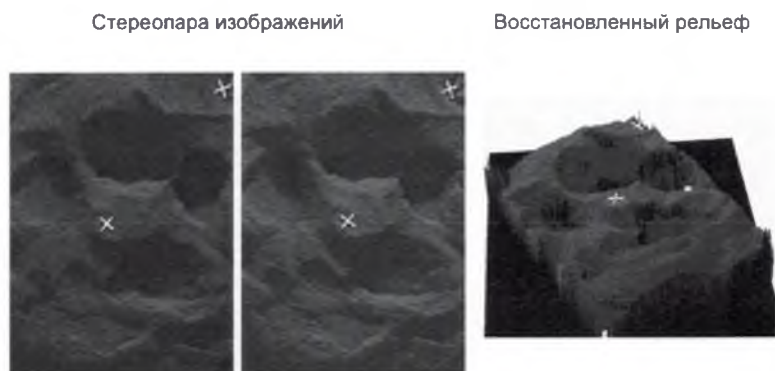


Рисунок 1 - Стереопара модельной съемки рельефа поверхности из вулканического песка и ее трехмерная модель, восстановленная по сжатым снимкам

Для анализа точности восстановления ЦМП были проведены работы по моделированию съемок камерой ЛСТК, а также отобраны стереопары снимков камеры LRO NAC с различным разрешением (0.5–1.3 м) и высотой солнца (19–56 градусов).

На основе алгоритма сжатия JPEG2000 с коэффициентами 3x, 4x, 5x, 8x и 10x произведена компрессия исходных изображений камеры LRO NAC. Далее для каждого коэффициента компрессии сформированы ЦМП и выполнено сравнение с эталоном (за эталон принята ЦМП, полученная по изображениям без компрессии).

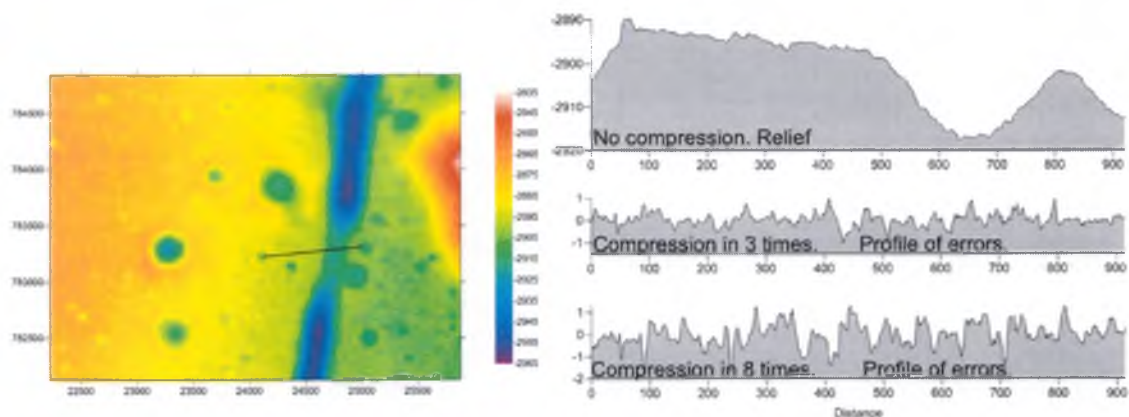


Рисунок 2 - Карта и профиль ошибок восстановления рельефа, как функция степени сжатия изображений

В результате дана оценка применимости вейвлетных алгоритмов для сжатия изображений поверхности Луны, получена зависимость точности ЦМП от коэффициента компрессии, определено пороговое значение сжатия и выявлены области с максимальным влиянием сжатия.

#### Публикации по теме

1. Analysis of how compression of images affects the resulted digital terrain model (DTM). Zubarev A.E., Nadezhkina I.E., Polyanskiy I.V., The Seventh Moscow Solar System Symposium (7M-S3), Moscow 2016



## 1.2 Разработка малогабаритных оптико-электронных средств дистанционной съемки звезд, планет, других небесных тел и искусственных объектов в видимом и ближнем ИК диапазонах э/м спектра

Отв. исполнитель к.т.н. Р.В. Бессонов

В 2016 г. на КА Аист-2Д запущен новый прибор звездной ориентации мБОКЗ-2. В приборе используется более совершенная электроника, в частности фоточувствительная КМОП-матрица, что позволило существенно улучшить технические характеристики прибора. По сравнению с существующими аналогами – приборами БОКЗ разработки ИКИ РАН, мБОКЗ-2 обладает в 4 раза меньшей массой, в 2 раза меньшими габаритами, в 2 раза более высокой точностью в 10 более высокой помехоустойчивостью к засветке. Звездный прибор мБОКЗ-2 обеспечивает управление МКА «Аист-2Д» и геопривязку данных ДЗЗ.



Рисунок 3 - Внешний вид прибора звездной ориентации мБОКЗ-2, состоящий из двух оптических головок и блока обработки данных

### Публикации по теме

1. Г.А. Аванесов, Р.В. Бессонов, В.Ю. Дементьев, А.Н. Куркина, П.С. Сметанин, Н.И. Снеткова, В.Г. Собчук: «Результаты наземных и летных испытаний прибора звездной ориентации мБОКЗ-2 для МКА «АИСТ-2Д» // Пятая Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы определения ориентации и навигации космических аппаратов». Таруса, 5-8 сентября 2016. Программа и тезисы. ИКИ РАН, 2016.

**Раздел 2. Создание современных детекторов, научных приборов и комплексов для проектов ФКП, находящихся в стадии ОКР: «Луна-Ресурс», «Луна-Глоб», EchoMars, «Спектр-РГ», «Спектр-УФ», «Резонанс» и пр. Сопровождение созданной аппаратуры при проведении летно-космических испытаний**

**2.1 Разработка и изготовление летных приборов «ЛАЗМА-ЛР» для проекта «Луна-Глоб»**

Отв. исполнитель д.ф.-м.н., проф., Г.Г. Манагадзе

В 2016 году продолжались работы по изготовлению летного бортового масс-спектрометрического прибора «ЛАЗМА-ЛР», для проекта «Луна-Глоб», согласно плану графику этих работ. В результате этих работ проведена конструкторская отработка лазерного времяпролетного масс-спектрометра для космических исследований.

**2.2 Разработка и испытания лабораторных прототипов летных приборов, предназначенных для поиска и отождествления биомассы в реголите Марса и ледовой матрице Европы**

В 2016 году решалась задача создания бортового прибора, предназначенного для выявления биомассы в реголите Марса. С этой целью был создан лабораторный прототип бортового лазерного масс-спектрометра – АБИМАС, а также устройство подготовки пробы. Работоспособность прибора была проверена на образцах полярных почв и изолированных культурах микроорганизмов. Было показано, что с помощью прибора АБИМАС можно выявлять наличие микробных сообществ, находящихся как в ледовых матрицах, так и в реголитах космических объектов.

По материалам исследований был сделан устный доклад на международной конференции: *Konstantin Luchnikov. A Novel Technique and Mass-Spectrometric Instrument for Extraterrestrial Microbial Life Detection via Analyses of the Elemental Composition of Martian Regolith and Permafrost/Ice Samples. 2-nd International Conference «Innovations in Mass Spectrometry: Instrumentation and Methods», 2016.* <http://www.innms2016.org/program/7-11> ноября 2016, Сколковский институт науки и технологий.

Также были проведены эксперименты по использованию прибора для выявления микроорганизмов и спор в пылевой компоненте атмосферы. Было показано, что прибор подходит для этих целей: после седиментации частиц пыли с микроорганизмами на подложку проводилось измерение состава осаждённого слоя лазерным масс-спектрометром. Анализ лабораторных экспериментальных результатов показал, что в осажденном образце содержатся микроорганизмы в вегетативной фазе, и что с помощью методики выявления микроорганизмов по биомаркерам, они отождествляются в ходе масс-спектрометрических измерений. Была оценена предполагаемая скорость седиментации пыли на подложку в условиях Марса и необходимое время проведения эксперимента.

### 2.3 Создание радиофизической аппаратуры для микроспутника «Чибис-АИ», космических аппаратов «Луна-Ресурс», «Луна-Глоб», «Экзо-Марс»

Отв. исп. д.т.н. Косов А.С.

В 2016 году в ИКИ РАН были продолжены работы по созданию радиофизической аппаратуры для микроспутника «Чибис-АИ», космических аппаратов «Луна-Ресурс», «Луна-Глоб», «Экзо-Марс».

Для проекта "Чибис-АИ" создается научно-служебная аппаратура под названием ПБК (Передачик Быстрого Канала). Основная задача ПБК передача целевой информации с КА "Чибис-АИ" на Землю. Кроме того, с помощью ПБК планируется проведение эксперимента по измерению ионосферных задержек.

В 2016 году Решением Государственной комиссии по радиочастотам от 29 февраля 2016 года №16-36-11-4 (пункт 14) для разработки бортового радиотехнического комплекса «Чибис-АИ» были выделены полосы радиочастот: 2269,5-2270,5 МГц и 8395-8400 МГц.

Ограничение выделенной полосы частот потребовало пересмотра в 2016 году параметров ПБК в части перехода к более эффективным по полосе типам модуляции и помехоустойчивого кодирования. Ниже приведены характеристики аппаратуры ПБК, которые были изменены для выполнения решения ГКРЧ и целевой задачи:

- частота несущей и занимаемая полоса частот в X диапазоне -  $8397,5 \pm 2,5$  МГц;
- частота несущей и занимаемая полоса частот в S диапазоне -  $2270 \pm 0,5$  МГц;
- максимальная скорость передачи информации в X диапазоне - 5 Мбит/сек;
- максимальная скорость передачи информации в S диапазоне – 1 Мбит/сек;
- виды модуляции: QPSK, BPSK, 8PSK, GMSK;
- виды помехоустойчивого кодирования: Viterby 1/2, Viterby 3/4, без кодирования.

Солнечная ориентация КА «Чибис-АИ» планируется в качестве основной, трехосная ориентация будет реализована как резервная. Солнечная ориентация приводит к усложнению ПБК. Для решения целевой задачи необходимо иметь два переключаемых блока антенн, устанавливаемых на торцах КА «Чибис-АИ»: один блок антенн на солнечной стороне, второй блок антенн на противоположной стороне. По команде бортового компьютера включается тот блок антенн, который имеет больший потенциал передачи данных на наземную станцию приема.

Новые требования привели к изменению конфигурации блока электроники и добавлению блока антенн. На рисунке 4 изображена новая структура блока электроники, на рисунке 5 чертеж общего вида ПБК.

Одновременно были продолжены работы по созданию радиофизической аппаратуры для космических аппаратов «Луна-Ресурс», «Луна-Глоб», «Экзо-Марс» запускаемых для проведения планетных исследований. Основные результаты проделанной в 2016 году работы были опубликованы.

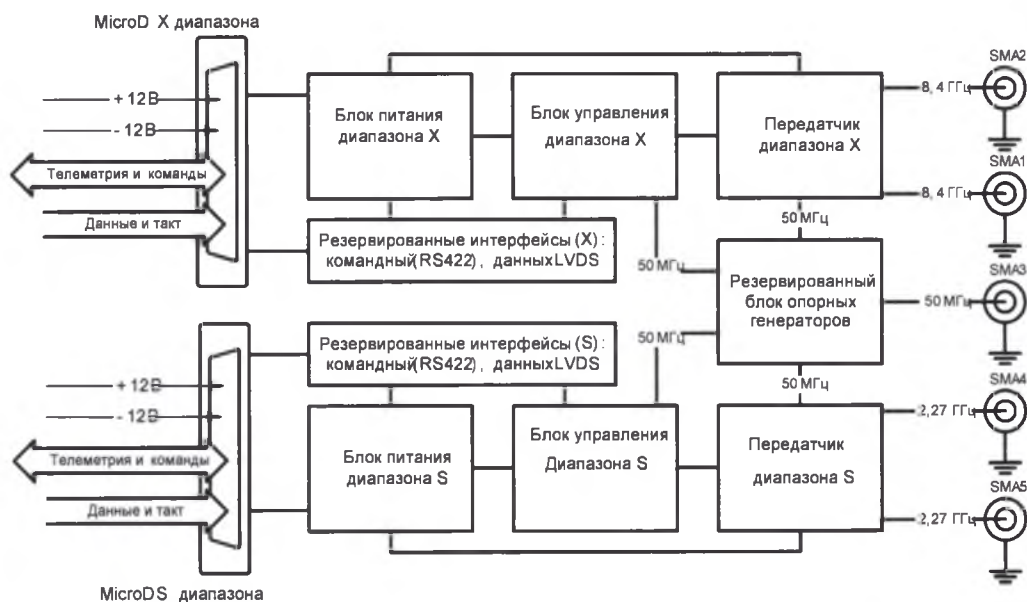


Рисунок 4. Структура блока электроники ПБК с двумя блоками антенн

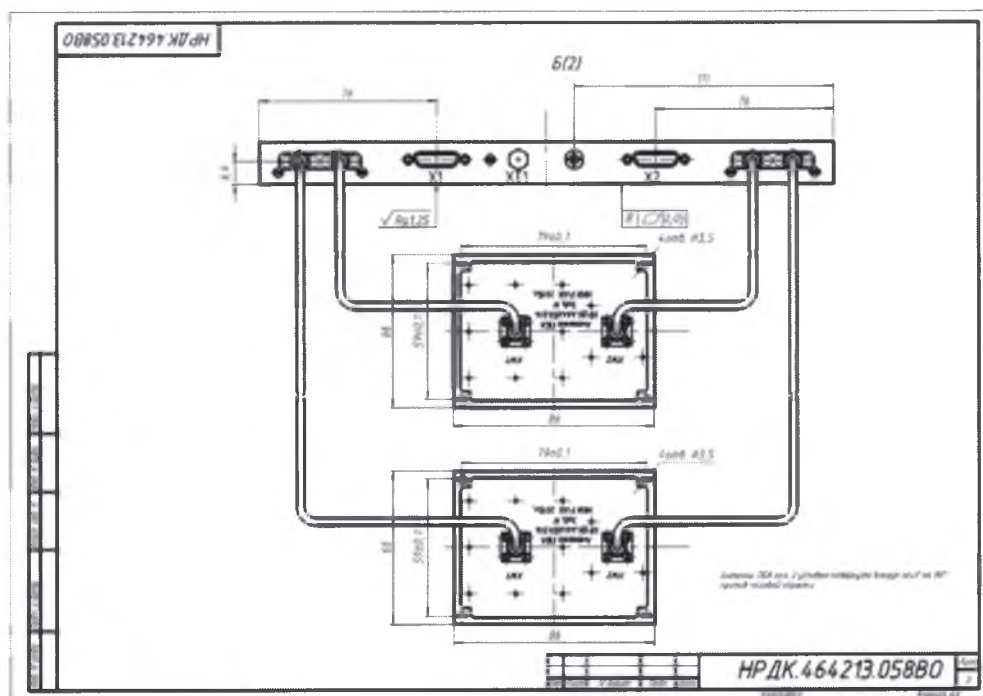


Рисунок 5. Чертеж общего вида ПБК: блок электроники, два блока антенн

Публикации за 2016 год:

1. Alexander Gusev, Alexander Kosov et al, Tidal-librational dissipative dynamics of the Moon and radio/laser beacons for ChangE-5/6, Luna-25/26/27, ILOM missions, The Seventh Moscow Solar System Symposium (7M-S3), Moscow 2016
2. Alexander Kosov et. al. GARS instrument - an imitator of Exomars-2016 TGO transmitter, The Seventh Moscow Solar System Symposium (7M-S3), Moscow 2016
3. Vladimir Gromov, Alexander Kosov, The Ranging Accuracy of the Radioscience Experiment with the Radio-Beacon Transponder in Comparison with Laser Ranging. The Seventh Moscow Solar System Symposium (7M-S3), Moscow 2016



### **Раздел 3. Разработка и испытания высоконадежных систем управления научной аппаратурой**

#### **3.1 Разработка и испытания высоконадежных систем управления научной аппаратурой**

Отв. исполнитель К.В. Ануфрейчик

##### Создание системы управления для проекта EхоMars Европейского космического агентства

14 марта 2016 года был успешно запущен космический аппарат проекта «Экзомарс». В состав научной аппаратуры космического аппарата входит и блок электроники (БЭ АЦС), представляющий собой высоконадежную систему управления спектрометрическим комплексом (прибор АЦС).

С момента старта успешно проведены летно-космические испытания БЭ АЦС на различных этапах перелета (Near earth commissioning, Middle-cruise checkout), а также на высокоапогейной орбите Марса.

С борта КА получено более миллиона кадров суммарным объемом свыше 2 Гбайт. Был проведен анализ информации, который показал отсутствие сбоев как при обмене командно-телеметрической информацией с приборами по интерфейсу на основе LVDS, так и при последующей передаче научной информации в системы КА по интерфейсу SpaceWire.

Тестирование долговременной памяти БЭ АЦС показало полное отсутствие деградации в начале фазы перелета, и незначительную деградацию (1 сбойный блок из 16384) при тестах на орбите Марса. В связи с тем, что примененные микросхемы памяти планируется применять и в системах управления научной аппаратурой других планетных миссий, тестирование долговременной памяти имеет особую важность.

Достигнутые характеристики, подтвержденные первыми включениями, опубликованы в соавторстве в статье «Russian contribution to EхоMars Trace Gas Orbiter: Atmospheric Chemistry Suite (ACS)» EGU General Assembly 2016, 17-22 April, 2016, Vienna Austria, p. 15820.

##### Создание систем управления для научной аппаратуры проектов Федеральной космической программы 2016-2025 г.г.

В 2016 году продолжилась работа по разработке и испытаниям высоконадежных систем управления научной аппаратурой в рамках ОКР «Луна-Глоб», «Луна-Ресурс-1» (ОА), «Спектр-УФ», «Марс-Сервейер-СП», «Экзомарс».

Проект «Луна-Глоб»

На образце КДО блока управления БУНИ в полном объеме проведены ресурсные испытания, испытания (КДИ). Также скорректирована рабочая документация и доработаны образцы и КИА для дополнительного прибора – ПИЛОТ-Д. Результаты испытаний положительные и подтвердили правильность выбранных схемотехнических и программных решений, а также требуемый срок службы.

### Проект «Луна-Ресурс-1» (ОА)

В рамках ОКР разработана документация и изготовлены макеты системы сбора и регистрации информации (ССРНИ-2). С учетом больших объемов информации (в сутки до 100 Гбайт), в первую очередь за счёт высокодетальной стереосъемки, в данной системе разработан кластер, обеспечивающий высоконадежное хранение до 256 Гбайт данных, в то время как обычные объемы долговременной памяти в космических приборах составляют единицы гигабайт.

### Проект «Спектр-УФ»

Продолжена над бортовым маршрутизатором перспективного интерфейса Spacewire (БМ-4). Успешно проведены ресурсные испытания на образце для КДИ БМ-4. Результаты подтверждают требуемый срок службы (5 лет).

### Проекты «Экзомарс»

В рамках прибора БИП (проект «Экзомарс-2018») продолжена разработка документации, изготовлены и сданы весомые и тепловые макеты прибора.

В 2016 году подготовлена заявка на патент «Способ адаптивного резервирования электронных блоков приборов бортовой аппаратуры космического аппарата в условиях воздействия ионизирующего излучения.» Изобретение относится к области резервирования электронной аппаратуры, в частности к способам построения высоконадежных электронных блоков, длительно работающих в условиях воздействия ионизирующего излучения, с использованием динамического резервирования.

## **3.2. Разработка алгоритмов высокоточного сближения и стыковки объектов**

Отв. исполнитель И.В. Козлов

В период 2011-2015 г.г. в Институте была создана система автоматической посадки (САП-271) позволяющая выполнять автоматическое (без участия экипажа аппарата) сближение и посадку спасательного глубоководного аппарата (СГА) проекта 18271 «АС-40» на аварийную ПЛ. Созданная система позволит сократить время проведения спасательной операции под водой и увеличить точность выполнения поставленной задачи.

В 2016 году были проведены работы по рассмотрению результатов разработки и автономных испытаний системы автоматической посадки «САП-271» с целью продолжения в 2017-2018 г.г. работ с системой САП-271 и проведению межведомственных испытаний.

Возможные аспекты применения.

Разработанный в рамках СЧ ОКР способ автоматического управления сближением и посадкой объектов в водной среде может быть в дальнейшем использован при выполнении операций сближения и стыковки объектов на околоземных орбитах.

Сравнение с зарубежными аналогами.

В настоящее время сведения о проведении аналогичных работ за рубежом отсутствуют.



## **Раздел 4. Разработка малогабаритных космических аппаратов для научных исследований**

### **4.1 Разработка и испытания подвижных платформ для планетных научных исследований**

Отв. исполнитель О.Е. Козлов.

В 2016 г. продолжались работы по созданию подвижных аппаратов для научных исследований Луны.

Были определены три весовые категории луноходов, по которым совместно с кафедрой СМ9 МГТУ им. Н.Э. Баумана были проведены проработки:

- малого лунохода массой 20-30 кг для проведения исследований около посадочных аппаратов типа «Луна-Ресурс» или «Луна-Грунт». Луноход (рис. 6) предназначен для проведения научных исследований по поиску участков с высоким содержанием воды, забору и доставке образцов грунта к посадочному модулю, по панорамной съемке, геологическим и физико-механическим исследованиям поверхности на площади до 700 000 м<sup>2</sup> на удалении до 500 м от посадочного аппарата;



Рисунок 6 - Общий вид малого лунохода (мобильной научной платформы)

- «среднего» лунохода массой 200-250 кг для проведения автономных исследований обширных районов Луны при пробеге до 400 км. Особенностью лунохода является возможность доставки его на поверхность Луны космическим аппаратом аналогичным «Луна-Ресурс-1». Луноход (рис. 7) предназначен для проведения научных исследований по контактному и дистанционному исследованию лунного грунта, подповерхностной структуры грунта, по изучению радиационного, пылевого и плазменного фона Луны;

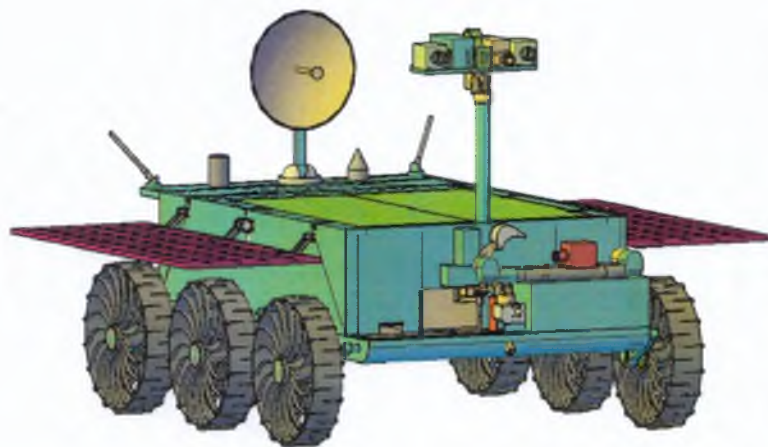


Рисунок 7 - Общий вид «среднего» лунохода

- «тяжелого» лунохода массой 550-750 кг для проведения автономных исследований обширных приполярных районов Луны при пробеге до 400 км. Луноход по массе аналогичен «Луноходу-1». За прошедшие 50 лет от создания «Лунохода-1» за счет существенного повышения эффективности радиоэлектронных приборов, материалов, аккумуляторных и солнечных батарей появилась возможность при той же массе лунохода существенно увеличить научный комплекс (до 70 кг) и установить буровое устройство с глубиной бурения до 1,5 м (рис. 8).

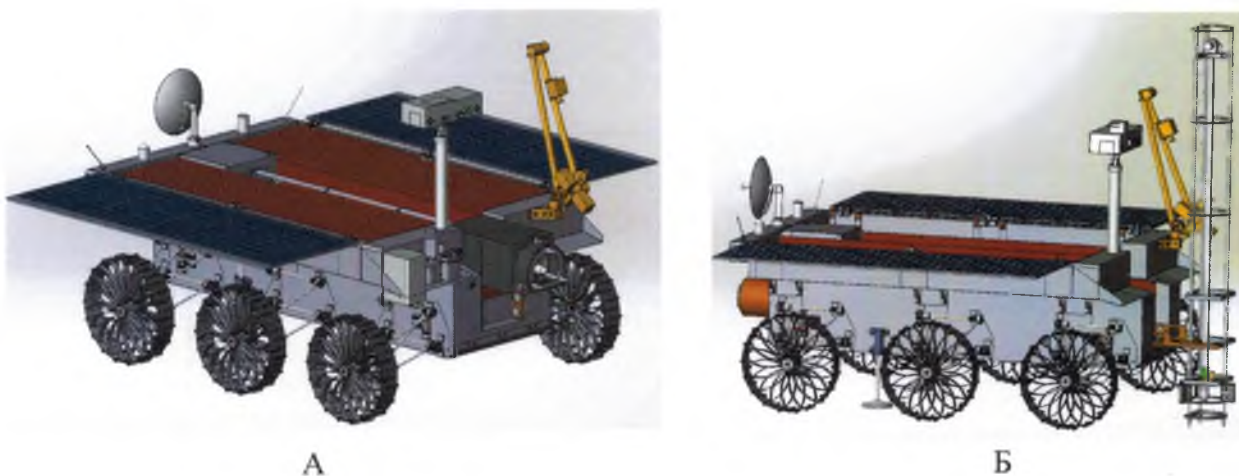


Рисунок 8 - Общий вид «тяжелого» лунохода.  
(А – положение при движении, Б – положение при бурении)

Луноход предназначен для проведения научных исследований по контактному (в том числе с глубины до 1,5 м) и дистанционным исследованиям лунного грунта, подповерхностной структуры грунта. Имея на борту мощный РИТЭГ, луноход может проводить исследования по изучению пыли и плазмы на терминале, проводить изучение грунта в затененных кратерах. Луноход может перевозить и расставлять на трассе

движения малые станции по изучению тепловых потоков в грунте и сейсмической активности.

Совместно со специалистами из МГТУ им. Н.Э. Баумана подготовлена и передана в печать статья «Обзор и анализ конструкций колес для перспективных российских луноходов».

#### **4.2 Разработка малогабаритных космически аппаратов для научных исследований**

Отв. исполнитель В.Н. Назаров, В.Н. Ангаров

В 2016 году были завершено эскизное проектирование нового микроспутника «Чибис-АИ». В основу микроспутника был положен опыт успешной реализации в 2012-2014 г.г. микроспутника «Чибис-М». Основная задача нового микроспутника - исследование природы высотных молний и сопутствующих им процессов в атмосфере и ионосфере Земли.

По результатам эскизного проектирования был определён состав научной аппаратуры, определены основные технические характеристики микроспутника. Согласно утвержденным планам запуск микроспутника планируется на 2019 год с грузового корабля «Прогресс».

Внешний вид транспортно-пускового контейнера и самого микроспутника показан на рисунках 9 - 11.

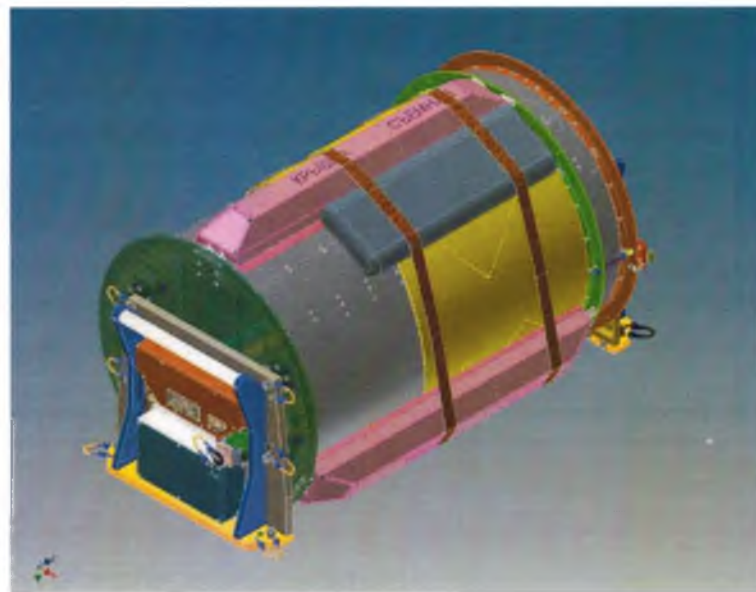


Рисунок 9 - Общий вид транспортно-пускового контейнера



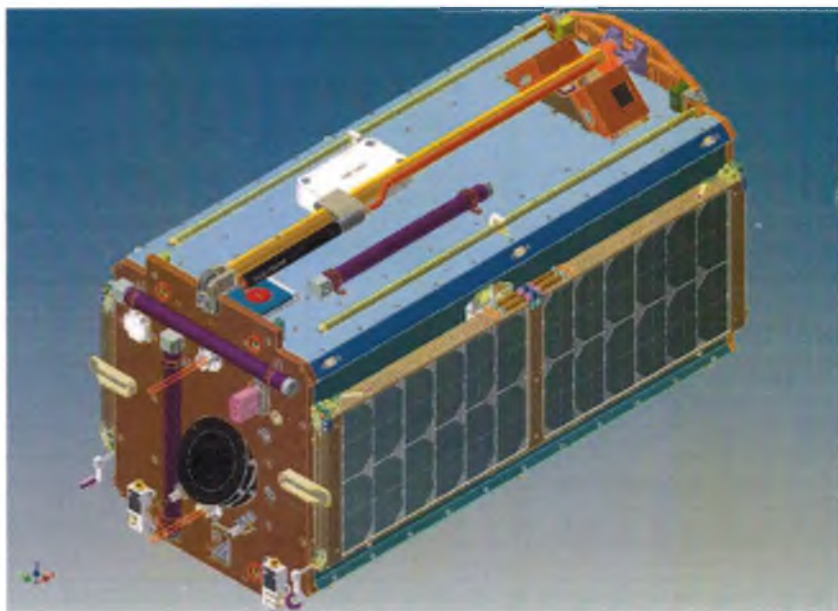


Рисунок 10 - Общий вид микроспутника в собранном виде

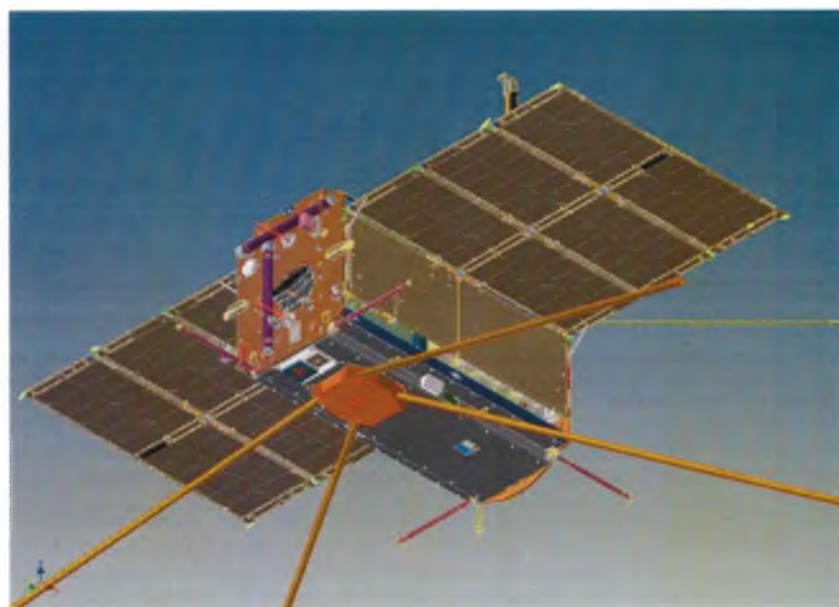


Рисунок 11 - Вид микроспутника в раскрытом состоянии

## **Раздел 5. Работы по созданию наземной испытательной аппаратуры для имитации космического пространства**

Отв. исполнитель А.А. Коновалов

В 2016 году в отделе КИС Института была продолжена работа по модернизации наземной испытательной аппаратуры для имитации космического пространства.

Разработан гермопереходник НРДК.305332.005 для вакуумной камеры, позволяющий проводить испытания с приборами, использующие высокоскоростной обмен с контрольно-испытательной аппаратурой. Гермопереходник создан на основе вакуумно-плотных соединителей фирмы Positronic семейства XAVAC. Расположение и конфигурация соединителей позволяют подключать шесть кабелей высокой плотности по

44 линии, что в два раза повышает пропускную способность герм переходников в дополнение к стандартному переходнику с шестью соединителями РСГСП-50.

Помимо высокоскоростного соединения (более 3 МГц, в отличие от отечественных разъемов РС) гермопереходник (рис. 12) позволяет построить схему подключения прибора к КИА теми же кабелями, какими прибор подключается без разрыва в гермопереходнике с использованием универсальных удлинительных кабелей. Так, при подготовке термовакуумных испытаний (ТВИ) приборов КДО БМ-4 и КДО БУ МВЗ такая схема позволила использовать 4 универсальных кабеля вместо изготовления восьми сложных кабелей, которые в конечном итоге применяются всего три раза.



Рисунок 12. Гермопереходник

Специальная проверка с гелиевым течеискателем подтвердила качественную сборку и хорошую технологическую проработку гермопереходника, что позволило его применить при упомянутых ТВИ приборов БМ-4 и БУ МВЗ из приборного состава обсерватории СПЕКТР-УФ. Все новые схемы подключения контрольно-испытательной аппаратуры проектируются с учетом внедрения этого переходника.

Также в рамках модернизации оснастки камеры ТВУ-2,5Г/1,5-0,6 и камеры с имитатором Солнца ИСИ-0,8 начата разработка нового имитатора посадочного места с инфракрасными кварцевыми нагревателями. Нарботки, возникшие при эксплуатации ранее внедренного рабочего места РМ 15.42.5, а также расширением его возможностей по автоматизации поддержания температур нагревателями, позволили сформировать особые требования по взаимному расположению нагревателей и термодатчиков обратной связи.

Внешний вид модернизированного имитатора посадочного места представлен на рисунке 13. Новые требования по расположению нагревателей позволили использовать вместо 2 кВт кварцевых ламп 1 кВт, что существенно сократит издержки при эксплуатации новой системы.

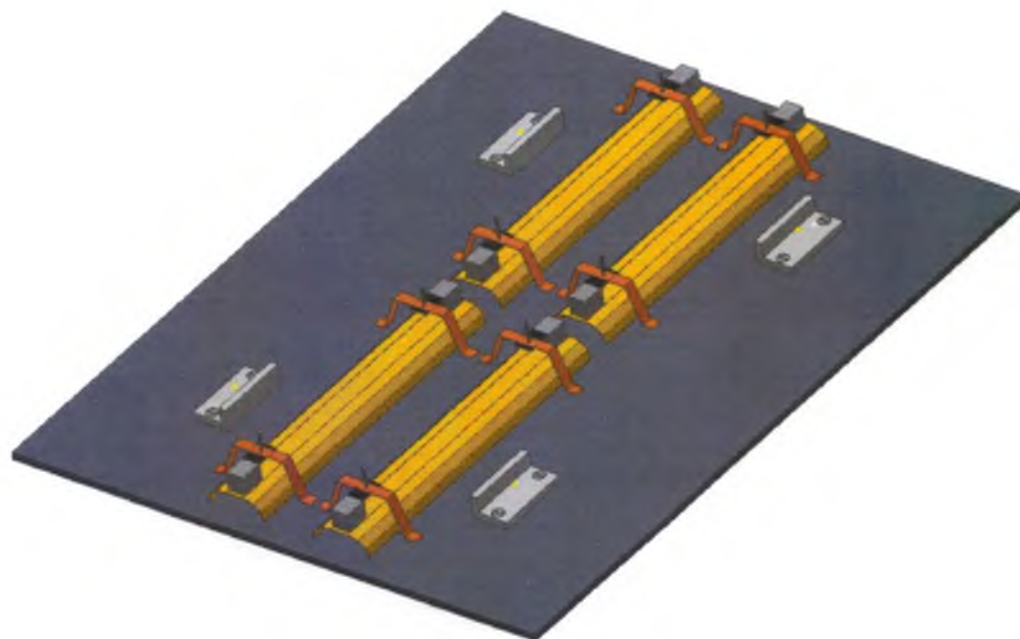


Рисунок 13. Проект имитатора посадочного места

## **Раздел 6. Работы по обновлению научно-производственного центра в ИКИ РАН для создания перспективной космической аппаратуры**

### **6.1 Оснащение службы качества**

Отв. исп. Куприянов Н.Б.

В 2016 году на 50% был обновлен парк измерительного инструмента для ОТК в Службе качества ИКИ, что позволило значительно повысить контроль качества продукции, изготавливаемой на опытном производстве.

Для контроля работ, выполняемых на монтажном участке ИКИ был закуплен видеомикроскоп WD-30HD.





Рисунок 14. Оснащение рабочего места контроля печатных плат бортовой научной аппаратуры

В 2016 году Министерство промышленности и торговли РФ переоформило лицензию ИКИ РАН на осуществление разработки и производства вооружения и военной техники, расширив сферу деятельности, добавив производство.



Рисунок 15. Новая бессрочная лицензия Института

В 2016 году проведена ресертификация системы менеджмента качества (СМК) ИКИ. Экспертная комиссия подтвердила, что система СМК ИКИ соответствует требованиям ГОСТ ISO 9001-2011, РК-11-КТ и Положения НА-99.

ЗАО «Центр сертификации космической техники» выдал сертификат, расширив сферу деятельности ИКИ РАН дополнительно на 6 классов ЕКПС.



Рисунок 16. Новый сертификат Института

За отчетный период Службой качества ИКИ проведены 53 предъявительских, 58 приемо-сдаточных и конструкторско-доводочных испытаний научной аппаратуры, макетов и служебных систем.

Метрологической службой проведена аттестация 17 рабочих мест и стендов для наземной отработки, проведен метрологический контроль КД по 32 приборам.

## 6.2 Оснащение нормативно-технической документацией

Отв. исп. Аверьянова И.Г.

В течение 2016 года было продолжено оснащение разработчиков нормативно-технической и прочей документацией. В Институте были введены в действие:

- Стандарты (государственные, государственные военные, межгосударственные, национальные) – 37;
- Отраслевые стандарты – 7;
- Технические условия – 27;
- Руководящие документы – 12;
- Рекомендации – 3;
- Указатель государственных военных стандартов на 01.01.2016, в трех томах;
- Национальные стандарты. Указатель 2016, в трех томах;
- Аннотированный перечень 2016. Нормативные документы национальной и межгосударственной систем стандартизации - 1;
- Государственный реестр средств измерений. Указатель 2016 - 1;
- Национальные стандарты. Информационный указатель - 11;
- Изменения указателя государственных военных стандартов - 3;
- Изменения к перечню ЭКБ 01-2015 – ЭКБ 22-2015 - 2;

- Перечень ЭКБ-К-2016 - 1;
- Перечень ЭКБ 01 – ЭКБ 22-2015 - 47 книг;
- прочее (Положения, приказы, информационные справочники, дополнения, инструментари) - 7.

## **Раздел 7. Выпуск технической документации**

Отв. исп. Аверьянова И.Г.

В течение 2016 года в ИКИ РАН были продолжены работы по созданию бортовой научной аппаратуры и наземной базы для ее испытаний. За январь – октябрь 2016 года по проектам, экспериментам, темам разработчиками Института было выпущено технической документации:

- **3 115 документов** рабочей конструкторской, программной и технологической документации (по проектам Бепи-Коломбо, БТН-Нейтрон-2, Дриада, Луна-Глоб, Луна-Ресурс, Луна-Ресурс-1, Луна-Ресурс-1 (ОА), Марс-Сервейер, МВН, Плазма-ЭРП, Спектр-РГ, Странник, ЭкзоМарс-2016 и Экзомарс-2018):
  - формата А4 – 7 436 л.;
  - формата А3 – 953 л.;
  - формата А2 – 247 л.;
  - формата А1 – 143 л.;
  - формата А0 – 1 л.;
  - формата А3х3 – 1 л.;
- **211 документов** проектной конструкторской и технической документации (по проектам Грозовой комплекс, Луна-Глоб, Луна-Ресурс, Луна-Ресурс-1, Луна-Ресурс-1 (ОА), Плазма-ЭРП, Спектр-РГ, Странник, ЭкзоМарс-2016 и Экзомарс-2018):
  - формата А4 – 6 213 л.;
  - формата А3 – 23 л.;
  - формата А2 – 3 л.;
  - формата А1 – 1л.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2016 г. по теме ВЕКТОР (Разработка перспективных бортовых систем и приборов, программно-аппаратных средств, создание КА малой размерности для проведения космических исследований, реализации прикладных и образовательных программ).

Наиболее важные результаты:

Создан и введен в эксплуатацию на орбите новый прибор звездной ориентации мБОКЗ-2. В приборе используется более совершенная электроника, в частности фоточувствительная КМОП-матрица, что позволило существенно улучшить технические характеристики прибора.

Проведены летно-космические испытания высоконадежной системы управления научным прибором АЦС на борту КА ExoMars.

Создан лабораторный прототип бортового лазерного масс-спектрометра – АБИМАС, а также устройство подготовки пробы с целью решения задачи создания бортового прибора, предназначенного для выявления биомассы в реголите Марса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Публикации по теме ВЕКТОР

Всего научных публикаций в 2016 г. - 3, в т.ч. статьи в отечественных научных рецензируемых журналах - 1, статьи в зарубежных изданиях - 2.

1. Analysis of how compression of images affects the resulted digital terrain model (DTM). Zubarev A.E., Nadezhkina I.E., Polyanskiy I.V., The Seventh Moscow Solar System Symposium (7M-S3), Moscow 2016
2. Г.А. Аванесов, Р.В. Бессонов, В.Ю. Дементьев, А.Н. Куркина, П.С. Сметанин, Н.И. Снеткова, В.Г. Собчук: «Результаты наземных и летных испытаний прибора звездной ориентации мБОКЗ-2 для МКА «АИСТ-2Д» // Пятая Всероссийская научно-техническая конференция «Современные проблемы определения ориентации и навигации космических аппаратов». Таруса, 5-8 сентября 2016. Программа и тезисы. ИКИ РАН, 2016
3. «Russian contribution to ExoMars Trace Gas Orbiter: Atmospheric Chemistry Suite (ACS)» EGU General Assembly 2016, 17-22 April, 2016, Vienna Austria, p. 15820
4. Alexander Gusev, Alexander Kosov et al, Tidal-librational dissipative dynamics of the Moon and radio/laser beacons for ChangE-5/6, Luna-25/26/27, ILOM missions, The Seventh Moscow Solar System Symposium (7M-S3), Moscow 2016
5. Alexander Kosov et. al. GARS instrument - an imitator of Exomars-2016 TGO transmitter, The Seventh Moscow Solar System Symposium (7M-S3), Moscow 2016
6. Vladimir Gromov, Alexander Kosov, The Ranging Accuracy of the Radioscience Experiment with the Radio-Beacon Transponder in Comparison with Laser Ranging. The Seventh Moscow Solar System Symposium (7M-S3), Moscow 2016.