

Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики

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.

6.1. Разработка методов и средств фотограмметрической обработки изображений оптических съемочных систем, привязки к географической и планетным системам координат, построение цифровых моделей местности.

1. Проведено уточнение параметров калибровки камер МСУ 100 КА «Метеор-М» №1: углов наклона внутренней системы координат ПЗС-линеек каждого канала относительно связанной системы координат. Составлены новые калибровочные файлы для витков 20458 и 21211. Достигнута точность привязки по прибору около 0.5 элемента по уровню среднеквадратического отклонения. По прибору МСУ-100 зав.№02 достигнута точность 1.2 элемента по уровню среднеквадратического отклонения. При этом определяется связь гринвичской географической системы координат Земли со второй экваториальной системой координат, и определяется матрица перехода от связанной системы координат к гринвичской географической системе координат с использованием данных прибора звездной ориентации БОКЗ-М и прибора системы спутниковой навигации АСН.

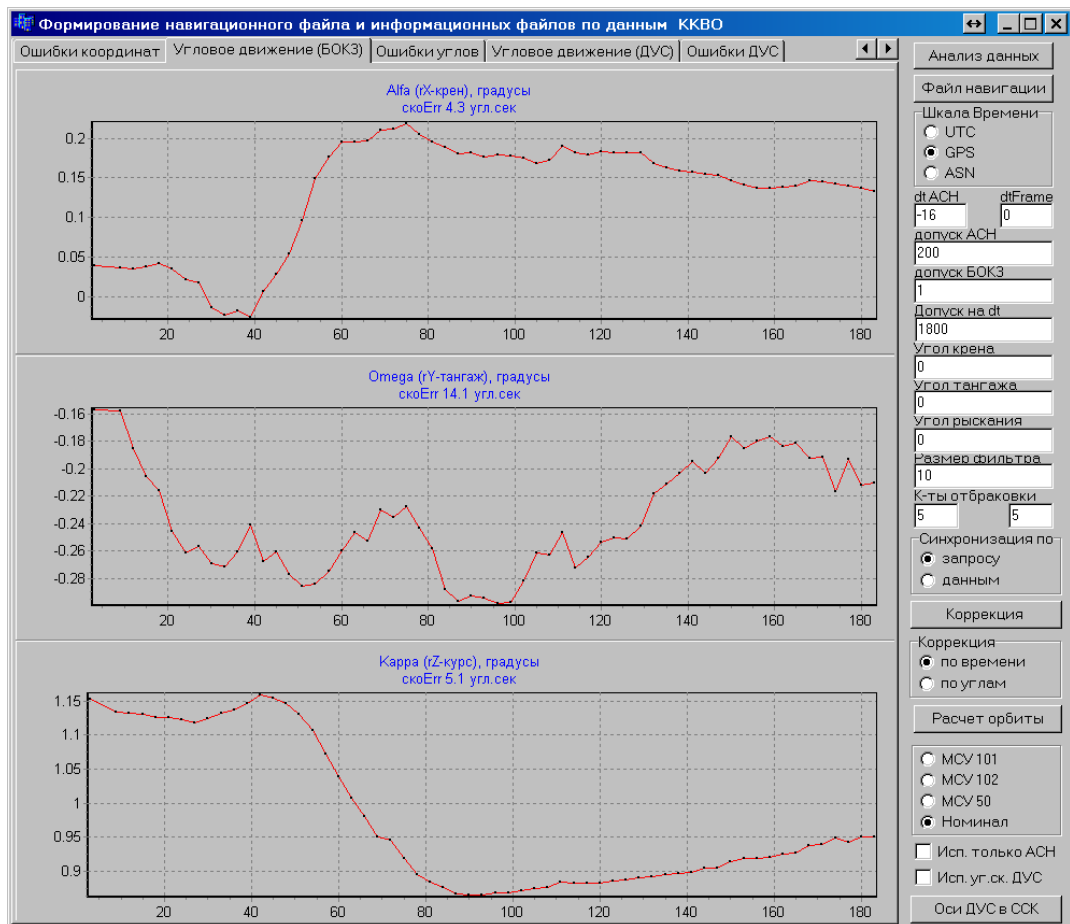


Рис. 1 Изменение углов разворота связанной системы координат КА в процессе съемки камерами по данным звездного прибора и спутниковой системы навигации

2. Отработано взаимодействие между макетом камеры СТС-Л и манипулятором посадочного модуля проекта Луна-Глоб. Реализовано программное обеспечение позволяющее:

- использовать результаты геометрической калибровки камер СТС-Л;
- уточнять взаимное расположение камер СТС-Л;
- выполнять стереоскопические измерения имитатора лунной поверхности;
- по результатам измерений проводить построение цифровой модели поверхности;

- проводить переход от базисной системы координат к системе координат манипулятора;
- указывать в стереоскопическом режиме пространственные координаты точки на поверхности, в которую следует переместить манипулятор;
- контролировать перемещение ковша манипулятора в указанную точку поверхности.



Рис.2 Имитатор лунной поверхности, камер СТС-Л и манипулятора

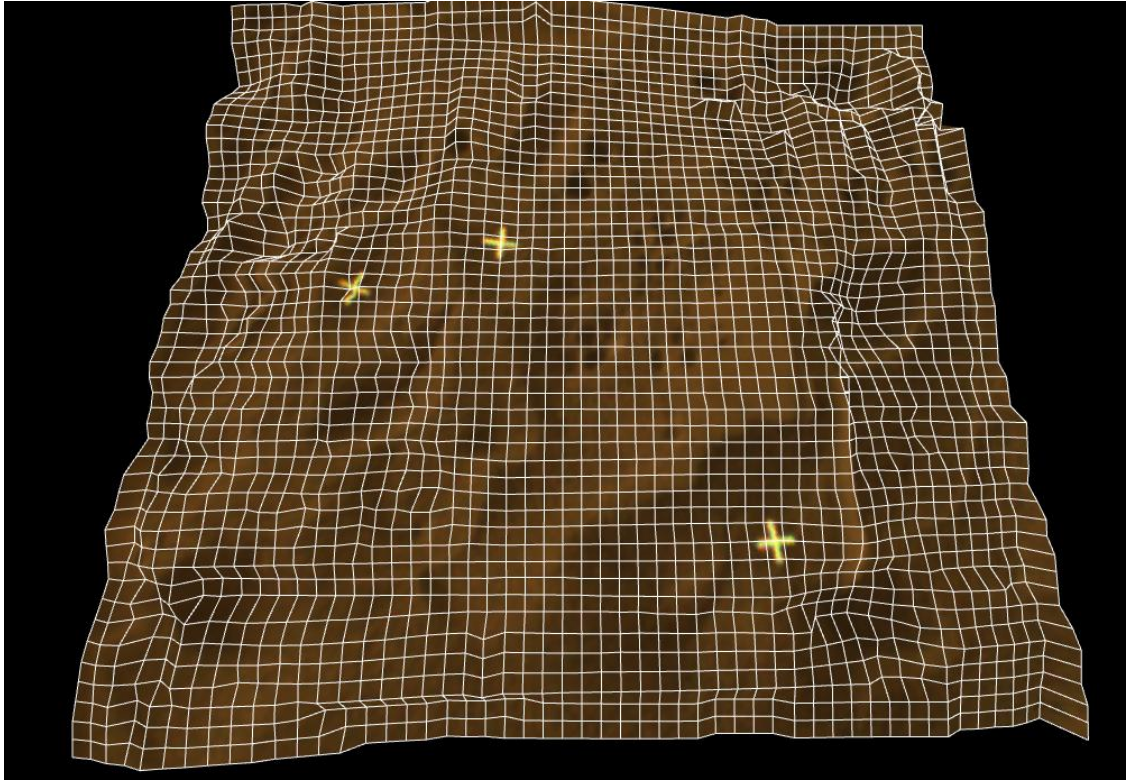


Рис.3 Цифровая модель имитатора лунной поверхности

3. Разработан метод, позволяющий уточнять температурную деформацию осей приборов БОКЗ-М60 в зависимости от аргумента широты орбиты. Уточнены усредненные матрицы перехода от систем координат приборов БОКЗ-М60 к связанной системе координат КА по результатам измерений БОКЗ-М60. Определены параметры равноточной ориентации связанной системы координат КА. Использование метода позволяет осуществлять координатную привязку видеоданных КА «Ресурс-П» с точностью до 15 м.

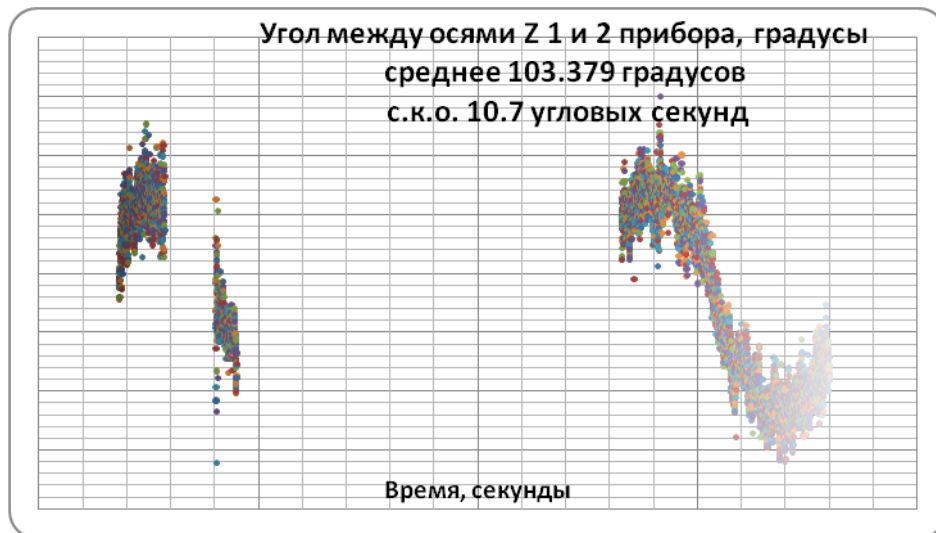


Рис.4. Углы разворота связанной системы координат

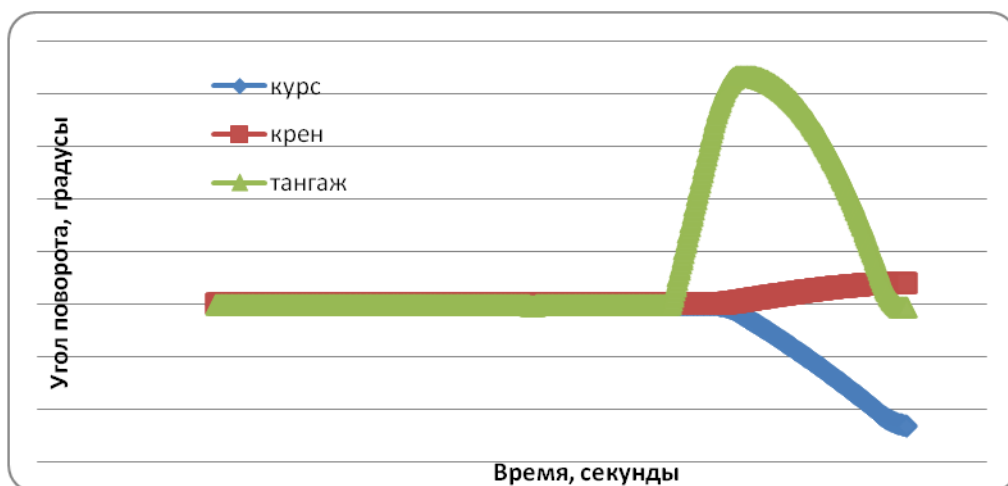


Рис.5 Углы разворота связанной системы координат

Таблица 1 Среднеквадратические ошибки определения углов между осями Z приборов и осями средней равноточной системы координат за виток после учета температурной деформации

Прибор	с.к.о. X, угл.сек.	с.к.о. Y, угл.сек.	с.к.о. Z, угл.сек.
ось Z прибора БОКЗМ60 №1	2.0	1.5	1.3
ось Z прибора БОКЗМ60 №2	1.4	1.2	0.9
ось Z прибора БОКЗМ60 №3	2.0	1.2	1.3
ось Z прибора БОКЗМ60 №4	1.8	1.5	1.3

4. Реализовано программно-алгоритмическое обеспечение, позволяющее строить цифровую модель поверхности в автоматическом режиме путем проектирования контрольной лазерной сетки на цифровую поверхность и синхронной съемки поверхности двумя камерами.

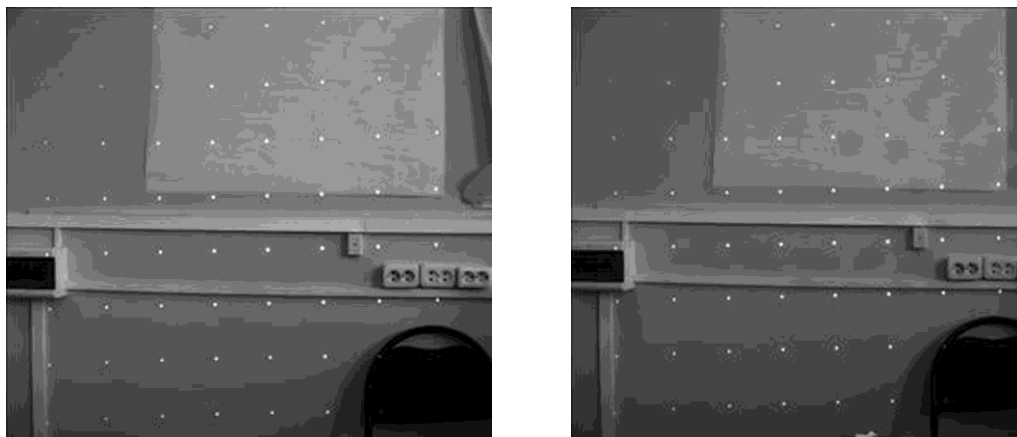


Рис. 6. Получение стереопары изображений регулярной сетки

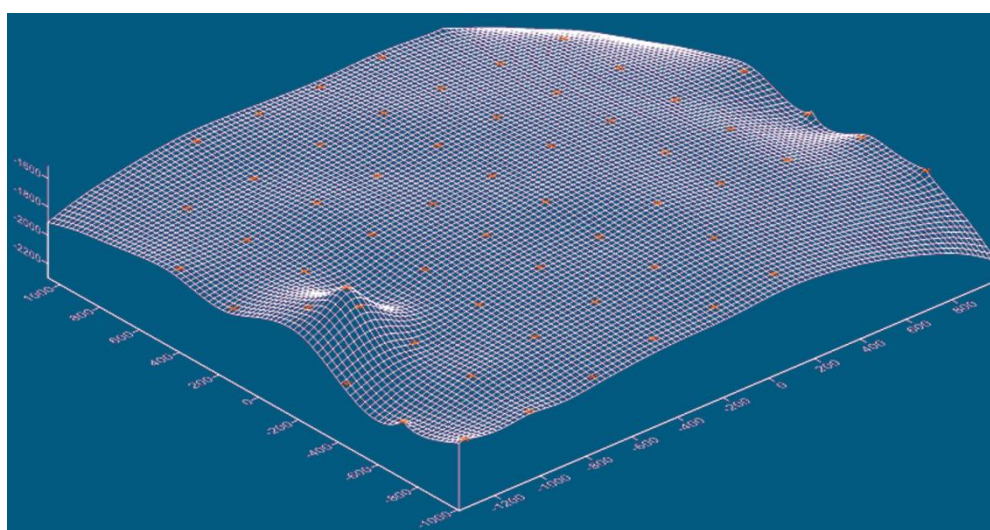


Рис. 7. Цифровая модель объекта съёмки

5. Разработано математическое обеспечение и комплекс оборудования, позволяющие выполнить наведение телескопа Т-170М в заданную область, определяемую ее экваториальными координатами по изображениям звезд на ПЗС-матрицах датчиков гида, расположенных в фокальной плоскости телескопа. Система координат датчиков гида определяется нормалью к плоскости, проходящей через центры ПЗС-матриц датчиков гида, через

направление на центр первого датчика и заднюю узловую точку телескопа Т-170М. Разработана методика определения параметров фотограмметрической модели датчиков гида по звездам и по стереоскопическим измерениям, выполненным с помощью теодолитов.

Публикации по теме:

1. *А.В. Никитин, Б.С. Дунаев, В.А. Красиков.* Анализ функционирования трех приборов звездной ориентации БОКЗ-М при съемке звездного неба. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса 2013. Т.10. № 4.
2. *Т.В. Кондратьева, А.В. Никитин, И.В. Полянский.* Использование системы датчиков гида в задачах наведения и стабилизации телескопа Т-170М проекта «Спектр-УФ». Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса 2013. Т.10. № 4.
3. *С.В. Воронков, Б.С. Дунаев, А.В. Никитин, В.А. Шамис.* Динамические имитаторы звездного неба, предназначенные для комплексной обработки астроприборов в составе космических аппаратов. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса 2013. Т.10. № 4.
4. *Никитин А.В.* Задача контроля и наведения манипулятора в заданную точку пространства. «Одиннадцатая Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, ИКИ РАН, 11-15 ноября 2013 г.» Тезисы докладов.

6.2 Разработка, испытания и сопровождение современных научных приборов и детекторов для космических исследований. 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 др. Сопровождение созданной аппаратуры при проведении летно-космических испытаний

6.2.1 Разработка и изготовление, лёгных приборов «ЛАЗМА-ЛР» для проектов «Луна-Ресурс» и «Луна-Глоб»

В 2013 году были продолжены работы по созданию летных бортовых масс-спектрометрических приборов для проектов «Луна-Ресурс» и «Луна-Глоб» согласно план-графику этих работ. Были проведены работы по созданию рабочего места (вакуумного стенда) для проведения физических отработок прибора "ЛАЗМА-ЛР" - ВРМ ЛАЗМА-ЛР НРДК.468212.069. Также в отчетный период были изготовлены отдельные узлы для КДО и штатного образцов прибора "ЛАЗМА-ЛР".

Параллельно с этими работами проводилась отработка летных прототипов инструментов ЛАЗМА-Ресурс и ЛАЗМА-Глоб в условиях лаборатории. Основной задачей этих работ были упомянутые выше исследования по расширению функциональных аналитических возможностей приборов.

6.2.2 Разработка и испытания лабораторных прототипов лёгных приборов, предназначенных для поиска и отождествления биомассы в реголите Марса и ледовой матрице Европы

В рамках разработки указанной темы была поставлена задача по созданию инструментов, предназначенных для поиска и идентификации биомассы в реголите Марса, а также в ледовой матрице Европы.

В связи с началом проекта ЭкзоМарс работы в 2013 году в основном были сосредоточены на поисках микроорганизмов в реголите Марса. С этой целью был создан лабораторный прототип бортового масс-спектрометра и была проверена его работоспособность на биологических культурах.

Вышеуказанные задачи обусловили работы по созданию и испытанию лабораторного прототипа узла экстракции микроорганизмов из реголита и системы подготовки пробы.

Результаты этих исследований показали, что предлагаемый метод способен обеспечить идентификацию биомассы и отличить ее от других химических веществ не живой природы.

Результаты работы вошли в «Эскизный проект миссии ЭкзоМарс».

6.2.3 Разработка методики и создание прототипа бортового инструмента нового поколения, для определения возраста геологических пород космических тел с борта посадочного модуля, по измерению соотношений изотопов свинца, экстрагированного из реголита Луны, Фобоса, Марса, с помощью прибора ЛАЗМА-ЛР, и химического реактора для растворения и экстракции свинца с целью обогащения пробы

В рамках работ по указанной теме в 2013 году была запланирована разработка методик и создания бортового прототипа инструмента нового поколения для определения возраста геологических пород космических тел с борта посадочного модуля, по измерению соотношения изотопов свинца экстрагированного из реголита.

В 2013 году в лаборатории Активной Диагностики были проведены предварительные расчеты и калибровки которые показали, что использование масс-спектрометра ЛАЗМА в качестве аналитического инструмента в совокупности с несложным химическим реактором для экстракции свинца могут позволить создание бортового инструмента, если

этот прибор будет оснащен лазерным излучателем нового поколения, работающего от диодной накачки в частотном режиме.

Решение этих вопросов потребовало проведения отдельной НИР, которая может быть проведена в «Полюсе». Указанная организация имеет опыт создания аналогичных малогабаритных лазеров. В настоящее время ведутся работы по определению источников финансирования НИР.

Список научных публикаций сотрудников лаборатории Активной Диагностики за 2013 год:

1. *Лучников К.А.* «Новые возможности лазерного времяпролетного (ВП) масс-анализатора «ЛАЗМА» X Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования» (студенты, аспиранты и молодые ученые до 35 лет), 3–5 апреля 2013 г., ИКИ РАН.
2. *Лучников К.А., Сафронова А.А., Чумиков А.Е., Воробьева Е.А., Кузнецов А.И.* «Прототип бортового лазерного времяпролетного масс-спектрометра и методики, предназначенные для анализа реголита и поиска биомассы в миссии ЭкзоМарс» – летняя школа молодых ученых «Фундаментальные космические исследования и космические технологии», 11-18 июля 2013 г., г. Евпатория/Витино, Представительство ИКИ РАН.
3. *Luchnikov K.A., Managadze G.G., Wurz P., Chumikov A.E., Kuznetsov A.I., Bondarenko A.L., Saralidze G.Z., Managadze N.G.* “Polyatomic ions mass analysis using compact laser desorption TOF MS” (poster session) – The Fourth Moscow Solar System Symposium, 14-18 октября 2013 года, ИКИ РАН.
4. *К.А. Лучников, Г.Г. Манагадзе* “Концепция комплекса приборов и методик, направленных на поиск микроорганизмов в пробах реголита” – 56 научная конференция МФТИ, 25-30 ноября 2013 года.
5. *Манагадзе Г.Г., Моисеенко Д.А., Воробьева Е.А., Чумиков А.Е., Манагадзе Н.Г., Пилат Б.В., Сафронова А.А.* Масс-спектрометрические методы отождествления признаков внеземной жизни с борта десантируемых космических аппаратов. Направлено в печать в «Астрономический вестник» в 2013 году.

Отчеты:

1. *Манагадзе Г.Г., Энгель М.Г., Гетти Ст., Шоколов А.Г., Тереньев С.А., Даванков В.А., Чумиков А.Е., Ларин А. С. Вурц Р., Тулей М., Бланк Д., Прохоров В.М., Манагадзе Н.Г.* Нарушение зеркальной симметрии аминокислот в плазменном факеле высокоскоростного удара. Отчёт по программе Президиума РАН №22 Фундаментальные проблемы исследований космоса. Подраздел Исследования малых тел Солнечной системы.
2. *Манагадзе Г.Г., Моисеенко Д.А., Воробьева Е.А., Чумиков А.Е., Манагадзе Н.Г., Пилат Б.В., Сафронова А.А.* Масс-спектрометрические методы отождествления признаков внеземной жизни с борта десантируемых космических аппаратов. Отчёт по Программе №25 Фундаментальных исследований президиума РАН. Подпрограмма 1. Происхождение биосферы и эволюция геобиологических систем.

6.2.4 Создание научно-служебной навигационной аппаратуры для космических аппаратов «Луна-Ресурс» и «Луна-Глоб»

При создании комплекса бортового оборудования для космических аппаратов представляется целесообразным совмещение в разрабатываемых приборах как служебных, так и научных функций. Это снижает массу и энергопотребление комплекса, а в ряде случаев открывает дополнительные возможности для космических экспериментов.

В рамках работ по проектированию перспективной аппаратуры для космических экспериментов был рассмотрен комплекс приборов для проектов «Луна-Ресурс» и «Луна-Глоб». В рамках этих проектов предполагается выведение на орбиту Луны космического аппарата, а также посадка на поверхность Луны специального посадочного модуля. В рамках осуществления указанных проектов планируется совместная работа наземного комплекса, научной и служебной аппаратуры, установленной на орбитальном аппарате и на лунном посадочном модуле.

Одной из серьезных задач, которые приходится решать при осуществлении лунных космических экспериментов, является навигация

космических аппаратов как во время посадки на поверхность, так и во время орбитального полета. Для этой цели желательно иметь на поверхности Луны некоторое количество долгоживущих навигационных маяков.

В рамках работ по теме «Вектор» для лунного посадочного модуля был спроектирован комплект маяков, состоящий из радиомаяка (прибор «Радиомаяк»), работающего в СВЧ-диапазоне и светодиодного оптического маяка. Регистрация сигналов радиомаяка возможна на Земле с помощью радиотелескопов системы «Квазар-КВО».

Будущие лунные посадочные аппараты могут использовать сигналы маяков для уточнения координат точки посадки и привязки своего текущего положения к координатам на лунной поверхности.

Радиомаяк предназначен для решения служебной задачи «Навигация» – высокоточное определение места посадки посадочного модуля «Луна-Ресурс» и орбиты орбитального КА проекта «Луна-Глоб». Прибор входит в комплекс аппаратуры, установленной на посадочном модуле. Задача комплекса – определение трех координат места посадки с точностью не более 1 м. Для решения этой задачи используется передатчик в диапазоне 8,4 ГГц, излучение которого направлено на Землю. Для работы с орбитальными аппаратами используется передатчик диапазона 32 ГГц.

Лунные орбитальные аппараты могут использовать сигналы маяков для уточнения параметров своей орбиты.

Для лунного орбитального аппарата был спроектирован комплект приборов, состоящий из приемника СВЧ-диапазона (прибор «ПКД» для приема сигнала радиомаяка) и оптической камеры (прибор «ЛСТК-100» для приема сигналов оптического маяка).

На рисунке 1 представлена фотография действующего образца прибора Радиомаяк (корпус золотистого цвета), на верхней крышке которого видна передающая антенна диапазона 8,4 ГГц (прямоугольная деталь со светлым вкладышем). Для оценки размеров прибора рядом находится стандартная компьютерная «мышь».

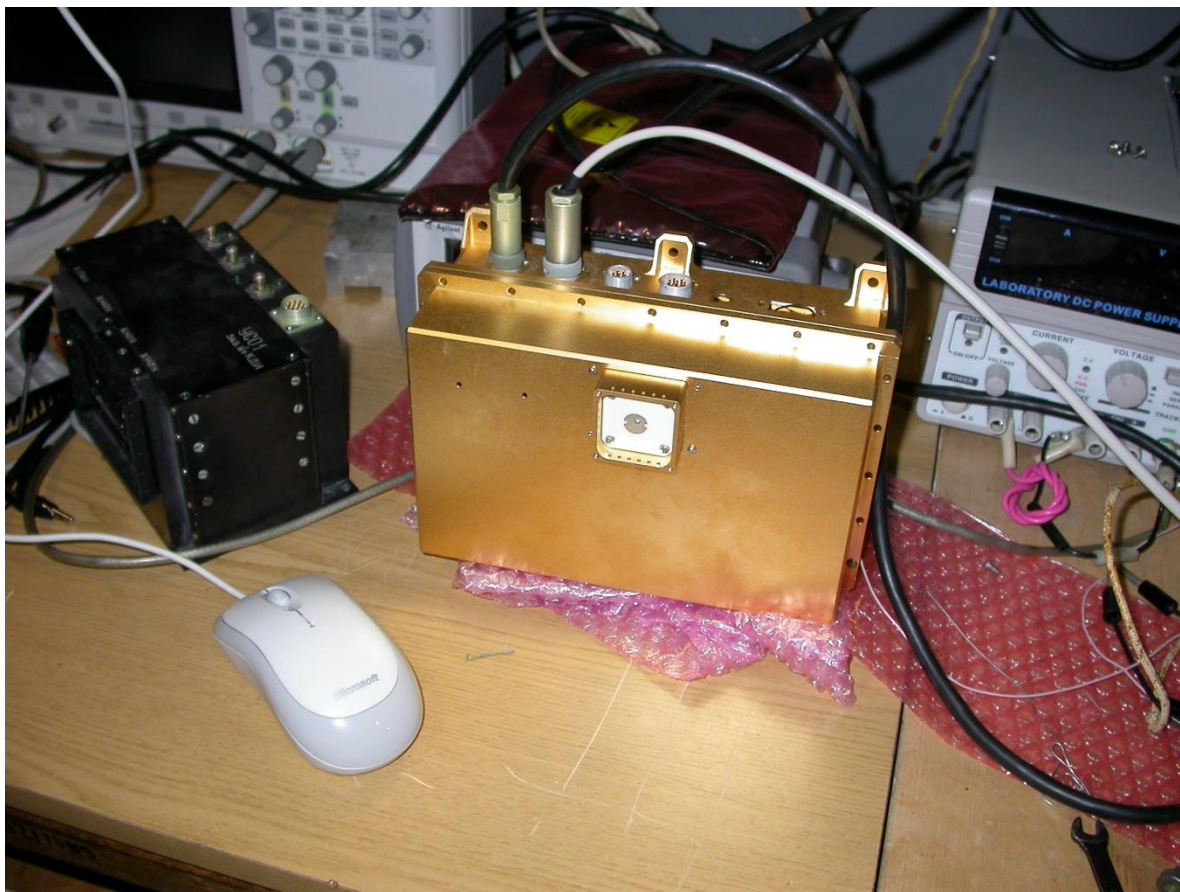


Рисунок 1 - Радиомаяк

Для отработки канала передачи информации создана контрольно-измерительная аппаратура Тюнер-Р, которая позволяет принимать и демодулировать сигналы, посылаемые прибором Радиомаяк. На рисунке 2 изображена фотография приемника «Тюнер-Р» (корпус черного цвета) с приемной СВЧ антенной (золотистого цвета). Приемник «Тюнер-Р» имеет два канала, позволяющих принимать сигнала Радиомаяка, в диапазонах 8,4 ГГц и 32 ГГц.



Рисунок 2. Приемник «Тюнер-Р».

Прибор ПКД представляет собой приемник СВЧ диапазона (рабочая частота 32 ГГц), предназначенный для приема сигналов радиомаяков, установленных на посадочных аппаратах. Прибор принимает сигнал Радиомаяка, преобразует СВЧ сигнал на низкую частоту и измеряет частоту принимаемого сигнала. Частота принимаемого сигнала отличается от частоты сигнала Радиомаяка на величину сдвига Доплера, связанного со скоростью орбитального модуля.

При этом возможно решение как служебных (уточнение орбиты аппарата) так и научных задач (уточнение модели лунного гравитационного поля, параметров вращения Луны, суждений о внутреннем строении Луны).

Для регистрации излучения световых маяков посадочных модулей предназначена телевизионная камера ЛСТК-100.

Камера ЛСТК-100 предназначена для установки на борт космического аппарата с целью формирования, хранения и передачи во внешние устройства цифровых изображений, которые должны служить основой для построения топографических карт и трехмерных моделей поверхности Луны.

Принцип действия камеры ЛСТК-100 должен основан на построчной регистрации движущегося оптического изображения, формируемого в фокальной плоскости объектива. При этом движение проекции изображения осуществляется за счет движения космического аппарата относительно снимаемой поверхности.

Съемка камерой ЛСТК-100 должна производиться с космического аппарата, находящегося в надирной орбитальной ориентации. Вектор линейного перемещения космического аппарата при этом перпендикулярен проекции линейных ПЗС датчиков камеры ЛСТК на поверхность Луны.

Для нормальной работы ЛСТК-100 служебные системы орбитального космического аппарата (КА) должны обеспечивать выполнение следующих требований:

- угловые скорости вращения строительных осей КА – не более $0,001^\circ/\text{с}$;
- амплитуда отклонения строительных осей КА от местной вертикали и вектора скорости в орбитальной системе координат – не более 10 угл. мин;
- погрешность определения ориентации в орбитальной системе координат – не более 10 угл. сек. по трем осям;
- погрешность определения скорости в орбитальной системе координат – не более 0,1 м/с;
- уход бортовой шкалы времени – не более 10^{-6} за секунду.

При работе камеры ЛСТК-100 получается стереоэффект за счет съемки одних и тех же объектов под несколькими углами (при наблюдении в направлениях «вперед», «в надир» и «назад», относительно местной вертикали КА).

Спектральная область регистрируемого отраженного оптического излучения – видимая и ближняя ИК области электромагнитного спектра, спектральный диапазон – панхроматический.

Основные технические характеристики телевизионной камеры ЛСТК-100 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметр	Значение
Фокусное расстояние объектива, мм	100 ± 0,5
Угол поля зрения перпендикулярно направлению движения КА, не менее	23°
Угол поля зрения вдоль направления движения КА, не менее	30°
Угловой размер чувствительного элемента, угл. сек., не более	21
Количество стереоканалов	3
Углы наблюдения поверхности, не менее	0°, +15°, -15°
Номинальный спектральный интервал чувствительности (на уровне 0,5), мкм	0,500 - 0,900
Число элементов в строке изображения, не менее	4000
Размер элемента фотоприемника, мкм	10x10
Число разрядов квантования, не менее	10
Суммарная ЧКХ системы на пространственной частоте 50 пар линий/мм, не хуже:	
центр	0,2
край (± 15°)	0,15
Масса, кг, не более	4
Габариты, мм, не более	220x220x300
Энергопотребление, Вт, не более	10

Основные параметры регистрируемых изображений при съемке с круговой полярной орбиты высотой 100 км над поверхностью Луны приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметр	Значение
Высота орбиты КА, км	100
Период обращения КА, мин	~ 120
Скорость подспутниковой точки, км/с	~ 1.51
Поперечный размер проекции чувствительного элемента фотоприемника на лунную поверхность в надире, м	10
Полоса обзора, км, не менее	40
Темп съемки, стр/с	160
Информативность нетто, Мбит/с, не более	20

Проведены расчеты чувствительности телевизионной камеры в дневных и ночных условиях. Показано, что для уверенной регистрации сигналов оптического маяка достаточно, чтобы его мощность составляла не менее 10 мВт в ночное время и 1 Вт в дневное.

Исследована возможность установки организации на посадочном модуле пассивного маяка в виде оптического уголкового отражателя. При этом на борту орбитального аппарата должен быть установлен прожектор с оптической мощностью не менее 1 Вт.

Комплексная работа светового и радиомаяков на посадочном модуле, бортового прожектора для зондирования уголковых отражателей, телекамеры ЛСТК-100 и приемника ПКД при достаточном обеспечении их временными привязками позволит методом уравнивания массива измерений:

- получить параметры орбиты лунного спутника с точностью не хуже 20 метров;
- построить каркас селенодезических координат с точностью порядка 10 метров;
- определить положение посадочного модуля относительно деталей лунного рельефа с точностью не хуже 6 метров;

- получить положение полюса оси вращения Луны с метровой точностью.

6.2.5 Работа по сопровождению сеансов связи и начальной обработке получаемой информации, поступающей через прибор ССНИ-2, эксперимента «Плазма-Ф»

В 2013 году были продолжены работы по сопровождению сеансов связи и начальной обработке получаемой информации, поступающей через прибор ССНИ-2, эксперимента «Плазма-Ф».

Запущенный 18 июля 2011 года космический аппарат «Спектр-Радиоастрон» успешно функционирует. Центр управления полетом Института регулярно проводит сеансы управления экспериментом «Плазма-Ф». Поступающая с борта КА телеметрическая информация проходит предварительную обработку с целью выделения научных и вспомогательных (технологических) данных от эксперимента «Плазма-Ф». Выделенная информация поступает экспериментаторам для дальнейшей обработки.

6.2.6. Создание контрольно-испытательной аппаратуры прибора БМСВ-ЛГ для ОКР «Луна-Глоб-НА» (в стадии разработки)

В 2013 году были проведены работы по разработке конструкторской документации для создания контрольно-испытательной аппаратуры прибора БМСВ-ЛГ для проекта «Луна-Глоб-НА». Созданная документация передана в технический архив и будет в последующем использована при изготовлении комплектов КИА прибора.

6.3. Разработка и испытания высоконадежных систем управления научной аппаратурой

В 2013 году продолжилась работа по разработке и испытаниям высоконадежных систем управления научной аппаратурой в рамках ОКР

«Луна-Ресурс», «Луна-Глоб», «Спектр-УФ», «Резонанс», «Ионосфера», «Марс-Сервейер».

Проекты «Луна-Ресурс» и «Луна-Глоб»

Технологический образец блока управления научной информацией (БУНИ) успешно прошёл стыковочных и комплексных испытаний в составе КНА в ИКИ РАН. По результатам испытаний проведена доработка БУНИ с целью реализации дополнительных функций: управление приборами по заложенным в БУНИ циклограммам и приоритезация данных на выдачу в радиоканал. Данные функции позволяют значительно сократить объем командной информации, передаваемой с Земли, оптимизировать сеансы связи с Землей.

Начата разработка БУНИ-ЛГ, предназначенного для проекта «Луна-Глоб» (Луна-25) с запуском в 2016. Основное отличие от БУНИ заключается в скорректированном приборном составе, интерфейсах с КА, конструктивных и схемотехнических решениях, позволивших существенно снизить массу блока.

Проект «Спектр-УФ»

Продолжена работа над бортовым маршрутизатором (БМ-4) потоков научной информации и блоком управления служебным комплексом (БУСК) телескопа. Изготовлены вторые комплекты КИА для этих блоков. Начат выпуск документации на штатные образцы и изготовление образцов для КДИ.

Проект «Резонанс»

Продолжена работа над системой управления, сбора и передачи информации (СУСПИ).

Технологический образец СУСПИ успешно прошёл предварительные стыковочные испытания со всеми приборами КНА и находится на стадии комплексных испытаний. Изготовлены вторые комплекты КИА и ТО СУСПИ.

Проект «Ионосфера»

Технологический образец бортового комплекса управления и сбора научной информации (БКУСНИ) успешно прошёл стыковочные и комплексные испытания в составе комплекса целевой аппаратуры в ИКИ РАН, стыковочные испытания со служебными системами космического аппарата

Проекты «ЭкзоМарс»

Продолжены работы по созданию блока для сбора информации и управления спектрометрическим комплексом ACS проекта «Экзомарс-2016». Выпущен комплект КД, изготовлены электрический симулятор блока и КИА для него.

Начаты работы по созданию блока управления приборами (БИП) для КНА посадочного модуля проекта «Экзомарс-2018», а именно выпущены материалы эскизного проекта в части БИП.

6.4 Разработка малогабаритных космических аппаратов для научных исследований

6.4.1 Проведение летно-космических испытаний малогабаритного космического аппарата «Чибис-М»

В течение 2013 года были продолжены летно-космических испытаний малогабаритного космического аппарата «Чибис-М».

Управление академическим научным микроспутником «Чибис-М», осуществлялось с помощью наземной инфраструктуры, включающей в себя:

- распределенный Центр управления полетом;
- средства планирования космических операций;
- средства обработки, визуализации и хранения телеметрической информации;
- средства информационного обмена.

Одновременно с решением задач по управлению микроспутником осуществлялась доработка наземного сегмента, его развитие и

совершенствование. Среди наиболее значимых результатов 2013 года, следует отметить, что впервые в отечественной практике была успешно реализована концепция распределенного Центра управления полетом. Поскольку в космических операциях проекта Чибис-М участвуют специалисты различных как отечественных, так и зарубежных научных организаций, данный подход позволил существенно повысить эффективность управления микроспутником на фоне минимизации финансовых и производственных затрат. Суть данного подхода основывается на идее «виртуального ЦУПа», когда все участники проекта используют единую информационную среду, обеспечиваемую средствами web-портала проекта, а для персонального общения применяются развитые средства телекоммуникации включая оперативную и видеоконференцсвязь.

Другим важным достижением является развитие системы экспресс-обработки телеметрической информации, обеспечивающую рекордную скорость отклика (< 1 сек на запрос при $> 4 \cdot 10^9$ измерений), что в несколько раз превышает лучшие зарубежные аналоги.

Следует отметить, что созданная и отлаженная в течение 2013 года система планирования позволила успешно осуществить все циклы подготовки программ управления, включая такие рабочие этапы как долгосрочное, среднесрочное и краткосрочное планирование, а также оперативное управление.

Результаты работ по управлению научным микроспутником «Чибис-М» и развитию наземной инфраструктуры проекта представлены на различных международных научных конференциях.

6.4.2 Численное моделирование генерации электрического тока в бинарных ячейках ВЭРИИТ включая анализ характеристик ион-электронной эмиссии из тонких пленок бинарных токовых ячеек эмиттера

В 2013 году было продолжено моделирование процесса генерации электрического тока в бинарных ячейках вторично-эмиссионного радиоизотопного источника тока (ВЭРИИТ) включая анализ характеристик ион-электронной эмиссии, которая возникает при прохождении быстрых (с энергиями порядка 5 МэВ) альфа-частиц радиационного распада трансурановых элементов, например, плутония через систему тонких (наноразмерных толщины) пленок бинарных токовых ячеек эмиттера ВЭРИИТ с учетом ее зависимости от величины поверхностного потенциального барьера для эмитируемых из пленок токовых ячеек быстрых электронов. Данный анализ необходим для последующих экспериментальных работ по созданию демонстрационного образца ВЭРИИТ и разработки практической технологии изготовления бинарных ячеек с внедренной радиоизотопной прослойкой, что требует обоснованного выбора параметров системы, при которых будет обеспечена работа ВЭРИИТ образца. На первом этапе планируется обоснование характеристик ВЭРИИТ, реализации его конструкционных характеристик, что необходимо для создания экспериментального образца батареи с мощностью порядка ватта. Принципиальной особенностью данной батареи является использование тонких (с толщиной меньше микрона) металлических пленок, что (согласно имеющимся оценкам) должно привести к существенному повышению к.п.д. преобразования кинетической энергии налетающих альфа-частиц в электрическую энергию. Проведенные в ХФТИ (Харьков) предварительные эксперименты указывают на возможность значительного роста вторичной эмиссии электронов из металлических и диэлектрических пленок.

Также в 2013 году с сотрудниками ХФТИ (под рук. Карась В.И.) было проведено обсуждение совместных исследований, заключен договор с ННЦ "ХФТИ" НАНУ о проведении рассматриваемых работ включая численное моделирование процессов генерации электрического тока в бинарных ячейках ВЭРИИТ с привлечением специалиста по численному моделированию из ИПМ им. Келдыша РАН. В 2014 году планируется подготовка совместной статьи по вторичной электронной эмиссии для публикации в журнале «Физика плазмы» а также запуск дополнительного проекта по рассматриваемой проблеме для получения необходимого финансирования, в частности, проведения экспериментальных исследований.

Михайловская Л.А., к.ф.-м.н., тел.(495) 333-41-00, nerokhin@mx.iki.rssi.ru

Ерохин Н.С., д.ф.-м.н., тел.(495) 333-41-00, nerokhin@mx.iki.rssi.ru

Одновременно намечены планы дальнейших работ (на 2014 год), а именно:

- совместно с сотрудниками ХФТИ НАНУ (Харьков) и Институтом прикладной математики продолжить численное моделирование процессов генерации электрического тока в бинарных ячейках ВЭРИИТ на основе кинетической модели описания динамики быстрых электронов в ячейках ВЭРИИТ,;
- подготовить статью по данному вопросу для публикации в рецензируемом журнале;
- проработать вопрос о патентовании на последующих этапах технологии изготовления ВЭРИИТ и бинарных ячеек данной батареи.

6.5.Работы по созданию наземной испытательной аппаратуры для имитации космического пространства

Для проведения тепло-вакуумных испытаний отдельных приборов и макетов в Институте функционирует малый участок вакуумных испытаний с

двумя вакуумными установками ТВУ-2,5Г/1,5-0,6. Схема установки для испытаний приведена на рисунке 1.

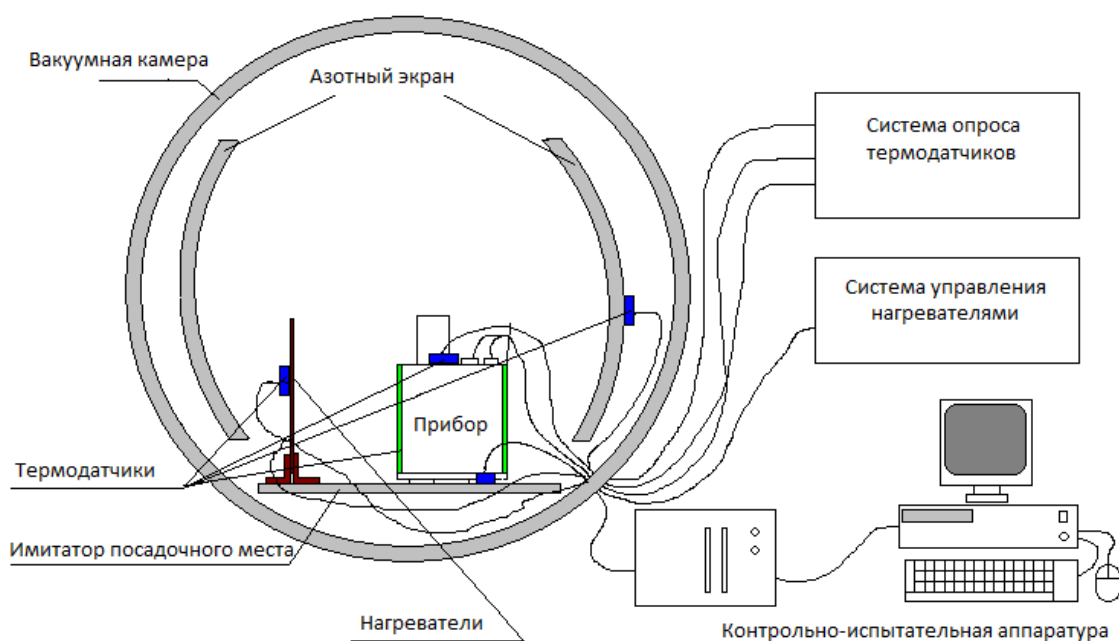


Рис. 1. Схема установки

Прибор размещается на алюминиевой плите, имитирующей посадочную плоскость космического аппарата. Для проведения полного цикла испытаний температура плиты в месте установки прибора необходимо менять в широком интервале от минимального до максимального значений в соответствии с требованиями для каждого прибора. Для этого плита оборудована нагревателями. Охлаждение происходит за счет теплообмена с азотным экраном, который имитирует черноту и холод космического пространства. Экран заполнен жидким азотом и его температура достигает -186°C .

Для того, чтобы контролировать температуру плиты, азотного экрана в различных точках, а также распределение температуры по поверхности установленного прибора в камере расположены резистивные термодатчики, которые опрашиваются с периодом в 1 секунду. Результаты опроса сохраняются в файл для последующей обработки.

Также для имитации облучения прибора Солнцем в схему испытаний включают либо имитатор солнечного излучения, основанный на введении светового потока от специальной лампы через кварцевое стекло на объект испытаний, либо установкой инфракрасных нагревателей соответствующей мощности.

Для автоматического управления инфракрасными нагревателями и нагревателями имитатора посадочной плоскости, а также для объединения с системой опроса термодатчиков предлагается создать автоматизированную систему управления на базе *EtherCAT (Ethernet for Control and Automation Technology* – технология Ethernet для контроля и автоматизации управления) - это Ethernet-решение для автоматизации в промышленности, которое отличается высокой производительностью и простотой использования.



Рис. 2. Схема системы автоматизированного управления

В 2013 году была разработана документация на аппаратуру автоматизации малого вакуумного участка Института, структурная схема которой представлена на рисунке 2.

Устройства управления и контроля предлагается реализовать с помощью продукции фирмы *Beckhoff*, позволяющие создать масштабируемую систему со стандартными модулями опроса термодатчиков, аналоговых параметров.

Устройства управления нагревателями предлагается реализовать применением регуляторов мощности, программных ПИД-регуляторов и термопреобразователей сопротивления фирмы ОВЕН.

В зависимости от количества каналов опроса термодатчиков и управления нагревателей все оборудование может разместиться в одном или двух шкафах. Простая масштабируемость системы позволит при незначительных доработках нарастить количество каналов управления, при этом требуемые коммуникации можно заложить заранее. В проработанном лабораторией 711 варианте для каждой вакуумной камеры имеется возможность управления 4-мя нагревателями посадочной плиты, опроса 36 термодатчиков, а также 4-х канальная система опроса аналоговых сигналов со специальных датчиков (вакуумметров, детекторов излучения и прочих).

Предлагаемая система управления является самостоятельным комплексом и не связана с системой управления вакуумной камерой, однако размещение пульта управления рядом с рабочим местом оператора вакуумной камеры позволит дежурному оператору контролировать все параметры тепло-вакуумных испытаний одновременно.

В последствии систему автоматического управления вакуумным участком можно объединить с подобными системами на других участках контрольно-испытательной станции и в локальную сеть института. Это позволит удаленно контролировать процесс проведения испытаний, а также позволит экспериментаторам удаленно наблюдать за объектами испытаний.

6.6 Оснащение научно-производственного центра для создания в ИКИ РАН перспективной космической аппаратуры

В 2013 году были продолжены работы по модернизации и оснащению научно-производственного центра для создания в ИКИ РАН, а именно:

- разработаны исходные данные для проектирования 2-го цеха опытного производства Центра (~480 кв. м) и подготовки соответствующей сметной документации;

- закуплена и введена в строй координатно-измерительная машина (КИМ) для проведения точных измерений выпускаемых на производстве деталей;
- введен участок входного контроля продукции и деталей;
- закуплено лицензионное программное обеспечение проектирования многослойных печатных плат (3 рабочих места), закуплена вычислительная техника, проведено обучение сотрудников Института в специализированном центре.

6.7 Работы по созданию и сопровождению архивов оперативной и технической документации проектов «Спектр-УФ», «Луна-Ресурс», «Луна-Глоб», «Интергелио-зонд» и др.

В 2013 году были проведены работы по созданию и сопровождению архивов оперативной и технической документации с доступом через сеть Интернет для следующих космических проектов:

- «Спектр-УФ» - <http://uv.ikiweb.ru> ;
- «Луна-Ресурс» - <http://lr.cosmos.ru> ;
- «Луна-Глоб» - <http://lg.cosmos.ru> ;
- «Интергелио-зонд» - <http://igz.cosmos.ru> ;
- «Странник» (МКА-ФКИ ПН4) – <http://strannik.cosmos.ru> .

Функционирование архивов с Интернет доступом позволило оперативно рассылать (и хранить) текущую и техническую документацию.

Также в 2013 году была проведена работа по подготовке архивов для проектов Марс-Сервейер и ЭкзоМарс, а также проекта «Резонанс».