

Учреждение Российской академии наук
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им.П.Н.ЛЕБЕДЕВА РАН

На правах рукописи

УДК 523.9:520.624

Лисин Дмитрий Валерьевич

**Система информационного обеспечения солнечных космических
экспериментов на спутнике "КОРОНАС-Ф"**

Специальность 01.04.01 - «Приборы и методы экспериментальной физики»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель:
д.ф.-м.н. Кузнецов В.Д.

Научный консультант:
д.ф.-м.н. Урнов А.М.

Москва — 2009 г.

Работа выполнена в учреждении Российской академии наук Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им.Н.В.Пушкова РАН

Научный руководитель: доктор физико-математических наук
Кузнецов Владимир Дмитриевич

Научный консультант: доктор физико-математических наук
Урнов Александр Михайлович

Официальные
оппоненты: доктор физико-математических наук, профессор
Стожков Юрий Иванович
(ФИАН им.П.Н.Лебедева)
кандидат физико-математических наук
Давыдов Владимир Евгеньевич
(ИПГ им.академика Е.К.Фёдорова)

Ведущая организация: НИИЯФ МГУ

Защита состоится 26 октября 2009г. в 12:00 на заседании диссертационного совета Д 002.023.02 в Физическом институте им. П.Н.Лебедева РАН (Москва, 119991, Ленинский проспект 53, гл. здание)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Физического института им. П.Н.Лебедева РАН по вышеуказанному адресу.

Автореферат разослан « » сентября 2009г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор физико-математических наук

Я.Н.Истомин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность работы. Изучение фундаментальных научных вопросов физики Солнца является одной из важнейших задач современной науки. Жизнь биосферы Земли и неразрывно связанное с ней существование человеческой цивилизации настолько сильно зависят от поведения ближайшей к нашей планете звезды, что изучение протекающих на ней процессов требует пристального внимания научного сообщества.

В настоящий момент нерешёнными остаются такие фундаментальные вопросы физики Солнца, как механизмы нагрева солнечной короны, возникновения и развития солнечных вспышек, протуберанцев, эрупций и т.п., механизмы образования и поддержания стабильности сложных магнитных структур в солнечной плазме и ряд других проблем.

Решение указанных научных задач требует создание адекватных реальным процессам, протекающим на Солнце, физических теорий, что, в свою очередь, требует получения большого количества высокоточных измерений максимально широкого спектра параметров солнечной плазмы — пространственное распределение температур, спектров излучения во всех доступных диапазонах, карт распределения вектора магнитного поля с максимальной возможной детальностью, в том числе и по ходу возникающих устойчивых образований в плазме. Измерение этих параметров с требуемой современным состоянием солнечной физики точностью с поверхности Земли значительно осложнено возмущениями атмосферы, по какой причине измерения, проводимые из космоса, являются наиболее информативными и представляющими значительный научный интерес.

Серия космических экспериментов на борту спутника «КОРОНАС-Ф», проводимых с помощью описываемой системы информационного обеспечения, направлена на получение значительного объёма новых экспериментальных

данных о процессах, протекающих в солнечной плазме.

Целью диссертации является разработка и создание единой системы информационного обеспечения солнечных космических экспериментов на борту орбитальной обсерватории «КОРОНАС-Ф» и получение с её помощью большого количества новых экспериментальных данных о процессах, протекающих в солнечной плазме.

Под понятием «информационное обеспечение» в данной работе подразумевается:

- На борту космического аппарата (КА):
 - ✓ сбор, хранение, привязка к высокоточному бортовому времени и передача на наземные пункты приёма телеметрической и научной информации, формируемой приборами комплекса научной аппаратуры (КНА)
 - ✓ приём от наземного комплекса управления (НКУ), хранение и выдача в заданные моменты времени команд управления приборами КНА, а также команд перепрограммирования бортовых контроллеров
- На наземном комплексе управления (НКУ):
 - ✓ приём, предварительная обработка и раздача постановщикам солнечных экспериментов научной информации, а также сопутствующих телеметрических параметров приборов
 - ✓ сбор заявок на управление приборами КНА, формирование сводной заявки, привязка её к бортовому времени КА и выдача по командной радиолинии на борт КА
 - ✓ привязка бортового времени КА ко всемирному координированному времени с точностью до 1 мс

Объектом исследования солнечных космических экспериментов являются структура солнечного ядра и солнечной атмосферы, активные процессы,

протекающие в солнечной плазме.

Предметом исследования в диссертационной работе являются информационные потоки, обеспечивающие проведение солнечных космических экспериментов, а также формирующие эти потоки наземная и бортовая аппаратура и программное обеспечение.

Научная новизна состоит в постановке и решении задач создания единой системы информационного обеспечения солнечных космических экспериментов, обладающей уникальными, недостижимыми при использовании разработанных ранее аналогичных систем характеристиками, а именно:

- наличием командной радиолинии управления комплексом научной аппаратуры из специально созданного в ИЗМИРАН наземного пункта управления комплексом научной аппаратуры, с практически неограниченным набором и структурой команд и оперативностью управления комплексом до 10 минут
- наличием системы привязки производимых солнечных экспериментов к шкале единого времени с точностью до 1 мс без использования аппаратуры спутниковой навигации на борту

Благодаря использованию указанных уникальных возможностей, предоставляемых разработанной системой информационного обеспечения, в ходе продолжительного космического эксперимента на борту орбитальной солнечной обсерватории «КОРОНАС-Ф» получено большое количество новых экспериментальных данных о процессах, протекающих в солнечной плазме.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Создана система информационного обеспечения, с помощью которой в ходе орбитального полёта космического аппарата (КА) «КОРОНАС-Ф» получено 80 Гбайт сжатых экспериментальных данных о

процессах, происходящих в солнечной плазме.

2. Разработаны и реализованы методы управления сложным комплексом научной аппаратуры при проведении долговременных автономных экспериментов по солнечной физике на орбите Земли.
3. Создана эффективная командная радиолиния управления сложным комплексом научной аппаратуры в полёте с уникальной оперативностью закладок командной информации до 10 минут и без традиционного ограничения по числу команд, а также с возможностью перепрограммирования в полёте бортовых контроллеров научной аппаратуры, позволившая осуществить уникальную программу солнечных космических экспериментов.
4. Создана система высокоточной временной привязки проводимых на борту КА измерений с точностью до 1 мс без использования бортовой аппаратуры спутниковой навигации, что существенным образом повышает надёжность функционирования КА в части решения целевых научных задач.

Достоверность научных положений и результатов диссертации подтверждается безотказной работой созданной системы информационного обеспечения в ходе проведения солнечных космических экспериментов в период орбитального полёта станции «КОРОНАС-Ф» в течение 4.5 лет.

Практическая ценность результатов определяется в первую очередь тем, что использование созданной системы информационного обеспечения возможно во всех будущих проектах, направленных на изучение физики Солнца с орбиты Земли, а также в проектах любой другой тематики. В ходе выполнения работы в ИЗМИРАН создан наземный комплекс управления научной аппаратурой и приёма телеметрической информации, который может быть использован в любых других научно-исследовательских проектах по

тематике таких институтов, как ИЗМИРАН, НИИЯФ МГУ, ИКИ, МИФИ, ФИАН, ИПГ Росгидромета, ФТИ. Эксплуатация данной системы в ходе орбитального полёта солнечной обсерватории «КОРОНАС-Ф» позволила получить около 80 Гбайт сжатых данных научных экспериментов, благодаря чему была реализована уникальная программа научных исследований Солнца. Список публикаций основных научных результатов, полученных с помощью созданной системы информационного обеспечения насчитывает более 200 наименований работ. Ряд научных результатов получен во многом благодаря особенностям, реализованным автором диссертации в описываемой системе, в частности, по экспериментам РЕСИК, СПИРИТ, СУФР, ВУСС.

Область применения результатов представляет собой постановку комплексных и целевых научных исследований, проводимых на орбите Земли с помощью искусственных спутников, а также приём телеметрической информации с борта научно-исследовательских спутников и управление их аппаратурой.

Апробация и внедрение результатов произведены в ходе успешного выполнения орбитального полёта космического аппарата «КОРОНАС-Ф» и выполнения на нем запланированной серии космических солнечных экспериментов. Результаты неоднократно докладывались на научных и научно-технических конференциях, а именно: SOLPA: The Second Solar Cycle and Space Weather Euroconference, Vico Equence, Italy 24-29 September 2001; международная конференция "КОРОНАС-Ф: три года наблюдений активности Солнца, 2001-2004 гг.". 31 января - 5 февраля 2005 г. ИЗМИРАН, Троицк; XX международная «Системный анализ, управление и навигация», Крым, Евпатория, 3-10 июля 2005 г; «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий» Москва, РНИИ КП, июнь 2007 г.

Список публикаций по теме диссертационной работы насчитывает 16

печатных работ, приведённых в списке литературы, в том числе 6 — в рецензируемых научных журналах.

Структура и объём диссертации: диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы, содержащего 114 наименований, и 4-х приложений. Работа изложена на 175 страницах машинописного текста, включающих 56 рисунков, 9 таблиц и 12 фотографий.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Введение начинается кратким вступлением, в котором отмечается, что изучение фундаментальных научных вопросов физики Солнца является одной из важнейших задач современной науки, поскольку в настоящий момент нерешёнными остаются такие фундаментальные вопросы физики Солнца, как механизмы нагрева солнечной короны, возникновения и развития солнечных вспышек, протуберанцев и прочих эруптивных образований, механизмы образования и поддержания стабильности сложных магнитных структур в солнечной плазме и ряд других.

Решение указанных научных задач требует создание адекватных реальным процессам, протекающим на Солнце, физических теорий, что, в свою очередь, требует получения большого количества высокоточных измерений максимально широкого спектра параметров солнечной плазмы — пространственное распределение температур, спектров излучения во всех доступных диапазонах, карт распределения вектора магнитного поля с максимально возможной детальностью, в том числе и по ходу возникающих устойчивых образований в плазме. Измерение этих параметров с требуемой современным состоянием солнечной физики точностью с поверхности Земли значительно осложнено возмущениями атмосферы, по какой причине измерения, проводимые из космоса, являются наиболее информативными и представляющими значительный научный интерес.

В **Главе 1** даются краткие сведения о комплексе научной аппаратуры орбитальной обсерватории «КОРОНАС-Ф», приводятся характеристики и отмечаются недостатки применяемых ранее систем информационного обеспечения, делается постановка задачи создания новой системы, отвечающей требованиям данного комплекса научной аппаратуры.

В разделе 1.1 даются общие сведения о проекте «КОРОНАС-Ф», платформе и комплексе научной аппаратуры (КНА) космического аппарата, представляется структурная схема созданной системы информационного обеспечения.

В разделе 1.2 приводятся требования к создаваемой системе информационного обеспечения со стороны КНА в части сбора данных от приборов КНА, управления приборами КНА, хранения информации на борту космического аппарата, привязки проводимых в КНА измерений ко всемирному времени, передачи данных на наземные пункты.

В разделе 1.3 приводится и описывается структурная схема разработанной системы информационного обеспечения (рис.1)

Глава 2 содержит описание бортового сегмента созданной системы — системы сбора научной информации ССНИ-КФ.

В разделе 2.1 приводится описание протокола информационного взаимодействия ССНИ-КФ и приборов комплекса научной аппаратуры

В разделе 2.2 дана структурная схема ССНИ-КФ (рис.2) и даны пояснения по вопросам обеспечения надёжности, описаны входные/выходные каскады, бортовой таймер, бифазный модулятор, основной вычислитель.

В разделе 2.3 описана аппаратная реализация ССНИ-КФ, выполненная на базе современных однократно программируемых интегральных схем повышенной надёжности и стойкости.

В разделе 2.4 описано программно-математическое обеспечение ССНИ-КФ.

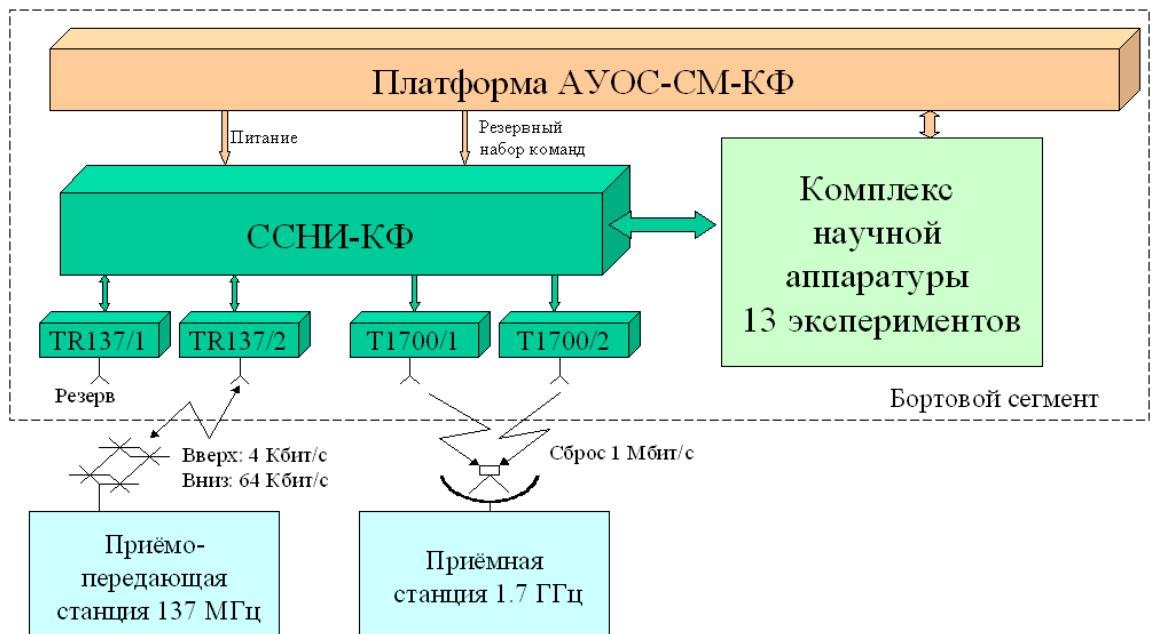


Рисунок 1: Структурная схема системы информационного обеспечения

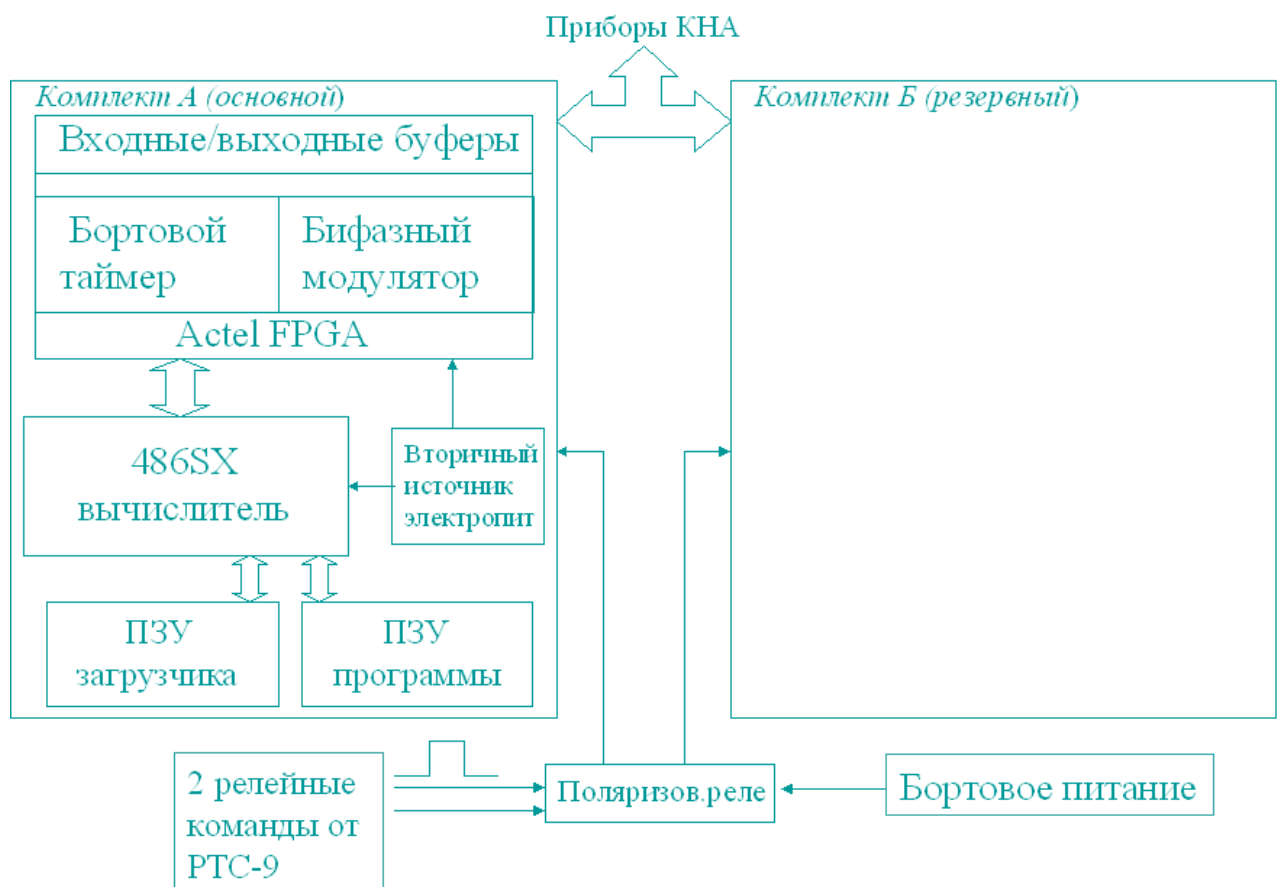


Рисунок 2: Блок-схема бортовой системы сбора научной информации ССНИ-КФ

В разделе 2.5 дано описание командной радиолинии управления комплексом научной аппаратуры в полёте, даны её основные технические характеристики, описаны уникальные возможности в части управления научной аппаратурой и перепрограммирования бортовых контроллеров приборов основных экспериментов на борту станции «КОРОНАС-Ф». Детально описаны разработанные автором алгоритмы работы командной радиолинии.

В разделе 2.6 кратко описана созданная автором для наземной отработки ССНИ-КФ контрольно-испытательная аппаратура.

В Главе 3 описан наземный комплекс управления комплексом научной аппаратуры в полёте, а также приёма, предварительной обработки и раздачи данных потребителям, входящий в состав системы информационного обеспечения.

В разделе 3.1 дан состав, назначение и показаны основные принципы работы наземного комплекса управления.

В разделе 3.2 описано антенно-поворотное устройство АПУ-1 командной радиолинии 137 МГц, рассмотрены вопросы, входящие во вклад автора — программно-математическое обеспечение управления движением антенны.

В разделе 3.3 дано описание антенно-поворотного устройства АПУ-2 с параболическим зеркалом диаметром 3.7м подсистемы приёма телеметрической информации в диапазоне 1.7ГГц со скоростью 1 МБит/с. Подробно рассмотрены вопросы, решенные непосредственно автором — выбор и математическое моделирование кинематической схемы АПУ, расчёт преобразований координат, разработка и изготовление системы управления АПУ, написание программно-математического обеспечения для всех уровней системы управления, вопросы точной привязки антенны к небесным координатам.

В разделе 3.4 приводится описание приёмопередающей аппаратуры

радиоканалов 137 МГц и 1.7 ГГц. подробно освещаются вопросы, решённые автором: реализация контроллеров декодирования и регистрации телеметрической информации, а также формирования информационного потока командной радиолинии.

В разделе 3.5 рассматривается наземный комплекс информационного обеспечения, его аппаратная и программная составляющие.

В Главе 4 описывается эксплуатация созданной системы информационного обеспечения в ходе проведения солнечных космических экспериментов во время орбитального полёта станции «КОРОНАС-Ф».

Раздел 4.1 посвящён основным результатам эксплуатации системы в ходе орбитального полёта космического аппарата «КОРОНАС-Ф». В этот период с помощью установленного на борту комплекса научной аппаратуры и системы информационного обеспечения решались перечисленные в разделе «Цели диссертации» научные задачи, количество публикаций по материалам которых превышает 200 наименований печатных работ.

Эксплуатация созданной системы информационного обеспечения показала её надёжную и качественную работу в течение всего срока проведения экспериментов.

Раздел 4.2 посвящён описанию математической задачи, возникшей в ходе проведения космических экспериментов, связанной с проблемой выбора активных передатчиков в условиях затенения диаграмм направленности бортовых антенн элементами конструкции космического аппарата, которая заключалась в необходимости:

- экспериментально определить пространственную зону, в которой уверенный приём сигнала передатчика T1700/1 невозможен
- по данным звёздного датчика аппаратуры РЕС (ФИАН) опередить фактическую ориентацию КА во время планируемых сеансов сброса

информации

- составить методику расчёта моментов включения бортовых передатчиков таким образом, чтобы исключить потери научной информации вследствие выхода приёмного пункта из допустимой зоны ДНА бортовых антенн
- реализовать данную методику в практическом процессе управления потоками информации с космического аппарата

Приведена математическая модель решения, выбранная автором, описана её программная реализация и результаты практического применения.

Раздел 4.3 содержит описание методики привязки проводимых на борту станции солнечных космических экспериментов ко всемирному времени, её математическую модель и аппаратно-программную реализацию. Суть методики заключается в установке в бортовой аппаратуре ССНИ-КФ 32-х разрядного счётчика, задающего код бортового времени, изменяющийся каждую миллисекунду. Значение этого счётчика передаётся одновременно во все приборы КНА. Каждый сеанс связи с наземным пунктом производится сверка показаний бортового счётчика и высокоточных наземных часов. Полученные данные накапливаются в специальной базе данных, которая используется для математических расчётов привязки бортового и наземного времени. По результатам проверок этой базы данных было экспериментально показано, что реальная точность временной привязки, обеспечиваемая системой за период порядка 12 часов, составляет 1-3 мс, что соответствует точности вычисления положения КА вдоль орбиты порядка 10 метров.

Следует отметить, что традиционная система управления КА обеспечивала точность временной привязки 1 с, что соответствует точности вычисления положения КА порядка 7 км вдоль орбиты.

Раздел 4.4 посвящён результатам работы системы информационного

обеспечения в части приёма, предварительной обработки и раздачи потребителям-постановщикам научных экспериментов принятой с борта космического аппарата информации.

С помощью описанной в данной работе системы информационного обеспечения за весь период проведения космических экспериментов на борту КА «КОРОНАС-Ф» было получено 77964.238 Мбайт телеметрических и научных данных.

В разделе 4.5 описываются основные результаты эксплуатации созданной командной радиолинии управления комплексом научной аппаратуры в полёте.

В истории российской космонавтики это первый случай, когда управление комплексом аппаратуры спутника научно-исследовательского назначения осуществлялось по отдельной радиолинии, входящей в состав КНА и разработанной институтом РАН специально для выполнения данной задачи на базе современных высокотехнологичных технических решений и подходов.

Традиционный подход состоял в использовании для решения указанных задач систем типа РТС-9, не предназначенных для задач управления сложной научной аппаратурой. Управление на базе подобных систем отличается негибкостью, ограниченностью по типам и количеству команд, невозможностью организации перепрограммирования контроллеров бортовой аппаратуры в полёте.

Разработанная в данной диссертации командная радиолиния обеспечила на протяжении всего срока проведения космических экспериментов:

- выдачу практически неограниченного набора команд управления научной аппаратурой в виде команд типа «цифровой массив» в потребном для проведения экспериментов количестве, которое ограничивалось способностью наземных групп управления обрабатывать получаемую с приборов информацию и выдавать заявки на изменение параметров

аппаратуры, а не пропускной способностью и регламентом использования системы управления

- оперативный сбор заявок на управление научной аппаратурой, формирование списков управляющих команд и выдачу их на борт КА в ближайшем сеансе управления, иногда по 2 раза у сутки, т.е. количество и оперативность сеансов управления КНА определялось баллистикой КА и потребностью научных экспериментов, а не регламентом использования системы управления

Если сопоставить производительность управления КНА по созданной в ходе проведения данной работы КРЛ с производительностью управления по традиционной штатной системе (512 байт/сеанс), то получается, что тот же объём научных экспериментов, который был реально произведён в ходе 4-х летней эксплуатации КА на орбите, потребовал бы при отсутствии описываемой КРЛ времени порядка 72 лет.

Раздел 4.6 содержит описание части астрофизических результатов, полученных в ходе эксплуатации созданной системы информационного обеспечения.

Реализованные в созданной системе возможности позволили дать детальное описание характеристик солнечной вспышки 4 ноября 2001 г. и вызванных ею вариаций потоков энергичных частиц в околоземном пространстве. Полученные данные по жесткому рентгеновскому излучению позволили определить, что во время вспышки имело место, по крайней мере, 3 импульса ускорения электронов, но их величина была достаточно мала. Было зарегистрировано возрастание потоков релятивистских электронов в течение примерно 1.5 суток, что позволило обнаружить в данном событии движущийся источник ускорения частиц - фронт ударной волны.

Особенности созданной системы информационного обеспечения дали

возможность осуществить на борту КА «КОРОНАС-Ф» эксперимент по измерению поляризации жёсткого рентгеновского излучения солнечных вспышек, выполнявшийся при помощи поляриметра СПР-Н. В указанном эксперименте были определены спектральные и временные параметры и дана оценка поляризации жёсткого рентгеновского излучения ряда солнечных вспышек различной интенсивности, зарегистрированных прибором СПР-Н. Из сравнения данных СПР-Н с данными наблюдений теплового рентгеновского излучения в других экспериментах следует, что жёсткие рентгеновские всплески возникают на фазе роста теплового излучения и связаны с тормозным излучением энергичных электронов, высыпающихся в солнечную атмосферу.

Информационное обеспечение работы солнечного ультрафиолетового спектрофотометра ВУСС и ультрафиолетового радиометра СУФР позволило отработать один из важных элементов мониторинга Солнца в крайнем ультрафиолетовом излучении (КУФ) – получение и анализ данных в режиме, близком к режиму реального времени – с запаздыванием в несколько часов. Этот результат имеет важное значение для разрабатываемой в настоящее время системы геофизического мониторинга. В итоге оказалось возможным осуществлять оперативный анализ солнечной активности и выявить амплитудные и временные характеристики вспышечных потоков в ультрафиолетовой области, характеристики вариаций потоков ото дня ко дню и их величины на разных фазах цикла солнечной активности. Предложенный и реализованный метод обеспечения высокоточной временной привязки проводимых на борту КА измерений сделал возможным детальное сопоставление вариаций КУФ с другими измеряемыми на КА параметрами (жёсткое рентгеновское излучение, аппаратура АВС) и предложить альтернативный сценарий развития солнечных вспышек, а также выполнить совместный анализ результатов измерения вариаций излучения во время солнечных затмений аппаратурой ВУСС и ДИФОС, позволяющий выявить закономерность распределения яркости излучения по радиусу видимого

солнечного диска.

В **ЗАКЛЮЧЕНИИ** сформулированы основные результаты диссертационной работы, которые состоят в следующем:

1. Разработаны и реализованы на практике основные принципы построения системы информационного обеспечения экспериментов по физике Солнца на борту автоматической станции на орбите Земли
2. Разработан и реализован на практике метод оперативного управления комплексом научной аппаратуры орбитальной солнечной обсерватории «КОРОНАС-Ф».
3. Разработан и реализован на практике метод временной привязки проводимых на борту спутника «КОРОНАС-Ф» экспериментов ко всемирному времени с точностью до 1 мс без использования аппаратуры спутниковой навигации на борту.
4. Разработан и реализован на практике метод управления выбором одной из двух передающих антенн на борту космического аппарата (КА) с одноосной системой ориентации, ориентированного на Солнце с учётом возможности искажения диаграммы направленности антенны элементами конструкции КА.
5. Разработана и испытана система информационного обеспечения солнечных космических экспериментов, включающая в себя: бортовую систему сбора научной информации, командную и телеметрическую радиолинии, наземный комплекс управления и приёма информации.
6. Разработаны и реализованы в виде программного обеспечения алгоритмы функционирования бортовой системы сбора научной информации, командной радиолинии управления КНА и системы временной привязки с точностью до 1 мс.

7. Разработаны и реализованы в виде программного обеспечения алгоритмы функционирования наземного комплекса управления КНА в целом, а также алгоритмы управления антенно-поворотными устройствами, устройствами ввода/вывода телеметрических потоков, автоматизированного комплекса наземного информационного обеспечения.
8. Обеспечено бесперебойное функционирование созданной системы информационного обеспечения в течение всего срока орбитального полёта космического аппарата «КОРОНАС-Ф» 4.5 года.
9. Обеспечено получение 80 ГБ высококачественных научных данных по 12 солнечным экспериментам.

Список работ, опубликованных по теме диссертации.

1. А.П.Игнатъев, В.А.Слемзин, ..., Д.В.Лисин, А.И.Степанов. Обработка данных с приборного комплекса телескопа-спектрогелиографа СПИРИТ. Приборы и техника эксперимента, № 5, 2008 г., с.71.
2. И.В.Архангельская, А.И.Архангельский, ..., Д.В.Лисин и др. Предварительные результаты обработки данных с прибора АВС-Ф в энергетическом диапазоне 0.1-11 МэВ, Изв. РАН, Серия физич., т.66, 11, 2002, стр. 1666-1675.
3. С.Н. Кузнецов, Богомоллов А.В., ..., Лисин Д.В. и др. Солнечная вспышка 4 ноября 2001 г. и ее проявления в энергичных частицах по данным ИСЗ КОРОНАС-Ф, Астрономический вестник, 2003, Т.37.2. С.137-143. (Solar System Research, v. 37, Issue 2, p. 121-127, 2003).
4. Нусинов А.А., Казачевская Т.В., ..., Лисин Д.В., Степанов А.И. "Измерения крайнего УФ-излучения Солнца в различных диапазонах длин волн на ИСЗ КОРОНАС: аппаратура и основные результаты". Астрономический вестник. М.: Наука.Т.39. N 6. 2005. С.527-536.

5. I.Zhitnik, S.Kuzin, ..., D.Lisin, ..., A.Urnov. "Results of XUV Full Sun Imaging Spectroscopy for Eruptive and Transient Events by the SPIRIT Spectroheliograph on the CORONAS-F Mission", XXXIV COSPAR Scientific Assembly, Houston, USA, 10-19 October 2002, Adv.Space Res.,v.32, No12, pp. 2573-2577, 2003.
6. A.V.Bogomolov, Yu.I.Denisov, S.N.Kuznethsov, D.V Lisin et al. Hard X-ray Radiation from Solar Flares in Second Half of 2001: Preliminary Results of the SPR-N Experiment Onboard the Coronas-f Satellite. Solar System Research, v.37, 2003, p. 112-120.
7. Г.Е.Кочаров, В.П.Лазутков, , Д.В.Лисин. Эксперимент ИРИС по исследованию солнечного рентгеновского излучения на станции КОРОНАС-Ф. Сб. научных трудов Научной сессии МИФИ-2003. М., 2003, т.7, с. 65-66.
8. И.А.Житник, С.В.Кузин, ..., Д.В.Лисин и др. Предварительные результаты исследований Солнца с помощью XUV телескопа/спектрогелиографа СПИРИТ (ОС КОРОНАС-Ф). Сб. научных трудов Научной сессии МИФИ-2003, т.7, 2003, с. 59-60.
9. С.В.Кузин, И.А.Житник,, Д.В.Лисин и др. Динамика структур в солнечной короне по XUV данным эксперимента СПИРИТ/КОРОНАС-Ф, Сборник научных трудов Научной сессии МИФИ-2004 к 100-летию П.А.Черенкова. М., 2004, т.7, с 24-25.
10. А.А.Нусинов, Т.В.Казачевская,, Д.В.Лисин, А.И.Степанов Измерения УФ-излучения Солнца в различных диапазоных длин волн на спутниках КОРОНАС: аппаратура и основные результаты, Сборник научных трудов Научной сессии МИФИ-2004 к 100-летию П.А.Черенкова. М., 2004, т. 7, с. 30-31.
11. Житник И.А., Бугаенко ..., Лисин Д.В. и др. Эруптивные процессы в солнечной короне по данным эксперимента СПИРИТ на спутнике КОРОНАС-Ф. Труды конференции Актуальные проблемы физики солнечной и звездной

активности. Н.Новгород, 2-7 июня 2003 г. т.1, стр. 11-14.

12. I.A.Zhitnik, O.I.Bougaenko, ..., D.V.Lisin et al. Spirit x-ray telescope/spectroheliometer results. ESA SP-506 Solar Variability: from Core to Outer Frontiers, v. 2, p.915-918, 2002.
13. С.В.Кузин, И.А.Житник, ..., Д.В.Лисин и др. "Динамика структур в солнечной короне по XUV данным эксперимента СПИРИТ/КОРОНАС-Ф." Доклад на научной сессии МИФИ-2004 к 100-летию П.А.Черенкова. М., 2004, т.7, с 24-25.
14. Janusz Sylwester, Ireneusz Gaicki, ..., Dimitry Lisin. «Early Results from RESIK and DIOGENESS Soft X-ray Spectrometers Aboard Coronas-F Satellite». Proc. of the Second Solar Cycle and Space Weather Euroconference, 24-29 September 2001, Vico Equense, Itali. Ed: Huguette Sawaya-Lacoste. ESA SP-477, Noordwijk: ESA Publication Division, ISBN 92-9092-749-6, 2002, p.597-600.
15. J.Sylwester, I.Gaicki, ..., D.V.Lisin. «Resik: A Bent Crystal X-ray Spectrometer for Studies of Solar Coronal Plasma Composition». Solar Physics, v.226, №1, p.45-72, 2005.
16. M.Kowalinski, Z.Kordylewski, J.Sylwester, W.Trzebinski and D.Lisin. «Solar forced variations of terrestrial high energy particle environment as seen by RESIK PIN detectors on CORONAS-F». Multi-Wavelength Investigations of Solar Activity. Proceedings IAU Symposium No.223, p.551-552, 2004.