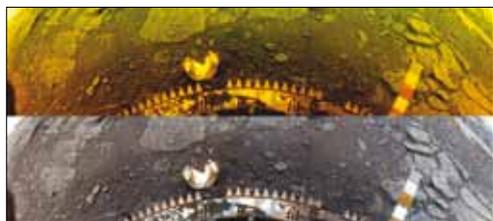


## ОТДЕЛ НАЗЕМНЫХ НАУЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ (82) GROUND CONTROL AND OPERATION COMPLEXES DEPARTMENT (82)



**Руководитель — Владимир Назаров**  
Head — Vladimir Nazarov

**Наземный комплекс в Уссурийске**  
Ground complex in Ussuriysk



**Лаборатория 821 под руководством Л. С. Чесалина занимается разработкой микропроцессорных систем. С конца 70-х годов сотрудники лаборатории участвовали в экспериментах «Луна», «Венера», «Марс», «Метеор», «Прогноз», «Интеркосмос». Обработка данных аппарата «Венера-13» позволила получить первое цветное панорамное изображение ландшафта Венеры. Для проекта ВЕГА была разработана аппаратура проведения наземных испытаний КИА АСП-Г автоматической следящей платформы с комплексом наведения на комету Галлея и научной видеоспектральной аппаратурой. В результате обработки изображений, полученных при пролёте кометы Галлея, были определены форма и размеры ядра кометы, уточнены структура и фотометрические характеристики поверхности ядра и джетов, выполнена томографическая реконструкция комы**

*Laboratory 821 headed by L. S. Chesalin specializes in development of microprocessor-based systems. From the late 1970s the Laboratory staff participated in the projects Luna, Venera, Mars, Meteor, Prognoz, Interkosmos. By processing of the Venera 13 lander data the first color panoramic image of the Venus landscape were obtained. For the Vega project the KIA ground test instrumentation was developed for the ASP-G automatic stabilized platform equipped with the guidance system for pointing at Comet Halley and videospectral instruments. Processing images collected during the Comet Halley flyby allowed for defining the shape and dimensions of the comet nucleus, confirming the structure and photometric characteristics of its surface and the jets, carrying out tomographic reconstruction of the coma*

*Слово «космос» у человека, незнакомого со спецификой космических исследований, вызывает интуитивную реакцию посмотреть наверх. Но для специалистов совершенно очевидно, что основная часть работ по проведению космического эксперимента проходит на Земле. И это относится не только к подготовке космического аппарата, научной аппаратуры и всех сопутствующих инженерных систем, но и непосредственно к проведению самого научного космического проекта*

*The word "space" elicits from a person unfamiliar with the specifics of space research an intuitive reaction to look up. But for specialists it is abundantly clear that the main share of work related to space experiments is carried out on Earth. And it covers not only preparations of spacecraft, scientific hardware and all relevant services, but immediate conduct of science space experiments.*



Современные научные наземные комплексы (ННК) — это, фактически, квинтэссенция наиболее эффективных подходов из области информационных технологий и специфических решений, учитывающих своеобразие проведения космических исследований.

Средства наземного научного комплекса используются для всех процедур, необходимых для осуществления эксперимента, включая организацию управления, приём и обработку научной информации и тому подобные. Начиная с самых первых фаз космического эксперимента, ННК становится одним из основных инструментов, обеспечивающих его проведение. При этом, как правило, эффективность космических исследований в достаточно большой степени определяется функциональными характеристиками ННК, а иногда сами параметры ННК определяют возможность эксперимента.

Отдел наземных научных комплексов — «молодой побег» на корнях, уходящих глубоко в историю Института. В нынешнем виде отдел ННК был создан в 2014 г. на базе лаборатории приёма и обмена телеметрической информацией (руководитель — Лаврусевич В. В.), лаборатории разработки и эксплуатации систем программно-математического обеспечения и передачи научной телеметрической информации (руководитель — Назаров В. Н.) и отдела разработки и обслуживания микропроцессорной техники и математического обеспечения (руководитель — Чесалин Л. С.).

Обработка телеметрической информации как самостоятельное направление существует в Институте с 1966 г. В ходе своего развития оно неоднократно претерпевало различные преобразования: объединялись подразделения, создавались новые структуры. Если использовать современную терминологию, то можно сказать, что на первых этапах были заложены основные принципы построения наземной инфраструктуры, которые используются и по настоящий день:

That is why current ground control complexes (Russian abbreviation NNK) are practically the quintessence of the most effective approaches in information technologies and special solutions that account for the specifics of space research.

The equipment of a ground control and operation complexes is employed for all the procedures required for experiments, including mechanisms of control, acquisition, and processing of scientific data, etc. From the very first phases of a space experiment NNK acts as one of the major tools contributing to the project realization. And normally the efficiency of space research to a rather great extent depends on functional characteristics of a NNK, and sometimes the NNK parameters define the experiment capabilities.

The Department of Ground Control and Operation Complexes is a fresh shoot on the roots that go deep into the history of the Institute. As it is today the Department was created in 2014 on the basis of the Laboratory of Telemetry Receipt and Exchange (head — V. V. Lavrusевич), Laboratory of Development and Operation of Software and Mathematical Support Systems and Transfer of Science Telemetry (head — V. N. Nazarov) and the Department of Development and Maintenance of Microtechnology and Software (head — L. S. Chesalin).

Telemetry processing as a separate discipline exists in the Institute since 1966. Through its development it underwent various transformations: departments were combined, new structures created. If we are to apply the modern terminology, it can be said that on the first stages basic principles of ground infrastructure were laid down, which are still used to this day: geographically spaced subsystems were created integrating (with account for technologies of that time) into a unified information environment, and unique computer systems were developed.

создавались географически разнесённые узлы системы, объединённые (с учётом уровня технологий тех лет) в единую информационную среду, а также разрабатывались уникальные вычислительные комплексы.

#### Наиболее значимые события той эпохи

- 1977 г. — организация Терминальной станции ИКИ в Центре дальней космической связи (ЦДКС) в Евпатории;
- 1978 г. — развёртывание наземных средств на Кубе и в Болгарии;
- 1981 г. — развёртывание наземных средств в Апатитах и Норильске;
- 1981 г. — создание наземного пункта ИКИ в Тарусе.

При этом разрабатывались революционные (для тех лет) устройства работы с данными, на базе средств микроэлектроники. Наиболее яркий пример — легендарный СВИТ (Самостоятельный видеотерминал), первая отечественная рабочая модель устройства обработки изображений, разработанный в 1983 г. в лаборатории Л. С. Чесалина в кооперации с Кировским политехническим институтом (КирПИ, ныне Вятский государственный технический университет, ВятГТУ). Для этой системы был подготовлен комплекс программного обеспечения. Система обработки изображений СВИТ серийно выпускалась Фрунзенским ОКБ ИКИ совместно с Таллинским СКБ «Дезинтегратор», а затем — в Болгарии предприятием «Изот». В этом устройстве впервые в мире была осуществлена схема прямого видеопотока из оперативной видеопамяти к цветному дисплею через специальный процессор обработки видеоданных, позволяющий выполнить на лету вычисления для отображения информации. С появлением и распространением персональных компьютеров к 1987 г. была разработана следующая модификация устройства — МикроСВИТ, представлявшая собой одну из первых в мире плат внутреннего графического акселератора для IBM-совместимых персональных компьютеров.

Система СВИТ использовалась в международном проекте «Вега» по исследованию Венеры и кометы Галлея и стала первым относительно массовым инструментом цифровой обработки изображений, полученных из космоса. С её помощью обрабатывались данные экспериментов «Реликт», «Гамма-1», «Интершок», «Фрагмент» и др. Совместно с венгерскими специалистами был разработан и изготовлен бортовой вариант системы для применения в составе рентгеновской обсерватории модуля «Квант» на космической станции «Мир». СВИТ и МикроСВИТ успешно использовались в службах контроля и охраны окружающей среды методами аэрокосмического мониторинга.

#### The most significant events of that period

- 1977 — setup of the IKI Terminal station at the Deep Space Communication Centre (TsDKS) in Eupatoria;
- 1978 — deployment of ground systems abroad, in Cuba and Bulgaria;
- 1981 — deployment of ground systems in Apatity and Norilsk;
- 1981 — setup of the IKI ground station in Tarusa.

Also groundbreaking (for the time) data handling devices were developed based on microelectronic techniques. The prime example is the legendary SVIT (Self-contained Video information Interactive Terminal), the first domestic working model of an imaging device, designed in 1983 in the Laboratory of L. S. Chesalin together with the Kirov Institute of Technology. A software package was developed for the system. The SVIT image processing system was commercially produced by the OKB IKI (Frunze) in partnership with the Tallinn Design Bureau *Desintegrator*, and later in Bulgaria by the *Izot* company. The system was the first in the world to send a direct video stream to the color display from video random access memory via a designated video data processor, which could carry out computations for displaying information on the fly. With the introduction and distribution of personal computers in 1987 the next version was designed — MicroSVIT, which represented one of the first integrated graphics accelerator cards in world for IBM-compatible personal computers.

The SVIT system was utilized in the international *Vega* project for investigations of Venus and Comet Halley and was the first relatively mainstream instrument for digital processing of images acquired from space. It was used to process the data of the *Relikt*, *Gamma 1*, *Intershock*, *Fragment*, and other experiments. In collaboration with the Hungarian specialists an onboard system configuration as part of the *Kvant* module X-ray observatory aboard the *Mir* space station was designed and manufactured. SVIT and MicroSVIT were successfully utilized in aerospace environmental monitoring services.



Система обработки изображений СВИТ  
The SVIT image processing system



Центр дальней космической связи в Евпатории  
Deep Space Communication Centre in Eupatoria



Наземный комплекс на Кубе  
Ground control centre in Cuba

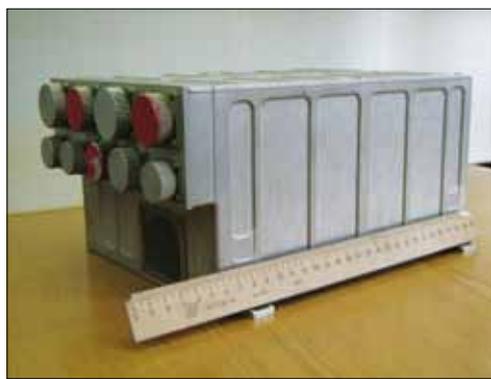


Наземный комплекс ИКИ в Тарусе  
IKI ground station in Tarusa



**Подготовка к работе наземного пункта совместно с болгарскими специалистами**

*Setting-up of a ground station together with the Bulgarian specialists*



**Для астрофизической обсерватории ГРАНАТ в 1989 г. была разработана система сбора информации — прибор «Старт». В ней впервые в мире был использован бортовой накопитель данных на жёстком диске. Система показала высокую надёжность и проработала на борту целое десятилетие**

*For Granat astrophysical observatory a data collection system — Start instrument — was designed in 1989. It was the first in the world to utilize an onboard data acquisition system on a hard drive. The system proved highly reliable and operated for over 10 years*

Аппаратура нашла применение и в биологии (обеспечение российского участия в проекте расшифровки генома человека), и в медицине (методические разработки для ультразвуковых исследований и офтальмологии), и в оптической астрономии, и в микроскопических исследованиях в материаловедении и в промышленном конструировании, и в управлении технологическими процессами.

Позже на основе сформированной парадигмы построения наземных комплексов как распределённых информационных систем был реализован целый ряд проектов.

Для проекта обсерватории «Рентген» на модуле «Квант» орбитальной станции «Мир» была разработана система ввода и обработки телеметрической информации нижнего уровня. Комплекс базировался на мини-ЭВМ типа «Электроника-60» и при низкой стоимости как самой системы, так и её эксплуатации обладал лучшими функциональными характеристиками среди существовавших в то время аналогичных систем, построенных на базе компьютеров серии ЕС-ЭВМ и М-6000. Система также была введена в эксплуатацию на терминальной станции Института в ЦДКС и в течение нескольких лет обеспечивала работы по различным научным космическим проектам («Фобос», «Активный» («Интеркосмос-24»), АПЕКС («Интеркосмос-25»), «КОРОНАС» и «Гранат»), пока не была заменена на более совершенную.

Для испытаний комплексов научной аппаратуры проекта ФОБОС (1988) разработана система РОМАНС (распределённая обрабатывающая мобильная архитектура наземных средств). В её основу были положены методы распределённой обработки — вычислительный комплекс построен на базе нескольких микроЭВМ, объединённых между собой. Помимо низкой стоимости, высокой производительности и надёжности (за счёт «горячего» резервирования компьютеров комплекса) это решение обеспечивало мобильность системы и позволяло проводить с её помощью работы в ИКИ, на космодроме Байконур и Терминальной станции в ЦДКС.

Созданная система экспресс-обработки проекта «Активный» — «РОМАНС-Активный» позволяла принимать научную телеметрическую информацию, записывать её на магнитные носители, обрабатывать и визуализировать результаты в графическом виде в реальном масштабе времени. Телеметрическая информация принималась на пункте ИЗМИРАН, Троицк, а визуализировалась в ИКИ РАН. Обработка проводилась параллельно на вычислительных комплексах в ИЗМИРАН и ИКИ РАН. Чтобы уменьшить сроки и стоимость разработки и эксплуатации, а также упростить их, в системе использовались международные информа-

The hardware was also employed in biology (backing the Russian contributions to the Human Genome Project), in medicine (methodological developments for ultrasonic investigations and ophthalmology), in optical astronomy, in microscopic analysis in materials science and engineering, and in process operations.

Later, following the shaped paradigm of setting up ground stations as distributed information systems, multiple projects were realized.

For the *Renigen* observatory project fitted on the *Kvant* module of the *Mir* space station a lower-tier telemetry input and processing system was developed. It was based on a minicomputer (similar to *Elektronika 60*) and, given the low costs of the system itself and its operation, it possessed the best performance among the similar system based on the ES-EVM and M-6000 series. The system was also implemented at the IKI Terminal Station in Deep Space Communication Centre and supported for several years the activities for various space research projects (*Phobos*, *Aktivny*, *APKES*, *Koronas*, and *Granat*), until it was replaced with a more advanced one.

To test the *Phobos* project (1988) hardware a ROMANCE system was developed, which is short for Distributed Processing Mobile Ground Site Architecture (in Russian). It was based on distributed processing methods — computer complex consisting of several minicomputers combined. Besides its low cost, high capacity, and reliability (due to hot standby of the computers) this solution provided the system mobility and allowed for operations at IKI, Baikonur Cosmodrome, and the Terminal Station.

The created on-site processing system for the *Aktivny* project — ROMANCE-Aktivny, enabled to receive telemetry, record it using magnetic carriers, process, and display the results in real time. Telemetry was received at IZMIRAN (Troitsk) and displayed at IKI. Processing was done in parallel with the IZMIRAN and IKI computer systems. To reduce timeframes and costs of development and operation, as well as to make it simpler to use, the system employed international information standards and formats. In order to attain higher efficiency, computers of various architectures were applied. To receive data, control radio-frequency complex, and process lower tier the LSI-11 series computers were utilized; to process top tier, control the overall system, and compute the PDP-11 series computers and special matrix processors were utilized; to display the results the IBM PC-compatible computers were used. For the data exchange between IZMIRAN and IKI a dedicated information channel was arranged; the computing facilities located in these subsystems were combined via the DECNet network, and the displaying computers were integrated in a local NetWare network. It was the first time when the Russian space industry employed the global network technologies for the on-site processing systems. The system attracted a lot of attention

ционные стандарты и форматы. Для достижения наиболее высокой эффективности применялись компьютеры различных архитектур. Так, для приёма информации и управления радиочастотным комплексом и обработки нижнего уровня использовались компьютеры типа LSI-11; обработка высокого уровня, управление всем комплексом и вычисления выполнялись на компьютере типа PDP-11 и специализированных матричных процессорах; визуализация результатов осуществлялась на IBM ПК-совместимых компьютерах. Для обмена информацией между ИЗМИРАН и ИКИ РАН организован специализированный канал связи; вычислительные средства, расположенные в этих узлах системы, объединялись по сети DECnet, компьютеры визуализации объединены в локальную сеть NetWare. Впервые в отечественной космической отрасли для систем экспресс-обработки применялись мировые сетевые технологии. Система вызвала большой интерес у специалистов отечественных и зарубежных организаций космической отрасли, обсуждалась на различных международных конференциях, а в 1990 г. была установлена на пункте приёма научной телеметрической информации Кубинской академии наук.

Проблемы с финансированием космической отрасли в целом не могли не сказаться на отделе. Многие специалисты ушли из Института, темп технического перевооружения снизился. В отделе остались лишь энтузиасты космических исследований, но атмосфера исследовательской работы, неформальный подход к разработкам и дух истинного творчества продолжали привлекать молодых учёных и специалистов. В 1993–1994 гг. в отдел пришла плеяда выпускников МГУ, МИФИ и других естественнонаучных и технических вузов, которые сегодня составляют основной костяк разработчиков.

Реализация поставленных перед отделом задач в тяжёлых финансовых условиях потребовала поиска новых не только эффективных, но и недорогих решений. Особенно ярко это проявилось при создании оперативного информационного контура проекта ИНТЕРБОЛ (1995–2000). Его особенности — большие объёмы данных с четырёх космических аппаратов, разнородная научная аппаратура, а также значительное число отечественных и зарубежных участников проекта. Всё это привело к созданию действительно уникальной по своим характеристикам системы, в которой использовались накопленный опыт предыдущих разработок и современные информационные технологии. Создаваемые в рамках этого проекта комплексы не имели аналогов в отечественной космической отрасли.

from the specialists of the Russian and international space organizations and was discussed on various international conferences, and in 1990 it was implemented at a science telemetry point of the Cuban Academy of Sciences.

The financing problems in the space industry in general had their effect on the Department too. Many specialists left the Institute, the rate of technical upgrading reduced. Only the enthusiasts of space research stayed in the Department, however the atmosphere of research, informal approach to development, and spirit of genuine creativity continued to attract young scientists and specialists. In 1993-94 a galaxy of graduates from MSU, MPhI, and other scientific and technical institutions joined the Department, who today constitute the backbone of the developers.

Realization of the tasks set before the Department in difficult financial conditions required the search of new effective, but inexpensive solutions. It was especially apparent during creation of the real-time data loop for the *Interball* project (1995–2000). Its specifics were large volumes of data from four spacecraft, diverse hardware, and a significant number of Russian and international participants. It led to the creation of a system truly unique in its characteristics, and which drew on the accumulated experience of the previous developments and employed modern information technologies.



**Микропроцессорный аппаратно-программный комплекс сбора научной информации (МАКП-СНИ), разработанный в лаборатории под руководством Л. С. Чесалина в 1993 г. для автоматизированного пункта комплексных наблюдений в составе Комплексной геофизической обсерватории в Камчатском сейсмоактивном районе (наземные исследования сейсмических и сейсмоэлектромагнитных явлений). Комплекс предназначен для сбора геофизических данных от восьми приборов, каждый из которых обслуживается тремя АЦП и включает средства калибровки прибора. Данные от каждого прибора передаются по кабелю на расстояние порядка километра и собираются центральной управляющей системой. Сбор данных происходит круглосуточно в соответствии с заданными режимами работы. Система предназначена для работы в полевых условиях с неквалифицированным персоналом или без обслуживания**

*Multiprocessor hardware and software complex for science data collection (MAKP-SNI), developed at the Laboratory under the supervision of L. S. Chesalin in 1993, for an automated station of integrated observations, which is a part of the Geophysical observatory in the Kamchatka seismically active region (ground survey of seismic and seismo-electromagnetic phenomena). The complex is designed to collect geophysical data from 8 instruments, with each serviced by three ADCs and including calibration facilities. The data of each instrument is transferred via a cable over a distance of approximately one kilometer and acquired by the central control system. The data collection is done around the clock in accordance with the predetermined operating modes. The system is designed to operate in the field and with unqualified personnel or without maintenance*

В 1995 г. в лаборатории завершена разработка бортовой системы сбора научной информации ССНИ-ИКИ, предназначенной для сбора информации от научной аппаратуры на «Хвостовом и Авроральном зондах» проекта ИНТЕРБОЛ (справа), формирования информационного потока, который при наличии радиосвязи передавался на Землю непосредственно, а при отсутствии — запоминался для последующей передачи по радиоканалу. Наиболее существенной для космического эксперимента оказалась обычно недоступная для систем общего пользования гибкость программного обеспечения системы, которая позволяла вносить изменения в режимы её функционирования во время полёта. Благодаря этому стало возможным изменить логику обслуживания ряда научных приборов и получить данные, которые в противном случае были бы просто утеряны из-за нештатной работы этих приборов, а также скорректировать программное обеспечение и минимизировать ущерб от одиночных случайных сбоев, вызванных действием высокоэнергетических заряженных частиц на ОЗУ

В 2011 г. разработана новая версия бортовой системы сбора научной информации ССНИ-2 в составе комплекса ПЛАЗМА-Ф (КА «Спектр-Р») для исследования солнечного ветра (слева). Система предназначена для обслуживания лаборатории исследования плазмы солнечного ветра в околоземном космическом пространстве и обеспечивает сбор, бортовую обработку и сохранение на борту данных от монитора солнечного ветра БМСВ и анализатора энергичных частиц МЭП2 с уникальным временным разрешением, позволяя получить обзорную информацию и выбрать интервалы для получения подробных данных. Весь объём исследовательской информации, получаемой от комплекса «Плазма-Ф», сохраняется в массиве бортовой памяти ССНИ-2. Данные на борту архивируются для произвольного выборочного доступа и передачи научных данных в телеметрическую систему спутника «Радио-Астрон». При разработке ССНИ-2 была заложена способность системы к самовосстановлению после сбоев. Предусмотренные средства внесения изменений в бортовое программное обеспечение позволяют оперативно изменять функционирование системы во время работы объекта. Гибкость и надёжность системы обеспечивает эффективное обслуживание научных приборов исходя из текущей обстановки

In 1995 the Laboratory completed development of the SSNI-IKI onboard science data collection system designed to collect information of the scientific hardware on the Tail and Auroral probes of the Interball project (right) and organize data flow to downlink directly to Earth if radio link is available or record it for subsequent downlink if communication is unavailable. The most significant advantage of the system with regard to the space experiment turned out to be its software flexibility, which allowed for changes of operating modes during the flight and was typically unavailable for global systems. As a result the service logic for some instruments was modified, leading to collection of the data, which would have been lost due to off-nominal operation of the instruments. Also the software was corrected minimizing the damage from single random failures induced by the effect of highly charged particles on RAM

In 2011 a new version of the system was developed, SSNI-2, as part of the Plasma-F system (Spektr-R spacecraft) for solar wind investigations (left). The system is designed to support the laboratory in its investigation of solar wind plasma in the near-Earth environment, and collect, process and store the data from the BMSV solar wind monitor and MEP 2 energetic particles analyzer with unique timing resolution, which allows for acquiring background information and selecting intervals for detailed data collection. The complete science data volume of the Plasma-F system is stored in the SSNI-2 onboard memory array. It is archived for random access and transfer to the telemetry system of the RadioAstron satellite. During development a self-healing capability was designed in the SSNI-2 in case of failures. The incorporated modification facilities provide for on-the-fly modifications to the system while in operation. The system flexibility and reliability enable to efficiently service the instruments depending on the current situation



**Бортовая система сбора научной информации ССНИ-ИКИ**

SSNI-IKI onboard science data collection system



**Бортовая система сбора научной информации ССНИ-2**

SSNI-2 onboard science data collection system

Особо следует отметить разработанный А. Е. Третьяковым метод программной обработки входного телеметрического сигнала, на основе которого был создан ряд систем ввода и регистрации телеметрической информации с уникальными не только функциональными, но и экономическими характеристиками. Решения, предлагаемые отделом, были настолько нетрадиционны, что зачастую не принимались по психологическим причинам. Например, для предоставления экспериментальной информации, полученной в ходе испытаний в НПО им. С. А. Лавочкина, требовался лишь один оператор и один персональный компьютер (в обычной схеме требовалось большое количество аппаратуры и людей, а для доставки магнитных лент отправляли грузовик).

Система «РОМАНС-Интербол» стала наиболее совершенной системой тех лет и во многом определила принципы построения систем для последующих проектов («Марс-96», «Фобос-Грунт», «Радио-Астрон»). А её элементы были введены в эксплуатацию и с успехом использовались в космических организациях Франции, Чехии, Австрии и других стран.

Новейшая история отдела, пожалуй, открывается наземным сегментом проекта «Чибис-М».

Основным мотивом разработки концептуального облика наземного сегмента проекта «Чибис-М» стало снижение затрат на создание и эксплуатацию бортовых и наземных средств проекта на фоне развитых функциональных возможностей и при надёжном уровне надёжности.

Эти цели были достигнуты благодаря применению унифицированных средств, а также современных подходов, получивших широкое распространение в различных областях промышленной деятельности и исследовательских работах.

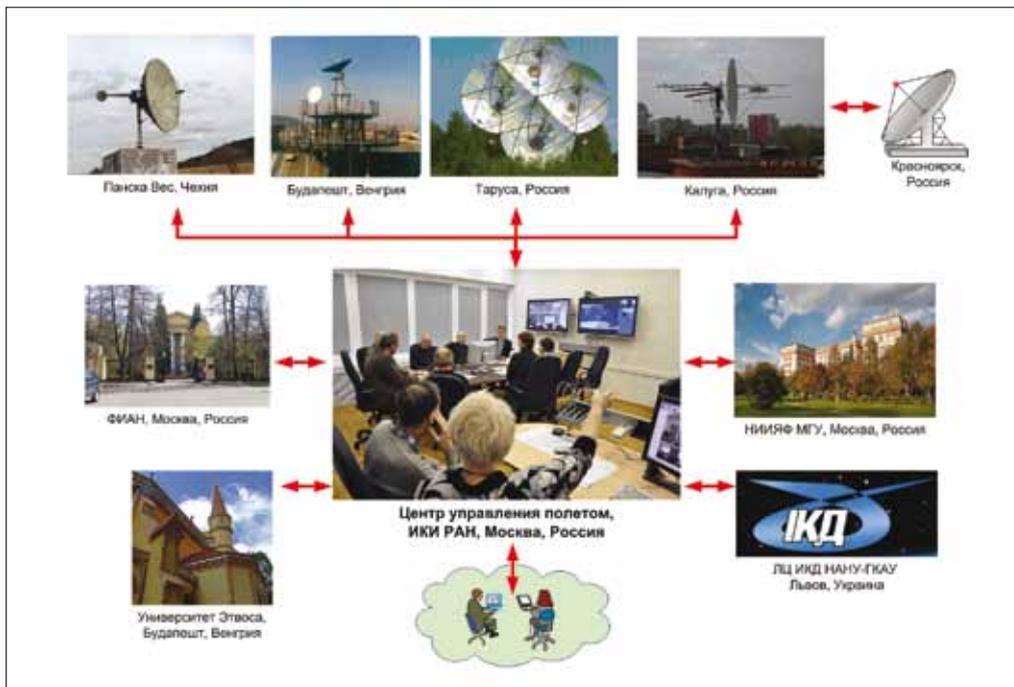
Of special note is the method of software processing of incoming telemetry signals developed by A. E. Tretyakov, which was used as a basis for a number of telemetry input and recording systems with unique functional and economic characteristics. The solutions provided by the Department were so uncommon that were often rejected for psychological reasons. For instance, supplying experimental information, obtained during testing at the Lavochkin Association, required only one operator and one personal computer, whereas a typical setup employed a large amount of hardware and people, with a truck used to deliver magnetic tapes.

The ROMANCE-Interball system was at the time the most advanced system and in many ways defined design criteria for subsequent projects (*Mars-96*, *Phobos Sample Return*, *Radio-Astron*), and its elements were commissioned and successfully implemented in space organizations of France, Czech Republic, Austria, and other countries.

The recent history of the Department probably begins with the ground segment of the *Chibis-M* project.

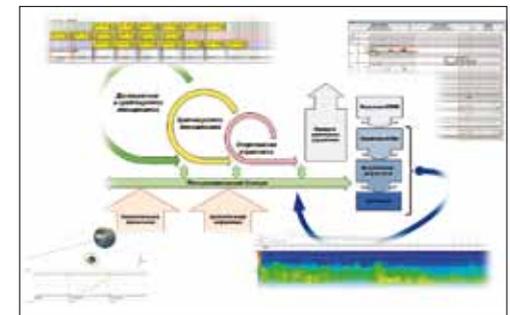
The underlying motive for development of the *Chibis-M* ground segment concept was reduction of costs for designing and operating the project onboard and ground facilities, but with advanced operating capabilities and adequate reliability.

These objectives were completed through application of standard facilities and modern approach that became a frequent practice in various areas of production and research.



**Схема информационного взаимодействия в проекте «Чибис-М»**

*Data exchange pattern of the Chibis-M project*



**Разнообразие форм отображения информации при реализации основных рабочих циклов ННК**

*Diversity in displaying information for the NNK primary operating cycles*

При этом наземный сегмент проекта обеспечивает не только информационную поддержку операций по управлению комплексом бортовой аппаратуры и космическим аппаратом в целом, но и формирует единую информационную инфраструктуру проекта, позволяя упростить процедуры информационного обмена на всех этапах жизненного цикла миссии.

Задачи интеграции вычислительных компонент сегмента решаются на основе сервис-ориентированной архитектуры (COA-SOA), современных подходов, например, таких как ESB (Enterprise Service Bus). Организация коллективной работы участников проекта обеспечивается использованием таких технологий как Web 2.0 и Social Networks. Специфические для космических исследований вопросы информационного взаимодействия решаются с применением международных форматов CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems).

Успешный опыт реализации проекта «Чибис-М» стал основой научных наземных комплексов (ННК) проектов «Спектр-РГ» и «ЭкзоМарс», подготовка которых завершается в настоящее время, и для целого ряда перспективных научных космических проектов, в том числе микроспутника «Чибис-АИ».

And the project ground segment not only supports control operations of the onboard equipment and spacecraft in general, but also forms a unified information infrastructure, simplifying data exchange procedures on all stages of the mission lifecycle.

Integration of the segment computation components is carried out based on the service-oriented architecture (SOA) and modern approach, such as Enterprise Service Bus (ESB). The project collaboration is arranged through such technologies as Web 2.0 and social networks. The problems of information interaction, specific to space research, are resolved with application of the international Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS) formats.

Experience in the successful implementation of the *Chibis-M* project was used for NNKs of the *Spekt-RG* and *ExoMars* projects, which are nearing completion, and will be used for perspective space research projects, including the *Chibis-AI* microsatellite.



**Наземный пункт ИКИ РАН в Тарусе** IKI RAN ground station in Tarusa



**Подготовка средств обработки и отображения информации для перспективных научных космических проектов**

Preparation of data processing and displaying equipment for perspective space projects

Наземные научные комплексы проектов «Спектр-РГ» и «ЭкзоМарс» отличает одна особенность — это совместные ННК с зарубежными партнёрами. Хотя большинство других научных космических проектов также были международными, но в них подразумевалось участие зарубежных научных групп в отечественном проекте. А в данных случаях речь идёт о полноценном равноправном участии в объединённом ННК (некоторый прообраз объединённого ННК был реализован в проекте «Интербол» совместно с Национальным центром космических исследований Франции, Centre National d'Etudes Spatiales — CNES).

С одной стороны, это даёт ряд преимуществ: разделение производственных и финансовых нагрузок, взаимодополняющее использование технологий, обмен новыми идеями и подходами. С другой стороны, появляются проблемы организационного характера, совместимости технических решений и др. Тем не менее, с помощью современных технологий и методов интеграции они успешно решаются, что создаёт в Институте бесценный научно-технический задел для будущих совместных научных космических миссий.

The ground science complexes for the *Spektr-RG* and *ExoMars* projects have one distinction — they are created in collaboration with the international partners. Though the majority of other space projects were also international, they actually involved international science teams in a Russian project. However in this case it is about full and equal participation in joint NNCs (a prototype of a joint NNC was realized during the *Interball* project in collaboration with the National Center for Space Studies (CNES) in France).

On the one hand it offers many advantages: sharing of production and financial loads, mutually supportive utilization of technologies, exchange of new ideas and approaches. On the other hand it involves organizational issues, compatibility of engineering solutions, etc. Nevertheless with the help of modern technologies and integration methods they are successfully resolved, laying the invaluable technological groundwork in the Institute for future joint space research missions.