

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «МЕТЕОР-3М» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ИНТЕРЕСАХ НАУКИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Удалой В.А., Соколов Н.Л., Журавлев В.К.

*Центр управления полетами*

*Федерального унитарного государственного предприятия*

*"Центральный научно-исследовательский институт машиностроения"*

Завершен четырехлетний срок активного существования на орбите искусственного спутника Земли космического аппарата (КА) «Метеор-3М». КА «Метеор-3М» был выведен на орбиту 10 декабря 2001 года ракетоносителем «Зенит-2» с космодрома Байконур. Аппарат является многоцелевым искусственным спутником Земли, одновременно решающим задачи изучения природных ресурсов, контроля состояния окружающей среды, исследования параметров атмосферы и мирового океана, гелиогеофизического и гидрометеорологического обеспечения. Заказчиками КА являлись Российское авиационно-космическое агентство (Росавиакосмос) и Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Разработчиком – изготовителем является Научно – исследовательский институт электромеханики (НИИЭМ). Управление полетом КА осуществляется из Центра управления полетами и моделирования (ЦУП-М), город Королев Московской области. Получены космические снимки высокого качества. С использованием сканирующего устройства высокого пространственного разрешения были получены изображения отдельных регионов России. В настоящее время от многочисленных российских и зарубежных потребителей продолжают поступать заявки на различные виды целевой информации.

### 1. Состав и задачи научно – измерительной аппаратуры

Научно – измерительная аппаратура по своему назначению подразделяется на три части:

1). Видеоинформационный природно – ресурсный комплекс, предназначенный для получения изображений земной поверхности высокого и среднего пространственного разрешения. На базе этой информации решаются задачи природопользования, изучения природных ресурсов, обнаружения и контроля чрезвычайных ситуаций и т.п.

2). Комплекс научной аппаратуры, включающий следующие приборы. Микроволновые многоканальные сканирующие радиометры, служащие для всепогодного зондирования атмосферы и определения параметров Мирового океана. Аппаратура гелиогеофизического обеспечения, предназначенная для мониторинга параметров околоземного космического пространства. По согласованию между Росавиакосмосом и НАСА (США) установлена американская аппаратура «Сейдж-3», предназначенная для определения характеристик аэрозоля и содержания малых газовых примесей в атмосфере.

3). Комплекс метеорологической аппаратуры, задачами которого является получение ин-

формации в интересах гидрометеорологического обеспечения ряда регионов России и зарубежных стран.

КА функционирует на круговой солнечно – синхронной орбите высотой 1018 км и наклоном  $99,64^\circ$ . Орбита постоянно ориентирована относительно Солнца, чем достигаются наиболее благоприятные условия освещенности при съемках районов. Трасса движения КА является изомаршрутной: каждые трое суток (41 виток) КА пролетает над одними и теми же районами Земли.

К основным задачам программы управления КА относятся:

- изучение природных ресурсов, контроля состояния окружающей среды;
- осуществление экологического мониторинга, контроля чрезвычайных ситуаций;
- получение многозональных изображений земной поверхности высокого и среднего пространственного разрешения;
- осуществление всепогодного зондирования атмосферы и определение параметров океана;
- контроль и прогноз радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве;
- прогноз условий распространения радиоволн;

- контроль и диагностика магнитосферы и ионосферы;
- гидрометеорологическое и гелиогеофизическое обеспечение, мониторинг системы «океан-атмосфера»;
- обеспечение получения, запоминания и передачи на наземные приемные пункты данных об облачном покрытии Земли, границах снежного и ледового покровов, температуры морской поверхности и облаков;
- проведение озонометрических исследований.

## 2. Кооперация участников управления КА

Согласно концепции Росавиакосмоса, задачи управления КА научного и социально – экономического назначения (НСЭН), в том числе и КА «Метеор-3М» возложены на ЦУП-М. В ЦУП-М созданы и неоднократно апробированы технические и программные средства, подготовлены квалифицированные специалисты, организована надежная связь со многими российскими и зарубежными организациями.

Для выполнения программы полета КА «Метеор-3М» создана Главная оперативная группа управления (ГОГУ). Функции руководителя и заместителей руководителя полета, сменных руководителей полета, руководителей групп планирования и анализа возложены на специалистов ЦУП-М.

Техническое руководство полетом обеспечивается специалистами НИИ ЭМ. НИИ ЭМ – ведущее предприятие в России по созданию КА серии «Метеор». Изготовлено и запущено 35 КА этой серии на них были успешно реализованы

международные проекты с участием США (ТОМС), Франции (СКАРАБ), Болгарии (Болгария - 1300), Германии (ПРАРЕ, Тубсат), Италии (Темисат). На территории НИИ ЭМ создан Сектор Главного конструктора, обеспечивающий взаимодействие с ЦУП-М на всех этапах управления и эксплуатации КА.

В кооперацию по управлению КА также входят:

- Центр космических наблюдений Росавиакосмоса – Главный Оператор космической системы, обеспечивающий взаимодействие с потребителями космической информации, с центрами и станциями приема информации;
- Научно – исследовательский центр «Планета», обеспечивающий прием, обработку и архивацию научно – исследовательской информации;
- Научно – исследовательский институт Точных приборов – Главный конструктор Наземного комплекса управления, обеспечивающий взаимодействие ЦУП –М со станциями слежения КА, находящимися на территории РФ;
- Институт прикладной геофизики, обеспечивающий специальную обработку и использование данных гелиогеофизических измерений;
- Центральная аэрологическая обсерватория, обеспечивающая обработку данных, получаемых с прибора «Сейдж-3»;
- Исследовательский центр им. Ленгли (США), обеспечивающий разработку и выдачу в ЦУП-М исходных данных для управления прибором «Сейдж-3».

Общая схема взаимодействия ЦУП-М с российскими организациями, представлена на рис.1.

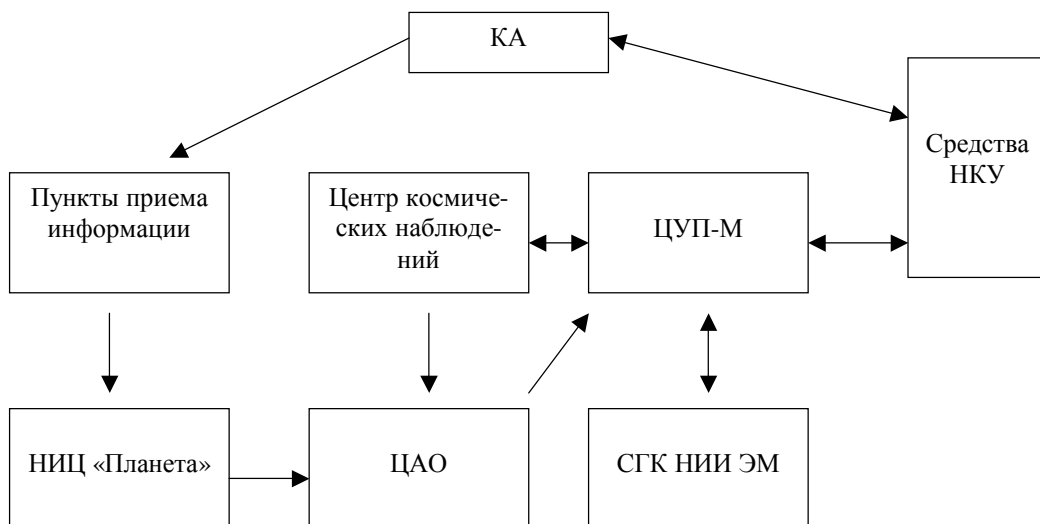


Рисунок 1. Общая схема взаимодействия ЦУП-М с российскими организациями

## 3. Основные задачи управления полетом

Для обеспечения эксплуатации КА по целевому применению персонал управления решает следующие задачи:

- составление долгосрочных планов полета;
  - реализация программ сеансов связи с КА.
- Программы включают в себя списки разовых команд немедленного исполнения и программ-

ные команды, обрабатываемые бортовой машиной в заранее определенное время. Программы составляются на основе исходных данных Главного конструктора, программ заявок Главного оператора, командных листов от Центра им. Ленгли США;

- оперативный анализ работоспособности бортовой аппаратуры по данным телеметрической информации, включая выработку рекомендаций по выдаче командных воздействий на КА при возникновении нештатных ситуаций;

- детальный анализ работоспособности бортовой аппаратуры с целью выявления тенденций и особенностей функционирования приборов. Это дает возможность скорректировать программу управления с целью обеспечения более эффективного получения целевой информации;

- баллистико – навигационное обеспечение управления КА;

- командно – программное обеспечение управления КА;

- телеметрическое обеспечение управления КА;

- информационное взаимодействие ЦУП – М с организациями, участвующими в управлении КА.

Качественное выполнение задач управления КА позволило с максимальной эффективностью реализовать программу включения бортовой аппаратуры, оперативно получить целевую информацию и довести ее до потребителей.

#### 4. Принципы построения

##### аппаратно – программных средств ЦУП

Для обеспечения управления КА в ЦУП-М созданы высокотехнологичные аппаратно – программные средства. При этом была реализована направленность на достижение следующих целей.

- 1) Оперативность выполнения функций управления. Это было достигнуто использованием параллельного решения задач управления. Вычислительный сервер выполнял только функции базы данных о полетной информации, а все функциональные задачи параллельно решались на персональных компьютерах.

- 2) Надежность решения задач управления. При этом использовался принцип горячего резервирования. В случаях неисправностей сервера или компьютеров решение задач автоматически переводится на резервные средства без информационных и временных потерь.

- 3) Информационная безопасность вычислительного процесса. Для этого применялись как программные (fair wall), так и аппаратные средства защиты информации (минимизация доступа входной информации через внешние устройства).

- 4) Рентабельность эксплуатации аппаратно – программных средств. Обеспечивается за счет создания достаточно значительной универсальной составляющей средств, которые могут применяться при управлении практически любым КА. При этом переменная составляющая часть средств дорабатывается с учетом специфики управления каждым конкретным КА. Это позволяет минимизировать затраты на создание аппаратно – программных средств для управления каждым последующим КА.

#### 5. Особенности управления КА

В процессе полета КА ГОГУ столкнулась с необходимостью оперативной коррекции программно-математического обеспечения и технологии управления.

- 1) В связи с отсутствием работоспособности бортовой аппаратуры спутниковой навигации (БАСН) разработана новая технология баллистико-навигационного обеспечения работы прибора «Сейдж-3». Суть ее заключается в следующем:

- еженедельно из ЦУП-М в Центр им. Ленгли выдается баллистическая информация о состоянии движения КА;

- на ее основе в Центре им. Ленгли моделируются вектор состояния в формате GPS/GLONASS и выдается в ЦУП-М;

- в ЦУП-М формируются информационные массивы командно-программной информации, включающая данные о смоделированном векторе GPS/GLONASS;

- после согласования содержание массивов с НИИ ЭМ командно-программная информация закладывается на борт КА и используется при проведении экспериментов с прибором «Сейдж-3».

- 2) На начальном этапе управления КА зафиксирована выдача несанкционированной команды на включение передатчика научной информации. Для устранения негативных последствий выдачи таких команд специалистами ЦУП-М и НИИ ЭМ разработаны и заложены на борт КА циклограммы «Сторож». Эти циклограммы обеспечивают профилактическую выдачу команд для периодического отключения основных узлов бортовой аппаратуры.

- 3) Было зафиксировано существенное систематическое рассогласование бортовой и наземной шкал времени (БШВ и НШВ). Для расчета скорректированных значений БШВ использовалось разработанное ЦУП-М совместно с НИИ ТП программно-математическое обеспечение.

#### 6. Основные итоги управления КА

К моменту завершения трехлетнего срока эксплуатации КА совершил более 20000 витков вокруг Земли, в течение этого срока проведено 1100 сеансов связи по командной радиолнии и

3340 телеметрических сеансов. Осуществлено около 11500 сеансов передачи целевой информации, в том числе 5800 сеансов с использованием прибора «Сейдж-3», 650 сеансов с другими приборами научного комплекса, 5700 с применением видеоинформационного природно-ресурсного комплекса. Получены космические снимки высокого качества. С использованием сканирующего устройства высокого пространственного разрешения были получены изображения отдельных регионов России (см. рис. 2, 3). Это дало возможность эффективно и непрерывно контроли-

ровать созревания сельскохозяйственных культур и точно определять сроки агротехнических работ, картировать типы почв, определять их состояние. Полученная информация также находит применение при наблюдении за экологическими процессами в окружающей среде, судовождении, рыболовстве и во многих других социально-экономических областях.

В настоящее время от многочисленных российских и зарубежных потребителей продолжают поступать заявки на различные виды целевой информации.



Рисунок 2. Сканированное изображение регионов России

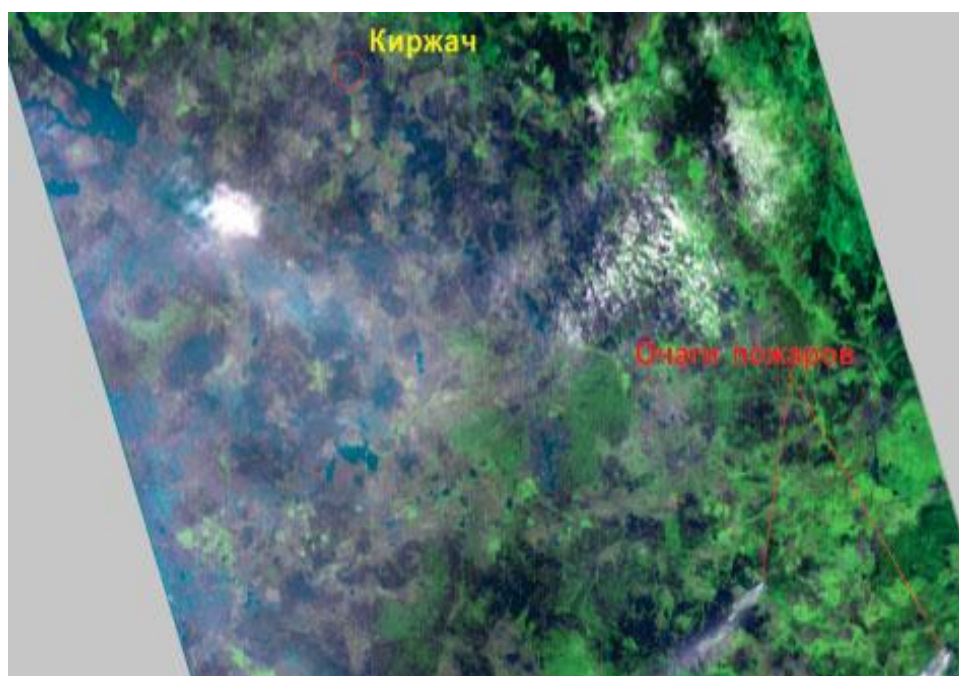


Рисунок 3. Сканированное изображение регионов России

**ABOUT USE OF A SPACE VEHICLE «METEOR "- 3M" FOR THE DECISION OF TASKS IN INTERESTS OF A SCIENCE AND INDUSTRY**

Udaloi V.A., Sokolov N.L., Zhuravlev V.K.

*Mission Control Center of the Federal Unitary Enterprise**“Central Research Institute of Machine Building”*

The four -year period of the active orbital lifetime of the “Meteor-3M” spacecraft is over. Meteor-3M was orbit-inserted on December 10, 2001 by Zenit-2 SLV from the Baikonour launch site. The space vehicle is a multi-purpose earth artificial satellite simultaneously fulfilling the tasks of natural resources exploration, environment monitoring, study of atmosphere and world ocean parameters, heliophysical and hydrometeorological support. The Russian Aviation & Space Agency (Rosaviakosmos) and the Federal Service for Hydrometeorology and Environment Monitoring were the S/C Customers. The Reseach Institute of Electrjmechanics was the Contractor. The spacecraft was controlled in flight by the Mission Control and Modeling Center (TsUP-M) located in the city of Korolev, Moscow region. High quality space imagery was acquired. Using the high spatial resolution scanner images of some areas of Russia were obtained. Currently many Russian and foreign users continue to send applications for various types of dedicated information.