

УДК 629.78

ИТОГИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КА «МЕТЕОР-3М» ПО ЦЕЛЕВОМУ ПРИМЕНЕНИЮ

Соколов Н.Л., Журавлев В.К.

*Центр управления полетами**Федерального унитарного государственного предприятия**"Центральный научно-исследовательский институт машиностроения",**Королев*

7 марта 2006 года завершена программа полета автоматического космического аппарата (КА) «Метеор-3М». КА «Метеор-3М» был выведен на орбиту искусственного спутника Земли 10 декабря 2001 года ракетоносителем «Зенит –2» с космодрома Байконур. Аппарат являлся 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. Срок эксплуатации КА «Метеор-3М» составил 4 года 3 месяца при гарантийном сроке существования КА, равном 3 года. Программа полета КА полностью выполнена. За это время КА совершил более 20000 витков вокруг Земли, в течение этого срока проведено 970 сеансов связи по командной радиолинии и 2850 телеметрических сеансов. Осуществлено более 12500 сеансов передачи целевой информации, в том числе около 6000 сеансов с использованием прибора «Сейдж-3», 600 сеансов с другими приборами научного комплекса, около 6000 сеансов с применением видеoinформационного природно-ресурсного комплекса. Получены космические снимки высокого качества. С использованием сканирующего устройства высокого пространственного разрешения были получены изображения отдельных регионов России. Это дало возможность эффективно и непрерывно контролировать созревания сельскохозяйственных культур и точно определять сроки агротехнических работ, картировать типы почв, определять их состояние. Полученная информация также нашла применение при наблюдении за экологическими процессами в окружающей среде, судовождении, рыболовстве и во многих других социально-экономических областях.

1. Введение

7 марта 2006 года завершена программа полета автоматического космического аппарата (КА) «Метеор-3М». КА «Метеор-3М» был выведен на орбиту искусственного спутника Земли 10 декабря 2001 года ракетоносителем «Зенит –2» с космодрома Байконур.

Аппарат являлся 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.

2. 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 информации 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 изо-маршрутной: 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.

3. 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.

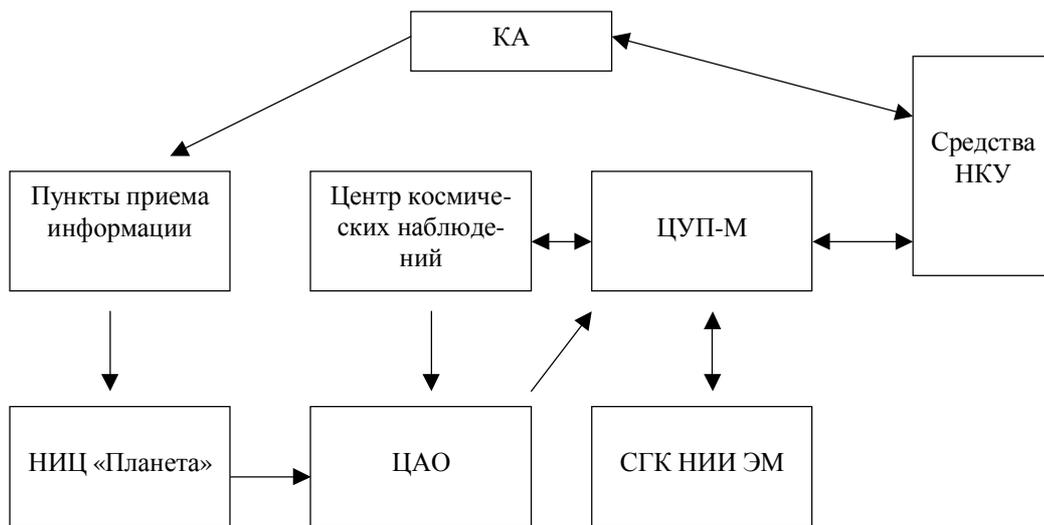


Рисунок 1. Общая схема взаимодействия ЦУП-М

4. 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 программные 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.

5. 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.

6. 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 выда-

чу 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.

7. Основные итоги управления КА

Срок эксплуатации КА «Метеор-3М» составил 4 года 3 месяца при гарантийном сроке существования КА, равном 3 года. Программа полета КА полностью выполнена. За это время КА совершил более 20000 витков вокруг Земли, в течение этого срока проведено 970 сеансов связи по командной радиолинии и 2850 телеметрических сеансов. Осуществлено более 12500 сеансов передачи целевой информации, в том числе около 6000 сеансов с использованием прибора «Сейдж-3», 600 сеансов с другими приборами научного комплекса, около 6000 сеансов с применением видеoinформационного 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 контролировать созревания сельскохозяйственных культур и точно определять сроки агротехнических работ, картировать типы почв, определять их состояние. Полученная информация также нашла применение при наблюдении за экологическими процессами в окружающей среде, судозовождении, рыболовстве и во многих других социально-экономических областях.



Рисунок 2, 3. Изображения отдельных регионов России

RESULTS OF OPERATION “METEOR - 3M” S/C ON TARGET APPLICATION

Sokolov N.L., Zhuravlev V.K.

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

The period of the active orbital lifetime of the “Meteor-3M” spacecraft is over on March 07, 2006. “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 Research Institute of Electromechanics 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. By the end of the 4,25 year operation period the spacecraft has made over 20000 revolutions around the Earth; 970 communication sessions via the command radio link and 2850 telemetry transmission sessions have been held. Approximately 12500 dedicated information transmission sessions using the SAGE-3 device, 600 communication sessions with scientific instruments complex, 6000 sessions applying the video information natural resources complex have been realized. High quality space imagery was acquired. Using the high spatial resolution scanner images of some areas of Russia were obtained. The obtained images enabled to effectively monitor the crop ripening and accurately determine the time of agricultural/technical works conduct, to map soil types and define the state of soils. The information obtained finds its application as well for observing ecological processes in the environment, navigation, fishery and many other social-economic fields. Currently many Russian and foreign users continue to send applications for various types of dedicated information.