

УДК 629.78

## **Ключевые операции системы управления полётами автоматических околоземных космических аппаратов**

О.К. Жигастова, В.Н. Почукаев

В статье рассмотрены четыре ключевые операции, определяющие назначение процедуры управления околоземными автоматическими космическими аппаратами (КА): операция по определению программы работы целевой аппаратуры, операция по составлению плана пространственно-временных действий, планирование работы устройств и систем космического аппарата и реализация плана полёта на КА. Показано, что эти операции выполняются практически для любого автоматического КА, функционирующего на околоземных орбитах. Первые три из них носят информационный характер, который определяет структуру системы управления КА. Система, в задачи которой входит решение данных ключевых операций, будет называться информационной системой обеспечения управления полётами автоматических космических аппаратов.

система управления полётом, космический аппарат как транспортное средство, ключевые операции КА, план работы целевой аппаратуры, план пространственно-временных действий, план полёта КА

Главным элементом любого космического аппарата, во многом определяющего возможности эксплуатационных характеристик автоматических КА, является его система управления полётом. Эта система состоит из множества подсистем, каждая из которых является необходимой составной частью всей системы управления, выполняющей возложенные на неё операции. Вместе с тем, из всего множества операций, связанных с организацией и функционированием системы управления, можно выделить некоторые из них, которые имеют первостепенное значение как для построения самой системы управления, так и определяющие её важнейшие характеристики.

Целью настоящей статьи является рассмотрение данных операций для класса околоземных автоматических космических аппаратов, в задачи которых входит: наблюдение за явлениями и процессами, протекающими на Земле и в околоземном космическом пространстве, проведение различного рода измерений соответствующих параметров указанных явлений и процессов, а также наблюдение за явлениями, происходящими в открытом космосе, которые доступны для наблюдения с орбит искусственных спутников Земли. Космические аппараты дистанционного зондирования Земли относятся к классу таких автоматических КА.

Аппараты этого класса обладают одной важнейшей особенностью, выполняемой для каждого из них. Суть данной особенности состоит в следующем. Каждый КА, входящий в этот класс аппаратов, может быть представлен в виде двух составляющих:

- совокупностью целевой аппаратуры, предназначенной для наблюдения и измерения объектов и процессов в космическом пространстве, ради решения которых осуществляется запуск космического аппарата;
- некоторой космической платформы, выполняющей две основные функции:
  - быть материально-технической базой для установки целевой аппаратуры, которая обеспечивает создание для неё всех необходимых условий её нормальной работы;
  - обеспечивать для целевой аппаратуры пространственно-временные условия с требуемой точностью, необходимые ей для выполнения задачи наблюдения и измерения на всём интервале её функционирования.

Здесь под пространственно-временными условиями понимается значение координат и скорости центра масс КА, угловое положение и угловая скорость КА, угловое положение навесного оборудования КА, к числу которого относится и целевая аппаратура, установленная на подвижных платформах.

В несколько другой постановке эту идею можно выразить следующим образом. Космический аппарат может быть представлен как транспортное средство особого вида, которое в соответствии с требуемой программой функционирования целевой аппаратуры должно доставлять её в заданное время в требуемую область пространства, обеспечивать требуемую ориентацию КА и навесного оборудования, обеспечивать поддержание данных пространственно-временных условий с заданной точностью на всём временном интервале работы целевой аппаратуры.

К этим операциям сводится назначение любого из космических аппаратов представленного класса КА. Указанные условия определяют основные ключевые операции, которые должны быть выполнены на КА в первую очередь. Таких операций четыре. Первые три из них носят чисто информационный характер, а последняя – технический, которая определяет само целевое функционирование космического аппарата. Рассмотрим каждую из них.

#### 1. Операция по определению программы работы целевой аппаратуры.

Каждый космический аппарат рассматриваемого класса КА предназначен для решения определённого класса целевых задач. В соответствии с ними определяется состав целевой аппаратуры КА и её характеристики, особенности её функционирования и параметры орбитальной структуры КА. Для решения указанной совокупности задач разрабатывается план работы целевой аппаратуры.

Этот план обеспечивает получение на КА требуемой научной информации заданного качества. Выполнение данной задачи, как правило, носит оптимизационный характер. Решению данной задачи посвящено большое количество публикаций различных авторов [1 - 10].

2. Определение плана пространственно-временных действий, реализация которых обеспечит выполнение условий, при которых будут выполнены пространственно-временные требования, которые выдвигаются планом работы целевой аппаратуры. Под пространственно-временными действиями, здесь понимается целенаправленное изменение пространственно-временного состояния КА. Результатом выполнения этих действий будет являться создание пространственно-временных условий для работы целевой аппаратуры. На практике план пространственно-временных действий сводится к определению необходимой совокупности операций, связанных с коррекцией орбиты КА, заданию требуемой его ориентации, составлению программы работы электроприводов обеспечивающих требуемое положение целевой аппаратуры относительно его корпуса. Указанная программа пространственно-временной деятельности рассчитывается на весь активный интервал работы целевой аппаратуры.

3. План работы устройств и систем космического аппарата, выполнение которого обеспечит реализацию плана пространственно-временной деятельности КА, а значит, и плана работы целевой аппаратуры. В соответствии с принятой терминологией данный план называют планом полёта КА. Он состоит из совокупности команд, выдаваемых устройствам и системам космического аппарата. Их исполнение обеспечит выполнение действий КА пространственно-временного

характера и плана работы целевой аппаратуры. Все команды в плане полёта следуют друг за другом по времени в порядке их выполнения системой управления космического аппарата.

4. Реализация плана полёта осуществляется системой управления КА, она заключается в решении всей совокупности задач, указанных в перечисленных выше планах, которые в совокупности составляют общую структуру плана полёта КА.

Таким образом, несложно заметить, что первые три вида плана представляют собой определённого вида информационные структуры, которые содержат данные о действиях, необходимых при выполнении КА поставленных перед ним целевых задач полёта, и только четвёртый вид действия непосредственно связан с целенаправленным функционированием КА, в процессе которого реализуются все три вида плана. Поэтому систему, в задачи которой входит решение первых трёх видов информационных задач, будем называть информационной системой обеспечения управления КА.

В этой статье не рассматривается вопрос о способе составления указанных трёх видов планов. На практике используется множество способов их построения. Это зависит от конструкторских особенностей и технических возможностей задаваемых при проектировании системы управления КА. Здесь могут использоваться различные способы решения. Наиболее распространённым является вариант распределённой системы управления, при котором большинство указанных информационных операций выполняется в наземных Центрах. Результаты их работы объединяются в Центре управления полётами. Окончательный вариант плана полёта передаётся на борт КА, где он и реализуется бортовой системой

управления. При этом необходимо отметить, что четвёртая операция выполняется всегда на космическом аппарате.

Однако, современный уровень развития технологий в различных областях промышленности и накопленные знания, в том числе по разработке и производству высокотехнологичной элементной базы, позволяют уже сейчас, в настоящее время, все четыре вида операций выполнять непосредственно на космическом аппарате. Особое значение при этом имеет создание искусственного навигационного поля системой ГЛОНАСС/GPS. Это обстоятельство позволяет говорить о создании автономно функционирующем КА. И примеры подобных систем уже есть в зарубежной космической технике.

В начале статьи указывалось, что система управления состоит из множества элементов КА. Здесь возникает вопрос о том, какова их роль в функционировании системы управления. Из приведённого материала следует, что назначение всех элементов системы управления КА состоит в выполнении названных информационных операций.

### ***Выводы***

Показано, что ключевые операции, выполняемые системами управления околоземных автоматических КА, предназначенных для наблюдения и измерения процессов и объектов, расположенные в околоземном космическом пространстве, делятся на два класса операций:

- операций по составлению трёх видов планов, имеющих информационный характер;
- множества операций, связанных с выполнением элементами КА данных планов.

При этом такая закономерность сохраняется как для распределённых систем управления, при которых часть информационных операций выполняется в соответствующих наземных Центрах, так и для локальных систем, когда все операции выполняются на космическом аппарате.

### *Список литературы*

1. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. М.: Издательство АиБ, 1997.
2. Гонин Г.Б. Космические съёмки Земли. М.: Наука, 1989.
3. Дарнопых В.В., Малышев В.В. Планирование управления съёмочной аппаратурой системы космических аппаратов // Известия РАН. Теория и системы управления, 1998, №6.
4. Кондратьев К.Я., Бузтенков А.А., Покровский О.М. Глобальная экология: дистанционное зондирование // Итоги науки и техники. Сер. Атмосфера, океан, космос. М.: ВИНТИ, 1992. 14. - с.1 – 312.
5. Кондратьев К.Я., Тимофеев Ю.М. Метеорологическое зондирование атмосферы из космоса. – Л.: Гидрометеиздат, 1978.
6. Кирилин А.Н., Ахметов Р.Н., Соллогуб А.В., Макаров В.П. Методы обеспечения живучести низкоорбитальных автоматических КА зондирования Земли: математические модели, компьютерные технологии. М.: Машиностроение, 2010. – 384 с.
7. Кравец В.Г., Любинский В.Е. Основы управления космическими полётами. М.: Машиностроение, 1983. – 224 с.
8. Кравец В.Г. Автоматизированные системы управления космическими полётами. М.: Машиностроение, 1995. – 256 с.
9. Космический комплекс «Коронас-Фотон». Справочные материалы. Под. Ред. Макриденко Л.А., Котова Ю.Д., Боярчука К.А., Волкова С.Н., Салихова Р.С. ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2008. – 102 с.
10. Соллогуб А.В., Аншаков Г.П., Данилов В.В. Космические аппараты систем зондирования поверхности Земли: Математические модели повышения эффективности КА. М.: Машиностроение, 1993.

Жигастова Ольга Константиновна, начальник группы ЦНИИмаш, соискатель Московского авиационного института (национального исследовательского университета),  
тел.: 8 (495) 513-51-15; e-mail: inolga-ok@yandex.ru  
Почукаев Владимир Николаевич, главный научный сотрудник ЦНИИмашиностроения, профессор Московского авиационного института (национального исследовательского университета), д.т.н., тел.: 8 (495) 513-53-36

