

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ БОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Бусыгин Сергей Евгеньевич

Московский технологический университет (119454, г. Москва, Проспект Вернадского, д.78) e-mail:rector@mirea.ru

Для обеспечения “жизнеспособности” разнообразных уже эксплуатируемых и только еще проектируемых космических аппаратов (КА) и выполнения ими целевых программ необходимо решить широкий круг задач, присущих всем типам КА. В числе этих задач следующие:

- обеспечение обмена информацией с наземным комплексом управления (НКУ);
- обеспечение снабжения аппарата электроэнергией;
- распределение электропитания на КА между потребителями;
- поддержание требуемого теплового режима на КА;
- определение и поддержание ориентации КА в пространстве;
- обеспечение движения КА в пространстве (перемещение его центра масс);
- обеспечение углового движения КА в пространстве (вокруг центра масс);
- определение (прогнозирование) местоположения КА на орбите;
- управление вращающимися солнечными бата-реями (при их наличии);
- сбор, хранение, обработка и передача телеметрической информации;
- управление работой систем и оборудования КА в соответствии с программой полета КА и с учетом его реального состояния.[2]

При проектировании первых КА каждая задача решалась автономной работой отдельной системы, содержащей свою датчиковую аппаратуру, исполнительные органы, автоматику управления. С усложнением КА и увеличением числа решаемых ими задач появилась потребность в централизации управления и контроля за работой бортовых систем КА, прежде всего, в части рационального расходования и пополнения энергоресурсов, приоритетности и времени выполнения полетных и регламентных операций, автономного парирования нештатных ситуаций на основе результатов диагностики и тестирования бортовой аппаратуры и др. Разработка и внедрение на КА вычислительных средств с развитым программным обеспечением (ПО) позволили, в принципе, удовлетворить эту потребность. По аналогии с НКУ появилось понятие бортового комплекса управления (БКУ), объединяющего в себе основные бортовые системы КА и включающего в себя бортовую вычислительную систему, систему управления движением и навигацией, систему управления

бортовой аппаратурой, бортовую аппаратуру служебного канала управления, систему бортовых измерений, а также программное обеспечение БКУ.

Для более детального рассмотрения принципов построения БКУ автоматических КА с целевой направленностью (связные спутники, КА наблюдения участков звездного пространства, космические аппараты зондирования Земли) перечислим их основные системы.

Ключевые слова: Управление, бортовой комплекс

PRINCIPLES OF AIRBORNE SYSTEMS CONTROL UNMANNED SPACECRAFT

Busygin Sergei Evgenievich

Moscow technological University (119454, Moscow, Prospekt Vernadskogo, d. 78) e-mail:rector@mirea.ru

To ensure the “viability” of a variety of existing and design of SPACECRAFT (SC) and their implementation of targeted programs necessary to solve a wide range of tasks common to all types of SPACECRAFT. Among these tasks are the following:

- ensure communication with ground control center (GCC).**
- ensuring supply of electricity to the apparatus;**
- the distribution of power between consumers КА;**
- maintain the required thermal regime of the SPACECRAFT;**
- define and maintain the orientation of the SPACECRAFT in space;**
- to ensure the SPACECRAFT motion in space (moving its center of mass);**
- ensuring angular motion of a SPACECRAFT in space (around the center of mass);**
- determining (predicting) the location of the SPACECRAFT in orbit;**
- manage rotating solar bat-reami (if any);**
- the collection, storage, processing and transmission of telemetry information;**
- control systems and equipment CA in accordance with the mission plan, the SPACECRAFT and taking into account its actual condition.[2]**

When designing the first SPACECRAFT, each problem was solved the autonomy of the individual systems containing their sensor equipment, Executive bodies, control of. With the increasing complexity of SPACECRAFT and the increase in the number of their tasks there was a need to centralize the management and control of onboard systems of the SPACECRAFT, first of all, in terms of rational spending and replenishing of energy

resources, priority and time of the flight and maintenance operations, Autonomous parry emergency situations on the basis of the results of diagnosis and testing on-Board equipment, etc. Development and implementation of a KA to compute funds from the developed software (SW) allowed, in principle, to satisfy this need. By analogy with the GCC, the notion of on-Board control system (BKU), which combines key on-Board systems of the SPACECRAFT and includes an onboard computing system, a motion control system and navigation control system onboard equipment, the onboard equipment service control channel, the system of onboard measurements, as well as software MBP.

For a more detailed consideration of the principles of MBP unmanned SPACECRAFT with the target orientation (communication satellites, SPACECRAFT observations of the starry space, spacecraft sensing of the Earth) we list the main system.

Key words: Management, onboard

Основные системы (рис. 1):

- бортовая вычислительная система в виде совокупности вычислительных средств и устройств сопряжения (адаптеров связи), обеспечивающая информационное взаимодействие с бортовыми

абонентами и предоставляющая свои вычислительные ресурсы для решения задач управления системами КА и задач контроля их работы;

- система управления движением и навигации или, в другой интерпретации, система ориентации и управления движением, предназначенная для управления движением КА как материальной точки (перемещением центра масс), так и для управления угловым движением КА (движением вокруг центра масс);
- система управления бортовой аппаратурой, выполняющая функции коммутации электропитания, усиления и преобразования электрических сигналов, а также выдачи команд управления в системы и приборы КА в соответствии с временными или логическими условиями;
- система бортовых измерений, предназначенная для сбора, обработки и передачи в НКУ телеметрической информации о результатах измерений, характеризующих состояние систем КА и протекающие на КА процессы;
- бортовая аппаратура служебного канала управления или командной радиопередачи, представляющая собой радиотехнический комплекс для обеспечения своевременного обмена служебной информацией между НКУ и БКУ;
- объединенная двигательная установка, состоящая из комплекта двигателей для обеспечения перемещения КА относительно орбиты и углового движения КА;
- система обеспечения определенного теплового режима внутри КА;

- система энергоснабжения (СЭС) для преобразования первичной (солнечной) энергии в электрическую.[1]

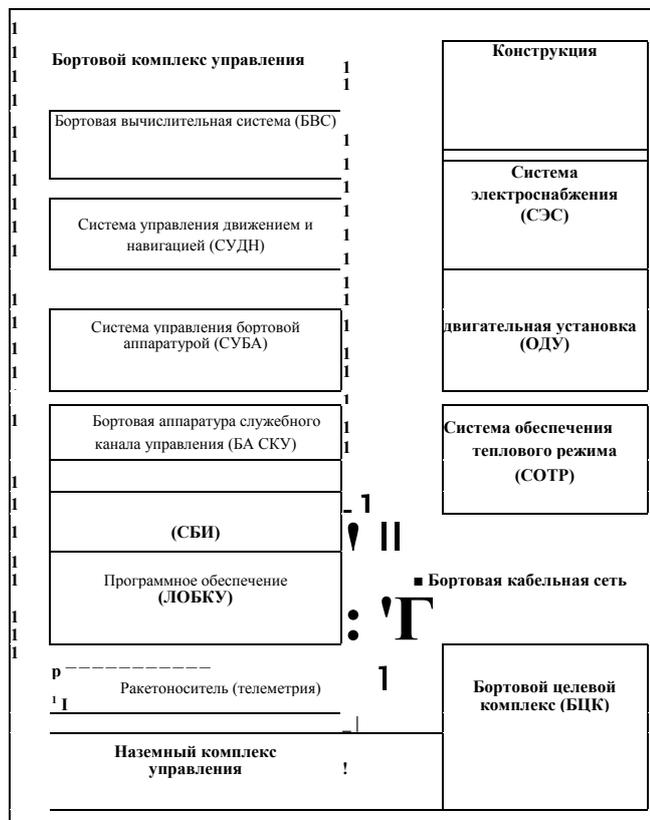


Рис. 1. Бортовые системы космического аппарата

Задачи управления вращающимися солнечными батареями в некоторых типах КА решаются специальной системой ориентации солнечных батарей. В других КА эти задачи решаются в СУДН.

В некоторых классах КА в качестве отдельной структурной единицы рассматривается бортовая кабельная сеть.[5]

Внедрение на КА вычислительных средств и новых конструктивно-технологических решений, применение современной элементной базы и средств комплексирования ПО позволили создать основу для построения интегрированных БКУ. Возможность оперативного контроля состояния систем КА и “умного” выполнения программы полета КА с учетом внешней обстановки, текущего статуса бортовых систем и имеющихся на текущий момент времени ресурсов позволила перенести многообразные функции контроля и управления КА в БВС, точнее — в ее ПО. Тенденция концентрации этих функций в бортовой вычислительной системе (ПО БКУ) продолжает усиливаться по мере развития программных и аппаратных средств. Программное обеспечение сформировалось как

Отдельный (и одним из самых главных) компонентов БКУ (рис. 2).

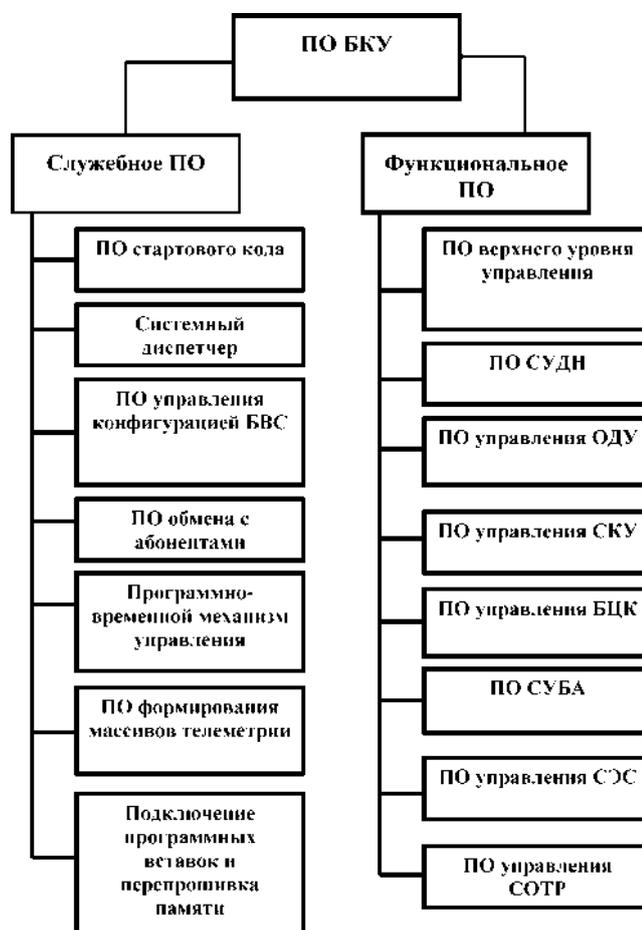


Рис. 2. Структура программного обеспечения

Программное обеспечение БКУ построено по иерархическому принципу:

- первый или нижний уровень составляют драй-веры обмена с аппаратурой и программы организации вычислительного процесса;
- второй уровень составляют программы обеспечения управления и контроля работы бортовых приборов и оборудования;
- программы третьего уровня включают в себя программы обеспечения полетных режимов бортовых систем и расчетные программы;
- четвертый или верхний уровень составляют программы планирования и организации режимов работы всего БКУ и контроль состояния систем КА.

Архитектура ПО БКУ подразделяет все программы на служебные (диспетчер, обмен, управление конфигурацией БВС, таймирование и др.) и функциональные

(программы включения/выключения конкретных приборов, программы расчета различной подготовительной и сопроводительной информации, программы формирования управляющих воздействий на отдельные приборы и т. п.). Каждая программа (программный модуль) имеет свои настроечные параметры и логико-информационные связи с другими программами. Построение ПО БКУ предполагает детерминированное циркулирование обменной информации между программами всех уровней, причем управляющая информация поступает сверху вниз (от программ верхних уровней до программ нижних уровней), а контрольно-диагностическая информация — снизу вверх. Для обеспечения функционирования ПО БКУ в реальном масштабе времени каждой программе определяются последовательность и конкретное время подключения на вычислительном такте бортового компьютера, а также ее вычислительные ресурсы.[4]

Получение цифровой информации от бортовых систем (напрямую или через СБИ), обмен информацией с НКУ (через БА СКУ), обработка и использование полученной информации в расчетно-вычислительных задачах, реализованных в ПО, — все это выдвинуло БВС и ПО БКУ на главенствующее место в бортовом комплексе управления. Системы БА СКУ и СБИ в такой конфигурации являются неотъемлемой частью БКУ как источники циркулирующей на КА информации и необходимые звенья, поддерживающие информационно-логические интерфейсы. Заметим, что связи между БВС, БА СКУ и СБИ как физические (проводные, через бортовую кабельную сеть и устройства сопряжения), так и “виртуальные” (информационные, через каналы информационного обмена).

Неотъемлемой и основной частью БКУ следует считать и систему управления бортовой аппаратурой. Две важные функции СУБА носят интеграционный характер и являются прерогативой БКУ:

- обеспечение всех бортовых потребителей электропитанием;
- обеспечение физического (проводного) интерфейса с системами и оборудованием КА и управление ими путем формирования соответствующих команд и сигналов.

Все остальные из вышперечисленных систем решают свои конкретные задачи, жизненно важные для КА, но не являющиеся интеграционными с точки зрения структурного построения БКУ. Из этих систем особо выделим СУДН, часто включаемую разработчиками КА в состав БКУ благодаря следующим аспектам:

- данная система (как и СУБА) — одна из первых бортовых систем, она проектировалась и разрабатывалась уже для первых КА;
- задачи СУДН (ориентация, стабилизация, наведение КА для решения целевых задач и т. д.) — важнейшие и первоочередные;
- программы управления СУДН тесно “привязаны” к программам управления других систем и программам “верхнего” уровня ПО БКУ и др. В состав СУДН

включены чувствительные элементы в виде оптико-спектральных датчиков и датчиков угловых скоростей, преобразующие устройства и блоки формирования управляющих сигналов, а также исполнительные органы в виде силовых гиросприборов (например, маховиков или гиродинов). Исполнительными органами СУДН служат также двигатели двигательной установки. Состав аппаратуры СУДН может дополняться навигационными приборами и аппаратурой спутниковой навигации.[3]

Следствием анализа требований и характеристик БЦК является подтверждение пригодности УКП к интеграции с данным БЦК в составе проектируемого КА либо определение перечня необходимых доработок и дооснащений УКП. Выбор окончательной модификации УКП применительно к новому БЦК определяется как решение многопараметрического функционала

Список литературы

- 1. Варлатая, С. К. Средства обеспечения управления бортовым комплектом. Учебное пособие / С.К. Варлатая, М.В. Шаханова. - М.: Проспект, 2015. - 152 с**
- 2. Р., М. Алгулиев Методы синтеза адаптивных систем обеспечения их контроля / Р. М. Алгулиев. - М.: УРСС, 2001. - 248 с.**
- 3. Андрианов, В. В. Обеспечение безопасности контроля комплекса/ В.В. Андрианов. - Москва: Мир, 2010. - 627 с.**
- 4. Горев, А И; Симаков А А Обеспечение Информационной Безопасности / А Горев А И; Симаков А. - Москва: Гостехиздат, 2005. - 474 с.**
- 5. Андрианов, В.В. Обеспечение информационной безопасности / В.В. Андрианов. - М.: Альпина Пабlishер, 2011. - 871 с.**