

УДК 629.78

А.Н. Загоруйко

*Национальный центр управления и испытаний космических средств, Евпатория***ИНТЕГРИРОВАННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КА**

*В статье приведен сравнительный анализ методических подходов к построению автоматизированных систем управления космическими аппаратами (КА), предложены варианты построения интегрированных автоматизированных систем управления КА для условий однопунктной технологии управления, с помощью которой отражаются различные аспекты их функционирования и связи между ними. Предложенные в статье методологические подходы к разработке и построению интегрированных АСУ КА могут быть использованы для разработки и модернизации автоматизированных систем управления КА в отечественных системах управления.*

*космический аппарат, интегрированная автоматизированная система управления*

**Введение**

Все ведущие страны мира пришли к пониманию важности космической деятельности для реализации своих геополитических интересов. Уже более 125 стран мира участвуют в космической деятельности, около 20 из них располагают собственным потенциалом по разработке и производству космической техники, запуску КА различного целевого назначения собственными или арендуемыми носителями [1]. В ближайшие 10-30 лет использование космоса выйдет далеко за пределы традиционных направлений связи, наблюдения, навигации и будет определяться появлением новых технологий, которые резко изменят характер применения космических средств в интересах обороны, науки и народно-хозяйства [1 – 2].

В основу выбора приоритетных направлений космических исследований закладываются общие требования к космическим системам и средствам [7, 8].

Функциональные:

- глобальность, оперативность сбора и доставки информации потребителям;
- высокая пропускная способность информационных каналов;
- многофункциональность;
- высокая информативность;
- реализация комплексного наблюдения любого района земной поверхности;
- всепогодность и круглогодичность выполнения задач и др.

Технические:

- микроминиатюризация;
- повышенная стойкость к вибрационным воздействиям, ускорениям и механической эрозии;
- устойчивость к воздействию излучений и радиации;
- высокая надежность;
- малое энергопотребление;
- длительные сроки активного существования и др.

При этом на реализацию технических требований оказывают влияние уникальные свойства космического пространства: невесомость, высокий вакуум, резкие температурные и прочие факторы, а также характерные условия эксплуатации космических средств, связанные с длительным функционированием без обслуживания и ремонта, дистанционным управлением сложными техническими средствами.

Учитывая общность указанных требований к космическим средствам оборонного, научного и народно-хозяйственного назначения, основные направления работ по созданию научно-технического задела (базовых технологий) являются в большинстве своем очень близкими, то есть двойного назначения.

К числу таких технологий относятся, в частности и технологии создания средств автоматизированной обработки, хранения и передачи информации, автоматизации процессов управления РН и КА.

**Анализ основных исследований и публикаций.** В работах отечественных и зарубежных ученых [1 – 8] достаточно подробно освещены общие вопросы автоматизации сложных технических систем, методы и требования к их математическим моделям. Сложность практической реализации известной методологии автоматизации и моделирования процессов управления КА в отечественной практике вызвана имеющимися ограничениями и противоречиями однопунктной системы управления, что определяет необходимость поиска новых идей и подходов в развитии форм и методов функционирования автоматизированных систем управления космическими системами [6].

**Изложение основного материала**

Реализация общих требований к космическим системам напрямую зависит от качества функционирования системы управления КА.

При разработке систем управления КА одной из целей является наиболее эффективное использование ресурсов (материальных, энергетических, ин-

формационных), удовлетворяющих заданному качеству с учетом ограничений и распределение функций и объемов решаемых задач между бортовым и наземным комплексом управления и автоматизация процесса управления.

При этом не обходимо учитывать следующее:

- длительность сеансов связи с КА ограничена;
- информацией необходимо не только обмениваться, но и ее обрабатывать;
- для целей планирования необходим прогноз движения и состояния КА;
- количество КА и возлагаемые на них задачи постоянно увеличиваются и усложняются.

Влияние автоматизации на процесс управления КА проявляется в повышении тактико-технических характеристик системы управления, прежде всего, таких, как эффективность, устойчивость функционирования и глобальность управления.

Общие требования системного подхода к созданию современных автоматизированных объектов и конкретные требования повышения качественных показателей КС, с одной стороны, и расширяющиеся возможности технических средств, с другой стороны, диктуют необходимость объединения (интеграции) отдельных элементов автоматизации в единую интегрированную АСУ КА, выполняющую широкий круг функций планирования, управления, контроля и принятия решений. Интегрированные АСУ КА характеризуются использованием объединенных технических, информационных и программно-алгоритмических средств управления с привлечением дополнительных средств взаимосвязей и управления [3 – 5].

Управление, как процесс, обычно содержит несколько этапов его реализации:

- сбор и обработка информации;
- принятие решения;
- реализация выбранного решения;
- контроль и анализ результатов;
- коррекция принятого решения на основе результатов анализа.

Исходя из современных подходов к структурированию интегрированных управляющих систем, становится возможным определить структуру, уровни иерархии и их характеристики применительно к специфике АСУ КА при однопунктной технологии управления [3 – 7] (табл. 1).

Благодаря такому представлению можно разделить главную цель управления на подцели, поручив их реализацию соответствующему контуру управления.

Для решения задач управления каждого иерархического уровня обычно создается относительно самостоятельная система управления, а из элементов двух соседних уровней образуется так называемая кибернетическая система, взаимодействующая через подсистему информационного обмена [9].

Таблица 1  
Уровни иерархии АСУ КА

| Функциональные уровни  | Задачи автоматизации  | Свойства   |
|--|---|--|
| Уровень 4<br>Орган управления космической системой (оператор КС)                                 | Информационное взаимодействие с НКУ и НСК.<br>Управление системой в целом.  | Верхний уровень иерархии (распорядительный уровень).<br>Стратегическое управление. |
| Уровень 3<br>Орган управления КА (ЦУП КА)  | Поддержка и принятие решений.<br>Коррекция программы работ на основе результатов анализа.   | Управленческий уровень.<br>Оперативное управление.                                 |
| Уровень 2<br>Средства координации, анализа, планирования и баллистико-навигационного обеспечения | Прогнозирование параметров движения и состояния бортовых систем КА.<br>Долгосрочное и оперативное планирование работ.<br>Формирование программы работ.<br>Контроль и анализ результатов | Базисный уровень.<br>Тактическое управление.                                       |
| Уровень 1<br>Средства управления и связи   | Информационное взаимодействие.<br>Прием, сбор, обработка и хранение информации.   | Территориальная рассредоточенность.<br>Выдача управляющих воздействий.             |
| Уровень 0<br>Объект управления (КА)  | Автоматическое управление работой бортовых систем КА в соответствии с программой полета.<br>Техническая диагностика состояния и восстановление работоспособности                        | Целевое назначение.<br>Множество состояний.<br>Управляемость.                      |

Каждый объект управления в соответствии с целями и задачами управления характеризуется следующими свойствами:

- целевым назначением, выражающимся в его способности осуществлять какое-либо полезное действие (например, преобразовать энергию или информацию);
- множеством состояний (не обязательно конечным) в которых он может находиться;
- управляемостью, под которой обычно понимается вероятность достижения заданных целей в различных ситуациях, то есть способностью к переходу за конечный отрезок времени из одного состояния в другое, в каждом из которых он может находиться.

Таким образом, при создании системы управления необходимо:

- четко определить цель управления, то есть четко определить желаемое поведение объекта (системы), которое содействовало бы решению основных задач, возлагаемых на КС;
- определить объем информации, характеризующей состояние объекта управления; определить состав

измерительных и контролирующих элементов;

– определить совокупность управляющих воздействий на объект управления, необходимых для возвращения его в исходное состояние либо перевода объекта управления в другое состояние, в котором эффективность функционирования выше;

– разработать алгоритм управления, под которым понимают четкое не двусмысленное правило,

что и как делать, чтобы добиться заданной цели в сложившейся ситуации.

Структурная схема автоматизированной системы управления КА, состоящая из органа управления в составе оператора КС и подразделений ЦУП КА, средств управления и связи в составе радиотехнических средств (РТС) и объекта управления в составе КА (группировки КА) приведена на рис. 1.

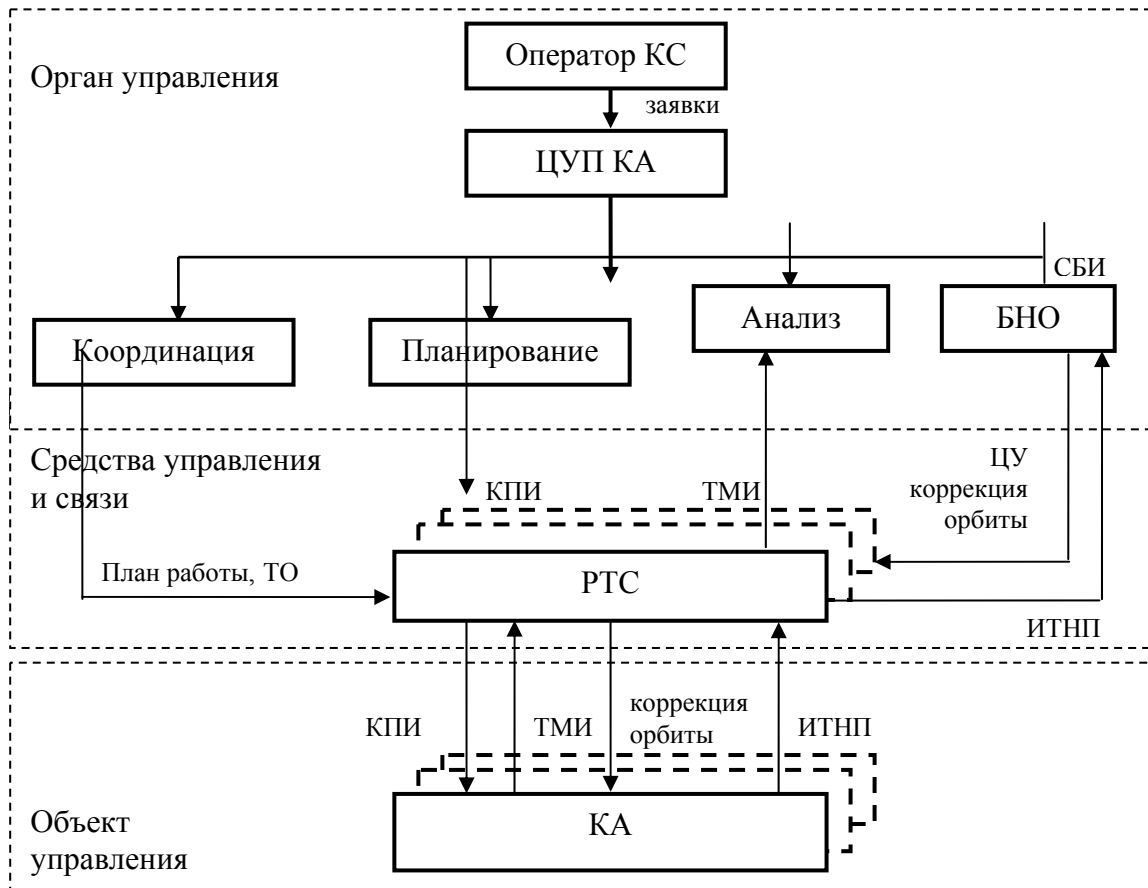


Рис. 1. Структурная схема системы управления:

БНО – баллистико-навигационное обеспечение; КПИ – командно-программная информация; ТМИ – телеметрическая информация; ИТНП – информация текущих навигационных параметров; ЦУ – целеуказания для работы радиотехнических средств; СБИ – стандартная баллистическая информация

При выборе показателей качества следует учитывать специфику системы, обеспечить их физическую содержательность, простоту и соответствие целям, чувствительность к изменению параметров входящих в АСУ подсистем, возможность учета стохастичности процесса и объединения локальных показателей в интегральные [7, 8]. С учетом изложенного можно сформулировать основные требования и задачи АСУ КА.

Основные требования к АСУ КА (комплексные показатели качества):

– эффективность функционирования – способность АСУ КА обеспечить выполнение КА целевых задач в необходимом объеме с требуемым качеством в заданных условиях функционирования;

– устойчивость функционирования – способ-

ность АСУ КА сохранять определенный уровень эффективности функционирования в течение заданного времени в условиях противодействия;

– глобальность функционирования – способность АСУ КА обеспечить управление КА с участием НКУ в любой момент времени.

Основные функциональные задачи АСУ КА, возлагаемые и распределяемые между бортовым и наземным комплексами управления:

Бортовой комплекс управления (БКУ):

– управление работой подсистем КА;

– управление движением центра масс КА и движением КА вокруг центра масс в соответствии с программой полета;

– поддержание нормального функционирования КА на всех этапах полета;

- информационное взаимодействие с НКУ.
- Наземный комплекс управления (НКУ):
- прием, обработка и хранение информации о космической обстановке;
- планирование, формирование и выдачу в БКУ командно-программной информации;
- контроль технического состояния бортовых систем КА, парирование неисправностей (восстановление работоспособности) КА;
- контроль, прогноз и управление движением КА;
- контроль, сверка и коррекция БШВ;
- обмен необходимыми видами информации.

Анализ показывает, что эффективность решения задач управления определяется не только составом средств системы управления и их качественными характеристиками, но и типом связей между элементами системы.

Наряду с обязательными для любой АСУ базисными уровнями, без которых невозможна автоматизация процессов, в интегрированных АСУ присутствуют вышестоящие координирующие и управляющие уровни. Эти уровни оптимально встраиваются в каждую конкретную систему в смысле открытости ее иерархии.

При этом, учитывая тот факт, что в процессе своего функционирования АСУ КА взаимодействует с АСУ других уровней и назначений суперсистемы, она должна обладать информационной, методической, математической и технической совместимостью.

Применение интегрированных систем управления КА позволяет более рационально использовать все виды ресурсов и, в конечном счете, повысить техническую и экономическую эффективность эксплуатации КА.

### Выводы

Предложенные в статье методологические подходы к разработке и построению интегрированных АСУ КА могут быть использованы для разработки и

модернизации автоматизированных систем управления КА в отечественных системах управления с целью повышения эффективности функционирования космических систем.

### Список литературы

1. Межведомственная комплексная целевая программа создания базовых технологий двойного применения в интересах развития космических средств оборонного, научного и народно-хозяйственного назначения. МО РФ, РКА В9502919 от 05.06.1995 г.
2. Меньшиков В.А. Концепция развития военной космонавтики в условиях реформирования ВС РФ // Двойные технологии. – М. – 1999. – № 1. – С. 3-10.
3. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Рюмишин Н.А. Интегрированные АСУ в промышленности. – К.: НПК «Киевский институт автоматики», 1995. – 316 с.
4. Воронин А.П., Зиатдинов Ю.К., Харченко А.В., Остафьевский В.В. Сложные технические и эргатические системы: методы исследования: Монография. – Х.: Факт, 1997. – 240 с.
5. Сеидов Т.М., Румянцев А.Н. Автоматизированные системы управления войсками и связью. – М.: МО СССР, 1983. – 52 с.
6. Ханцеверов Ф.Р., Остроухов В.В. Моделирование космических систем изучения природных ресурсов Земли. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
7. Космические радиотехнические комплексы / Под общ. ред. Г.В. Стогова. – М.: МО СССР, 1986. – 626 с.
8. Моделирование и оценка эффективности применения космических систем: Учебное пособие / Под общ. ред. Н.С. Пастушенко, В.П. Деденка. – Х.: ХВУ, 1997. – 278 с.
9. Абраменко Б.С., Вольский И.В., Гладченко В.В. Эксплуатация радиотехнических систем – М.: МО СССР, 1981 – 236 с.
10. Глазов Б.И. Автоматизация управления средствами и частями полигонных и космических комплексов – М.: МО СССР, 1988. – 326 с.

Поступила в редколлегию 5.03.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Центральный НИИ навигации и управления, Киев.

## ИНТЕГРИРОВАННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КА

Загоруйко А.М.

*У статті проведено порівняльний аналіз методичних підходів до побудови автоматизованих систем управління космічними апаратами (КА), запропоновані варіанти побудови інтегрованої автоматизованої системи управління КА для умов однопунктної технології управління, з допомогою якої відображаються різноманітні аспекти їх функціонування та зв'язки між ними. Запропоновані в статті методологічні підходи до розробки і побудови інтегрованих систем управління космічними апаратами можуть бути використані для розробки і модернізації автоматизованих систем управління КА у вітчизняних системах управління.*

**Ключові слова:** космічний апарат, інтегрована автоматизована система управління.

## INTEGRATED AUTOMATED CONTROL SYSTEM SPACE VEHICLE

Zagorulko A.M.

*In the article the comparative analysis of methodical approaches is resulted to the construction of the automated control of spacecraft, the variants of construction of the integrated automated control systems are offered spacecraft for the terms of single-point technology of management, by which the different aspects of their functioning and connection are reflected between them. Methodological approaches offered in the article to development and construction of the integrated control of spacecraft can be used for development and modernization of the automated control systems spacecraft in the domestic control systems.*

**Keywords:** space vehicle, integrated automated control system.