



УДК 629.195.2, 65.011.56

А. Б. Вершинин, М. В. Некрасов, Д. Н. Пакман

*ОАО «Информационные спутниковые системы» им. акад. М. Ф. Решетнева»,
г. Железнодорожск, Красноярский край, Россия*

ПОСТРОЕНИЕ УНИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЦЕНТРАХ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЁТАМИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Рассматривается общая структура автоматизированной системы управления (АСУ) космическим аппаратом (КА). Анализируются проблемы обработки телеметрической информации в контуре АСУ. Предлагается идеология построения унифицированной системы обработки телеметрической информации (ТМИ) в центрах управления полётами (ЦУП) космических аппаратов.

Ключевые слова: система управления, космический аппарат, центр управления, телеметрия.

A. B. Vershinin, M. V. Nekrasov, D. N. Pakman

*JSC «Academician M.F. Reshetnev «Information Satellite Systems»,
Zheleznogorsk, Russia*

DEVELOPMENT OF THE UNIFIED TELEMETRY INFORMATION-PROCESSING SYSTEM IN THE SPACECRAFT CONTROL CENTERS

The article describes the general structure of automated spacecraft control system and problems concerning telemetry processing in an automated spacecraft control circuit. The article also presents an ideology of creating a unified telemetry processing system in spacecraft mission control centers.

Key words: control system, spacecraft, command center, telemetry.

Автоматизированная система управления космическим аппаратом (АСУ КА) [1, 2] представляет собой совокупность бортовых и наземных средств управления с необходимым математическим обеспечением, предназначена для организации работы бортовых систем КА в течение всего времени его активного существования. Она включает в себя:

- бортовой комплекс управления (БКУ);
- наземный комплекс управления (НКУ).

Указанные составляющие АСУ КА являются самостоятельными функциональными звеньями, решающими определённые задачи управления в контуре системы.

Важнейшие задачи БКУ – сбор телеметрической информации о текущем состоянии бортовых систем, её обработка, сжатие, хранение и выдача по требованию специалистов наземного комплекса управления.

Наземный комплекс управления [2] предназначен для непрерывного выполнения задач управления космическими аппаратами и их орбитальной группировкой (ОГ) в целом, контроля полётов КА и поддержания задан-

ных технических и баллистических их характеристик. Обеспечение решения этих задач определяет состав НКУ. Как правило, в его состав входят следующие элементы:

- центр управления полётом;
- наземные командно-измерительные станции (КИС);
- станции приёма телеметрической информации;
- корреляционно-фазовые пеленгаторы;
- система связи и передачи данных.

20

Решение задач управления космическими аппаратами осуществляется с помощью аппаратно-программных средств НКУ КА, являющегося составной частью наземного комплекса управления единой системы спутниковой связи. В структуре НКУ циркулирует информация различных видов, основными из которых являются: разовые и программные команды, командно-программная информация, результаты функционального контроля, баллистическая и телеметрическая информация. В сложной автоматизированной системе управления, какой является АСУ КА, особую роль играет реакция управляемого космического аппарата на управляющие воздействия, а именно телеметрическая информация, поступающая с передающих устройств КА по радиолинии и содержащая сведения о состоянии и режимах функционирования его бортовой аппаратуры, выполнении лётных программ и реакции аппарата на управляющие воздействия [1–3].

Процесс сбора телеметрической информации о состоянии КА, её передачи и представления конечному пользователю (оператору управления, системному специалисту) представляет собой многоступенчатую процедуру, включающую в себя ряд этапов.

Этап *сбора и передачи телеметрической информации* [3] реализуется бортовой аппаратурой телесигнализации (БАТС), установленной на средствах БКУ. На этом этапе обеспечивается решение следующих задач: сбора и обработки информации от датчиков аппаратными средствами БАТС; аналогово-цифрового преобразования данных; их размещения в оперативной памяти БАТС; взаимодействия с бортовым цифровым вычислительным комплексом (БЦВК); формирования и выдачи в бортовую КИС телеметрического сообщения в виде псевдокадров.

Этап *предварительной обработки телеметрической информации* (ОТИ) реализуется

средствами наземной КИС в составе НКУ. На указанном этапе решаются задачи: приёма телеметрической информации наземной командно-измерительной системой; идентификации ТМ-сигнала, его нормализации и усиления; аналогово-цифрового преобразования информации средствами КИС; выделения синхропосылки, анализа служебной части кадра, нарезки потока ТМИ на псевдокадры; привязки псевдокадров к московскому декретному времени; формирования блоков информации для передачи в каналы связи; передачи сформированных блоков ТМИ в систему автоматизированной обработки данных пункта (САО-П).

Этап *первичной обработки телеметрической информации* реализуется САО-П и обеспечивает передачу ТМИ по соответствующему протоколу информационного взаимодействия в систему автоматизированной обработки данных центра (САО-Ц).

Окончательный этап – *вторичной обработки информации, её анализа и представления* – реализуется аппаратно-программными средствами ЦУПа, входящими в состав НКУ, по результатам первичной обработки данных и позволяет путём расчётов определять необходимые характеристики работы бортовых систем. На этом этапе обеспечивается решение следующих задач: приёма информационных потоков от САО-Ц; распределения потоков ТМИ по рабочим станциям ЦУПа; расчёта первичных и вторичных параметров, а также параметров алгоритма обобщённого контроля состояния КА и систем; анализа результатов обработки телеметрической информации; представления данных операторам управления и системным специалистам.

Общая схема приёма-передачи ТМИ приведена на рис. 1.

В настоящее время центры управления полётом космического аппарата (ЦУПы КА) организуются на базе аппаратно-программного комплекса, состоящего из нескольких функциональных секторов (рис. 2).

Рассмотрим сектор обработки телеметрической информации, основными задачами которого являются:

- получение и обработка ТМИ в режиме непосредственного приёма;
- приём и обработка отчётов БЦВК;
- автоматизированный обобщённый контроль и диагностика состояния КА по ТМИ

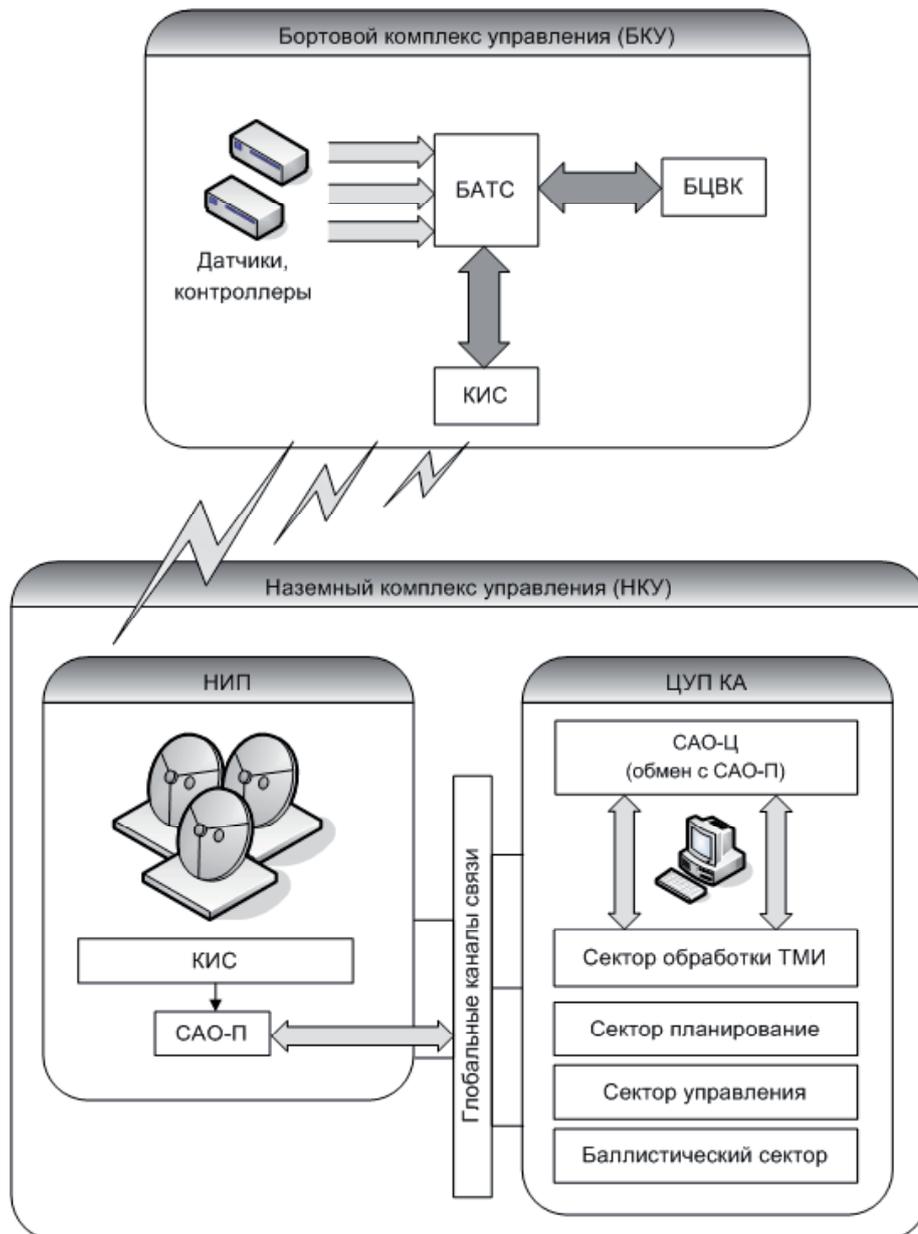


Рис. 1. Поток телеметрической информации в контуре АСУ КА

- в течение всего срока активного его существования;
- управление станциями приёма ТМИ;
- обмен различными видами информации с элементами НКУ, внешними организациями и комплексами;
- представление результатов обработки телеметрической информации системным специалистам и операторам управления.

Для решения общей целевой задачи управления КА и поддержания его активного существования между секторами ЦУПа осуществляется информационно-логическое взаимодействие. Частью такого взаимодействия является и обмен телеметрической ин-

формацией по соответствующей схеме (см. рис. 2). Информационное взаимодействие между секторами осуществляется на программном уровне с использованием локально-вычислительной сети ЦУПа.

Основными потребителями ТМИ в ЦУПе КА являются операторы управления (анализаторы) и системные специалисты. В их задачи, в частности, входят анализ состояния всех космических аппаратов орбитальной группировки и определение рекомендаций по управлению КА.

До настоящего времени подход к разработке СПО ОТИ и его функциональному структурированию определялся требованиями-

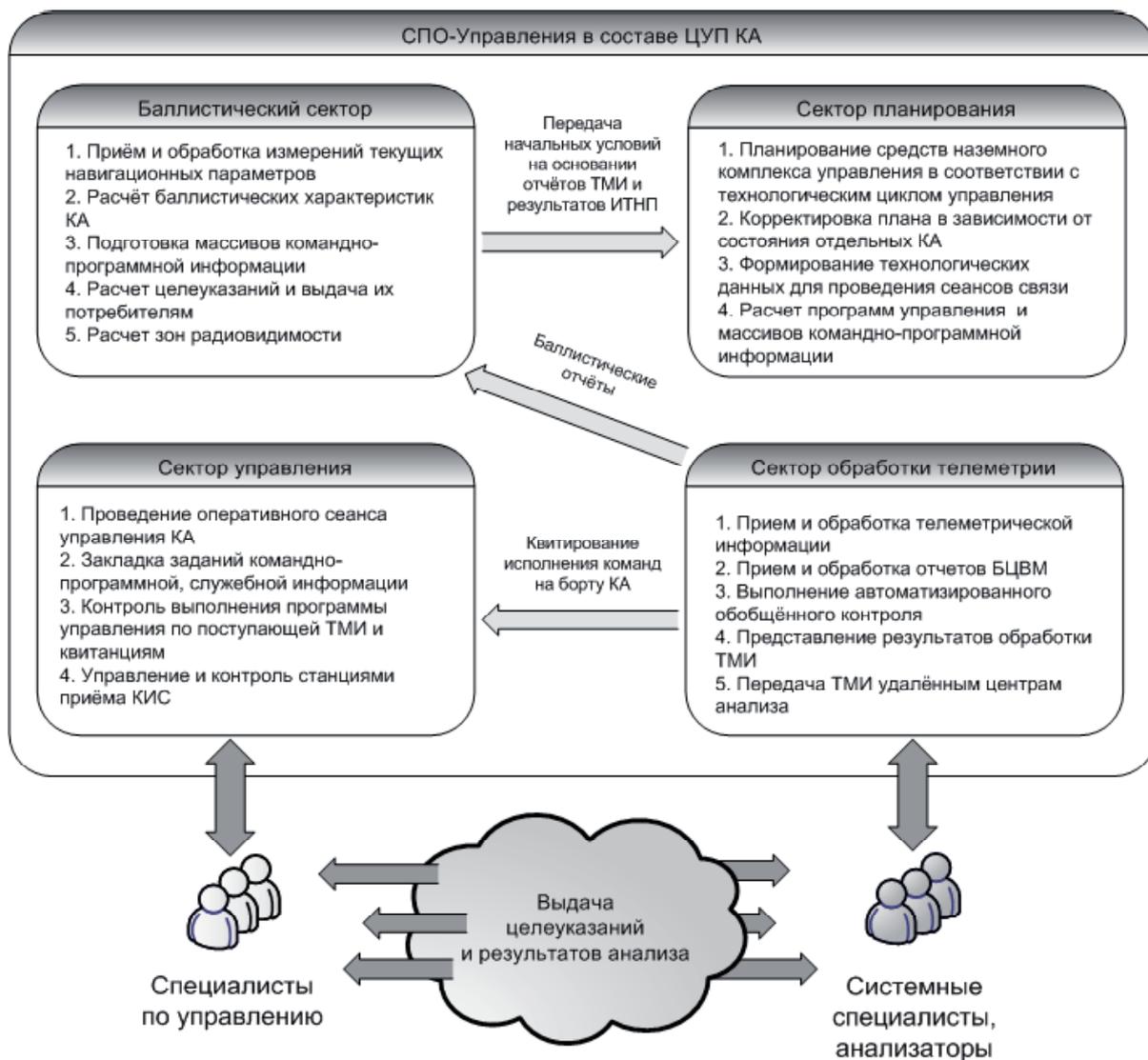


Рис. 2. Циркуляция ТМИ внутри СПО ЦУПа КА: СПО – специальное программное обеспечение; ИТНП – измерение текущих навигационных параметров

ми, предъявляемыми специалистами по управлению конкретным КА и заложенными аппаратными характеристиками ЦУПа, что привело к наличию большого числа различных версий программного обеспечения для каждого из аппаратов или орбитальной их группировки. Сложившаяся ситуация препятствовала эффективному техническому сопровождению программного обеспечения, включая его наращивание и модернизацию. Увеличение числа и типов космических аппаратов, разрабатываемых в ОАО «Информационные спутниковые системы» им. М. Ф. Решетнёва, ещё больше обострило данную проблему.

Таким образом, актуальной стала задача унификации СПО ОТИ, т.е. создание единой системы обработки телеметрической информации. Решение обозначенной проблемы по-

зволит обеспечить гибкость функциональной архитектуры программного обеспечения, а также его независимость от обслуживаемого космического аппарата.

В результате проведения тщательного системного анализа существующих комплексов обработки ТМИ была разработана идеология построения СПО ОТИ, на базе которой был спроектирован унифицированный программный комплекс. Данная идеология, прежде всего, сформирована на основе опыта создания подобных программных продуктов и требований к телеметрическому обеспечению ЦУПа и общих принципов построения АСУ [4, 5], из которых можно выделить следующие:

- системность, предопределяемую:
- наличием функциональных и информационных связей в системе;

- разделением функциональных задач системы между отдельными модулями на основе методов системного анализа;
- гибкость программного обеспечения и совместимость его функциональных характеристик, обусловленные:
- модульностью программного обеспечения, возможностью его расширения и изменения в соответствии с решаемыми задачами;
- независимостью от операционной системы;
- определением ключевых задач протоколов информационного взаимодействия с сопрягаемыми элементами системы;
- автоматизации работы модулей системы, для чего требуется:
- определение минимально необходимой входной информации;
- минимизация степени участия человека в управлении системой;
- обеспечение заданной степени обобщения выходной информации для передачи в смежные модули управления;
- заданный уровень функциональности системы, обеспечивающий:
- получение, обработку и хранение телеметрической информации различных типов;
- автоматизированный контроль и диагностику состояния КА по ТМИ;
- эффективное представление результатов обработки ТМИ.

Основываясь на описанных принципах, можно выделить несколько программных комплексов:

- комплекс программ (КП) подготовки исходных данных (ПИД). Исходя из логики обработки телеметрической информации в соответствии со структурами, формируемыми посредством БЦВК, данный комплекс обеспечивает формирование унифицированных структур для обработки ТМИ, поступающей в ЦУП КА. Указанный комплекс, помимо логики обработки параметров, определяемых на борту, позволяет формировать группу параметров обобщенного контроля состояния КА, которые, в свою очередь, могут быть выстроены в многоуровневую иерархию параметров, начиная от первичных параметров (формируемых на основе бортовых датчиков) и заканчивая параметрами, описывающими систему КА и аппарат в целом;
- комплекс программ сервера обработки телеметрической информации (КП СОТМИ),

предназначенный для проведения сеансов связи с различными космическими аппаратами при использовании различных наземных измерительных пунктов. Упомянутый комплекс программ является серверным инструментом приёма-передачи ТМИ, обеспечивающим подготовку к сеансу обработки данных, его проведение, сохранение результатов в центральной базе данных (БД) ЦУПа, а также выдачу информации на рабочие места для её обработки;

- комплекс программ рабочего места телеметриста (РМТМ), представляющий собой телеметрического клиента и взаимодействующий с сервером обработки ТМИ, обеспечивающий первичную и вторичную обработку данных, обработку параметров обобщенного контроля, построение отвечающих им зависимостей, обработку отчётов бортовых вычислительных комплексов;
- комплекс программ мнемонического представления телеметрической модели (МПТМ), также представляющий собой телеметрического клиента, взаимодействующего с телеметрическим сервером в части приёма поступающей с космического аппарата ТМИ. Основная особенность данного комплекса заключается в представлении результатов анализа телеметрической информации в виде мнемонических схем. Выделение графических функций в отдельный программный комплекс позволило разгрузить КП РМТМ и обеспечить более быстрый анализ общего состояния КА;
- комплекс программ проведения внесеансных работ (ПВР), предоставляющий оператору управления возможность выбора и анализа телеметрической информации из архивов в режиме послесеансной обработки;
- комплекс программ обмена файлами телеметрической информации (ОФТМИ), разработанный с целью передачи данных по защищённым каналам и обеспечивающий сеансовую передачу ТМИ на средства потребителя через глобальные каналы связи.

Схема разработанной системы обработки ТМИ представлена на рис. 3.

Комплекс программ СПО ОТИ прошёл успешную тестовую эксплуатацию и внедрён в ряде ЦУПов различного назначения. Гибкость и системность разработанного комплекса позволили удовлетворить на практике

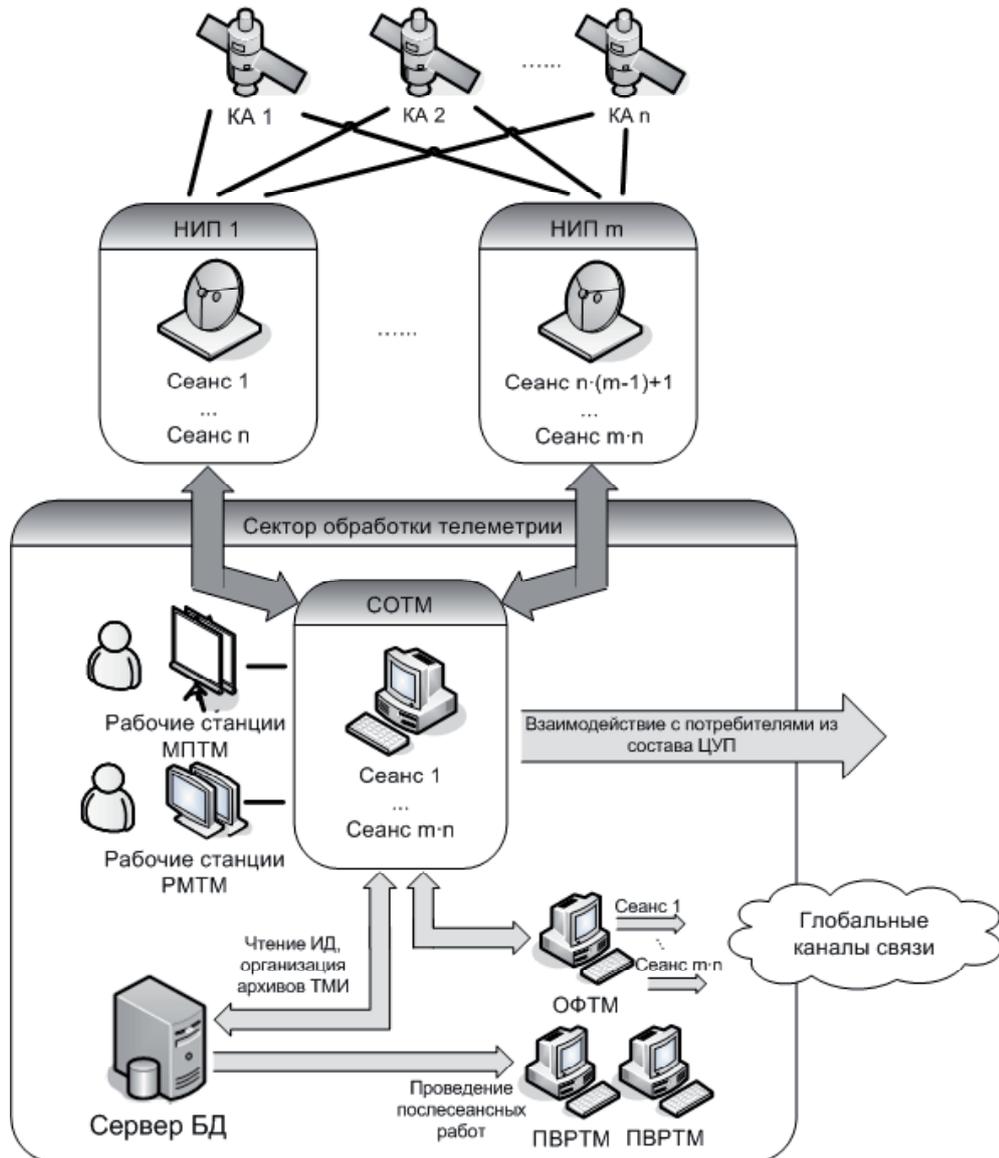


Рис. 3. Схема взаимодействия СПО ОТИ

требования различных эксплуатирующих организаций в плане обработки телеметрической информации и обеспечили эффективную техническую поддержку программного обеспечения этого процесса.

В качестве перспектив разработанного СПО ОТИ можно отметить наметившееся слияние программных комплексов РМТМ и ПВР, а также наращивание графического аппарата КП МПТМ.

Библиографические ссылки

1. Спутниковые системы связи и вещания. 2007: [Науч.-техн., справ.-аналит. изд.]. М.: Радиотехника, 2008. Вып. 2. 441 с.

2. Соловьев Ю. А. Системы спутниковой навигации. М.: Эко-Трендз, 2000.
3. Переверткин С. М., Кантов А. В., Бородин Н. Ф. и др. Бортовая телеметрическая аппаратура космических летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1977. 208 с.
4. Загоруйко А. Н., Богомья В. И. Основные принципы построения унифицированной автоматизированной системы управления КА ДЗЗ. – <http://www.pryroda.gov.ua/ua/index.php?newsid=725>
5. Шабалина О. А. Лекции по курсу «ТОАУ» // Волгоградский государственный технический университет, факультет электроники и вычислительной техники. – http://fevt.vstu.ru/files/materials/TOAY/lec3_1.doc