УДК 621.7

**Разработка требований к программно-техническим средствам**

**информационно-телеметрических систем**

**Т.С. Аббасова**, к.т.н. доцент,

**А.П. Мороз**, д.т.н. профессор,

**И.М. Белюченко**, д.т.н. профессор,

**Ю.В. Стреналюк**, д.т.н. профессор,

Государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования Московской области

«Технологический университет», г. Королев, Московская область

*Проведена классификация компонентов информационно-телеметрических систем. Определены единые базовые специальные программные компоненты для устройств информационно-телеметрического обеспечения технологий дистанционного зондирования Земли. Проанализированы принципы работы наземного комплекса управления и организация информационного обмена между наземным комплексом управления и другими компонентами наземной космической инфраструктуры. На основе проведенного анализа даны рекомендации по организации работы служб центра управления полетом.*

Система управления, база данных, отображение и документирование, коммуникационная система.

**The development of requirements for software and hardware**

**information and telemetry systems**

**T.S. Abbasova**, Ph.D. assistant professor,

**А.Р. Moroz**, Ph.D. Professor,

**I.M. Belyuchenko**, Ph.D. Professor,

**Yu.V.** **Strenalyuk**, Ph.D. Professor,

State Educational Institution of Higher Education

Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

*The classification of the components of information and telemetry systems. Identify a single specific basic software components for providing information and telemetry technologies for remote sensing devices. Analyzed the principles of ground control and organization of information exchange between ground control and other components of space infrastructure. Based on the analysis recommendations on the organization of the center flight control services.*

Management system, database, mapping and documentation, communication system.

**Введение**

Информационно-телеметрические системы осуществляют прием и обработку телеметрической информации и включают приемо-передающее и вспомогательное оборудование (имитаторы сигналов, конверторы, нормализаторы сигналов, антенные устройства), а также кабельные сети. На подвижных объектах (ракетах, космических аппаратах) телеметрическое оборудование применяется для наблюдения за процессом ракетного запуска, для получения информации о параметрах внешней среды (температуры, ускорений, вибраций), об энергоснабжении и энергозатратах, о точном выравнивании антенны и времени распространения сигнала на длинных дистанциях (при космическом полёте). Для эффективной передачи, хранения и защиты телеметрических данных актуальна  разработка требований к программно-техническим средствам современных информационно-телеметрических систем на базе вычислительной техники [1...5].

**Разработка требований к специальному программному обеспечению информационно-телеметрических систем**

Компоненты информационно-телеметрических систем по выполняемым функциям можно разделить на пять основных групп:

1)   «Система управления информационно-вычислительным процессом» (СУ ИВП) – предназначена для организации решения задач информационно-вычислительного комплекса (ИВК) центра управления полетом (ЦУП) с учетом временных ресурсных и технологических ограничений, требований по надежности, оперативности и достоверности обработки информации.

2)   Компонент «база данных» – предназначен для создания, ведения и использования БД.

3)   «Система отображения и документирования» – предназначена для обеспечения доступа оператора к ресурсам ИВК ЦУП.

4)   «Коммуникационная система» – предназначена для обмена информацией между системами ИВК и внешними абонентами.

5)   «Система администрирования» – предназначена для интеграции разрабатываемых компонент в систему администрирования, поддерживаемую операционную систему (ОС).

Решение задач управления космическим аппаратом (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предполагает выполнение полного комплекса технологических операций по сбору и обработке информационных потоков, расчету и формированию данных для осуществления:

-   долгосрочного и оперативного планирования работы с КА, задействования средств НКУ и других средств контура управления;

-   подготовки к выдаче на борт КА командно-программной информации для управления работой бортовых систем КА;

-   контроля, анализа, диагностики и обобщения информации о состоянии бортовых систем КА;

-   навигационно-баллистического обеспечения управления КА;

-   обмена информацией со средствами наземного комплекса управления (НКУ), наземного комплекса обработки (НКО), организациями и комплексами, участвующими в управлении полетом.

Типовая схема наземной космической инфраструктуры приведена на рисунке 1.

**Рисунок 1 – Типовая схема наземной космической инфраструктуры**

В НКУ и НКО для соединения рабочих станций сотрудников используются каналы связи, у которых требования к пропускной способности не превышает 100 Мбит/с, поэтому в качестве среды передачи используется неэкранированные кабели UTP 6-ой категории (патч-корды), экранированные кабели STP 7-ой категории (каналы связи до коммутаторов, которые объединяют подсети). Между коммутаторами и для соединения с серверами используется оптоволоконными кабели.

Специальное программное обеспечение (СПО), реализующее перечисленные операции, должно функционировать в рамках основных подсистем: информационно-телеметрического, командно-программного, навигационно-баллистического обеспечения и подсистемы связи и передачи данных.

Подсистема навигационно-баллистического обеспечения должна строиться таким образом, чтобы решать широкий класс задач и реализовывать технологии наземного базирования объекта (НБО). Одновременно, закладываемые в СПО подсистемы НБО принципы должны обеспечивать масштабируемость программного комплекса для наращивания функциональных возможностей и повышения точности расчетов, а также решать задачи научно-прикладного характера и моделирования перспективных технологий НБО.

Основу подсистемы должны составлять единые базовые специальные программные компоненты, реализующие:

-   унифицированную математическую модель движения КА;

-   расчет аналогов навигационных измерений;

-   расчет данных Астрономического Ежегодника;

-   преобразование систем координат;

-   преобразование временных параметров в специальные форматы и системы отсчета;

-   специальные математические вычисления, включая операции линейной алгебры;

-   организацию стандартных вычислительных процессов НБО, интерактивное задание типовых исходных данных, управление документированием результатов счета и др.

Базовые специальные программные компоненты должны строиться исходя из принципов унификации, что позволит реализовать широкий класс технологий НБО и обеспечит расширение функциональных возможностей программного обеспечения при эволюции ЦУП.

Информационно-телеметрическая подсистема СПО ЦУП должна обеспечивать возможность в полном объеме осуществлять комплекс технологических операций контроля, анализа и диагностики и обобщения информации о состоянии бортовых систем и КА в целом при летных испытаниях, штатной эксплуатации и нештатных ситуациях. В рамках информационно-телеметрической подсистемы решаются задачи предварительной и первичной автоматизированной обработки контрольной информации, поступающей с КА, хранения, отображения и документирования результатов обработки контрольной информации в интересах расчета исходных данных для управления КА, прогнозирования работы бортовых систем, анализа нештатных ситуаций, возникающих на борту КА и выработки рекомендаций по выходу из них.

Оперативные программные компоненты информационно-телеметрической подсистемы должны обеспечивать обработку телеметрической информации близко к реальному времени поступления информации в ЦУП. Одновременно в составе СПО должны быть хорошо развиты программные компоненты для детального апостериорного анализа контрольных параметров.

Базовым средством информационно-телеметрической подсистемы является комплекс программных компонент, обеспечивающих предварительную, первичную и вторичную обработку телеметрической информации (ТМИ). В процессе предварительной обработки должно осуществляться устранение функциональной избыточности и повышение достоверности датчиковой информации и привязка ее ко времени, формирование массивов цифровой информации (МЦИ), устранение аппаратной избыточности МЦИ.

Для обеспечения работы базовых программных компонент разрабатываются программные средства информационной группы, обеспечивающие их настройку и функционирование, а также программные компоненты для подготовки исходных данных на обработку, отображение, документирование и хранение информации.

Базовым компонентом информационно-телеметрической подсистемы СПО ЦУП, обеспечивающем апостериорный анализ контрольных параметров, является архивно-диалоговая система. В ее функции входит накопление, систематизация, каталогизирование, хранение текущей и справочной информации по КА, формирование текущей и интервальной оценки качества ТМИ, документирование ТМИ

В составе информационно-телеметрической подсистемы должны быть разработаны компоненты, обеспечивающие анализ нештатных ситуаций, возникающих на борту КА, диагностику неисправностей КА с выдачей рекомендаций по восстановлению его нормального функционирования. В том числе должны быть созданы программные компоненты, обеспечивающие нестандартную обработку ТМИ по специально разрабатываемым алгоритмам.

Подсистема командно-программного обеспечения СПО ЦУПдолжна обеспечивать непосредственное управление КА и средствами НКУ. В составе подсистемы должны быть разработаны следующие программные компоненты:

-   комплекс программ долгосрочного и оперативного планирования работ с группировкой КА и отдельными КА;

-   программные средства формирования и корректировки планов сеансов связи с КА;

-   программные средства для формирования и корректировки данных, необходимых для проведения сеансов связи с КА;

-   программные средства долгосрочного и оперативного планирования работы средств НКУ;

-   программные средства расчета, формирования и оперативной коррекции технологического графика управления;

-   программа расчета числовой информации для бортовых систем КА с целью формирования программы работ бортовой аппаратуры, коррекции бортовой шкалы времени, фазирования и подстройки бортового синхронизирующего устройства;

-   программный компонент формирования массивов командно-программной информации;

-   программы формирования и выдачи на борт КА через контрольно-измерительную станцию (КИС) команд и программ управления, контроля исполнения команд управления, защиты от несанкционированной выдачи командно-программной информации на борт КА;

-   программные средства расчета и отображения планируемой временной диаграммы полета КА;

-   программные средства, обеспечивающие контроль выполнения технологических операций, включенных в программу работ на заданном временном интервале.

-   архивно-диалоговые информационные компоненты, обеспечивающие отображение и документирование информации из архива.

Подсистема обмена информацией со средствами НКУ, организациями и комплексами, участвующими в управлении полетом КА разрабатывается со стороны ЦУП на базе готовых схемотехнических решений, представляемых общесистемными компонентами программного обеспечения ЦУП. Развитие программного обеспечения должно идти эволюционно, по мере появления в контуре новых внешних абонентов.

Вспомогательные подсистемыСПО ЦУП, предназначенные для автоматизации деятельности персонала и служб ЦУП, могут быть по составу разбиты на следующие группы:

-   комплекс программ управления персоналом (учет кадров, планирование состава дежурных смен и др.);

-   информационно-справочная подсистема, обеспечивающая процесс принятия решений;

-   система управления документооборотом, обеспечивающая учет, регистрацию, хранение и контроль исполнения документов.

**Реализация вспомогательных информационно-телеметрических систем**

Реализация вспомогательных систем должна производиться параллельно созданию основных подсистем СПО ЦУП.

В состав НКУ входят наземные станции командно-измерительных и измерительных систем. Эффективное управления разнотипными станциями возможно только при наличии развитого программного обеспечения средств ЦУП.

Программное обеспечение ЦУП, используемое для управления средствами НКУ выполняет следующие функциональные задачи:

-   планирование работы средств НКУ, в соответствии с технологическим циклом управления КА;

-   обеспечение взаимодействия по сетевому протоколу между средствами ЦУП и станциями НКУ;

-   формирование и выдача КУ;

-   контроль состояния станции НКУ;

-   мониторинг состояния станции НКУ по информации функционального контроля.

Поскольку большинство станций НКУ являются не обслуживаемыми, на оператора ЦУП ложится дополнительная нагрузка для поддержания НКУ в работоспособном состоянии.

Общая задача дистанционного контроля и управления станциями НКУ может быть декомпозирована на следующие составные части:

-   постоянный обобщенный контроль состояния всех наземных станций и отображение сводных сведений о их состоянии в виде укрупненной мнемосхемы на терминале Сервера отображения и документирования (на этом же терминале отображается также обобщенное состояние всех КА, и также плановая информация).

-   полный постоянный контроль состояния и конфигурации любой подсистемы приема ТМИ, а так же дистанционное управление ею с пульта рабочей станции обработки ТМИ из состава АРМ управления;

-   полный контроль состояния и конфигурации любой станции КИС, а также дистанционное управление ею в ходе сеанса управления КА с пульта рабочей станции управления из состава АРМ управления;

-   прием, обработка, хранение и отображение послесеансной отчетной информации, поступающей по запросу ЦУП со станций НКУ;

-   предоставление оператору ЦУП различных отчетных форм по работе станций НКУ.

Технология дистанционного контроля и управления станциями НКУ с использованием аппаратно-программного комплекса ЦУП проиллюстрирована на рисунке 2.

Принцип работы можно разделить на следующие этапы:

1.    На Сервере отображения и документирования загружается задача обобщенного контроля состояния всех наземных станций КИС. На его терминале в виде укрупненной мнемосхемы представляется состояние всех КА и станций, а также сведения о запланированных на ближайшее время сеансах управления. Обеспечиваются визуальная и звуковая сигнализация при обнаружении нештатной ситуации на любом КА или станции, а также оповещение оператора о приближении запланированного сеанса управления. Эта же информация может отображаться и на табло коллективного пользования.

2.    На любой рабочей станции обработки ТМИ из состава любого из трех АРМ управления загружается задача обработки потока ТМИ и информации функционального контроля с одной наземной станции. Помимо отображения ТМИ КА, на терминале этой рабочей станции в алфавитно-цифровом и графическом виде представляется также техническое состояние и комплектация аппаратуры соответствующей станции. Представляются средства управления режимами и конфигурацией технических средств станции. Статистика по эксплуатации станций помещается в Базу данных ЦУП.

**Рисунок 2 – Схема дистанционного контроля и управления станциями НКУ**

3.        В ходе сеанса управлении КА на рабочей станции управления загружается задача проведения сеанса управления из состава специального программного обеспечения планирования и командно-программного обеспечения. Эта задача обеспечивает выдачу управляющих воздействий как на КА, так и на задействованную в этом сеансе станцию КИС. На терминале этой рабочей станции отображается также информация о техническом состоянии и конфигурации аппаратуры этой станции КИС. Все статистические сведения о проведенных сеансах управления автоматически помещаются в Базу данных ЦУП.

4.        По завершению сеанса управления, из ЦУП запрашивается отчетная информация станции КИС. Она содержит сведения о режимах работы аппаратуры, перечень принятых управляющих воздействий и т.п. и записываются в Базу данных ЦУП. Эти действия обеспечиваются задачей из состава специального программного обеспечения планирования и командно-программного обеспечения и могут выполняться с АРМ планирования или с рабочей станции управления из состава АРМ управления.

5.        Выборка статистической информации из Базы данных ЦУП и оформление ее в формате различных отчетных форм обеспечивается Информационно-справочной системой, входящей в состав специального программного обеспечения планирования и командно-программного обеспечения.

**Разработка структура информационно-вычислительного комплекса центра управления полетами**

Проанализируем двухуровневую и трехуровневую архитектуру.

Двухуровневая архитектура*.*Логическая и физическая структура информационно-вычислительного комплекса (ИВК) центра управления полетов (ЦУП) двухуровневой архитектуры представляет собой набор элементов двух типов: приложений клиентов и серверов доступа к совместно используемым распределенным ресурсам системы [6…8]. Обобщенная архитектура вычислительной системы, построенной на основе двухуровневой технологии «клиент-сервер», представлена на рисунке 3. Недостатками данного подхода с точки зрения его применения при построении ИВК ЦУП являются: отсутствие возможности централизованного управления прикладным уровнем программного обеспечения и, как следствие, сложность организации автоматизированного режима функционирования программного обеспечения (ПО) ЦУП; двухуровневая технология «клиент-сервер» не позволяет реализовать требование к рациональному использованию интегральной вычислительной мощности ИВК; отсутствие централизованно распределяемого общего ресурса вычислительной мощности, что значительно снижает эксплуатационные характеристики и надежность системы, увеличивает ее стоимость; нерациональное распределение вычислительных ресурсов системы в целом – большая их часть сконцентрирована на рабочих станциях, обеспечивающих интерфейс с пользователем.

**Рисунок 3 – Обобщенная архитектура вычислительной системы**

Преодоление вышеперечисленных недостатков двухуровневой реализации технологии «клиент-сервер» может быть достигнуто внесением еще одного уровня в архитектуру системы.

Трехуровневая архитектура*.*Обобщенная трехуровневая архитектура представлена на рисунке 3. В основу ее модели положен принцип, согласно которому декомпозиция больших сложных задач не только упрощает, но и ускоряет их выполнение. В трехуровневой, или многоуровневой, модели приложения делятся на подсистемы (сервисы), каждая из которых функционирует на отдельной машине. Как правило, существуют три группы подобных подсистем: для обслуживания пользователей (расположены на локальных рабочих станциях), для обслуживания приложений (выполняются на специализированных серверах приложений) и для обслуживания данных (размещены на серверах БД и называются также репозиториями данных).

**Рисунок 4 – Трехуровневая архитектура «клиент – сервер»**

Эти службы могут работать как на индивидуальных серверах, так и на мини-ЭВМ и даже мэйнфреймах. Повышение производительности в рамках такой модели происходит за счет того, что серверы БД и приложений способны одновременно обрабатывать запросы сразу от нескольких приложений [9…13].

**Выводы**

В трехуровневых информационно-телеметрических системах обработка, связанная с особенностями функционирования системы, выполняется не на клиентских машинах, а на специализированном сервере приложений. Таким образом, интерфейс пользователя, прикладные алгоритмы и работа с БД выделяются в три самостоятельных компонента. Каждый из них реализован на базе собственной программной и аппаратной архитектуры и выполняет свои определенные функции.

Как и в двухуровневых системах, интерфейс пользователя исполняется на недорогих однопользовательских настольных машинах. Серверы БД могут располагаться на серверах большой или средней мощности либо на мэйнфреймах. Прикладная обработка обычно переносится из нестабильной среды настольного компьютера в более надежный центр обработки данных. Анализ тенденций развития новых информационных технологий показывает, что данная технология является в настоящее время доминирующей при реализации сложных проектов, основанных на распределенной архитектуре построения вычислительной системы. Ее применение позволит избежать революционных изменений в процессе создания, развития и совершенствовании ЦУП.

*Литература*

1.    Круглов А.В. Радиообеспечение пилотируемых полетов к Луне и Марсу // Успехи современной радиоэлектроники. Зарубежная радиоэлектроника. 2013. № 1. С. 033-040.

2.    Валов С.Г. Оценка вычислительной эффективности реализации протокола транспортного уровня // Проектирование и технология электронных средств. 2013. № 2. с. 29-34.

3.    Васильев Н.А. Основные проблемы практического внедрения ин-формационных технологий // Мор-ская радиоэлектроника. 2011. № 4. С. 4-6.

4.    Васильев Н.А. Теоретические основы обеспечения качества сложных технических систем. Основные научные проблемы качества // Морская радиоэлектроника. 2010. № 1. С. 28-33.

5.    Вокин Г.Г. Актуальные вопросы оценки качества и эффективности технологий использования космических систем двойного назначения в интересах сферы сервиса // Научно-технический журнал «Стратегическая стабильность». № 1. 2011.

6.    Артюшенко В.М. Оценка экономической эффективности использования автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами в условиях ресурсных ограничений // Вестник поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. 2013. № 5 (31). С. 131–136.

7.    Кучеров Б.А. Проектные решения для автоматизированной системы распределения средств управления космическими аппаратами // Информационно-технологический Вестник. № 3(05). 2015. С. 91-99.

8.    Артюшенко В.М. Повышение эффективности систем спутниковой связи путем оптимизации параметров земных станций // Радиотехника. 2015. № 2. С. 76-82.

9.    Аббасова Т.С. Информационное и программное обеспечение для тестирования производительности сетевых узлов территориально-распределенных центров обработки данных // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2010. № 3, т.6. С. 10-13.

10.              Artyushenko V.M. Increasing Noise Immunity of Electric Communication Channels in High-speed Telecommunication Systems // Biosci., Biotech. Res. Asia.2014. Vol. 11– P. 277-279.

11.              Акимкина Э.Э. Архитектура системы поддержки принятия решений в задачах оперативного анализа данных // Фундаментальные и прикладные научные исследования: сборник статей Международной научно-практической конференции (3 апреля 2016 г, г. Саранск). В 2 ч. Ч.2 // Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС. 2016. С. 6-10 (188 с.).

12.              Аббасов А.Э. Эффективность принятия решений в сложных технических системах // Новые информационные технологии в науке: сборник статей Международной научно-практической конференции (23 апреля 2016 г, г. Киров). В 2 ч. Ч.2 //Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. С. 22-24. – (194 с.).

13.              Аббасов А.Э. Оценка качества программного обеспечения для современных систем обработки информации // Информационно-технологический Вестник. № 3(05). 2015. С. 15-27.