

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТРАБОТКИ СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ СТАНДАРТИЗАЦИЕЙ И УНИФИКАЦИЕЙ СТРУКТУР ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Воронцов В.Л.¹, Давыдов И.А.², Тишкин Р.В.³

Ключевые слова: информационно-телеметрическое обеспечение, программно-технические средства, система информационно-телеметрического обеспечения обработки средств выведения, телеметрируемый объект, телеметрическая информация.

Аннотация

Цель работы: рекомендации по совершенствованию систем информационно-телеметрического обеспечения обработки средств выведения космических аппаратов (СИТО_{св}) стандартизацией и унификацией структур телеметрической информации (ТМИ).

Методы исследования: системный и экспертный анализ, концептуальное моделирование, формализованное описание.

Результаты: систематизацией и детализацией имеющихся знаний показано, что традиционные общие подходы к стандартизации и унификации, заключающиеся в установлении единых правил и устранении неоправданного многообразия, должны быть адаптированы к условиям вынужденного многообразия структур ТМИ и, соответственно, обеспечивать не минимизацию (как цель стремлений) множества рекомендуемых к использованию структур ТМИ, а результативное управление процессом их разработки, направленное на улучшение общих (обобщённых) показателей развития СИТО_{св}. Решена задача существенного улучшения управления развитием отечественных СИТО_{св}.

Практическая ценность: полученные результаты могут быть использованы при выработке мер по улучшению управления развитием отечественных систем информационно-телеметрического обеспечения обработки средств выведения путём стандартизации и унификации структур телеметрической информации.

DOI: 10.24412/1994-1404-2026-1-00-07

Введение

Традиционный общий подход к стандартизации и унификации заключается в установлении единых правил и устранении неоправданного многообразия. Если его применить к структурам ТМИ, то сущности устранения «лишних» структур ТМИ по принципу «бритья Оккама», или выбора из множества применяемых (или рекомендованных) структур ТМИ по возмож-

ности малочисленного множества структур, необходимого для успешного решения задач информационно-телеметрического обеспечения (ИТО), неочевидны. Также неочевиден критерий определения «лишних» (или актуальных) структур ТМИ.

Следует отметить, что в самой телеметрии заложено многообразие, обусловленное многотипностью теле-

¹ **Воронцов Валерий Леонидович**, кандидат технических наук, главный специалист ФГБУ «Российский институт стандартизации», г. Москва, Российская Федерация.

E-mail: a762642@yandex.ru

² **Давыдов Игорь Александрович**, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по качеству АО «Научно-производственное объединение измерительной техники», г. Королёв, Российская Федерация.

E-mail: idavidov@bk.ru

³ **Тишкин Роман Валентинович**, кандидат технических наук, главный конструктор проекта АО «Российские космические системы», г. Москва, Российская Федерация.

E-mail: tishkin.rv@spacecorp.ru

метрируемых объектов⁴ и многообразием измеряемых физических величин (соответственно, многообразием *телеметрируемых параметров* (ТМП)⁵ — от вибропараметров до температурных параметров). Для разнообразных ТМП требуется (соответственно) разнообразная датчикопреобразующая аппаратура, появляется необходимость в формировании разнообразных данных ТМП, осуществляемом практически. Значительный разброс значений частот опроса разнотипных датчиков также способствует многообразию структур данных, формируемых *бортовой информационно-телеметрической системой* (БИТС)⁶.

По телеметрическим каналам, кроме ТМИ, осуществляется передача от других источников информации; в частности, бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ), навигационной аппаратуры потребителя (НАП), средств видеометрии. Данные этих источников информации инжектируют в блоки данных, формируемые БИТС, причём их структуры формируют с учётом требований их потребителей, что также увеличивает вариативность структур данных, формируемых БИТС.

Достаточно грубого анализа (без деталей; он представлен выше), чтобы обнаружить плохо управляемые факторы, являющиеся первопричиной многообразия структур ТМИ. Нет причин ожидать, что в перспективе изменятся тенденции появления новых методов измерений (и, соответственно, принципиально новых ТМП) и новых информационных (дополнительно к вышеупомянутым БЦВМ, НАП, видеометрии), формируемых на телеметрируемых объектах⁷ и передаваемых через БИТС. Следовательно, традиционные подходы к стандартизации и унификации должны быть адаптированы к условиям вынужденного многообразия структур ТМИ. Решения проблемных вопросов, связанных с вышеупомянутым адаптированием, касаются конкретизации способов стандартизации и унификации структур ТМИ, относящихся к системам ИТО отработки средств выведения космических аппаратов (СИТО_{св}) [1,2].

Применённая терминология

Под СИТО_{св} понимаются [1] располагаемые материально-технические, стоимостные, временные, человеческие и другие ресурсы, которыми может воспользоваться оперирующая сторона (в том числе исследователь операции) для достижения цели операции, относящейся к решению задач ИТО отработки средств выведения⁸.

⁴ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

⁵ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

⁶ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

⁷ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

⁸ Надёжность и эффективность в технике : Справочник : В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдеевский (предс.) и др. М. : Машиностроение. Т. 1: Методология. Организация. Терминология / Под ред. А.И. Рембезы. М. : Машиностроение, 1986. 224 с.

Средствами выведения являются прежде всего ракеты-носители (РН) и разгонные блоки (РБ) ракет космического назначения (РКН). Они же обычно являются и *телеметрируемыми объектами*⁹.

Использован также ряд других терминов, определенных ГОСТ 19619-74¹⁰.

Термин «телеметрическая информация», применённый в настоящей работе, следует воспринимать в зависимости от контекста и как специфическую (телеметрическую) информацию¹¹ (как семантическую составляющую сигналов/данных, содержащих ТМИ), и как сигналы/данные, содержащие ТМИ (как это часто встречается в технической литературе и при обсуждении специалистами вопросов, касающихся телеметрии).

Общие сведения о СИТО_{св}

Показан [2] (рис. 1) состав задач ИТО, последовательность их выполнения. Выделены (см. рис. 1) задачи, решаемые СИТО_{св}, а именно:

- формирование ТМИ *бортовой радиотелеметрической системой* (БРТС);
- приёмо-регистрация ТМИ;
- сбор ТМИ в интересах формирования обобщённого массива данных телеизмерений;
- формирование обобщённого массива данных телеизмерений (ФОМДТ).

Если выделенные задачи ИТО отнести к СИТО_{св}, то вход этой системы — *первичные сигналы*¹² (т. е. сигналы на выходах датчиков), а её выход — обобщённые данные телеизмерений (т. е. данные, полученные методами разнесённого приёма [1]).

Актуальность выделенных задач обусловлена тем, что с ними связаны значительные потери ТМИ вследствие влияния неопределённых факторов разной природы [1].

Предложенная СИТО_{св} является частью системы, решающей также задачи ИТО по формированию первичных сигналов (сигналов от датчиков), по сбору ТМИ в интересах экспресс- и оперативной обработки и т. д. (см. рис. 1).

В свою очередь, она актуальна в составе АСУ отработкой ракетно-космической техники на всех этапах её жизненного цикла (АСУ РКТ). Актуальность построения АСУ РКТ связана с целесообразностью использования результатов обработки измерительной информации, полученной при отработке разнообразной РКТ на разных этапах её жизненного цикла, включая изделия РКТ, собираемые в дальнейшем в единые комплексы или системы.

Наиболее важный аспект осуществления АСУ РКТ связан с информационным обеспечением отработки

⁹ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

¹⁰ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

¹¹ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

¹² ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

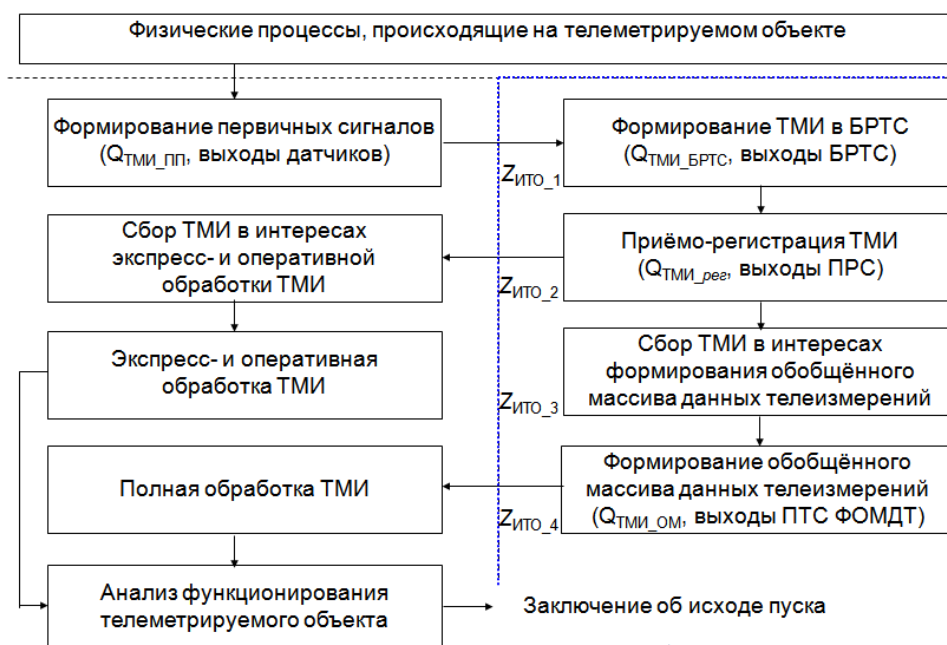


Рис. 1. Задачи информационно-телеметрического обеспечения обработки средств выведения

изделий РКТ. Соответственно, разные системы информационного обеспечения из состава АСУ РКТ (не только СИТО_{СВ} отработки средств выведения [1]) связаны с обработкой разнообразной РКТ (не только средств выведения), с различной измерительной информацией (не только с ТМИ и другой передаваемой по телеметрическим каналам информацией), с разными этапами жизненного цикла РКТ (не только с решением задач ИТО в полётное и послеполётное время).

При построении предполагаемой АСУ РКТ (при развитии предложенной [1] СИТО_{СВ}) желательно учесть следующее:

- элементы, которые целесообразно использовать в составе АСУ РКТ, могут находиться обособленно или в составе других АСУ (см., например, предложения¹³ по созданию интегрированной автоматизированной системы управления технологическими процессами наземных испытаний, предназначенной для контроля и испытаний узлов, агрегатов и РКТ в целом на разных этапах их отработки; предложения [3] по построению АСУ космодрома, предназначенной, в частности, для технического и информационного сопровождения принятия решений, координации действий служб космодрома посредством создания единого организационно-технического механизма, основанного на современных информационных технологиях; комплекс АСУ универсального наземного комплекса, показанный в ГОСТ Р 53802-2010¹⁴ в виде совокупности функционально взаимосвязанных АСУ, предназначенных для

управления процессами подготовки и пуска РКТ или базовой РН с различными РБ с использованием при этом универсальных комплексов в составе вышеупомянутого наземного комплекса; научно-методический аппарат [4] для согласования изменяющихся на различных этапах пуска и полета РКТ потребностей в ТМИ с возможностями каналов связи и т. д.);

- процесс развития и комплексирования функционально взаимосвязанных АСУ (построения интегрированной АСУ) должен быть эволюционным, решение о целесообразности комплексирования должно базироваться на оценках эффекта эмерджентности от его осуществления (в монографии [5] описаны методологические аспекты развития космических систем, связанные с эмерджентностью).

Следует отметить, что при дальнейшем развитии предложенной [1] СИТО_{СВ}, связанном с обеспечением её взаимодействия с различными информационными системами (связанное с построением полноценного АСУ РКТ), актуальность задачи стандартизации и унификации структур ТМИ будет возрастать. Также следует ожидать, что с ростом количества информационных систем, включаемых в состав АСУ РКТ, эта задача будет усложняться.

Общие подходы к стандартизации и унификации структур ТМИ

С целью определения порядка действий по стандартизации и унификации структур ТМИ рассмотрены два альтернативных подхода к их осуществлению: преимущественно административный и проблемно-ориентированный.

Преимущественно административный подход заключается в преобладании чисто административных (волюнтаристских) мер по определению каких-либо

¹³ Везенов В.И. Автоматизация наземных испытаний РКТ на основе современного архитектурного подхода и новых информационных технологий // Цифровая обработка сигналов. 2010. № 3. С. 3—8.

¹⁴ Packet Telemetry, Recommendation for Space Data System Standards CCSDS 102.0-B-5, Issue 5, Blue Book, Consultative Committee for Space Data Systems, November 2000.

радиотелеметрических систем (РТС)¹⁵ в качестве базовых. По сути, устанавливают «прокрустово ложе» в виде базовых РТС, выбранных для определённых РКН (для определённых телеметрируемых объектов). При этом доминируют интересы, касающиеся чьей-то экономической выгоды, «проталкивания» чьих-то разработок.

Проблемно-ориентированный подход касается совершенствования научно-методического обеспечения развития СИТО_{СВ} [1] в части стандартизации и унификации структур ТМИ. При этом ценность результатов определяется [1] общими (обобщёнными) показателями операций совершенствования СИТО_{СВ} (в рассматриваемом случае — стандартизацией и унификацией структур ТМИ) и применения по целевому назначению усовершенствованных СИТО_{СВ}.

В принципе, возможен преимущественно административный подход с обязательным введением ограничений, связанных с выбором базовых РТС для телеметрируемых объектов, и (как следствие) с соответствующим ущербом качеству ИТО (такой подход в настоящее время, собственно, и наблюдается).

Показана [6] важность как научно-технических, так и организационно-технических аспектов развития отечественных СИТО_{СВ}. Предложено [6—8] управление развитием СИТО_{СВ} (регламентирование процесса развития) осуществлять через Рабочую Группу «СИТО_{СВ}». В контексте вышеупомянутого развития отечественных СИТО_{СВ} актуален как административный, так и проблемно-ориентированный подход к стандартизации и унификации структур ТМИ. Другими словами, целесообразно органичное сочетание этих двух подходов, актуален компромиссный подход. Успешная реализация такого подхода связана с регламентированием развития СИТО_{СВ}, осуществляемого через Рабочую Группу «СИТО_{СВ}» с использованием инструментов регламентирования в виде концепции развития отечественных СИТО_{СВ}, соответствующей ей системы стандартов телеметрии, устава Рабочей Группы «СИТО_{СВ}», в которых в необходимой мере должны быть отражены аспекты стандартизации и унификации структур ТМИ.

Некоторые научно-методические аспекты развития СИТО_{СВ}, связанные со структурами ТМИ

Из прошлых работ [1, 6—8 и др.] следует, что ценность отдельных операций совершенствования СИТО_{СВ} (в том числе путём стандартизации и унификации структур ТМИ) зависит от результатов их осуществления, характеризующих общими (обобщёнными) показателями, относящимися к СИТО_{СВ} в целом.

В частности [1],

$$W_{эф_Y_ус} = \langle W_{эф_AY_прим}, W_{эф_C_ус}, W_{эф_T_ус} \rangle, \quad (1)$$

где $W_{эф_Y_ус}$ — общий показатель эффективности совершенствования СИТО_{СВ};

$W_{эф_AY_прим}$ — частный показатель, характеризующий полезный эффект от усовершенствования СИТО_{СВ}, или характеризующий улучшение результата от применения усовершенствованной СИТО_{СВ};

$W_{эф_C_ус} (W_{эф_T_ус})$ — частный показатель, характеризующий материальные (временные) затраты на усовершенствование СИТО_{СВ}, где

$$W_{эф_AY_прим} = \langle \Delta W_{эф_W_ан_Σ}, \Delta W_{эф_C_прим}, \Delta W_{эф_T_прим} \rangle, \quad (2)$$

где $\Delta W_{эф_W_ан_Σ}$ — показатель, характеризующий улучшение качества данных результатов обработки ТМИ, предназначенных для решения задач анализа, вследствие применения усовершенствованной СИТО_{СВ};

$\Delta W_{эф_C_прим} (\Delta W_{эф_T_прим})$ — показатель, характеризующий сокращение материальных затрат (повышение оперативности решения задач ИТО) от применения усовершенствованной СИТО_{СВ}.

Подставив (2) в (1), получим

$$W_{эф_Y_ус} = \langle \Delta W_{эф_W_ан_Σ}, \Delta W_{эф_C_прим}, \Delta W_{эф_T_прим}, W_{эф_C_ус}, W_{эф_T_ус} \rangle. \quad (3)$$

Чтобы показать сущности отношений свойств (характеристик) ТМИ $W_{Q_ТМИ}$ и показателей $\Delta W_{эф_W_ан_Σ}, \Delta W_{эф_C_прим}, \Delta W_{эф_T_прим}$ (3), характеристики $W_{Q_ТМИ}$ условно разделены [1] на следующие три группы:

$$W_{Q_ТМИ} = \{W_{Q_ТМИ_сем}, W_{Q_ТМИ_VT}, W_{Q_ТМИ_ун}\}, \quad (4)$$

где $W_{Q_ТМИ_сем}$ — характеристики семантической составляющей ТМИ, связанные с потерями информации;

$W_{Q_ТМИ_VT}$ — объёмно-временные характеристики ТМИ;

$W_{Q_ТМИ_ун}$ — характеристики ТМИ, связанные с унификацией структур сигналов и данных.

Вышеупомянутые отношения описаны [1] на вербальном уровне. Показано [1], что для их полноценного применения (это применение ориентировано на использование установленных общих показателей $W_{эф_Y_ус}$ (3)) нужны соответствующие единые правила (стандарты). Ниже представлены (табл. 1) лишь описания отношений $\Delta W_{эф_W_ан_Σ}, \Delta W_{эф_C_прим}, \Delta W_{эф_T_прим}$ и $W_{Q_ТМИ_ун}$ (4), отражающие необходимые аспекты настоящей работы.

Показатели эффективности $W_{эф_Y_ус}$ (3) зависят от стратегий операций¹⁶ усовершенствования СИТО_{СВ} $U_{ус}$ и применения $U_{прим}$ по целевому назначению усовершенствованных СИТО_{СВ}. При этом к стратегиям $U_{ус}$ и $U_{прим}$ относятся также стратегии $U_{пти}$ ¹⁷ осуществления программы телеметрических измерений (ПТИ)¹⁸, сущности которых зависят от выбранных РТС (БРТС, БИТС) и, соответствен-

¹⁵ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

¹⁶ Надёжность и эффективность в технике : Справочник : В 10 т. / Редак. совет: В.С. Авдеевский (предс.) и др. М. : Машиностроение. Т. 1: Методология. Организация. Терминология / Под ред. А.И. Рембезы. М. : Машиностроение, 1986. 224 с.; Т. 3: Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. М. : Машиностроение, 1988. 328 с.

¹⁷ Артемьев В.Ю., Воронцов В.Л. О подходах к разработке отечественного стандарта по телеметрии в ракетно-космической и ракетной технике // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 1. С. 32—38.

¹⁸ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

Отношения показателей $\Delta W_{\text{эф}_W\text{ан}_\Sigma}$, $\Delta W_{\text{эф}_C\text{прим}}$, $\Delta W_{\text{эф}_T\text{прим}}$ и улучшенных характеристик качества ТМИ $W_{Q\text{ТМИ}_\text{ун}}$

$\Delta W_{\text{эф}_W\text{ан}_\Sigma}$	$\Delta W_{\text{эф}_T\text{прим}}$	$\Delta W_{\text{эф}_C\text{прим}}$
Уменьшение потерь информации путём реализации новых (выбранных в качестве стандартных, обеспечивающих, например, высокую помехоустойчивость) методов действий над ТМИ, формирования соответствующих (унифицированных) структур ТМИ.	Повышение оперативности решения задач ИТО путём автоматизации процессов сбора и обработки ТМИ, необходимые условия осуществления которой создают формированием унифицированных структур ТМИ (типа пакетов, сегментов, фреймов передачи CCSDS).	Уменьшение материальных затрат на решение задач ИТО сокращением доли ручных операций (автоматизацией). Кроме того, использование стандартных (унифицированных) методов действий над ТМИ, структур ТМИ и соответствующих им ПТС создаёт благоприятные условия адаптирования существующих СИТО _{CB} к изменяющимся задачам ИТО.

но, — режимов информационного обслуживания¹⁹ телеметрируемого объекта. Установлены²⁰ следующие режимы информационного обслуживания: а) регулярный, б) программируемый, в) адаптивный. Соответственно²¹,

$$U_{\text{ПТИ}} = \{U_{\text{ПТИ}_\text{рег}}, U_{\text{ПТИ}_\text{прог}}, U_{\text{ПТИ}_\text{адап}}\}. \quad (5)$$

Известна²² условная классификация по способу формирования блоков данных в БРТС: кадровая и пакетная телеметрия. Для стратегий $U_{\text{ПТИ}_\text{рег}}$ и $U_{\text{ПТИ}_\text{прог}}$ больше подходит кадровая структура ТМИ, для $U_{\text{ПТИ}_\text{адап}}$ — пакетная. Особенность кадровой структуры связана с её жёсткостью, с цикличностью измерений²³. Применение пакетов²⁴ целесообразно в условиях неопределённости значений параметров их структур²⁵.

В работе²⁶ рассмотрены сущности стратегий $U_{\text{ПТИ}}$ (5). Из множества возможных стратегий $U_{\text{ПТИ}}$ выбирают рациональные стратегии $U_{\text{ПТИ}_\text{рац}}$ ($U_{\text{ПТИ}_\text{рац}} \subset U_{\text{ПТИ}}$). Суть выбора описана [6] отображением декартова произведения множеств $U_{\text{ПТИ}}$, $S_{\text{ОИ}}$ и $F_{\text{огр}}$ в множество $U_{\text{ПТИ}_\text{рац}}$:

$$U_{\text{выб}_\text{ПТИ}} : U_{\text{ПТИ}} \times S_{\text{ОИ}} \times F_{\text{огр}} \rightarrow U_{\text{ПТИ}_\text{рац}}, \quad (6)$$

¹⁹ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.; Мановцев А.П. Основы теории радиотелеметрии. М. : Энергия, 1973. 592 с.

²⁰ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.; Мановцев А.П. Основы теории радиотелеметрии. М. : Энергия, 1973. 592 с.

²¹ Артемьев В.Ю., Воронцов В.Л. О подходах к разработке отечественного стандарта по телеметрии в ракетно-космической и ракетной технике // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 1. С. 32—38.

²² Мановцев А.П. Основы теории радиотелеметрии. М. : Энергия, 1973. 592 с.

²³ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.; Мановцев А.П. Основы теории радиотелеметрии. М. : Энергия, 1973. 592 с.

²⁴ ГОСТ Р 56096-2014. Система передачи космических данных и информации. Пакетная телеметрия. М. : Стандартинформ, 2019. 19 с.

²⁵ Lossless Data Compression, Report Concerning Space Data System Standards CCSDS 120.0-G-1, Issue 1, Green Book, Consultative Committee for Space Data Systems, May 1997; Lossless Data Compression, Recommendation for Space Data System Standards CCSDS 121.0-B-1, Issue 1, Blue Book, Consultative Committee for Space Data Systems, May 1997.

²⁶ Надёжность и эффективность в технике : Справочник : В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдеевский (предс.) и др. М. : Машиностроение. Т.3: Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. М. : Машиностроение, 1988. 328 с.

где $S_{\text{ОИ}}$ — множество возможных состояний телеметрируемого объекта ($S_{\text{ОИ}} = \{S_{\text{ОИ}_i}\}, i = 1, 2, \dots, N_{\text{ОИ}}\}$; $F_{\text{огр}}$ — ограничения, относящиеся к СИТО_{CB}, связанные с возможностями осуществления стратегий $U_{\text{ус}}$ и $U_{\text{прим}}$ (прежде всего, с возможностями выбранных РТС);

$U_{\text{выб}_\text{ПТИ}}$ — правила оперирования сведениями, касающимися возможных стратегий $U_{\text{ПТИ}}$ осуществления ПТИ, состояний $S_{\text{ОИ}}$ телеметрируемого объекта и ограничений $F_{\text{огр}}$, с целью получения рациональных стратегий $U_{\text{ПТИ}_\text{рац}}$.

При осуществлении выбора $U_{\text{выб}_\text{ПТИ}}$ (6) рациональные стратегии $U_{\text{ПТИ}_\text{рац}}$ следует идентифицировать по общим (обобщённым) показателям $W_{\text{эф}_Y\text{ус}}$ (3). При этом множества $U_{\text{ПТИ}}$, $S_{\text{ОИ}}$, $F_{\text{огр}}$ (6) представлены²⁷ в качестве факторов, которые нужно учитывать (и по возможности управлять ими), чтобы выбрать стратегии $U_{\text{ПТИ}_\text{рац}}$.

Исходное множество $U_{\text{ПТИ}}$ (5) характеризуют²⁸ количеством $N_{\text{ПТИ}}$ вариантов построения ПТИ ($N_{\text{ПТИ}}$ стратегий множества $U_{\text{ПТИ}}$ (5)). Показано²⁹, что количество $N_{\text{ПТИ}}$ вариантов построения ПТИ зависит от объёма справочных данных $Dt_{\text{спр}}$ ($Dt_{\text{спр}_i} \in Dt_{\text{спр}}, i = 1, 2, \dots, K$), размещаемых в блоках данных, формируемых на телеметрируемом объекте³⁰. Эта зависимость представлена [7] в следующем виде:

$$U_{\text{выб}_\text{ПТИ}} : Dt_{\text{спр}_1} \times Dt_{\text{спр}_2} \times \dots \times Dt_{\text{спр}_i} \times \dots \times Dt_{\text{спр}_K} \rightarrow U_{\text{ПТИ}}. \quad (7)$$

²⁷ Надёжность и эффективность в технике : Справочник : В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдеевский (предс.) и др. М. : Машиностроение. Т.3: Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. М. : Машиностроение, 1988. 328 с.

²⁸ Артемьев В.Ю., Воронцов В.Л. О подходах к разработке отечественного стандарта по телеметрии в ракетно-космической и ракетной технике // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 1. С. 32—38.

²⁹ Артемьев В.Ю., Воронцов В.Л. О подходах к разработке отечественного стандарта по телеметрии в ракетно-космической и ракетной технике // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 1. С. 32—38.

³⁰ Артемьев В.Ю., Воронцов В.Л. О подходах к разработке отечественного стандарта по телеметрии в ракетно-космической и ракетной технике // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 1. С. 32—38.

Справочные данные $Dt_{\text{спр}}$ применяют в технологии пакетной телеметрии CCSDS³¹. Их условно можно разделить на две группы: основные $Dt_{\text{спр-осн}}$ (обязательные) и дополнительные $Dt_{\text{спр-доп}}$ (необязательные). В рекомендуемых CCSDS структурах³² данные $Dt_{\text{спр-осн}}$ могут быть размещены в основных заголовках блоков данных, а $Dt_{\text{спр-доп}}$ — во вторичных заголовках.

Из-за принятых CCSDS ограничений, касающихся атрибутов данных $Dt_{\text{спр}}$ (7), проявляющихся в резервировании некоторых значений данных $Dt_{\text{спр}}$, в исключении неэффективных вариантов ПТИ и т. д.,

$$N_{\text{ПТИ-возм}} > N_{\text{ПТИ}} \quad (8),$$

где $N_{\text{ПТИ-возм}}$ — количество возможных вариантов ПТИ,

$$N_{\text{ПТИ-возм}} = \prod_{i=1}^K 2^{v_i}$$

Показано³³, что комбинированием (7) справочных данных относительно малого объёма K обеспечивается значительное количество $N_{\text{ПТИ}}$ вариантов ПТИ:

$$K \ll N_{\text{ПТИ}}. \quad (9)$$

Наличие справочных данных $Dt_{\text{спр}}$ в блоках данных, принятых наземными ПТС, позволяет осуществлять автоматически преобразование $U_{\text{НС-}U_{r,j}}$ данных i -го уровня ($Dt_{U_{r,j}}$) в данные более высокого ($(i+1)$ -го уровня ($Dt_{U_{r,i+1}}$) (вышеупомянутые уровни относятся к эталонной модели взаимодействия открытых систем):

$$U_{\text{НС-}U_{r,j}}(Dt_{\text{спр-}U_{r,j}}) : Dt_{U_{r,j}} \rightarrow Dt_{U_{r,i+1}}, Dt_{\text{спр-}U_{r,j}} \subset Dt_{U_{r,j}}. \quad (10)$$

Формульные выражения (7), (8) и (9) поясняют (иллюстрируют) правила, согласно которым относительно малый объём (K (9)) используемых справочных данных позволяет целенаправленно формировать многочисленные структуры ТМИ на телеметрируемом объекте (бортовой информационно-телеметрической системой), а также использовать их (10) при формировании соответствующих структур ТМИ наземными приёмно-регистраторами станциями (ПРС). Они отражают сущности технологии пакетной телеметрии CCSDS³⁴, касающиеся управления формированием структур данных.

Рассмотренные³⁵ аспекты множества $U_{\text{ПТИ}}$ (6) актуальны для настоящей работы, но целесообразна до-

полнительная детализация, касающаяся множеств $S_{\text{ОИ}}$, $F_{\text{огр}}$, $U_{\text{ПТИ-рац}}$ (6), связанная с конкретизацией правил $U_{\text{выб-ПТИ}}$ (6), чтобы показать способы наиболее полной реализации возможностей управления формированием структур ТМИ, оцениваемых общими (обобщёнными) показателями $W_{\text{эф-У-ус}}$ (3).

Научно-методические основы наиболее полной реализации возможностей управления формированием структур ТМИ бортовой информационно-телеметрической системой

Действия по стандартизации и унификации структур ТМИ, формируемых БИТС, должны отражать сущности множества телеметрируемых объектов $S_{\text{ОИ}}$ (6), причём как обрабатываемых в настоящее время, так и ожидаемых в перспективе. Сущности телеметрируемого объекта по возможности (в частности, по возможности, обеспечиваемой информационной гибкостью³⁶ базовой радиотелеметрической системы) отражены в разработанной для него программе телеметрических измерений (т. е. представлены опосредованно через ПТИ).

При разработке ПТИ для заданного телеметрируемого объекта (например, для конкретной РН) прежде всего учитывают состав ТМП (и, соответственно, определяют состав датчикопреобразующей аппаратуры и её местоположение). От состава ТМП и разработанной схемы установки датчиков на телеметрируемом объекте зависит конфигурация БРТС.

При разработке БРТС схема подключения датчиков к бортовым коммутаторам и соединения самих коммутаторов (например, подключения локальных коммутаторов (ЛК) к основному коммутатору (ОК)) осуществляется в условиях ограничений (требований) $F_{\text{огр}}$ (6), касающихся частоты опроса отдельных датчиков, количества элементов БРТС (в частности, максимального количества ЛК, подключаемых к ОК), длины (и, соответственно, массы и габаритов) соединительных кабелей, применяемых при построении БРТС, и т. д.

С учётом ограничений (требований) $F_{\text{огр}}$ (6) и на основе выбранной (заданной) базовой РТС (БИТС) создают нужную модификацию БИТС для конкретного телеметрируемого объекта, причём возможности модифицирования, характеризующиеся количеством возможных вариантов модификаций и их отличительными особенностями, связаны с информационной гибкостью базовой РТС. Множеству возможных вариантов модифицированных БИТС соответствует множество модифицированных структур блоков данных телеизмерений, формируемых этими БИТС (рис. 2 и 3). В каждой из таких структур позиции данных отдельных ТМП строго соответствуют варианту модификации БИТС (т. е. расположение данных отдельных ТМП в структуре блоков данных, формируемых БИТС, зависит от схемы подключения

³¹ ГОСТ Р 56096-2014. Система передачи космических данных и информации. Пакетная телеметрия. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

³² ГОСТ Р 56096-2014. Система передачи космических данных и информации. Пакетная телеметрия. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

³³ Артемьев В.Ю., Воронцов В.Л. О подходах к разработке отечественного стандарта по телеметрии в ракетно-космической и ракетной технике // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 1. С. 32—38.

³⁴ ГОСТ Р 56096-2014. Система передачи космических данных и информации. Пакетная телеметрия. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

³⁵ Артемьев В.Ю., Воронцов В.Л. О подходах к разработке отечественного стандарта по телеметрии в ракетно-космической и ракетной технике // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 1. С. 32—38.

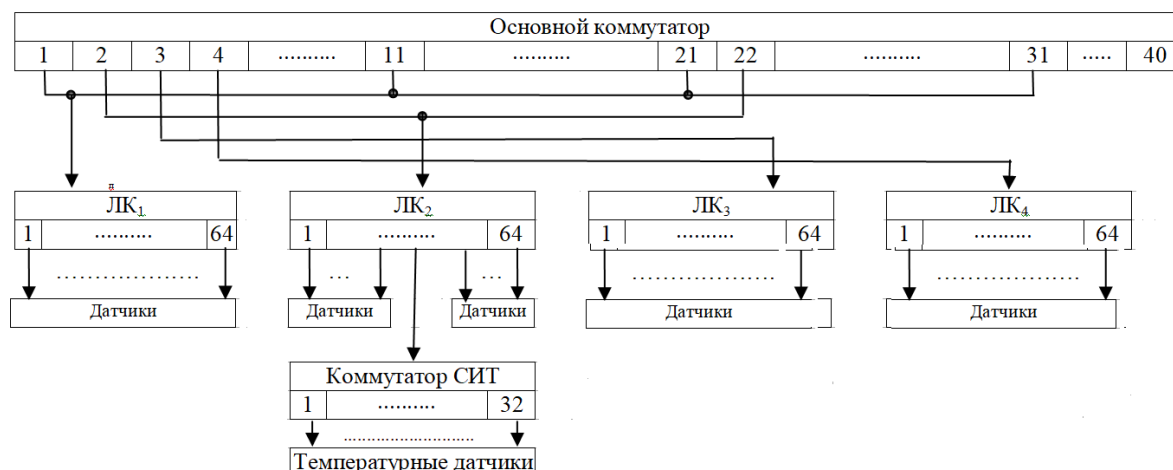
³⁶ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2005. 20 с.

1	1	2	3	4	.....	11	.....	21	22	.....	31	....	40
2	1	2	3	4	.....	11	.....	21	22	.....	31	....	40
....	1	2	3	4	.....	11	.....	21	22	.....	31	....	40
639	1	2	3	4	.....	11	.....	21	22	.....	31	....	40
640	1	2	3	4	.....	11	.....	21	22	.....	31	....	40

Примечания:

1. В крайнем левом столбце — номера кадров ОК;
2. Границы субкадра (640 кадров ОК) устанавливаются по маркеру М 12,5 Гц.

Рис. 2. Схема блока данных (субкадра), формируемого БИТС РТС типа БРС-4



Примечание: в показанной схеме коммутации локальные коммутаторы ЛК₁ — ЛК₄ подключены к каналам ОК следующим образом: ЛК₁ — 1, 11, 21, 31; ЛК₂ — 2, 22; ЛК₃ — 3; ЛК₄ — 4.

Рис. 3. Схема многоступенчатой коммутации, относящаяся к БИТС РТС типа БРС-4

датчиков к бортовым коммутаторам и от соединения коммутаторов между собой). В ПТИ конкретного телеметрируемого объекта представлены описания существующих модифицированных БИТС.

Таким образом, при разработке ПТИ и построении БРТС (БИТС) в условиях относительной многотипности телеметрируемых объектов целесообразно использовать возможности, связанные с информационной гибкостью базовой РТС, с целью обеспечения требуемого качества данных результатов обработки ТМИ ($\Delta W_{эф. W_{ан. \Sigma}}$ (3)), предоставляемых для решения задач анализа (прежде всего, для обеспечения полноты ТМИ). Следствием использования возможностей, связанных с информационной гибкостью, является многообразие (различные модификации) структур ТМИ. Причём возможности многообразия способствуют гармонизации свойств РТС и телеметрируемого объекта, а значит, и улучшению качества ИТО. Отсюда следует: задача стандартизации и унификации структур ТМИ состоит не в сокращении множества рекомендуемых к использованию структур ТМИ, а в управлении процессом их разработки и формирования, обеспечивающем улучшение качества ИТО.

Возможности традиционных РТС с ВРК, связанные с их информационной гибкостью

Следует отметить, что для осуществления стратегий $U_{ПТИ_рег}$ и $U_{ПТИ_прог}$ (5), ориентированных в большей мере на кадровую телеметрию, относящуюся к применяемым традиционно в отечественной практике РТС с временным разделением каналов (ВРК)³⁷, имеются относительно большие возможности формирования многочисленных структур ТМИ, связанные с информационной гибкостью этих РТС.

В традиционных РТС с ВРК коммутация телеметрических каналов, осуществляемая БИТС, является многоступенчатой. Обычно применяют три ступени коммутации³⁸. К первой ступени коммутации относится

³⁷ Мановцев А.П. Основы теории радиотелеметрии. М. : Энергия, 1973. 592 с.; Телеметрия : учеб. / А.И. Лоскутов, А.А. Бянкин, Г.И. Козырев и др.; под общей ред. А.И. Лоскутова. СПб. : ВКА имени А.Ф. Можайского, 2016. 343 с.

³⁸ Телеметрия : учеб. / А.И. Лоскутов, А.А. Бянкин, Г.И. Козырев и др.; под общей ред. А.И. Лоскутова. СПб. : ВКА имени А.Ф. Можайского, 2016. 343 с.

основной коммутатор³⁹, ко второй — локальные коммутаторы, к третьей — обычно коммутаторы системы измерения температур (СИТ) (см. рис. 3).

Чтобы более полно реализовать возможности, касающиеся *информационной гибкости* РТС с ВРК, осуществляют объединение каналов ОК, ЛК, коммутаторов СИТ.

Традиционно $N_{обв} = 2^n$, $n = 0, 1, 2, \dots, N_{дон}$, где $N_{обв}$ — количество объединённых каналов отдельного коммутатора, $N_{дон}$ — предельное для рассматриваемой РТС значение n . При $N_{обв} = 2$ осуществляется запараллеливание каналов, при $N_{обв} = 4$ — учетверение и т. д. Например, при запараллеливании каналов ОК ($N_{обв} = 2$) подключённый к ним датчик опрашивается в 2 раза чаще; если к этим запараллеленным каналам вместо вышеупомянутого датчика подключить ЛК, то все подключённые к нему датчики также будут опрашиваться в 2 раза чаще.

При этом показано [1], что *информационная гибкость* существующих отечественных РТС с ВРК может быть существенно повышена объединением телеметрических каналов по правилам, выходящим за рамки $N_{обв} = 2^n$. В принципе, (при определённых [1] условиях) возможно объединение не только двух, четырёх и т. д. (2^n), но и трёх, пяти и т. д. телеметрических каналов.

В отечественной практике известен способ улучшения *информационной гибкости* РТС, заключающийся в использовании двухпозиционных и четырёхпозиционных сигналов при формировании *группового сигнала*⁴⁰ БИТС. Например, в РТС типа БРС-4 при подключении ЛК лишь к одному каналу ОК в случае использования двухпозиционного сигнала осуществляется самый медленный опрос подключённых к этому ЛК датчиков (частота опроса составляет 12,5 Гц), а в случае использования четырёхпозиционного сигнала частота опроса датчиков удваивается (составляет 25 Гц). Выбирая позиционность сигнала, разработчик ПТИ реализует возможность повышения помехоустойчивости каналов «борт-Земля» уменьшением скорости передачи данных телеизмерений по ним и наоборот.

Использование 32-х и 64-канальных ЛК также улучшает *информационную гибкость* отечественных РТС (каналы 32-канального ЛК опрашиваются в 2 раза чаще, чем 64-канального).

В отечественных БРТС «Кварц» и «Скут» [9] передают два потока ТМИ в объёме выходных данных *основного коммутатора* каждый (один поток передают в режиме непосредственной передачи, а другой — с установленной временной задержкой, с использованием сигнала поднесущей частоты). Такое решение расширяет возможности РТС, связанные с *информационной гибкостью*.

Таким образом, *информационная гибкость* РТС с ВРК весьма высока.

Для РТС с ВРК характерно определённое местоположение данных отдельных ТМП в структуре ТМИ, что является следствием циклического опроса датчиков и каналов коммутаторов (установлен неизменный период опроса). При этом требуется относительно мало сведений, чтобы описать особенности модификации БИТС, построенной для рассматриваемого *телеметрируемого объекта*. Соответственно, требуется мало сведений, чтобы описать местоположение данных отдельных ТМП в структуре ТМИ, формируемой этой БИТС (обычно эти сведения могут быть получены из ПТИ). Например, для ТМИ локального коммутатора РТС типа БРС-4 достаточно указать количество каналов, которые этот ЛК поддерживает, схему его подключения к ОК и позиционность сигнала. В частности, 64-канальный ЛК может быть подключён к 1, 11, 21 и 31 каналу ОК (эти каналы ОК объединены) и при этом использованы четырёхпозиционные сигналы (см. рис. 2 и 3).

Показана [1] ситуация, когда при сжатии данных телеизмерений из-за необходимости передачи адресных данных оказывается коэффициент сжатия данных $K_{сж} < 1$ (т. е. объём сжатых данных больше объёма исходных несжатых данных). В РТС с ВРК такой недостаток не может проявиться в принципе (нет необходимости передавать адресные данные).

Вышеупомянутые (относительно краткие) сведения, размещённые в ПТИ, позволяют оперативно подготовить и ввести исходные данные для настройки наземных ПТС обработки ТМИ, чтобы осуществить декоммутацию данных ТМП (т. е. извлечение данных заданных ТМП из принятого блока данных для последующих действий над ними в соответствии с сущностями процедуры обработки ТМИ). Эти сведения легко представить в формализованном виде при решении задач повышения уровня автоматизации процесса обработки ТМИ наземными ПТС. Т. к. они известны априори (до запуска РКН) и остаются неизменными, то нет необходимости их размещения в виде справочных данных в структуре данных, формируемых БИТС, как это осуществляется, например, в технологиях пакетной телеметрии CCSDS⁴¹.

Показаны большие дополнительные возможности обработки ТМИ на *телеметрируемом объекте*, обеспечивающей сокращение потерь ТМИ вследствие ошибок в выборе ожидаемого диапазона измерений ТМП⁴² [1] и вследствие недостаточной частоты опроса датчиков при возникновении аварийной (нештатной) ситуации на борту РКН в полётное время [10] и при этом компактное представление данных телеизмерений с последующей их передачей по телеметрическим каналам применяемых в настоящее время РТС с ВРК. Открыты дополнительные возможности повышения *информационной гибкости* применяемых в настоящее

³⁹ Мановцев А.П. Основы теории радиотелеметрии. М. : Энергия, 1973. 592с.; Телеметрия : учеб. / А.И. Лоскутов, А.А. Бянкин, Г.И. Козырев и др.; под общей ред. А.И. Лоскутова. СПб. : ВКА имени А.Ф. Можайского, 2016. 343 с.

⁴⁰ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

⁴¹ ГОСТ Р 56096-2014. Система передачи космических данных и информации. Пакетная телеметрия. М. : Стандартинформ, 2019. 19 с.

⁴² Воронцов В.Л. Возможности алгоритма преобразования первичных сигналов в бортовой информационно-телеметрической системе // Приборы и системы управления. 1998. № 8. С. 68—71.

время РТС с ВРК, связанные с обработкой сигналов/данных, содержащих ТМИ, датчикопреобразующей аппаратурой и БИТС.

Дополнительные возможности кадровой телеметрии, обеспечиваемые использованием элементов технологии пакетной телеметрии CCSDS

Использованием справочных данных, размещённых в блоках данных CCSDS (обычно в виде заголовков установленного формата), *информационная гибкость* РТС может быть существенно повышена. Издержки при этом связаны с отвлечением ресурсов на их формирование и на последующие действия над блоками данных, сформированными БИТС по технологии пакетной телеметрии CCSDS. Издержки от вышеупомянутых последующих действий обусловлены необходимостью построения и применения инструментов (например, в виде ПО) для осуществления процедур типа вышеупомянутой декоммутации, а также необходимостью обеспечения передачи дополнительных (справочных) данных по каналам «борт-Земля», причём их доля в общем объёме типичного блока данных CCSDS относительно велика для СИТО_{СВ}.

Показано [1], что для средств выведения предпочтительнее кадровая, а не пакетная телеметрия.

Отечественная БИТС «Пирит», обычно применяемая на РБ и декларируемая как относящаяся к пакетной телеметрии, по сути, таковой не является, если сравнивать с пакетной телеметрией CCSDS⁴³. Похожей на БИТС, построенной по принципам пакетной телеметрии, её делает реализованная возможность асинхронного ввода в неё данных разных источников информации, размещённых на *телеметрируемом объекте*.

Следует отметить, что возможность асинхронного ввода данных в обычную БИТС РТС с ВРК существует и широко применяется в отечественной практике. Так, данные БЦВМ вводятся асинхронно, в их составе имеются свои маркерные данные, обозначающие границы кадра БЦВМ, и «холостые слова», передаваемые по окончании передачи информационных слов кадра БЦВМ таким образом, чтобы согласовать скорость поступления данных от БЦВМ с требуемой скоростью передачи данных по телеметрическим каналам этой БИТС.

Адресованные различным потребителям разнообразные данные (типа вышеупомянутых БЦВМ, НАП, видеометрии) могут быть переданы асинхронно по телеметрическим каналам (например, по каналам ОК), выделены наземными ПТС в процессе декоммутации и представлены потребителю в установленной структуре, соответствующей его требованиям. В принципе, могут быть переданы асинхронно по каналам ОК Пакеты Источника CCSDS⁴⁴.

В стандарте организации СТО ГК Роскосмос 1018-2019⁴⁵ показаны особенности размещения блоков данных (кадров) структуры РТС типа РТС-9 во Фрейме Передачи CCSDS (рис. 4). Это позволяет применять инструменты (ПТС), предназначенные для осуществления процедур над данными структур CCSDS, а при необходимости выделять из них исходные блоки данных структуры РТС типа РТС-9 для последующих действий над ними.

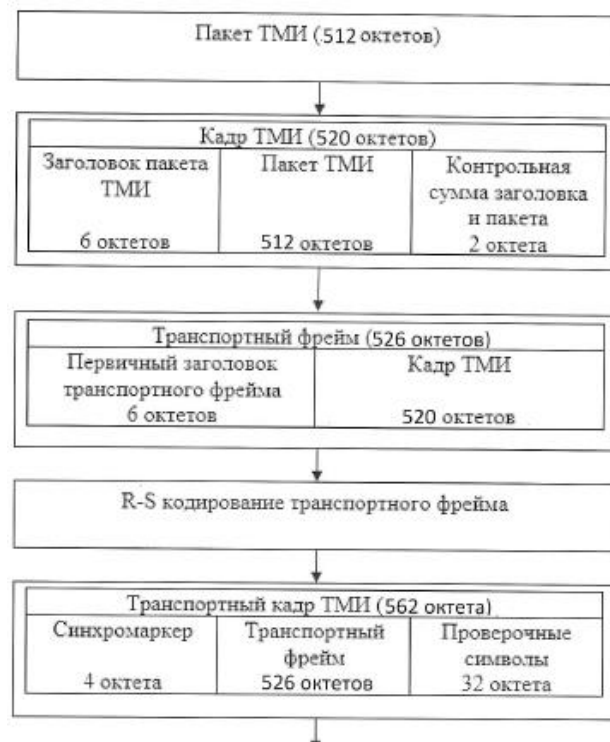


Рис. 4. Схема размещения блоков данных (кадров) структуры РТС типа РТС-9 во Фрейме Передачи CCSDS

Такое решение не противоречит рекомендациям CCSDS. В них предусмотрена возможность формирования ТМИ до Фрейма Передачи по усмотрению пользователя (без соблюдения требований стандартов CCSDS)⁴⁶. В этом случае в справочных данных $Dt_{ср_осн}$ (7) Фрейма Передачи присутствует признак «конфиденциальная информация»⁴⁷.

Фреймы Передачи, адресованные разным пользователям, могут передаваться в едином потоке (по со-

⁴³ Horan S. Introduction to PCM Telemetry Systems, CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo, 1993. 301 p.

⁴⁴ ГОСТ Р 56096-2014. Система передачи космических данных и информации. Пакетная телеметрия. М.: Стандартинформ, 2019. 19 с.

⁴⁵ СТО ГК Роскосмос 1018-2019. Стандарт организации. Аппаратура бортовой автоматических космических аппаратов. Информационное взаимодействие. Высокоскоростная радиолиния.

⁴⁶ Telemetry Summary of Concept and Rationale, Report Concerning Telemetry CCSDS 100.0-G-1, Issue 1, Green Book, Consultative Committee for Space Data Systems, December 1987; Packet Telemetry, Recommendation for Space Data System Standards CCSDS 102.0-B-5, Issue 5, Blue Book, Consultative Committee for Space Data Systems, November 2000.

⁴⁷ Telemetry Summary of Concept and Rationale, Report Concerning Telemetry CCSDS 100.0-G-1, Issue 1, Green Book, Consultative Committee for Space Data Systems, December 1987; Packet Telemetry, Recommendation for Space Data System Standards CCSDS 102.0-B-5, Issue 5, Blue Book, Consultative Committee for Space Data Systems, November 2000.

вмещённой радиолинии). В частности, целевую информацию и ТМИ КА передают по радиоканалам «борт-Земля» как совмещённо, так и раздельно. В случае совмещённой передачи применяют технологии пакетной телеметрии CCSDS. С использованием ПТС наземного специального комплекса космической системы (НСпК КС) (например, для информации о ДЗЗ таким комплексом является наземный комплекс приёма, обработки и распространения информации (НКПОР)) из единого информационного потока (из потока данных, передаваемых по единому каналу связи) выделяют целевую информацию и ТМИ КА, ТМИ передают в центр управления полётами космических аппаратов (ЦУП КА).

При оценивании правильности выбора (совмещённая радиолиния или раздельные радиолинии) по общим (обобщённым) показателям $W_{эф. \gamma_{ус}}$ (3) в случае передачи разных информационных разным пользователям следует учитывать полномочия лиц, принимающих решения. Если (следуя примеру, приведенному выше) НСпК КС (НКПОР) и НАКУ КА находятся в ведении разных ЛПР, то выгода для одного ЛПР может обернуться издержками для другого. В этом случае для обеспечения обоюдной выгоды потребуются решение организационных вопросов, касающихся взаимодействия (изменения производственных отношений).

Таким образом, возможности традиционных РТС с ВРК (применяемых в отечественной практике) могут существенно расшириться за счёт использования элементов технологии пакетной телеметрии CCSDS.

Подходы к установлению форматов телеметрических слов

Данные ТМП размещают в теле телеметрического слова (ТС), формируемого БИТС.

Например, в РТС типа БРС-4 применяют 10-разрядные (10-битовые) ТС двух форматов (рис. 5).

В ТС первого формата могут быть размещены данные трёх датчиков, а именно: функционального датчика (ФД) и двух контактных (сигнальных) датчиков — основного контактного датчика (ОКД) и дополнительного контактного датчика (ДКД). При этом данные ФД размещены в разрядах со второго по девятый, а данные ОКД и ДКД — в десятом и первом разрядах, соответственно (см. рис. 5).

В ТС второго формата могут быть размещены данные двух датчиков (ФД и ОКД). Причём данные ФД размещены в разрядах с 1-го по 9-й, а ОКД — в 10-м разряде (см. рис. 5).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ДКД	ФД								ОКД

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ФД									ОКД

Рис. 5. Форматы телеметрических слов, формируемых БИТС РТС типа БРС-4

В случае необходимости могут быть установлены (приняты) другие форматы 10-разрядных (10-битовых) слов (см. рис. 5). Если, например, эта необходимость обусловлена возможностью представления данного телеизмерения вибропараметра четырьмя разрядами⁴⁸ [1], то в 10-разрядном ТС может быть размещено два 4-разрядных данных телеизмерений (на рис. 6 обозначены «ФД₁» и «ФД₂»).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ДКД	ФД ₁				ФД ₂				ОКД

Рис. 6. Возможный (гипотетический) формат телеметрического слова, модификация формата телеметрических слов, формируемых БИТС РТС типа БРС-4

Применение форматов ТС, показанных на рис. 5 и 6, и использование относительно малообъёмных данных ТМП позволяет увеличить частоту опроса датчиков и/или увеличить их количество (увеличить количество ТМП). Так, при использовании 4-битовых данных ТМП (см. рис. 6) появляется возможность повышения частоты опроса датчика в 2 раза или увеличения в 2 раза количества датчиков. При этом в случае применения традиционной РТС с ВРК местоположение телеметрических слов с вышеупомянутыми малообъёмными данными ТМП в блоках данных, формируемых БИТС, известно. Оперированием форматами ТС и параметрами данных ТМП может быть существенно повышена *информационная гибкость* РТС с ВРК.

Существуют определённые подходы для случаев, когда объём данного, размещаемого в телеметрических словах, больше объёма телеметрического слова.

Тогда, например, 16-разрядное (16 бит) слово БЦВМ делят на 2 полуслова (по 8 бит) и каждое полуслово размещают в отдельном ТС (рис. 7).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полуслово БЦВМ									

Рис. 7. Формат слов БЦВМ, формируемых БИТС РТС типа БРС-4

Блоки данных, сформированных в соответствии с рекомендациями CCSDS, делят на 8-разрядные слова, которые называются октетами. Октеты нумеруют. Если размер данного ТМП (данного ФД) составляет 8 битов, то оно полностью заполняет тело октета. Известно⁴⁹ распределение данных восьми сигнальных параметров по октету (на один датчик приходится 1 бит октета). Если же размер данного ТМП больше октета, то его

⁴⁸ Воронцов В.Л. Возможности алгоритма преобразования первичных сигналов в бортовой информационно-телеметрической системе // Приборы и системы управления. 1998. № 8. С. 68—71.

⁴⁹ Horan S. Introduction to PCM Telemetry Systems, CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo, 1993. 301 p.

0p	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p	10p	11p	12p	13p	14p	15p
Информация о телеметрируемых параметрах								P	P	M 12,5 Гц	M 8 кГц	P	P	0	0

а) формат информационного слова;

0p	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p	10p	11p	12p	13p	14p	15p
Состояние сквозного счетчика тактов												P	P	0/1	1

б) формат слова метки ОВ;

0p	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p	10p	11p	12p	13p	14p	15p
Состояние сквозного счетчика тактов												P	P	1	0/1

в) формат слова метки СЕВ;

Рис. 8. Форматы слов ТМИ структуры ЛС (P — условное обозначение резервного разряда)

разряды распределяют по нескольким октетам в определённом порядке. В частности⁵⁰, в случае 10-разрядных двоичных слов младшие 8 разрядов каждого датчика помещаются в отдельный октет, а оставшиеся 2 старших разряда переносятся в другой октет, в который переносятся также аналогичные разряды ещё трёх 10-разрядных слов других датчиков.

В случае подключения к телеметрическим каналам (например, к каналу ОК) какого-либо источника данных, формирующего слова, не согласованные по размеру с установленными форматами ТС (скажем, формирующего 6-битовые слова в условиях применения 10-битовых ТС форматов РТС типа БРС-4), возможно — с целью максимального заполнения телеметрических слов информационными битами — последовательное заполнение этих ТС. После заполнения i -го ТС заполняется $(i+1)$ -е ТС. Тогда в теле телеметрического слова может оказаться не целое количество слов вышеупомянутого источника.

Таким образом, обоснование выбора форматов ТС тесно связано с согласованием их размеров и размеров (объёмов) размещаемых в них данных, а также с последующим размещением этих телеметрических слов в блоке данных, предназначенном для этого. Основная цель этого согласования — максимальное заполнение данными ТМП тела телеметрических слов и этими телеметрическими словами тела соответствующего блока данных. Следовательно, для удачного обоснования выбора формата ТС необходимо априори знать размеры (объёмы) формируемых данных ТМП. Они, по сути, являются исходными сведениями при решении задачи обоснования выбора формата ТС. Успешно установленный формат ТС обеспечивает размещение в нём целого количества данных ТМП (см. рис. 5 и 6). В то же время, в принципе, слова какого-либо источника данных любой структуры (в том числе данные ТМП) могут быть размещены последовательно в телеметрических словах, полностью заполнив тело этих ТС. Од-

нако в этом случае процедура выбора нужного слова (процедура декоммутации), осуществляемая наземными ПТС обработки ТМИ, будет сложнее, чем в случае размещения в ТС целого количества данных ТМП (см. рис. 5 и 6). В конечном итоге решение о целесообразности установления нового формата ТС должно быть принято по результатам анализа стратегий усовершенствования и применения СИТО_{СВ}, осуществляемых с использованием ТС рассматриваемого формата, причём по общим (обобщённым) показателям $W_{эф_Y_yc}$ (3).

Особенности структур регистрации ТМИ наземных приёмно-регистрирующих станций

В предложенной [1] СИТО_{СВ} структуры регистрации ТМИ наземными ПРС (структуры ТМИ на выходе ПРС) являются также структурами входных данных ПТС ФОМДТ (см. рис. 1).

Обычно во время приёмо-регистрации данные с ТМИ накапливают в ПРС в файле в виде 16-битовых слов. Их сущности пояснены ниже на примерах структур ТМИ ЛС и УК-64 РТС типа БРС-4.

Файл с ТМИ структуры ЛС состоит из 16-разрядных слов трёх типов:

- информационные слова, содержащие информацию о телеметрируемых параметрах, сопровождаемую маркерами M 8 кГц и M 12,5 Гц (рис. 8а);
- слова меток относительного времени (ОВ) с данными о состоянии сквозного счетчика тактов (рис. 8б);
- слова меток системы единого времени (СЕВ) с данными о состоянии сквозного счетчика тактов (рис. 8в).

Значения «0» в 14-м и 15-м разрядах слова являются признаком информационного слова (см. рис. 8а). В кадре ОК содержится 40 информационных слов, причём маркер M 8 кГц совмещён во времени с последним словом кадра. В субкадре содержится 640 кадров, или 25600 информационных слов, причём маркер M 12,5 Гц совмещён во времени с последним словом субкадра и с соответствующим маркером M 8 кГц.

⁵⁰ Horan S. Introduction to PCM Telemetry Systems, CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo, 1993. 301 p.



Рис. 9. Структура исходных сигналов двоично-десятичного кода секунд и промежуточных меток

«КП СЕВ»	«1Гц»	« $\frac{1}{60}$ Гц»	« $\frac{1}{300}$ Гц»
Длительность пачки 60÷100 мс	Длительность пачки 20÷60 мс	Длительность пачки 70÷120 мс	Длительность пачки 280÷320 мс

Примечание: период следования импульсов в пачке равен 1 мс.

Рис. 10. Структура исходных сигналов меток СЕВ

Разряд	ЗР	НК	ЗР	НК	ЗР	НК	ЗР	НК	ЗР	НК	ЗР	НК	ЗР	НК	ЗР	НК
1-й (ст.)	$\frac{0}{1}$	10	$\frac{0}{1}$	9	$\frac{0}{1}$	20	$\frac{0}{1}$	19	$\frac{0}{1}$	30	$\frac{0}{1}$	29	$\frac{0}{1}$	40	$\frac{0}{1}$	39
2-й (мл.)	$\frac{0}{1}$		$\frac{0}{1}$	9	$\frac{0}{1}$	20	$\frac{0}{1}$	19	$\frac{0}{1}$	30	$\frac{0}{1}$	29	$\frac{0}{1}$	40	$\frac{0}{1}$	39
3-й (ст.)	$\frac{0}{1}$	1	$\frac{0}{1}$	7	$\frac{0}{1}$	11	$\frac{0}{1}$	17	$\frac{0}{1}$	21	$\frac{0}{1}$	27	$\frac{0}{1}$	31	$\frac{0}{1}$	37
4-й (мл.)	$\frac{0}{1}$		$\frac{0}{1}$	7	$\frac{0}{1}$	11	$\frac{0}{1}$	17	$\frac{0}{1}$	21	$\frac{0}{1}$	27	$\frac{0}{1}$	31	$\frac{0}{1}$	37
5-й (ст.)	$\frac{0}{1}$	2	$\frac{0}{1}$	8	$\frac{0}{1}$	12	$\frac{0}{1}$	18	$\frac{0}{1}$	22	$\frac{0}{1}$	28	$\frac{0}{1}$	32	$\frac{0}{1}$	38
6-й (мл.)	$\frac{0}{1}$		$\frac{0}{1}$	8	$\frac{0}{1}$	12	$\frac{0}{1}$	18	$\frac{0}{1}$	22	$\frac{0}{1}$	28	$\frac{0}{1}$	32	$\frac{0}{1}$	38
7-й (ст.)	$\frac{0}{1}$	3	$\frac{0}{1}$	5	$\frac{0}{1}$	13	$\frac{0}{1}$	15	$\frac{0}{1}$	23	$\frac{0}{1}$	25	$\frac{0}{1}$	33	$\frac{0}{1}$	35
8-й (мл.)	$\frac{0}{1}$		$\frac{0}{1}$	5	$\frac{0}{1}$	13	$\frac{0}{1}$	15	$\frac{0}{1}$	23	$\frac{0}{1}$	25	$\frac{0}{1}$	33	$\frac{0}{1}$	35
9-й (ст.)	$\frac{0}{1}$	4	$\frac{0}{1}$	6	$\frac{0}{1}$	14	$\frac{0}{1}$	16	$\frac{0}{1}$	24	$\frac{0}{1}$	26	$\frac{0}{1}$	34	$\frac{0}{1}$	36
10-й (мл.)	$\frac{0}{1}$		$\frac{0}{1}$	6	$\frac{0}{1}$	14	$\frac{0}{1}$	16	$\frac{0}{1}$	24	$\frac{0}{1}$	26	$\frac{0}{1}$	34	$\frac{0}{1}$	36
Оп	1		1		1		1		1		1		1		1	
СИ 8 кГц	0		0		0		0		0		0		0		1	
М 500 Гц	0		0		0		0		0		0		0		1	
М 12,5 Гц	0		0		0		0		0		0		0		1	
СЕВ																
ОВ																

Примечания:

1. ЗР — значения разряда.

2. НК — номер каналов ОК, которому соответствуют значения разрядов.

Рис. 11. Структура ТМИ УК-64

Значение «1» в 15-м разряде слова является признаком слова метки ОВ (см. рис. 8б), а значение «1» в 14-м разряде слова — признаком слова метки СЕВ (см. рис. 8в). Наличие «1» одновременно в 14-м и 15-м разрядах слова означает совпадение по времени меток

СЕВ и ОВ. Шаг приращения сквозного счетчика тактов выбран равным 10 для 1 миллисекунды (мс).

Разряды 0÷7 информационных слов (см. рис. 8а) формируют с использованием аналого-цифрового преобразования принятого приёмно-регистрирующей

0p	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p	10p	11p	12p	13p	14p	15p
Информация о телеметрируемых параметрах										М 12,5 Гц	М 8 кГц	Р	Р	0	0

Рис. 12. Формат информационного слова ТМИ структуры УК-64 (Р — условное обозначение резервного разряда)

станцией группового сигнала⁵¹. Они соответствуют принятым аналоговым реализациям аналогового сигнала, а также аналоговым реализациям двух- и четырёхпозиционных сигналов, представленных двоичным кодом, или восемью битами (в БРТС РТС типа БРС-4 применены одновременно аналоговые и цифровые методы передачи ТМИ). Причём каждая из этих реализаций двух- и четырёхпозиционного сигналов содержит, соответственно, один или 2 бита данных телеметрического слова (см. рис. 5).

По времени и по смыслу признаки слов меток ОБ и СЕВ соответствуют структурам исходных сигналов, представленных на рис. 9 и 10.

Промежуточные метки ОБ следуют с периодом 1 мс (см. рис. 9). Метки 16-разрядного кода секунд ОБ расположены посередине между промежуточными метками. Код секунд ОБ, кроме последовательных разрядов номера секунды (16 разрядов), содержит маркер начала (М1) и маркер окончания (М2) кода секунды. Код номера секунды является двоично-десятичным, разбит на четыре тетрады (тетрада единиц, десятков, сотен и тысяч) по 4 разряда в каждой тетраде.

Сигнал «КП СЕВ» обычно предшествует началу поступления меток СЕВ «1Гц», « $1/_{60}$ Гц» и « $1/_{300}$ Гц» на вход ПРС. Сигналы меток СЕВ «1Гц», « $1/_{60}$ Гц» и « $1/_{300}$ Гц» (см. рис. 10) соответствуют секундам, минутам и 5 минутам времени СЕВ и являются разной длительности пачками импульсов с периодом следования импульсов в пачке 1 мс. Соответственно группируются и слова (см. рис. 8 (в)) меток СЕВ.

В процессе обработки применяются процедуры преобразования ТМИ структуры ЛС в УК-64.

Суть этого преобразования заключается в выделении из аналоговой реализации четырёхпозиционного сигнала (в выделении из 0÷7 разрядов информационных слов ЛС, см. рис. 8а) двух смысловых битов, являющихся фрагментом принятого телеметрического слова (см. рис. 5), и размещении этих битов в определённом месте кадра структуры УК-64 (рис. 11).

Исходной структуре УК-64 (см. рис. 11) соответствуют форматы информационного слова (рис. 12), а также форматы слов меток ОБ (см. рис. 8б) и меток СЕВ (см. рис. 8в). Разряды 0÷9 формата информационного слова ТМИ структуры УК-64 (см. рис. 12) соответствуют разрядам 1÷10, показанным на рис. 11.

Чтобы с использованием ТМИ структуры УК-64 (см. рис. 11 и 12) сформировать смысловые слова (типа слов форматов, показанных на рис. 5), осуществляют декоммутацию кадров УК-64, выбирая распределённые установленным порядком по телу кадра УК-64 (см. рис. 11)

нужные биты и размещая их упорядоченно в теле формируемых смысловых слов. (Сведения о местоположении разрядов смысловых слов отдельных датчиков в кадре УК-64 содержатся в ПТИ, т. е. априори известны.)

Следует отметить, что структуры регистрации ТМИ наземной ПРС РТС типа БРС-4 показаны для пояснения действий над ТМИ в существующих СИТО_{СВ}, поэтому описаны упрощённо (в частности, ряд важных элементов структур для простоты не показан). Однако представленных сведений достаточно, чтобы увидеть взвешенные решения, касающиеся их принятия. Взвешенность решений проявляется, по крайней мере, в очевидных достоинствах методов и алгоритмов действий над ТМИ, применяемых в существующих СИТО_{СВ}, связанных с используемыми структурами ТМИ, при том, что для осуществления многих стратегий усовершенствования СИТО_{СВ} не требуется разработка новых структур ТМИ (например, при осуществлении вышеупомянутой⁵² [1, 9] обработки ТМИ на телеметрируемом объекте). В то же время перспектива улучшения СИТО_{СВ}, определённого по общим (обобщённым) показателям $W_{эф.у.ус}$ (3), может стать веским основанием для разработки новых структур ТМИ.

Подходы к выбору структур данных для передачи ТМИ по каналам связи в системах информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения

В контексте настоящей работы рассмотрены подходы к передаче данных, содержащих ТМИ, по каналам связи, задействуемым при осуществлении СИТО_{СВ}, относящимся к ПТС сбора ТМИ (см. рис. 1) и космических систем связи с использованием КА-ретрансляторов. Они касаются обоснования выбора структур данных, применяемых для передачи ТМИ.

Эти каналы связи и относящиеся к ним ПТС могут быть внешними по отношению к ИКК (т. е. могут включаться в состав комплекса средств измерений, сбора и обработки ТМИ по мере необходимости для решения задач ИТО во время запуска РКН). Изначально они не предназначались для передачи ТМИ, поэтому применяют необходимые способы ввода в них данных, содержащих ТМИ, типа данных, формируемых ПРС, структура которых показана на рис. 8.

В частности, данные с ТМИ, накопленные в файле, могут быть внедрены в блок данных системы передачи данных для их последующей передачи по каналу связи,

⁵¹ ГОСТ 19619-74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2005. 20 с.

⁵² Воронцов В.Л. Возможности алгоритма преобразования первичных сигналов в бортовой информационно-телеметрической системе // Приборы и системы управления. 1998. № 8. С. 68—71.

0p	.....	15p	16p	.....	31p
Порт отправителя			Порт получателя		
Длина сообщения UDP			Контрольная сумма		
Данные с ТМИ					
.....					

Рис. 13. Структура данных UDP-пакета

причём их размещение в блоке данных осуществляется без учёта их структуры. На приёмной стороне из принятых блоков данных системы передачи данных выделяют исходные данные с ТМИ, причём представляют их в их исходной структуре. Наглядным примером такой системы является система передачи данных, базирующаяся на протоколе UDP⁵³, при осуществлении которого по каналам связи передают дейтаграммы в виде UDP-пакетов. Показана (рис. 13) структура данных UDP-пакета с размещёнными в ней данными, содержащими ТМИ.

Такой подход к передаче ТМИ позволяет по необходимости (например, на время запуска РКН) задействовать (например, арендовать) каналы связи и результативно решать задачи сбора ТМИ (см. рис. 1).

Что касается космических систем связи с использованием КА-ретрансляторов, то рассмотрены особенности применения отечественной многоцелевой космической системы ретрансляции (МКСР) типа «Луч» для непосредственной ретрансляции ТМИ РКН, позволяющие определить подходы, касающиеся выбора структуры данных.

Важным элементом МКСР является абонентская аппаратура ретрансляции (ААР), размещаемая на телеметрируемом объекте (на РН, РБ, КА) и предназначенная для передачи формируемой на нём ТМИ на наземные станции «Клён-Р» через КА-ретрансляторы типа «Луч», находящиеся на геостационарной орбите. Вход ААР подключается к выходу БИТС, поэтому целесообразно, чтобы скорость формирования данных телеизмерений бортовой информационно-телеметрической системой не превышала пропускную способность ААР.

Это условие является необходимым для обеспечения возможности формирования ТМИ, принимаемой как наземными станциями «Клён-Р» МКСР типа «Луч», так и наземными ПРС из штатного состава ИКК, в одинаковой структуре. Соответственно, создаются благоприятные условия для успешного взаимодополнения данных телеизмерений, принятых этими наземными станциями, при решении задач ФОМДТ (см. рис. 1).

Однако такое условие выполняется не для всех отечественных БРТС. Так, скорость формирования ТМИ бортовой радиотелеметрической системой «Пирит-РБс», устанавливаемой обычно на РБ, составляет 256 Кбит/с, а одной из модификаций БРТС «Орбита», устанавливаемой на некоторых РН, составляет 3,14 Мбит/с. В случае применения этой модификации

БРТС «Орбита» для её согласования с ААР требуется в 8 раз уменьшить скорость поступления данных телеизмерений на вход ААР.

Рассмотрены 3 варианта выполнения этого условия, причём в случаях, когда изначально скорость формирования ТМИ бортовой радиотелеметрической системой превышает пропускную способность ААР, а именно:

- 1) исключение данных определённых ТМП (по согласованию с потребителями ТМИ по целевому назначению);
- 2) увеличение пропускной способности каналов МКСР, используемых для непосредственной передачи ТМИ с РКН;
- 3) сжатие данных телеизмерений перед их поступлением на вход ААР.

При осуществлении первого варианта весьма проблематично определить априори ценность данных ТМП с точки зрения их использования по целевому назначению. Если же априори известно, что ТМП является избыточным, то вообще нет смысла передавать потребителям соответствующие ему данные.

Связанное с осуществлением второго варианта увеличение пропускной способности каналов МКСР пока не удаётся реализовать практически.

Хорошие возможности осуществления третьего варианта связаны с компактным представлением ТМИ в БИТС (это доказано [1] на практических примерах). Обоснованы [1] определённые правила (подходы) к компактному представлению ТМИ в БИТС. Методы компактного представления (сжатия) данных описаны в рекомендациях CCSDS⁵⁴.

В настоящее время принят первый вариант согласования ААР и БРТС. В результате отсутствуют возможности формирования единого носителя ТМИ с использованием ТМИ, принятой как наземными станциями «Клён-Р» МКСР типа «Луч», так и штатными наземными ПРС из состава ИКК, а пользователи ТМИ по её целевому назначению получают неполную информацию.

Следует отметить, что применение технологии непосредственной ретрансляции ТМИ РКН не всегда целесообразно. Так, после нескольких пусков по программе «Морской старт» РН «Зенит» с использованием для ретрансляции ТМИ системы TDRSS ей была найде-

⁵³ Норенков И.П., Трудоношин В.А. Телекоммуникационные технологии и сети. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. 232 с.

⁵⁴ Lossless Data Compression, Recommendation for Space Data System Standards CCSDS 121.0-B-1, Issue 1, Blue Book, Consultative Committee for Space Data Systems, May 1997; Телеметрия: учеб. / А.И. Лоскутов, А.А. Бянкин, Г.И. Козырев и др.; под общей ред. А.И. Лоскутова. СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2016. 343 с.

на удачная альтернатива. Оказалось, что в смысле финансовых затрат выгоднее перед каждым пуском развёртывать временный измерительный пункт.

Таким образом, существуют (и в какой-то мере реализованы) возможности упаковывания блоков данных, содержащих ТМИ, в блоки данных, формируемые внешними ПТС по отношению к штатным ПТС СИТО_{св}, и, соответственно, существуют возможности временно-го включения (на время запуска РКН) этих ПТС в состав СИТО_{св}, что создаёт предпосылки для улучшения качества ИТО отработки средств выведения.

Заключение

По результатам анализа возможностей совершенствования информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения стандартизацией и унификацией структур телеметрической информации сформулированы следующие выводы.

1. Основная задача стандартизации и унификации структур ТМИ для СИТО_{св} состоит не в сокращении множества рекомендуемых к использованию структур ТМИ (как цели стремлений), а в управлении процессом их разработки и формирования, обеспечивающем гармонизацию свойств РТС и *телеметрируемого объекта*, а значит, улучшение качества ИТО, оцениваемое по общим (обобщённым) показателям.

2. В условиях относительной многотипности *телеметрируемых объектов*, изменения их состояний в полётное время актуально многообразие структур ТМИ, формируемых *бортовой радиотелеметрической системой*, отражающих сущности *телеметрируемого объекта*. Эти структуры ТМИ (их различные модификации) целесообразно строить по единым правилам, обеспечивающим формирование относительно малого объёма справочных данных, являющихся, по сути, их описанием. Результаты оперирования этими справочными данными при осуществлении необходимых действий над сигналами/данными, содержащими ТМИ, относящиеся к СИТО_{св}, оцениваются по общим (обобщённым) показателям.

3. Имеются большие возможности обработки ТМИ на *телеметрируемом объекте*, обеспечивающей сокращение потерь информации, возникающих вследствие влияния неопределённых факторов разной природы, и компактное представление данных телеизмерений с последующей их передачей по телеметрическим каналам применяемых в настоящее время РТС с ВРК.

4. Имеются хорошие перспективы повышения функциональных возможностей применяемых в настоящее время РТС с ВРК, связанные с увеличением видов информации (типа БЦВМ, НАП, видеометрии; не только ТМИ), передаваемых по телеметрическим каналам этих РТС, с увеличением количества элементов различных технологий осуществления многоканальных систем передачи данных (в частности, элементов технологии пакетной телеметрии CCSDS), подходящих для усовершенствования существующих СИТО_{св}.

5. Имеются возможности размещения блоков данных, содержащих ТМИ, в теле блоков данных, формируемых ПТС (в том числе внешних по отношению к штатным ПТС СИТО_{св}), которые могут быть включены в состав СИТО_{св}. Реализация таких возможностей позволяет, в частности, решать задачи сбора ТМИ, используя каналы связи, арендованные на время запуска РКН.

6. Отечественные стандарты с описанием структур сигналов/данных СИТО_{св} целесообразно строить по принципу функциональных стандартов, соответствующих конфигурации предложенной СИТО_{св}. При формулировании их положений нужно рассматривать апробированные элементы СИТО_{св} (т. е. существующие элементы или те, по которым принято решение о внедрении). Поэтому первоначально сформулированные положения должны отражать сущности СИТО_{св}, имеющих в своём составе применяемые в настоящее время БРТС типа БРС-4 и «Орбита», что позволит, во-первых, получить необходимый опыт разработки отечественных стандартов для развития СИТО_{св}, во-вторых, создать благоприятные условия для результативного управления (регламентирования) процессом развития отечественных СИТО_{св}.

Рецензент: **Бетанов Владимир Вадимович**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник — заместитель начальника центра АО «Российские космические системы».

Литература

1. Воронцов В.Л. Система информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения. Стратегии усовершенствования и применения. М. : Горячая линия — Телеком, 2021. 236 с. ISBN 978-5-9912-0895-6.
2. Воронцов В.Л. Подходы к управлению развитием отечественных систем информационно-телеметрического обеспечения // Правовая информатика. 2025. № 1. С. 121—129. DOI: 10.24412/1994-1404-2025-1-121-129.
3. Малышев В.В., Разумов Д.А. Концепция имитационной модели для проектирования автоматизированной системы управления космодромом // Информация и Космос. 2019. № 2. С. 56—67.
4. Куимов А.В. Комплексная методика параметрического синтеза адаптивной системы информационно-телеметрического обеспечения запусков перспективных ракет космического назначения: дис. ... канд. техн. наук: 2.3.1 / Куимов Андрей Владимирович. М., 2022. 217 с.

5. Потюпкин А.Ю. Управление многоспутниковыми космическими системами. М., Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. 292 с.
6. Воронцов В.Л., Давыдов И.А. Научно-технические и организационно-технические аспекты управления развитием отечественных систем информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения // Информация и Космос. 2024. № 4. С. 170—181.
7. Воронцов В.Л., Давыдов И.А. Регламентирование процесса развития систем информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2021. Т. 8. Вып. 2. С. 43—50.
8. Воронцов В.Л., Давыдов И.Д. Концепция развития систем информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения // Радиоэлектронная отрасль: проблемы и их решения. 2023. № 3 (11). С. 24—32.
9. Грибков Н.В., Бобылев А.В., Юрков Ю.А., Жуковский С.Ю., Грибков В.Н. Радиопередающее устройство с частотной модуляцией и временным разделением каналов для высокоинформативных телеметрических систем // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2017. Т. 4. Вып. 2. С. 61—67.
10. Воронцов В.Л. Некоторые аспекты предобработки данных телеизмерений на телеметрируемом объекте // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2022. Т. 9. Вып. 4. С. 36—46.
11. Коновалов В.П., Мурашов А.А., Ващенко И.И., Чаплинский В.С. Развитие отечественной телеметрии от первых пусков ракет и космических аппаратов. В сб.: Информационно-управляющие и измерительные системы — 2023. Материалы отраслевой науч.-тех. конф. приборостроительных организаций ГК «Роскосмос», посвященной 60-летию полёта первой женщины-космонавта В.В. Терешковой (20 апреля 2023 г.). М., 2023. С. 186—193.

SECTION:

SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING

IMPROVEMENT OF INFORMATION AND TELEMETRY SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF LAUNCH VEHICLES BY STANDARDIZATION AND UNIFICATION OF STRUCTURES OF TELEMETRIC INFORMATION

Valeriy L. Vorontsov⁵⁵, Igor A. Davydov⁵⁶, Roman V. Tishkin⁵⁷

Keywords: information and telemetry support, software and hardware facilities, information and telemetry support system for launch vehicle development, telemetered object, telemetry information.

Abstract

Purpose of the paper: recommendations for improving systems for information and telemetric support for the development of launch vehicles (ITSD_{LV}) by standardizing and unifying telemetry information (TMI) structures.

Methods used: system and expert analysis, conceptual modeling, formalized description.

Results: By systematizing and detailing the available knowledge, it is shown that traditional general approaches to standardization and unification, which consist in establishing uniform rules and eliminating unjustified diversity, should be adapted to the conditions of forced diversity of TMI structures and, accordingly, ensure not minimizing the multitude of recommended TMI structures (as the goal of aspirations), but effective management of their development process, aimed at improving the overall (generalized) indicators of the development of the ITSD_{LV}. The task of significantly improving the management of the development of domestic ITSD_{LV} has been solved.

Practical value: The results obtained can be used in the development of measures to improve the management of the development of domestic systems for information and telemetric support for the development of launch vehicles by standardizing and unifying the structures of telemetric information.

⁵⁵ **Valeriy L. Vorontsov**, Ph.D. (Technology), Main Specialist at the FGBI Russian Institute for Standardization, Moscow, Russian Federation.

E-mail: a762642@yandex.ru

⁵⁶ **Igor A. Davydov**, Ph.D. (Technology), Deputy Director General for Quality at the AO Scientific, Research & Production Corporation of Measuring Equipment, Korolev, Russian Federation.

E-mail: idavidov@bk.ru

⁵⁷ **Roman V. Tishkin**, Ph.D. (Technology), Chief Project Designer at the AO Russian Space Systems, Moscow, Russian Federation.

E-mail: tishkin.rv@spacecorp.ru

References

1. Vorontsov V.L. Sistema informatsionno-telemetricheskogo obespecheniia otrabotki sredstv vyvedeniia. Strategii usovershenstvovaniia i primeneniia. M. : Goriachaia liniia – Telekom, 2021. 236 s. ISBN 978-5-9912-0895-6.
2. Vorontsov V.L. Podkhody k upravleniiu razvitiem otechestvennykh sistem informatsionno-telemetricheskogo obespecheniia // Pravovaia informatika. 2025. No. 1. S. 121–129. DOI: 10.24412/1994-1404-2025-1-121-129.
3. Malyshev V.V., Razumov D.A. Kontseptsii imitatsionnoi modeli dlia proektirovaniia avtomatizirovannoi sistemy upravleniia kosmodromom // Informatsiia i Kosmos. 2019. No. 2. S. 56–67.
4. Kuimov A.V. Kompleksnaia metodika parametricheskogo sinteza adaptivnoi sistemy informatsionno-telemetricheskogo obespecheniia zapuskov perspektivnykh raket kosmicheskogo naznachenii: dis. ... kand. tekhn. nauk: 2.3.1 / Kuimov Andrei Vladimirovich. M., 2022. 217 s.
5. Potiupkin A.Iu. Upravlenie mnogosputnikovymi kosmicheskimi sistemami. M., Vologda : Infra-Inzheneriia, 2024. 292 s.
6. Vorontsov V.L., Davydov I.A. Nauchno-tekhnicheskie i organizatsionno-tekhnicheskie aspekty upravleniia razvitiem otechestvennykh sistem informatsionno-telemetricheskogo obespecheniia otrabotki sredstv vyvedeniia // Informatsiia i Kosmos. 2024. No. 4. S. 170–181.
7. Vorontsov V.L., Davydov I.A. Reglamentirovanie protsessa razvitiia sistem informatsionno-telemetricheskogo obespecheniia otrabotki sredstv vyvedeniia // Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy. 2021. T. 8. Vyp. 2. S. 43–50.
8. Vorontsov V.L., Davydov I.D. Kontseptsii razvitiia sistem informatsionno-telemetricheskogo obespecheniia otrabotki sredstv vyvedeniia // Radioelektronnaia otrasl': problemy i ikh resheniia. 2023. No. 3 (11). S. 24–32.
9. Gribkov N.V., Bobylev A.V., Iurkov Iu.A., Zhukovskii S.Iu., Gribkov V.N. Radiopredaiushchee ustroistvo s chastotnoi moduliatsiei i vremennym razdeleniem kanalov dlia vysokoinformativnykh telemetricheskikh sistem // Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy. 2017. T. 4. Vyp. 2. S. 61–67.
10. Vorontsov V.L. Nekotorye aspekty predobrabotki dannykh teleizmerenii na telemetriruемом ob'ekte // Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy. 2022. T. 9. Vyp. 4. S. 36–46.
11. Konovalov V.P., Murashov A.A., Vashchenko I.I., Chaplinskii V.S. Razvitie otechestvennoi telemetrii ot pervykh puskov raket i kosmicheskikh apparatov. V sb.: Informatsionno-upravliaiushchie i izmeritel'nye sistemy – 2023. Materialy otraslevoi nauch.-tekhn. konf. priborostroitel'nykh organizatsii GK "Roskosmos", posviashchennoi 60-letiiu poleta pervoi zhenshchiny-kosmonavta V.V. Tereshkovoi (20 apreliia 2023 g.). M., 2023. S. 186–193.