

УДК 621.396

## **О стандартизации, эффективности, целях и стимулах, касающихся развития отечественной телеметрии, относящейся к ракетно-космической и ракетной технике**

**В.Ю. Артемьев, В.Л. Воронцов**

### **Аннотация**

Представлены результаты анализа целесообразности и возможностей гармонизации целей усовершенствования бортовых радиотелеметрических систем и программно-технических средств телеметрических комплексов космодромов в процессе их развития, развития предприятия ракетно-космической отрасли и развития процесса стандартизации отечественной телеметрии, относящейся к ракетно-космической и ракетной технике. Значительное внимание уделено научно-методическим аспектам стандартизации.

### **Ключевые слова**

эффективность; стандартизация; ракетно-космическая и ракетная техника; телеметрия; бортовая радиотелеметрическая система; программно-технические средства; телеметрический комплекс космодрома.

Результаты ретроспективного анализа показали [1], что отечественные телеметрические средства, относящиеся к ракетно-космической и ракетной технике (РКиРТ), развиваются по принципу «не качеством, а количеством». Однако признаки их экстенсивного развития неочевидны. Они скрыты за явными преимуществами новых современных средств на базе ПЭВМ, информационных технологий (ИТ) и проявляются в виде отсутствия необходимых решений проблемно-ориентированных задач. Например, одна из таких задач – телеметриро-

вание вибропараметров. Расширение области её применения осуществляется не интеллектуализацией бортовой радиотелеметрической системы (БРТС), а увеличением скорости передачи данных в каналах «борт-Земля» [1]. Ресурсы используются крайне нерационально. Наше отставание значительно и наиболее зримо проявляется при сравнении уровней развития отечественной и зарубежной телеметрии, передовых информационных технологий в смежных областях. Имеет место устойчивая тенденция ускоренного расхождения вышеупомянутых уровней.

Необходимо существенно улучшить качество управления процессом развития отечественных БРТС и программно-технических средств (ПТС) телеметрических комплексов (ТК) космодромов. Важным инструментом улучшения является стандартизация и унификация телеметрических средств.

Одно из бесспорных преимуществ применения стандартов связано с априорной регламентацией решаемых технических задач, которая создаёт благоприятные условия для взаимного сотрудничества. Кроме того, обычно стандарты базируются на наиболее рациональных технических решениях. Мировой опыт показывает, что правильно осуществляемый процесс стандартизации является по сути отбором наиболее результативных решений, реализацией принципа «наука – практике».

Сегодня из-за отсутствия необходимых стандартов отечественной телеметрии, относящейся к РКирТ, не только не реализуются вышеупомянутые преимущества, но и в процессе разработки и внедрения новых БРТС и средств ТК закладываются и аккумулируются скрытые недостатки, проявляющиеся при их применении, что представляет собой серьёзное препятствие на пути дальнейшего развития. Разработчики отдельных ПТС обречены на фрагментарный подход. Признаком фрагментарности является фактически неуправляемый процесс разработки новых структур телеметрической информации (ТМИ) [2]. Возникает необходимость создания дополнительного программного обеспечения (ПО) для преобразования одной структуры в другую [2, 3]. Последствия фрагментарного подхода проявляются и при подготовке ПО ТК к решению новых задач информационно-телеметрического обеспечения (ИТО) [3]. Они имели место при создании и отработке ПО формирования обобщённого массива данных телеизмерений (ФОМДТ) в виде значительной доли операций (типа коррекции временной шкалы, регенерации синхроданных и т.д.), предшествующих непосредственному получению обобщённых данных, что обусловлено свойствами ТМИ, при задании которых не учитывались особенности системного подхода к процессу обработки ТМИ средствами ТК.

Наблюдаемая тенденция такова: по мере роста объёма отечественных разработок противоречия из-за взаимных нестыковок усиливаются, соответственно отвлекаются силы, материальные ресурсы, время.

В таких условиях следует ожидать, что качество ТМИ, получаемой при пусках изделий РКиРТ, не улучшится и в перспективе. Соответственно исключаются предпосылки улучшения качества анализа функционирования объектов измерений. Низкое качество ТМИ из-за применяемых БРТС и ПТС ТК не позволяет полноценно развивать стратегии её приёмо-регистрации, сбора и обработки, опираясь на уже созданную базу, т.к. применение современных информационных технологий связано с ужесточением требований к достоверности данных. Решение целевых задач работниками ТК, подразделений анализа в условиях низкого качества ТМИ способствует формированию соответствующего сознания, является важным фактором, отрицательно влияющим на развитие применяемых ими технологий.

Практика показывает: где не определяются и не осуществляются действенные меры по экономному использованию ресурсов, там и результативность выполнения целевых задач низкая. Всё это – звенья одной цепи, имеющие непосредственное отношение к развитию БРТС и ПТС ТК и характеризующие возможности и умение решать коллективно сложные задачи предприятиями ракетно-космической отрасли.

Таким образом, в настоящее время стандартизация необходима, прежде всего, для устранения негативных тенденций развития отечественной практической телеметрии, относящейся к РКиРТ, для изменения в перспективе ситуации к лучшему.

Задача стандартизации является трудоёмкой, процесс её решения перманентен, а само решение неочевидно [2]. Об этом свидетельствует неудачный прошлый опыт, например, весьма скромные результаты НИР «Вершина», выполненной в 80-е годы 20-го века с целью стандартизации отечественной телеметрии [4]. Анализ текущих работ в этой области [5, 6 и др.] показывает, что пути её решения пока не определены. Однако и наличие нужных стандартов ещё не гарантирует их успешного применения. Так, при наличии стандартов, необходимых для создания высококачественного ПО, их практическое применение осложнено существующими условиями разработки и применения ПО ТК [3].

Для осуществления стандартизации необходимо, во-первых, сформулировать положения стандартов, выполнение которых обеспечивало бы требуемую эффективность процесса развития БРТС и средств ТК; во-вторых, обеспечить практическое выполнение рекомендаций сформулированных положений стандартов; в-третьих, определить порядок дальней-

шего развития стандартов и выполнить соответствующие организационные мероприятия по его практическому осуществлению.

Нужен комплекс организационно-технических мер для создания благоприятных условий стандартизации.

*Целью настоящей работы является стратегия осуществления результативной стандартизации, направленной на обеспечение требуемой эффективности процесса развития БРТС, ПТС ТК и ИТ и отвечающей целям имеющих отношение к развитию успешных предприятий и организаций.*

Сформулированы следующие цели стандартизации отечественной телеметрии, относящейся к РКИРТ:

обеспечение технической возможности взаимной поддержки при решении задач построения и развития БРТС и ПТС ТК, применения средств ТК, сбора и обработки ТМИ, принятой средствами ТК;

создание механизма отбора наиболее результативных технических решений для практического применения и формулирования соответствующих положений стандартов;

научно-методическое обеспечение процесса стандартизации совместными усилиями предприятий ракетно-космической отрасли, других заинтересованных лиц, предприятий и организаций.

Основная цель стандартизации – обеспечение требуемой эффективности процесса развития БРТС, ПТС ТК и ИТ для решения задач ИТО (далее – ИТ).

Основная цель процесса развития БРТС, ПТС ТК и ИТ заключается в повышении его эффективности. Результаты развития являются результатами выполнения конкретных операций по усовершенствованию ПТС и ИТ.

Результат операции усовершенствования ПТС и ИТ зависит от выбранной стратегии  $u_{yc}$  усовершенствования и заключается в полезном эффекте (им является улучшение  $\Delta Y_{прим}$  результата от применения усовершенствованных ПТС и ИТ), в материальных затратах  $C_{yc}$  на выполнение операции и в оперативности  $T_{yc}$  её выполнения:

$$Y_{yc}(u_{yc}) = \langle \Delta Y_{прим}(u_{yc}), C_{yc}(u_{yc}), T_{yc}(u_{yc}) \rangle, u_{yc} \in U_{yc} . \quad (1)$$

Показатели эффективности процесса усовершенствования  $W_{эф\_*}$  зависят от сопоставления оцениваемых показателей результата усовершенствования с их требуемыми значениями (обозначенными здесь и далее дополнением «тр» к индексам):

$$W_{эф\_Y_{yc}}(u_{yc}) = f_{эф\_Y_{yc}}(Y_{yc}(u_{yc}), Y_{yc\_тр}) , \quad (2)$$

$$W_{эф\_ΔY_{прим}}(u_{yc}) = f_{эф\_ΔY_{прим}}(\Delta Y_{прим}(u_{yc}), \Delta Y_{прим\_тр}) , \quad (3)$$

$$W_{эф\_C\_ус}(u_{ус}) = f_{эф\_C\_ус}(C_{ус}(u_{ус}), C_{ус\_тр}) , \quad (4)$$

$$W_{эф\_T\_ус}(u_{ус}) = f_{эф\_T\_ус}(T_{ус}(u_{ус}), T_{ус\_тр}) , \quad (5)$$

В свою очередь, степень улучшения  $\Delta Y_{прим}$  результата зависит от выбранной стратегии  $u_{ус}$  усовершенствования и заключается в улучшении полезного эффекта (т.е. в улучшении характеристик рабочей нагрузки анализаторов  $\Delta I_{ан\_с}$ ), в сокращении материальных затрат  $\Delta C_{прим}$  на применение усовершенствованных средств, в повышении оперативности  $\Delta T_{прим}$  решения задач ИТО:

$$\Delta Y_{прим}(u_{ус}) = \langle \Delta I_{ан\_с}(u_{ус}), \Delta C_{прим}(u_{ус}), \Delta T_{прим}(u_{ус}) \rangle, u_{ус} \in U_{ус} . \quad (6)$$

Показатели повышения эффективности  $\Delta W_{эф\_I\_ан\_с}$ ,  $\Delta W_{эф\_C\_прим}$  и  $\Delta W_{эф\_T\_прим}$  предложено [1] получать путём сопоставления соответствующих компонентов  $\Delta Y_{прим}$  (6) с соответствующими им мерами  $\Delta I_{ан\_с\_суц}$ ,  $\Delta C_{прим\_суц}$  и  $\Delta T_{прим\_суц}$  *существенного* улучшения этих показателей:

$$\Delta W_{эф\_I\_ан\_с}(u_{ус}) = f_{эф\_I\_ан\_с}(\Delta I_{ан\_с}(u_{ус}), \Delta I_{ан\_с\_суц}) , \quad (7)$$

$$\Delta W_{эф\_C\_прим}(u_{ус}) = f_{эф\_C\_прим}(\Delta C_{прим}(u_{ус}), \Delta C_{прим\_суц}) , \quad (8)$$

$$\Delta W_{эф\_T\_прим}(u_{ус}) = f_{эф\_T\_прим}(\Delta T_{прим}(u_{ус}), \Delta T_{прим\_суц}) . \quad (9)$$

Исходя из (7), (8) и (9), вместо (3) запишем:

$$W_{эф\_Y_{прим}} = \langle \Delta W_{эф\_I\_ан\_с}, \Delta W_{эф\_C\_прим}, \Delta W_{эф\_T\_прим} \rangle . \quad (10)$$

В итоге общий показатель эффективности усовершенствования  $W_{эф\_Y_{ус}}$  (2) включает в себя частные показатели:

$$W_{эф\_Y_{ус}} = \langle W_{эф\_Y_{прим}}, W_{эф\_C\_ус}, W_{эф\_T\_ус} \rangle \quad (11)$$

или (подставив (10) в (11)) –

$$W_{эф\_Y_{ус}} = \langle \Delta W_{эф\_I\_ан\_с}, \Delta W_{эф\_C\_прим}, \Delta W_{эф\_T\_прим}, W_{эф\_C\_ус}, W_{эф\_T\_ус} \rangle . \quad (12)$$

В зависимости от результата сравнения с мерами  $\Delta I_{ан\_с\_суц}$ ,  $\Delta C_{прим\_суц}$  и  $\Delta T_{прим\_суц}$  показатели  $\Delta W_{эф\_I\_ан\_с}$ ,  $\Delta W_{эф\_C\_прим}$ ,  $\Delta W_{эф\_T\_прим}$  будут принимать множество значений  $\{-1, 0, 1\}$ , означающих следующее: «-1» – *существенное* ухудшение показателя после усовершенствования, «0» – *несущественное* изменение, «1» – *существенное* улучшение. Из формул (7), (8), (9) не следует, что содержащиеся в них показатели связаны (по аналогии с формулой (2) и др.) с требуемыми показателями  $I_{ан\_с\_тр}$ ,  $C_{прим\_тр}$  и  $T_{прим\_тр}$ , относящимися к применению усовершенствованных ПТС. Как следствие, вполне допустимы ситуации, когда при *существенном* улучшении какого-либо показателя эффективности он не соответствует предъявленным требованиям. Например, при *существенном* улучшении качества рабочей нагрузки анализаторов  $I_{ан\_с}$  оно остается недопустимо низким (хуже  $I_{ан\_с\_тр}$ ).

Следует также иметь в виду, что *существенное* ухудшение в результате усовершенствования хотя бы одного показателя  $W_{эф\_ΔY\_прим}$  (10) недопустимо (т.е.  $ΔW_{эф\_I\_ан\_Σ}$ ,  $ΔW_{эф\_C\_прим}$ ,  $ΔW_{эф\_T\_прим} > -1$ ); *несущественное* изменение всех показателей  $W_{эф\_ΔY\_прим}$  (т.е.  $ΔW_{эф\_I\_ан\_Σ} = ΔW_{эф\_C\_прим} = ΔW_{эф\_T\_прим} = 0$ ) нерационально с точки зрения эффективности. Необходимым условием рациональности усовершенствования (необходимым условием стандартизации соответствующего технического решения) является *существенное* улучшение хотя бы одного показателя среди  $ΔW_{эф\_I\_ан\_Σ}$ ,  $ΔW_{эф\_C\_прим}$  и  $ΔW_{эф\_T\_прим}$  при *несущественном* изменении остальных показателей. Результаты анализа передовой зарубежной и международной практики стандартизации, в частности, IRIG и CCSDS, позволяют утверждать, что требования, представленные в положениях этих стандартов, касающиеся определённых методов формирования, передачи и приёма ТМИ, соответствуют требуемым показателям эффективности  $W_{эф\_Y\_ус}$  (12). В процессе развития стандартов требования к показателям  $W_{эф\_ΔY\_прим}$  (10) ужесточаются.

Для практического применения предложенных показателей эффективности необходимо установить их зависимость от частных показателей, относящихся к конкретным улучшаемым характеристикам выбранными методами. Для определения *существенного* улучшения (или ухудшения) необходимы соответствующие методики, связывающие частные показатели (например, достоверность ТМИ, представленной для обработки) и общие (вышеупомянутые) показатели эффективности [1].

При наличии таких методик любая стратегия усовершенствования (например, выбор новых методов модуляции, помехоустойчивого кодирования, сжатия данных и т.д.) рассматривается с точки зрения её влияния на общие показатели эффективности процесса усовершенствования телеметрических ПТС и ИТ. Обеспечивается сопоставимость стратегий усовершенствования независимо от их сущностей.

Однако в настоящее время таких официально принятых методик не существует. Многие решения принимаются интуитивно. Например, концепция однопунктного ИКК с точки зрения эффективности ущербна, т.к. по разработанной методике доказано [1], что уменьшение материальных затрат путём уменьшения численности ИПов осуществляется за счёт *существенного* ухудшения качества ТМИ.

Обоснована [1] необходимость системного подхода к развитию БРТС, ПТС ТК и ИТ. Для обеспечения требуемой эффективности развития планируемые сроки конкретных операций по усовершенствованию не должны быть большими, предварительные исследования

– трудоёмкими, а сроки их проведения – растянутыми. От замысла до практического осуществления стратегии усовершенствования должно быть не более двух лет [1]. Необходимо обеспечить инвариантность ТК к изменяющимся задачам ИТО (в настоящее время требуются значительные временные и материальные затраты на его подготовку к решению новых задач ИТО) [1]. Время окончания ФОМДТ (готовности ТМИ к полной обработке) ограничено тремя часами [1]. При этом исключаются дополнительные циклы обработки ТМИ из-за низкого качества данных обобщённого массива (имеющие место в настоящее время) [1].

При разработке научно-методического обеспечения операции исходят из того, что оно создаётся для конкретного ЛПР [7, 8]. Цели ЛПР, осуществляющего операцию, должны совпадать с вышеупомянутыми целями операций по усовершенствованию ПТС и ИТ. При этом надо иметь в виду, что основная цель развития предприятия сводится к извлечению прибыли [9]. ЛПР, выполняя операции по усовершенствованию, обязан действовать с учётом целей развития своего предприятия. Совмещение для одного ЛПР целей развития БРТС, ПТС ТК и ИТ и развития предприятия возможно лишь при их гармонизации, которая в настоящее время отсутствует. Задача гармонизации существенно усложняется необходимостью учёта производственных отношений предприятий ракетно-космической отрасли. Характер отношений проявляется при решении конкретных задач развития отечественной телеметрии, относящейся к РКирТ, по следующим направлениям:

- разработка ПТС и ИТ;
- практическая реализация ПТС и ИТ;
- эксплуатация ПТС и ИТ;
- использование полученной ТМИ по целевому назначению;
- работа по стандартизации отечественной телеметрии, относящейся к РКирТ.

Возможны ситуации, когда разработкой ПТС и ИТ и их практической реализацией занимается одно и то же предприятие, модернизация ПТС ТК проводится под контролем и при согласовании с Роскосмосом, причём планирование процесса модернизации осуществляется предприятием, занимающимся их эксплуатацией с привлечением к разработке и практической реализации необходимых ПТС и ИТ выбранных предприятий и т.д. – т.е. характер отношений предприятий при выполнении отдельной операции усовершенствования может быть относительно сложным. При этом интересы предприятий могут совпадать (партнёры) или не совпадать (конкуренты).

Доказано [1], что общие показатели эффективности, характеризующие качество рабочей нагрузки анализаторов, оперативность решения задач ИТО существенно ниже требуе-

мых. В существующих условиях неопределённости из-за отсутствия необходимых стандартов телеметрии для предприятия-разработчика, -изготовителя БРТС и ПТС ТК зачастую имеются возможности смягчения требований к показателям  $\Delta W_{эф\_I\_ан\_Σ}$ ,  $\Delta W_{эф\_C\_прим}$ ,  $\Delta W_{эф\_T\_прим}$  (10), которое отвечает экономическим интересам (т.е. основной цели развития) предприятия. При этом для предприятия, эксплуатирующего ПТС ТК, решающего задачи ИТО, наиболее критичны показатели  $\Delta W_{эф\_C\_прим}$ , а для предприятия, использующего полученную ТМИ по целевому назначению, наиболее критичны показатели  $\Delta W_{эф\_I\_ан\_Σ}$  и  $\Delta W_{эф\_T\_прим}$ . Однако и здесь существуют достаточно благоприятные условия для «группового эгоизма» из-за имеющей место значительной неопределённости требований к вышеупомянутым показателям. В таких условиях, если предприятия, использующие полученную ТМИ по целевому назначению, выдвинут ужесточённые требования к показателям  $\Delta W_{эф\_I\_ан\_Σ}$  и  $\Delta W_{эф\_T\_прим}$ , то они, скорее всего, не будут восприняты предприятиями-разработчиками, -изготовителями БРТС и ПТС ТК как руководство к действию. Велика вероятность, что эти требования выходят за пределы технологических возможностей предприятий, что они не соответствуют их интересам (целям). Видим, что стратегии достижения цели стандартизации, заключающейся в создании механизма отбора наиболее результативных технических решений, не реализованы. Процесс развития БРТС, ПТС ТК и ИТ, регламентируемый стандартами, должен быть таким, чтобы максимально удовлетворять потребности предприятий, использующих полученную ТМИ по целевому назначению, но при этом должны быть удовлетворены интересы успешных предприятий-разработчиков, -изготовителей БРТС и ПТС, предприятий, решающих задачи ИТО, а также чётко (недвусмысленно) определены требования к процессу развития. По сути, принятие стандарта является принятием «правил игры» (причём добровольно), делающих ненужными предварительные согласования для взаимодействия нескольких игроков. При этом уровень требований, определяемых стандартом, должен соответствовать мировому уровню развития данной области, а сами стандарты должны инициировать и разрабатывать предприятия ракетно-космической отрасли (т.к. они в большей мере, чем кто-либо другой, способны представить стратегии развития и определить свои возможности их практической реализации). Необходимо, чтобы успешные предприятия добровольно ужесточали для себя требования, отвлекали на их удовлетворение дополнительные силы и средства, и это не только не противоречило бы, но и соответствовало их основной цели развития (извлечению прибыли).



Вышеупомянутый механизм отбора наиболее результативных технических решений и последующей стандартизации достаточно полно представлен в документах CCSDS [10, разд. 2].

Для отечественной практической телеметрии, относящейся к РКиРТ, чрезвычайно актуален опыт получения и дальнейшего использования экспериментальных результатов, аналогичных представленным в Оранжевых Книгах CCSDS. Экспериментальная работа может быть основана на «предполагаемых» требованиях. В процессе её выполнения возможно изучение перспективы или демонстрация технической исполнимости в ожидании «жесткого» требования, которое еще не появилось. Её финансирование и другие связанные ресурсы обычно обеспечиваются независимой организацией, которая инициирует работу (например, экспериментальная работа по кодированию с исправлением ошибок [11] выполнена NASA для CCSDS), роль CCSDS ограничена одним периодом обзора и публикации. По общему правилу, до публикации должен существовать по крайней мере один аппаратный или программный прототип (или другое исполнение), который демонстрирует и осуществляет все опции и особенности спецификации в оперативно уместной среде (или реальной, или моделируемой). Предприятие, успешно выполнившее экспериментальную работу, инициирует соответствующий стандарт, устанавливая таким образом планку выше для конкурирующих предприятий. Задача «преследователей» усложняется ещё и тем, что, как правило, исполнителями экспериментальных работ соответствующие технические решения патентуются (это наблюдается в приведённом выше примере NASA для CCSDS). Вот почему успешным предприятиям выгодно выполнять экспериментальную работу для CCSDS, отвлекая на неё свои силы и средства. Необходимы управленческие решения, стимулирующие выполнение аналогичных экспериментальных работ отечественными предприятиями ракетно-космической отрасли (в частности, нужно организовывать для этого опытно-конструкторские работы), а также их активное участие в последующем процессе стандартизации.

Также актуален опыт, следующий из Зелёных Книг CCSDS. В них представлены информационные сообщения CCSDS, которые поясняют положения Красных Книг, Синих Книг, Пурпурных Книг и Оранжевых Книг [10].

В частности, Зелёной Книге, касающейся сжатия данных без потерь информации, [12] соответствует Синяя Книга [13]. Вот некоторые ссылки на источники литературы, представленные в Зелёной Книге [12]:

учебное пособие по кодированию [14];

материалы слушания по вычислительным технологиям на научно-технической конференции [15];

публикация NASA, касающаяся универсального помехоустойчивого кодера [16];  
краткий обзор развития технологии сжатия данных [17].

Из приведенного примера видно, что при использовании ссылок, во-первых, упрощается задача разработчиков положений стандартов, во-вторых, для авторов публикаций, указанных в ссылках стандартов, это означает признание полученных ими научных результатов. Обеспечивается результативное практическое их использование. Другими словами, создаются благоприятные условия для достижения цели, заключающейся в научно-методическом обеспечении процесса стандартизации совместными усилиями предприятий ракетно-космической отрасли, других заинтересованных лиц, предприятий и организаций.

Опыт осуществления стандартизации комитетом CCSDS целесообразно учесть в отечественной практике, касающейся телеметрии, относящейся к РКиРТ.

В этой связи предполагаемым стандартам телеметрии целесообразно назначить статус «стандартов организации» [18], в основе которой – предприятия ракетно-космической отрасли. Их построение должно осуществляться по принципу функциональных стандартов [19]. В результате предполагается получить преимущества, характерные для функциональных стандартов:

- 1) выбрать наиболее подходящие технические решения для построения требуемой системы путём взаимной увязки требований базовых стандартов;
- 2) упростить задачу аттестационного тестирования (сертификации) на соответствие базовым стандартам.

Наиболее подходящими для использования в качестве основных базовых являются стандарты CCSDS и IRIG, а в качестве требуемой системы – предложенная [1] рациональная система разнесённого приёма ТМИ. Система включает в себя БРТС, ПРС, средства сбора ТМИ в интересах ФОМДТ, средства ФОМДТ.

Приняты следующие термины [19].

Базовый стандарт – это любой стандарт, используемый для построения профиля.

Профиль – это взаимоувязанная упорядоченная совокупность базовых стандартов, ориентированная на выполнение определённой прикладной, коммуникационной функции или на построение определённой системы.

Функциональный стандарт – это стандарт, охватывающий несколько профилей, как правило, одной группы и устанавливающий взаимосвязь между ними путём определения их общих и специфических частей.

Следует заметить, что отношения отдельных существующих документов IRIG (CCSDS) внутри всей совокупности документов отвечают принципу функционального стандарта. По этому же принципу строятся отдельные издания Рекомендуемой Практики CCSDS (Пурпурные Книги). В данном случае опыт IRIG и CCSDS полезен не только с точки зрения подтверждения правильности выбора принципа построения положений предполагаемых стандартов, но и с точки зрения возможности рассмотрения аналогов практической реализации этого принципа.

Формализация процесса построения необходимого функционального стандарта связана с множествами, являющимися совокупностями функций  $\Phi_{\text{ПП}}$ ,  $\Phi_{\text{CCSDS}}$ ,  $\Phi_{\text{IRIG}}$ ,  $\Phi_{\text{др\_см}}$  и  $\Phi_{\text{омс\_пп}}$  [где  $\Phi_{\text{ПП}}$  – функции, относящиеся к рациональной системе разнесённого приёма ТМИ, реализуемые в процессе развития БРТС и ПТС ТК, обеспечивающие требуемые показатели эффективности;  $\Phi_{\text{CCSDS}}$  ( $\Phi_{\text{IRIG}}$ ) – функции, реализуемые в соответствии со стандартами CCSDS (IRIG);  $\Phi_{\text{др\_см}}$  – функции, необходимые для построения рациональной системы разнесённого приёма ТМИ, относящиеся к каким-либо другим стандартам, кроме CCSDS и IRIG;  $\Phi_{\text{нест}}$  – функции, необходимые для построения рациональной системы разнесённого приёма ТМИ, не относящиеся к каким-либо из существующих стандартам;  $\Phi_{\text{усл}}$  – функции, необходимые для создания благоприятных условий построения рациональной системы разнесённого приёма ТМИ]. Отношения множеств таковы:

$$\Phi_{\text{CCSDS\_ПП}} = \Phi_{\text{ПП}} \cap \Phi_{\text{CCSDS}} \quad , \quad (13)$$

$$\Phi_{\text{IRIG\_ПП}} = \Phi_{\text{ПП}} \cap \Phi_{\text{IRIG}} \quad ,$$

$$\Phi_{\text{др\_см\_ПП}} = \Phi_{\text{ПП}} \cap \Phi_{\text{др\_см}} \quad ,$$

$$\Phi_{\text{выбр\_ПП}} = \Phi_{\text{CCSDS\_ПП}} \cup \Phi_{\text{IRIG\_ПП}} \cup \Phi_{\text{др\_см\_ПП}} \quad , \quad (14)$$

$$\Phi_{\text{неод\_ПП}} = \Phi_{\text{ПП}} \setminus \Phi_{\text{выбр\_ПП}} \quad ,$$

$$U_{\text{выб}}(\Phi_{\text{усл}}) : U_{\text{ус}} \rightarrow U_{\text{ус\_луч}} \quad , \quad (15)$$

где  $\Phi_{\text{CCSDS\_ПП}}$  ( $\Phi_{\text{IRIG\_ПП}}$ ,  $\Phi_{\text{др\_см\_ПП}}$ ) – функции из  $\Phi_{\text{CCSDS}}$  ( $\Phi_{\text{IRIG}}$ ,  $\Phi_{\text{др\_см}}$ ), которые целесообразно включить в состав  $\Phi_{\text{ПП}}$ ;

$\Phi_{\text{выбр\_ПП}}$  – функции, выбранные из  $\Phi_{\text{CCSDS}}$ ,  $\Phi_{\text{IRIG}}$  и  $\Phi_{\text{др\_см}}$ , для их последующего включения в состав  $\Phi_{\text{ПП}}$ ;

$\Phi_{\text{неод\_ПП}}$  – функции, которые целесообразно включить в  $\Phi_{\text{ПП}}$  после включения в его состав функций  $\Phi_{\text{выбр\_ПП}}$  (недостающие функции, которые нужно разработать);

$U_{\text{выб}}$  – методы выбора в зависимости от реализованных функций  $\Phi_{\text{усл}}$ , представленные в виде отображения множества рассматриваемых стратегий  $U_{\text{ус}}$  усовершенствования БРТС и

ПТС ТК в множество наилучших (с точки зрения показателей эффективности) стратегий усовершенствования  $U_{ус\_луч}$ .

По принятому выше определению функции  $\Phi_{CCSDS\_PI}$ ,  $\Phi_{IRIG\_PI}$  и  $\Phi_{op\_cm\_PI}$  относятся к базовым стандартам. Некоторые функции из  $\Phi_{CCSDS}$  и  $\Phi_{IRIG}$  одинаковы (например, касающиеся пакетной телеметрии [20, 21]), другие относятся к стандартам либо CCSDS, либо IRIG (например, касающиеся формирования форматов телеметрических слов, относящихся к  $\Phi_{IRIG}$  [21]). Примером функций из  $\Phi_{неод\_PI}$  являются функции, относящиеся к ФОМДТ [1]. В состав  $\Phi_{усл}$  могут быть включены функции, относящиеся к сегодняшней (нерациональной) отечественной телеметрии, к методикам оценивания качества ТМИ и т.д. Не исключён выбор в состав  $\Phi_{усл}$  функций из  $\Phi_{CCSDS}$ ,  $\Phi_{IRIG}$ ,  $\Phi_{op\_cm}$ .

При разработке положений предполагаемых стандартов нужно предусмотреть выполнение требований, касающихся порядка их разработки, принятия, применения, обновления и отмены, определённого соответствующими руководящими документами. Руководящие документы могут быть внешними по отношению к организации, решающей задачи создания стандартов (типа стандарта [18], в этом случае на них необходима ссылка), или представленными в виде административных положений предполагаемых стандартов, сформулированных, в том числе, и с учётом опыта CCSDS (типа Жёлтых Книг [10, 22 и др.]). Функции, реализуемые в соответствии с административными положениями стандартов, относятся к множеству  $\Phi_{усл}$ .

В качестве методических инструментов построения стандартов целесообразно использовать эталонную модель взаимосвязи открытых систем (ЭМВОС), проблемно-ориентированный морфологический анализ, теоретико-множественный подход, а также методы уменьшения комбинаций, относящихся к морфологическому анализу.

Для решения первоочередных задач стандартизации отечественной телеметрии, относящейся к РКиРТ, прежде всего нужно определить состав сил и средств, порядок их работы и взаимодействия. Поэтому начать нужно с административных документов – аналогов Жёлтых Книг CCSDS [9, 10 и др.]. В них имеются сведения об организационной структуре комитета, о решаемых им задачах, о функциональных обязанностях должностных лиц. В случае статуса «стандарты организации» организация имеет право использовать положительный опыт IRIG и CCSDS по своему усмотрению.

Должна быть принята официальная развёрнутая концепция построения и развития БРТС и ПТС ТК, установлены научно обоснованные требуемые общие показатели эффективности процесса развития БРТС и ПТС ТК.

При формулировании положений стандартов нужно выработать меры по переходу от существующих (нерациональных) к перспективным (рациональным) ПТС. Многие применяемые отечественные телеметрические средства и структуры ТМИ нерациональны. Тем не менее разработка относящихся к ним стандартов целесообразна, т.к. позволит достичь следующего:

получить необходимый опыт разработки отечественных стандартов;

прекратить внедрение первичных преобразователей, БРТС и ПТС ТК нестандартных разработок, значительно ухудшающее эффективность процесса поддержания и развития средств ТК (особенно в условиях подготовки к решению новых задач ИТО).

Предлагается также в качестве одной из первоочередных задач стандартизировать функцию ФОМДТ, т.к., во-первых, она актуальна с точки зрения предлагаемой рациональной системы, а во-вторых, имеются необходимые для её стандартизации наработки [1].

Таким образом, совмещение основных целей стандартизации отечественной телеметрии, относящейся к РКиРТ, развития БРТС, ПТС ТК и ИТ и развития предприятий ракетно-космической отрасли возможно и необходимо. Процесс стандартизации перманентен, а его эффективное осуществление представляется как решение определённой последовательности конкретных сложных организационно-технических задач. Началом его практического осуществления должна стать научно-исследовательская работа, детализирующая настоящую работу с целью создания благоприятных условий стандартизации отечественной телеметрии, относящейся к РКиРТ, направленной на обеспечение требуемой эффективности процесса развития БРТС, ПТС ТК и ИТ.

### **Пристатейный библиографический список**

1. Воронцов В.Л. Методы разнесённого приёма телеметрической информации и условия их применения в процессе развития телеметрического комплекса космодрома. – 2-е изд., перераб. и доп. – Набережные Челны: Изд-во Кам. гос. инж.-экон. акад., 2009.- 284 с.

2. 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.

3. Воронцов В.Л. Об улучшении качества программного обеспечения для телеметрического комплекса космодрома. – В сб.: Исследование и моделирование ракетно-космических комплексов и их элементов. – М.: МАИ-ПРИНТ, 2009. – С. 9-15.

4. Победоносцев В.А. Очерки истории развития отечественной ракетной радиотелеметрии (1946-2006гг.) и место системы БРС-4 в этой истории. – М.: Тривант, 2007. – 160с

5. Победоносцев В.А. Предложения по созданию первого варианта российского стандарта по телеметрии, обеспечивающего совместимость модифицированных средств систем РТСЦ-БИТС, БРС-4 и ОРБИТА и преемственность этих модификаций с развёрнутыми средствами. – В Трудах научно-технической конференции МНТОРЭС имени А.С. Попова: В 2 т.: Проблемы эффективности управления и связи РВСН и применения космических систем военного назначения / Под общ. ред. В.В. Василенко. – М.: Военная академия РВСН им. Петра Великого. Т2, 2003. – С. 173-179.

6. Аношкин А.В., Зайцев Ю.А., Старостин В.Н. Направления развития зарубежных систем информационного обеспечения ракетно-космических программ и планы космических агентств по их реализации. – В Трудах научно-технической конференции МНТОРЭС имени А.С. Попова: В 2 т.: Проблемы эффективности управления и связи РВСН и применения космических систем военного назначения / Под общ. ред. В.В. Василенко. – М.: Военная академия РВСН им. Петра Великого. Т2, 2003. – С. 212-216.

7. 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. – 224с.

8. 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. – 328с.

9. Дмитриев О.Н. Системный анализ в управлении. – 5-е изд.с метод. рек., перераб. и доп. – М.: Доброе слово, 2005.- 200 с.

10. Restructured Organization and Processes for the Consultative Committee for Space Data Systems CCSDS A02.1-Y-2, Issue 2, Yellow Book, Consultative Committee for Space Data Systems, April 2004.

11. Low density parity check codes for use in near-earth and deep space applications, Research and Development for Space Data System Standards CCSDS 131.1-O-2, Experimental specification, September 2007.

12. 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.

13. *Lossless Data Compression*. Recommendation for Space Data Systems Standards, CCSDS 121.0-B-1. Blue Book. Issue 1. Washington, D.C.: CCSDS, May 1997.

14. Pen-Shu Yeh and Warner H. Miller. *Application Guide for Universal Source Coding*. NASA Technical Paper 3441. Coding Tutorial. Washington, D.C.: CCSDS, December 1993.
15. Robert F. Rice, Pen-Shu Yeh, and Warner H. Miller. "Algorithms for High Speed Universal Noiseless Coding." *Proceedings of the AIAA Computing in Aerospace 9 Conference*, San Diego, CA, October 19-21, 1993.
16. Pen-Shu Yeh, Robert F. Rice, and Warner H. Miller. *On the Optimality of Code Options for a Universal Noiseless Coder*. NASA/JPL Publication 91-2. February 1991.
17. Pen-Shu Yeh, Warner H. Miller, and Steve Hou. *Overview of NASA's Lossless Compression Technology Development and Application*. Milcom'95. San Diego. Nov. 1995.
18. ГОСТ Р 1.4-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения.
19. Щербо В.К. Стандарты вычислительных сетей. Взаимосвязи сетей. Справочник. – М.: КУДИЦ – ОБРАЗ, 2000. – 272с.
20. 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.
21. Telemetry Group, Range Commanders Council, *Telemetry Standards (Part 1), IRIG Standard 106-07*, Range Commanders Council, U.S. Army White Sands Missile Range, New Mexico, September 2007.
22. Procedures Manual for the Consultative Committee for Space Data Systems CCSDS A00.0-Y-9, Issue 9, Yellow Book, Consultative Committee for Space Data Systems, November 2003.

### **Сведения об авторах**

1. Артемьев Владимир Юрьевич – генеральный директор – главный конструктор ОАО «Научно-производственное объединение измерительной техники».
2. Воронцов Валерий Леонидович – начальник научно-методического отдела ОАО «Научно-производственное объединение измерительной техники», кандидат технических наук, e-mail: [a762642@yandex.ru](mailto:a762642@yandex.ru).