

## УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТРАБОТКИ СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ПОДРЫВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.Л. Воронцов

АО «Российские космические системы», Россия, 111250, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 53

a762642@yandex.ru

Представлены результаты исследований, касающихся развития систем информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения. Рассмотрено развитие отечественных систем информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения в условиях влияния подрывных технологий. Показано, что необходимы организационно-технические меры по существенному улучшению управления развитием отечественных систем информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения, связанные с созданием, поддержкой и развитием инструментов регламентирования (прежде всего официальной концепции развития систем информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения и соответствующей ей системы стандартов телеметрии) и условий для их результативного применения.

**Ключевые слова:** общие (обобщенные) показатели, подрывные технологии, программно-технические средства, система информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения, телеметрируемый объект, телеметрическая информация

**Ссылка для цитирования:** Воронцов В.Л. Управление развитием систем информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения в условиях влияния подрывных технологий // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 6. С. 160–177. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-6-160-177

Сущности систем информационно-телеметрического обеспечения (далее — ИТМ-обеспечение) отработки средств выведения, искомым результатом их развития, инструменты регламентирования, необходимые для полноценного управления развитием систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения определены в работах [1–6]. Представлен [6], по сути, Проект официальной концепции развития отечественных систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения

Актуальность разработки упреждающих (профилактических) мер по развитию систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения в условиях влияния подрывных технологий связана со значительными издержками вследствие вынужденного перехода на интенсивный путь развития, обычно усугубляемого жесткими ограничениями материальных ресурсов и времени, а также необходимостью значительных изменений производственных отношений предприятий/организаций ракетно-космической отрасли (РКО), проявляющихся в соответствующих изменениях их организационно-штатной структуры. Сущности этих мер неочевидны.

### Цель работы

Цель работы — рекомендации по предотвращению значительных издержек при решении задач

развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения вследствие неготовности к проявлению подрывных технологий.

**Общие сведения о системе ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.** Под этими системами понимают [1] располагаемые материально-технические, стоимостные, временные, людские и другие ресурсы, которыми может воспользоваться оперирующая сторона (в том числе исследователь операции) для достижения цели операции, относящейся к решению задач ИТМ-обеспечения отработки средств выведения [7].

Средствами выведения являются прежде всего ракеты-носители и разгонные блоки ракет космического назначения (РКН), являющиеся также *телеметрируемыми объектами* [8].

На рисунке из работы [1] показаны задачи информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения и последовательность их выполнения.

Выделены (см. рисунок) наиболее актуальные задачи информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения, а именно:

- формирование телеметрической информации (ТМ-информации) [8] в бортовой радиотелеметрической системе [8];
- приеморегистрация ТМ-информации;
- сбор ТМ-информации в интересах формирования обобщенного массива данных телеметрических измерений;



Задачи информационно-телеметрического обеспечения [1]  
Tasks of information and telemetry support [1]

– формирование обобщенного массива данных телеметрических измерений.

Актуальность решения этих задач обусловлена тем, что с ними связаны значительные потери ТМ-информации вследствие действия неопределенных факторов различной природы.

Если перечисленные задачи ИТМ-обеспечения отнести к системе, то входом этой системы являются *первичные сигналы* (т. е. выходные сигналы датчиков) [8], а ее выходом — обобщенные данные телеизмерений [1].

Атрибутами системы ИТМ-обеспечения обработки средств выведения являются [1] сигналы/данные заданной структуры, содержащие ТМ-информацию; методы и алгоритмы действий над этими сигналами/данными, программно-технические средства (ПТС) и т. д.

**Сущности подрывных технологий.** Одним из первых понятие «подрывные технологии» («disruptive technologies») ввел и пояснил в середине 1990-х годов Клейтон Кристенсен [9]. По его мнению, существуют технологии *поддерживающие* и *подрывные* [9], в них важно выделить следующее:

– подрывные технологии создают новый рынок, разрушая существующий и вытесняя его признанных лидеров;

– развитие подрывных технологий происходит не скачкообразно: обычно от производства «сырых» образцов до появления на рынке полноценных конкурентноспособных продуктов про-

ходит период времени, которое целесообразно использовать заинтересованным предприятиям для принятия мер по перестройке своей работы под новые условия;

– для мониторинга развития подрывной технологии от момента ее зарождения до полноценной практической реализации и разработки эффективных упреждающих мер по купированию связанных с ней угроз нужны специалисты, подразделения в составе заинтересованных предприятий.

Чтобы проиллюстрировать существенное влияние подрывных технологий на производственные отношения, на социальные процессы, приведены следующие хрестоматийные примеры:

– внедрение ткацкого станка в Индии, повлекшее обнищание и гибель от голода индийских ткачей;

– создание Фордом автомобиля для массового применения, заменившего в городах конный транспорт;

– изобретение цифровой камеры и отказ от фотопленки, ставшие причиной банкротства фирмы Kodak и других (важно обратить внимание на тот факт, что именно специалисты фирмы Kodak изобрели цифровую камеру, но их изобретение не было использовано в интересах фирмы должным образом).

Как показывает практика, подрывную технологию весьма проблематично распознать на этапе ее зарождения, на ранних этапах ее развития, чтобы иметь достаточное время на адаптацию

к связанным с ней изменениям условий, отрабатывать на упреждение.

История знает многочисленные примеры ошибочных прогнозов перспектив развития подрывных технологий. Замечено [10, с. 102, 103], что «когда речь идет о прогнозировании событий с большим числом весьма изменчивых переменных величин, каждая из которых может определить результат, эксперты становятся беспомощными».

Так, президент киностудии «Warner Bros. Pictures» Гарри Уорнер в 1927 г. прокомментировал появление первых звуковых фильмов на экранах таким образом: «Зачем зрителю слышать, как артисты говорят?» [10]. Роберт Милликен, получивший Нобелевскую премию по физике в 1923 г., заявил: «Нет никакой вероятности, что человек когда-либо сумеет использовать энергию атома». Глава патентного бюро США Чарлз Дьюэлл в 1899 г. сказал: «Все, что можно изобрести, уже изобретено».

Из приведенных примеров [10] следует, что названные люди не могут быть отнесены к категории дилетантов и что по прошествии относительно короткого времени проявилась ошибочность видения ими перспектив.

Более современные примеры также не отличаются высокой точностью прогнозов.

В конце 2003 г. в России насчитывалось свыше 36 млн абонентов сотовой связи, при том, что несколько лет тому назад крупнейшие производители сотовых телефонов (Nokia, Motorola, Ericsson) не сомневались в бесперспективности российского рынка [11].

Примеры, аналогичные указанным выше, можно было бы продолжить. То есть как следует из этих примеров, современные эксперты не прозорливее своих предшественников.

Показано [1], что развитие ПТС и информационных технологий осуществляется в условиях влияния неопределенных факторов различной природы, которое соответствующим образом отражается на результатах развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, причем имеют место тенденции роста неопределенности. В этих условиях, особенно при целевой и поведенческой неопределенности [12], соответственно, снижаются возможности построения полноценных инструментов регламентирования процесса развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения и их использования при решении практических задач. Ситуация усугубляется влиянием подрывных технологий.

В этой связи уместно и наглядно следующее гротескное разъяснение [13], иллюстрирующее влияние подрывных технологий на социальные, на производственные отношения, касающееся поведенческой неопределенности.

Древнее племя. Люди не могут добывать огонь, но могут пользоваться им. Существует штат по поддержанию огня (жрецы, чиновники, иерархия). Появляется изобретатель простого устройства добычи огня (появляется подрывная технология). Необходимость в жрецах и т. д. отпадает, но вряд ли они так просто отдадут свои привилегии, свою власть. Отсюда риторические вопросы: какова перспектива внедрения технологии добычи огня в жизнь племени? Какова судьба изобретателя огня?

Для исторического пути развития отечественной телеметрии характерны перманентные организационно-штатные преобразования [14–16]. С одной стороны, такое состояние обычно (традиционно) для отечественной ракетно-космической отрасли, с другой — полученный опыт свидетельствует об актуальности улучшения управления развитием отечественных систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, принятия своевременных и действенных организационно-технических мер, обеспечивающих, в частности, результативное купирование влияния подрывных технологий, касающихся этих систем.

**Инструменты регламентирования.** Идеи улучшения и поиск путей совершенствования управления развитием отечественной телеметрии не новы [14–16], однако требуемый комплекс организационно-технических мер по управлению развитием систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения пока не построен. Прежде всего необходим результативный механизм его регламентирования.

На основе анализа опыта отечественных предприятий/организаций ракетно-космической отрасли [14–16], зарубежных организаций (в частности, опыта CCSDS [1]) обосновано и предложено [1–6 и др.] регламентирование развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения осуществлять, используя следующие инструменты:

- официальную концепцию развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения (с указанием направлений развития);

- *систему* стандартов телеметрии, соответствующую указанной выше концепции, обеспечивающую осуществление рациональных стратегий усовершенствования и применения по назначению систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения (далее — стратегии применения);

- административные положения по поддержанию и развитию концепции и стандартов телеметрии (Устав рабочей группы).

Как показала практика, для результативного управления развитием систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения требуются высококвалифицированные, обладающие специфическими знаниями и большим опытом специалисты.

В этой связи интересен и полезен опыт решения таких задач силами научно-методического отдела предприятия. Возможностей одного предприятия оказалось недостаточно. «Полувекковая история показала, что телеметрия — понятие шире мнения одного предприятия. Телеметрия при той организации, которая сложилась в нашей стране, охватывает далеко не одну отрасль» [15].

Регламентирование необходимо для обеспечения согласованных перманентных действий предприятий/организаций ракетно-космической отрасли, а также заинтересованных предприятий/организаций вне этой отрасли при выполнении операций (стратегий) по усовершенствованию и применению по целевому назначению систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения. Регламентирование требуется для осуществления единой научно-технической политики развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения и реализации с помощью этой политики практического системного подхода к их развитию, а также полноценной реализации принципа «наука — практике», с которым связана возможность отбора полезных предложений, поступающих от предприятий/организаций (из состава ракетно-космической отрасли и вне ее), для их последующего практического использования.

Управление развитием отечественных систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения (регламентирование) предлагается [2, 4] осуществлять рабочей группе, состоящей из разносторонних специалистов. При таком подходе не потребуются предварительные изменения производственных отношений предприятий/организаций из состава ракетно-космической отрасли и вне ее, а при необходимости их интересы могут быть удовлетворены через эту рабочую группу.

**Факторы, стимулирующие развитие систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.** Развитие этих систем стимулируют следующие факторы [1]:

- 1) новые задачи ИТМ-обеспечения;
- 2) физическое старение ПТС;
- 3) естественный ход развития современных ПТС и информационных технологий, их очевидные достоинства, проявляющиеся при успешном решении аналогичных задач в смежных областях;
- 4) производственные отношения, требующие постоянного повышения технического и технологического уровней предприятий/организаций ракетно-космической отрасли в целях сохранения конкурентоспособности.

Замечено [1], что в настоящее время развитие отечественных систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения осуществляется в условиях доминирования факторов 1–3, что обрекает отечественные предприятия/организации на действия

по устранению последствий проявления подрывных технологий, притом, что усиление влияния фактора 4 позволило бы работать на упреждение.

**Методологические основы оценивания развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.** Методологические основы оценивания развития этих систем [1–6 и др.] базируются на теории исследования операций с использованием технических систем [7, 12].

Для оценивания результата операции  $Y$ , выполненной в соответствии со стратегией  $u$ , используют [12] три группы параметров, характеризующих полезный эффект  $q$ , материальные затраты  $C$  и оперативность  $T$ :

$$Y(u) = Y(q(u), C(u), T(u)). \quad (1)$$

При выполнении операции усовершенствования систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения ее результат зависит от выбранной стратегии усовершенствования  $u_{yc}$  и заключается в получении полезного эффекта (им служит улучшение  $\Delta Y_{\text{прим}}$  результата от применения усовершенствованной системы ИТМ-обеспечения отработки средств выведения), в материальных затратах  $C_{yc}$  на усовершенствование и в оперативности  $T_{yc}$  процесса усовершенствования (при решении практических задач  $C_{yc}$  и  $T_{yc}$  могут являться затратами на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы и сроками их выполнения в соответствии с техническим заданием или стратегией  $u_{yc}$ ) [1, 3]. Конкретизированное под рассматриваемые системы ИТМ-обеспечения отработки средств выведения формульное выражение (1) принимает вид

$$Y_{yc}(u_{yc}) = \langle \Delta Y_{\text{прим}}(u_{yc}), C_{yc}(u_{yc}), T_{yc}(u_{yc}) \rangle, \quad (2)$$

$$u_{yc} \in U_{yc}.$$

В итоге [1] получаем

$$W_{\text{эф}_Y_{yc}} = \langle \Delta W_{\text{эф}_W_{\text{ан}_\Sigma}, \Delta W_{\text{эф}_C_{\text{прим}}}, \Delta W_{\text{эф}_T_{\text{прим}}}, W_{\text{эф}_C_{yc}}, W_{\text{эф}_T_{yc}} \rangle, \quad (3)$$

где  $W_{\text{эф}_Y_{yc}}$  — общий показатель эффективности операции усовершенствования системы ИТМ-обеспечения отработки средств выведения;

$W_{\text{эф}_C_{yc}}, W_{\text{эф}_T_{yc}}$  — частные показатели, соответствующие  $C_{yc}$  и  $T_{yc}$  из выражения (2);

$\Delta W_{\text{эф}_W_{\text{ан}_\Sigma}}$  — показатель улучшения качества данных для решения задач анализа;

$\Delta W_{\text{эф}_C_{\text{прим}}}, \Delta W_{\text{эф}_T_{\text{прим}}}$  — показатели сокращения материальных затрат при решении задач ИТМ-обеспечения и повышения оперативности их решения (при осуществлении стратегий  $U_{\text{прим}}$  применения усовершенствованной системы ИТМ-обеспечения отработки средств выведения), соответственно.



Показатели  $W_{эф}^*$  (3) зависят от исхода сопоставления [1, 2], оцениваемых (2) показателей результата усовершенствования с их требуемыми значениями, обозначенными дополнением «тр» к индексам:  $\Delta Y_{прим}(u_{yc})$  и  $\Delta Y_{прим\_тр}$ ,  $C_{yc}(u_{yc})$  и  $C_{yc\_тр}$ ,  $T_{yc}(u_{yc})$  и  $T_{yc\_тр}$ . Причем исходы сопоставления [1], касающиеся  $\Delta Y_{прим}$  (2), связаны с применением установленных мер  $\Delta I_{ан\_сум\_сущ}$ ,  $\Delta C_{прим\_сущ}$  и  $\Delta T_{прим\_сущ}$  *существенного* изменения, соответствующих показателям  $\Delta W_{эф\_W\_ан\_сум}$ ,  $\Delta W_{эф\_C\_прим}$  и  $\Delta W_{эф\_T\_прим}$  (3), и получением этих показателей.

Наиболее важным компонентом при вычислении показателя  $\Delta W_{эф\_W\_ан\_сум}$  (3) являются характеристики потерь информации или получения дополнительной информации в результате осуществления стратегий усовершенствования  $U_{yc}$  и применения  $U_{прим}$  систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения.

В частности, вычисление показателей  $\Delta W_{эф\_W\_ан\_сум}$  (3) для рассматриваемых систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения осуществляют [1], используя последовательно следующие характеристики:

–  $N_i(s)$ ,  $N_j(s)$  — количество ошибок в типовом обобщенном блоке данных, получаемых с применением испытуемого алгоритма  $A_i$  и базового алгоритма  $A_j$  ( $A_j$  заменяют алгоритмом  $A_i$  при усовершенствовании систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения);  $s$  — состояние помеховой обстановки;

–  $\gamma(s)$  — сравнительная характеристика количества ошибок в обобщенном блоке данных;

–  $E(s)$  — балльные оценки.

Смысл балльных оценок  $E$  ( $E = \{-1, 0, 1\}$ ) состоит в следующем: «достоверность, обеспечиваемая испытуемым алгоритмом, *существенно* лучше обеспечиваемой базовыми алгоритмами» ( $E = 1$ ), «*существенно* хуже» ( $E = -1$ ), «примерно такая же» ( $E = 0$ ). Связь балльных оценок  $E$  и показателей  $\Delta W_{эф\_W\_ан\_сум}$  для рассматриваемых систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения показана с помощью соответствующих критериев, моделей и методик [1]. Необходимым условием  $\Delta W_{эф\_W\_ан\_сум} = 1$  является  $E = 1$  (в этом случае стратегия  $u_{yc}$  усовершенствования имеет признаки рациональной стратегии  $U_{yc\_рац}$ );  $\Delta W_{эф\_W\_ан\_сум} = -1$  при  $E = -1$  (в этом случае стратегия  $u_{yc}$  исключается из дальнейшего рассмотрения, отбраковывается).

Такой методологический прием позволяет получать сравнительные оценки принципиально разных стратегий усовершенствования систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения [1] по общим (обобщенным) показателям.

**Особенности методологии оценивания в условиях влияния подрывных технологий.** Необходимым признаком влияния подрывных

технологий, касающихся развития систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения, является *радикальное* изменение показателей (2). Это означает, что «пороговые» значения величин  $C_{yc\_тр}$ ,  $T_{yc\_тр}$ ,  $\Delta I_{ан\_сум\_сущ}$ ,  $\Delta C_{прим\_сущ}$  и  $\Delta T_{прим\_сущ}$  оказываются замененными на значения величин  $C_{yc\_рад}$ ,  $T_{yc\_рад}$ ,  $\Delta I_{ан\_сум\_рад}$ ,  $\Delta C_{прим\_рад}$  и  $\Delta T_{прим\_рад}$ , соответственно, характеризующих *радикальные* изменения (обозначение «рад» дополнительно к индексам здесь и далее обозначает радикальные изменения). Причем научно-методическое обоснование выбора значений  $C_{yc\_рад}$ ,  $T_{yc\_рад}$ ,  $\Delta I_{ан\_сум\_рад}$ ,  $\Delta C_{прим\_рад}$  и  $\Delta T_{прим\_рад}$  аналогично [1] выбору значений  $C_{yc\_тр}$ ,  $T_{yc\_тр}$ ,  $\Delta I_{ан\_сум\_сущ}$ ,  $\Delta C_{прим\_сущ}$  и  $\Delta T_{прим\_сущ}$ . Такие замены позволяют относительно просто адаптировать разработанный [1] научно-методический аппарат в части оценивания эффективности операций (стратегий) усовершенствования и применения систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения к условиям влияния подрывных технологий, полноправно применять формульные выражения типа (3).

Следует заметить, что *радикальное* изменение показателей (2) может быть связано не только с влиянием подрывных технологий, но и с другими факторами, следствием влияния которых является выполнение масштабных работ по изменению сущностей систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения. В частности, при подготовке к ИТМ-обеспечению летных испытаний комплекса «Энергия — Буран» на космодроме Байконур общее количество дополнительной разнотипной аппаратуры составило 1110 комплектов, а стоимость дооснащаемых средств телеметрического комплекса космодрома превысила 500 млн руб. (в ценах 1970-х гг.) [14]. Только для приеморегистрации ТМ-информации понадобилось более 100, причем разнотипных, приемно-регистрирующих станций (ПРС), при пуске РКН с ракеты-носителя «Союз» обычно задействуют 12...15 ПРС [1].

Дооснащение телеметрического комплекса космодрома обусловлено характерным для отечественной практики увеличением объема телеизмерений при росте количества телеметрируемых параметров. При этом пропорционально увеличивается количество комплектов *бортовой радиотелеметрической системы* и лавинообразно (вследствие необходимости разносенного приема *ТМ-информации*) — количество ПТС телеметрического комплекса космодрома (прежде всего, ПРС). Обычно на один комплект *бортовой радиотелеметрической системы* приходится 4...6 наземных ПРС [1]. Отсюда большой разброс количества задействуемых ПТС телеметрического комплекса космодрома в зависимости от *телеметрируемого объекта* и (соответственно)

проблематичность построения компактного телеметрического комплекса космодрома, инвариантного к изменяющимся задачам ИТМ-обеспечения. Также велики потери ТМ-информации.

В связи с этим разработаны [1] стратегии усовершенствования и применения систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, в соответствии с которыми осуществляется управление избыточностью данных телеметрических измерений, обеспечивающее *существенное* улучшение общих (обобщенных) показателей в выражениях (2) и (3).

Следует отметить, что в случае дооснащения телеметрического комплекса космодрома для решения новых задач ИТМ-обеспечения (типа ИТМ-обеспечения летных испытаний комплекса «Энергия — Буран») применен экстенсивный подход (было значительно увеличено количество ПТС телеметрического комплекса космодрома за счет наращивания в основном известных и применяемых в практике ПТС), а с подрывными технологиями связан вынужденный интенсивный подход (внедрение в состав телеметрического комплекса космодрома качественно, принципиально новых ПТС). То есть *радикальные* изменения показателей выражения (2), обусловленные проявлением подрывных технологий, обеспечиваются реализацией интенсивного подхода к развитию элементов системы ИТМ-обеспечения отработки средств выведения и (соответственно) системы ИТМ-обеспечения отработки средств выведения в целом.

В случае оценивания предстоящих запоздалых операций по купированию последствий проявления подрывных технологий при обосновании выбора значений  $C_{ус\_рад}$  и  $T_{ус\_рад}$  приходится учитывать экстремальность условий, в которых приоритет отдается не размеру допустимых материальных трат и экономически выгодным срокам модернизации [1], а возможности дальнейшего существования (выживания) предприятий/организаций, связанных с соответствующей системой ИТМ-обеспечения отработки средств выведения. Материальные затраты  $C_{ус}$  и оперативность  $T_{ус}$  в выражении (2) могут быть вынужденными — как реакция на сложившуюся ситуацию проявления подрывной технологии, касающейся систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.

**Краткий ретроспективный анализ развития отечественной телеметрии с проявлением влияния подрывных технологий.** Проведем краткий ретроспективный анализ развития отечественной телеметрии в части влияния появляющихся технологий, рассмотрим основные тенденции развития, связанные с системами ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.

Информативность *радиотелеметрических систем* (РТС) увеличивалась от модификации к модификации [8]: от использования трофейной немецкой РТС «Messina» в начале летных испытаний ракетной техники в Советском Союзе в 1947 г. до современных [15]. При этом информативность РТС увеличивалась следующим образом [15]: «Messina» — четыре телеметрических канала и четыре телеметрируемых параметра; «Бразилионит» [15] (1948 г.) — восемь телеметрируемых параметров; «Дон» (1949 г.) — 16 телеметрических каналов, 30 телеметрируемых параметров; «Трал» (1954 г.) — 48 телеметрических каналов. В начале 1960-х годов были созданы модификации РТС:

– РТС-9 (информативность — 25 600, 12 800 и 3200 измерений/с, количество телеметрических каналов — 512, 256 и 64 соответственно (РТС-9 по информативности более чем в 4 раза превосходила РТС «Трал»);

– БРС-1 и БРС-4 (в отличие от БРС-1 новая БРС-4 имела информативность 320 000 измерений вместо 160 000 измерений/с и 40 каналов *основного коммутатора* [8] вместо 20);

Появление модифицированной бортовой РТС «Орбита» в 2000 г. со скоростью передачи данных до 3,14 Мбит/с отмечено [16] как начало перехода к передаче ТМ-информации быстроизменяющихся параметров по цифровым радиолиниям. В 1977 г. на смену приемно-регистрирующим станциям радиотелеметрической системы РТС-9 МА-9МК, МА-9МСТ начали поступать ПРС нового поколения — МА-9МКТМ-1, а с 1980 г. — более совершенные МА-9МКТМ-4. Примерно в это же время приемно-регистрирующие станции БРС-4 были заменены на более современные БРС-4М, БРС-4МК.

Совершенствовалась технология обработки ТМ-информации (от ручной дешифровки до автоматизированной обработки с применением современных ПТС). К концу 1959 г. прошла государственные испытания первая отечественная система автоматизированной обработки ТМ-информации «Старт» [15]. Разработанная в начале 1960-х годов как спецвычислительная аппаратура МО-9 обеспечивала дешифровку с выдачей результатов обработки ТМ-информации в виде графиков на термочувствительной бумаге [15]. Первый магнитный регистратор был применен в составе ПРС «Трал-К» и в составе системы «Старт» [15] (до этого регистрация ТМ-информации осуществлялась на фотопленку, а позднее — на термочувствительную бумагу).

С появлением магнитного регистратора появилась возможность не только повторно воспроизводить принятую и зарегистрированную ТМ-информацию, изменяя в случае необходимости масштаб по шкале времени или по шкале значений телеметрируемых параметров при

представлении результатов обработки в виде графиков, что позволяло получить дополнительную информацию (например, информацию на интервалах быстрых и непредвиденных изменений телеметрируемых параметров), но и возможность повысить оперативность обработки ТМ-информации (по сравнению с фотопленкой), улучшить условия для автоматизации действий над ней.

На основе полученного опыта и в условиях стремительного развития электронно-вычислительной техники и информационных технологий стало актуальным использование универсальных электронно-вычислительных машин (ЭВМ) и прилагаемого к ним программного обеспечения при построении ПТС автоматизированной обработки ТМ-информации вместо специальных вычислительных устройств (типа вышеупомянутых «Старт» и МО-9).

В 1962 г. началась, а к середине 1960-х годов завершилась разработка новой системы обработки ТМ-информации «Лотос» на базе универсальной ЭВМ «Урал-11» [15].

В 1980-е годы на смену комплексу «Лотос» пришли комплексы обработки ТМ-информации ВЛ-1033-01, позднее — ВЛ-1045-01 с ЭВМ, включенными в их состав — ЕС-1033 и более производительные ЕС-1045 соответственно.

Несколько парадоксальным выглядит увеличение объема ПТС в составе телеметрического комплекса космодрома в 1960–1980-е годы на фоне развития элементной базы (лампы — полупроводники — микросхемы), поскольку расширение функциональных возможностей телеметрического комплекса космодрома осуществлялось за счет дополнительной аппаратуры. Так, для обработки ТМ-информации структуры БРС-4 на аппаратуре МО-9 и позднее на системе «Лотос» требовалось ее кодопреобразование в структуру РТС-9. Для этого применялась аппаратура СП4-9 [15] и позднее «Спектр-Б1». Для обработки ТМ-информации быстроменяющихся параметров структуры БРС-4 применялась специализированная аппаратура «Спектр-А0» и позднее «Квант-3А» и т. д.

Иной аспект, связанный с увеличением объема в составе телеметрического комплекса космодрома и проявившийся при подготовке космодрома Байконур к летным испытаниям комплекса «Энергия — Буран», касается поведенческой неопределенности [12], человеческого фактора, приведших в итоге к выбору худшей стратегии дооснащения телеметрического комплекса космодрома средствами, связанными с радиотелеметрической системой БРС-4, а не «Орбита» [14]. В данном случае подтверждается актуальность совершенствования управления (регламентирования) [1–6] развитием отечественных систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения.

Увеличению объема аппаратных (технических) средств в составе телеметрического комплекса космодрома в 1960–1980-е годы, кроме расширения его функциональных возможностей за счет дополнительной аппаратуры, способствовали их конструктивные особенности. Так, например, модификации приемно-регистрирующих станций БРС-4М, БРС-4МК на микросхемах, поступившие на космодром Байконур в середине 1970-х — 1980-е годы, по массе и габаритам превосходили их более ранние аналоги (на лампах) — в них до 50 % всей аппаратуры составляли блоки питания и стабилизации напряжения, необходимые для обеспечения нужных режимов электропитания микросхем. Комплекс обработки ТМ-информации ВЛ-1045-01, кроме универсальной ЭВМ ЕС-1045, содержал (в зависимости от поставленного комплекта) примерно 14 устройств; вся аппаратура размещалась на площади 260 м<sup>2</sup>, потребляла 100 кВА электроэнергии, а численность обслуживающего персонала одной смены составляла 15 чел. Учитывая, что вычислительный центр космодрома в то время работал в три смены, для обслуживания одного комплекса ВЛ-1045-01 требовалось (с учетом взаимозаменяемости, всяких уплотнений графика работ и т. д.) около 40 чел. Материальные затраты, связанные с эксплуатацией комплекса ВЛ-1045-01 в вычислительном центре космодрома, значительно превосходят аналогичные затраты, по комплексу «Лотос».

Рассмотренное увеличение объема аппаратных (технических) средств в составе телеметрического комплекса космодрома в 1960–1980-е годы совпало с его дооснащением в середине 1970–1980-х годов для ИТМ-обеспечения летных испытаний комплекса «Энергия — Буран» на космодrome Байконур [14], усугубив ситуацию (значительно увеличилось количество разнотипной аппаратуры в составе телеметрического комплекса космодрома [14]). При этом значительная часть ПТС телеметрического комплекса космодрома, задействуемая при пуске ракет-носителей типа «Энергия», оказывалась излишней (избыточной) в случае чаще всего запускаемых ракет-носителей типа «Союз».

На увеличение объема ПТС телеметрического комплекса космодрома повлиял также человеческий фактор (поведенческая неопределенность [12], групповой эгоизм [17]), связанный с выгодами от расширения предприятия/организации (от роста численности обслуживающего персонала, создания новых рабочих мест, новых подразделений и, соответственно, более высоких и более оплачиваемых руководящих должностей и т. д.).

В 1990-е годы на фоне прекращения работ, связанных с пусками ракеты-носителя «Энергия», избыточность существующих ПТС телеметриче-



ского комплекса космодрома стала очевидной. В это же время в полной мере проявились подрывные технологии, обеспечивающие построение ПТС телеметрического комплекса космодрома на базе персональных ЭВМ (ПЭВМ) и с применением безбумажной [18] технологии обработки телеметрической информации.

Построение ПТС телеметрического комплекса космодрома на базе ПЭВМ позволило существенно снизить материальные затраты на обслуживающий персонал (благодаря уменьшению его численности), электроэнергию. Вследствие значительного уменьшения массы и габаритов ПТС телеметрического комплекса космодрома соответственно, уменьшилась площадь машинных залов, технических сооружений для их размещения и для размещения обслуживающего персонала. Применением ПТС телеметрического комплекса космодрома на базе ПЭВМ созданы благоприятные условия для осуществления безбумажной [18] технологии обработки ТМ-информации.

Приведем (для краткости) лишь некоторые примеры, иллюстрирующие преимущества введения ПЭВМ в состав ПТС телеметрического комплекса космодрома.

Разработанная в 1998–1999 годы ПРС «Опал» [19] обеспечивала приеморегистрацию ТМ-информации структур радиотелеметрических систем типа РТС-9 и БРС-4, накапливая ее на жестком, а также (по необходимости) на оптических и магнитооптических дисках. Отпала необходимость в громоздких магнитных регистраторах, массивных и многочисленных кассетах магнитной ленты для записи ТМ-информации. Масса и габариты ПРС «Опал» [19] позволили разместить ее на обычном письменном столе, ее энергопотребление было соизмеримо с энергопотреблением комплекта ПЭВМ и с ее применением по целевому назначению справлялся один оператор.

Другой пример — комплекс сбора и обработки ТМ-информации «Родник» [19, 20]. На период замены ПРС, изготовленных в середине 1970-х — в 1980-е годы, (типа МА-9МКТМ-1 и МА-9МКТМ-4, БРС-4М и БРС-4МК) ПРС на базе ПЭВМ (типа «Опал») для обеспечения ввода ТМ-информации от приемно-регистрирующей станции в ПЭВМ комплекса «Родник» (т. е. для согласования комплекса «Родник» с ПРС) применялся модуль М2081 [21], а для ее передачи от комплекса «Родник» по каналам связи в качестве модема — модуль М2181Е1 [22]. Как и в случае с ПРС «Опал», комплекс «Родник» размещался на обычном столе, а работа на нем осуществлялась силами одного оператора (как на обычной ПЭВМ). По окончании перехода на приемно-регистрирующие станции на базе ПЭВМ (типа «Опал») отпала необходимость в

модулях М2081 и М2181Е1. Комплексы сбора и обработки ТМ-информации трансформировались в компьютерные сети с наличием специфического программного обеспечения для осуществления действий над ТМ-информации.

С внедрением ПТС на базе ПЭВМ в состав телеметрического комплекса космодрома в 1990-е — 2000-е годы принципиально изменилась технология управления и контроля за их функционированием, а также контроля качества принимаемой ими ТМ-информации. Возможности пользовательского интерфейса позволили осуществлять управление и контроль за функционированием ПТС телеметрического комплекса космодрома нажатием кнопок, отображаемых на экране монитора, ставшим альтернативой нажатию на многочисленные кнопки на передних панелях аппаратуры ПСТ до 1990-х годов. Кроме того, стал возможен контроль качества принимаемой ТМ-информации посредством вывода на монитор, в частности, результатов представления контролируемой ТМ-информации в виде графиков контрольных параметров, что стало альтернативой средствам визуального контроля с использованием встроенных в стойки осциллографов других измерительных приборов (ныне морально устаревших).

Компактные ПСТ телеметрического комплекса космодрома на базе ПЭВМ (типа вышеупомянутых ПРС «Опал» и комплекса обработки ТМ-информации «Родник») могут быть легко доставлены к новому месту и там оперативно развернуты (т. е. подготовлены к применению по целевому назначению). Значительное сокращение энергопотребления позволило применять источники бесперебойного питания, что повысило надежность электропитания ПТС телеметрического комплекса космодрома. Отпала необходимость, например, в дизельных электростанциях, размещаемых ранее на измерительных пунктах, к которым подключали ПРС примерно за один час до пуска в целях обеспечения надежного электропитания во время пуска (в полетное время). Существенно расширились возможности построения мобильных измерительных комплексов [19].

Внедрением программно-технических средств на базе ПЭВМ в состав телеметрического комплекса космодрома и переходом на безбумажную [18] технологию обработки ТМ-информации не только дали возможность достичь преимуществ, но и обусловили издержки, связанные со спешным сокращением высвободившегося обслуживающего персонала и необходимостью подготовки работников по новым специальностям. Потребовалась утилизация выведенных из эксплуатации морально и физически устаревших ПТС телеметрического комплекса космодрома, принятие



мер по освободившимся площадям машинных залов и технических зданий (сооружений). При этом крайне малы возможности приспособить к новым требованиям освободившееся техническое здание, расположенное на охраняемой территории и на удаленном от населенных пунктов расстоянии. Зачастую сложно определить, какой путь экономически более выгоден: реконструировать существующие сооружения или построить новые технические здания (по современным технологиям, с использованием современных строительных материалов). Для того, чтобы аналогичные издержки не проявлялись в дальнейшем, необходимо управление развитием систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, обеспечить своевременным и результативным противодействием подрывным технологиям.

**Некоторые аспекты безбумажной технологии обработки ТМ-информации.** Поясним некоторые аспекты безбумажной [18] технологии обработки ТМ-информации, используемой при решении задач ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.

При представлении результатов обработки ТМ-информации в виде графиков относительно часто возникает необходимость изменения масштаба шкал времени (чаще всего) или значений телеметрируемых параметров на каких-либо временных интервалах. Это обусловлено недостаточными знаниями о поведении телеметрируемых параметров априори. В случае представления графиков на бумажном носителе (как это было до внедрения безбумажной технологии) и функционирования телеметрируемых параметров, отличающегося от ожидаемого, возникает необходимость в переделке графиков с измененной скоростью движения бумаги в графическом устройстве, задаваемой с поправкой на функционирование телеметрируемых параметров. Переделку графиков и таблиц следует осуществлять по заявкам, выдаваемым специалистами подразделений анализа (анализаторами) специалистам-обработчикам вычислительного центра космодрома, которые, по сути, являются посредниками между ПТС обработки ТМ-информации и анализаторами. Следствием итерационного взаимодействия между анализаторами и обработчиками было существенное увеличение сроков обработки ТМ-информации (табл. 1 и 2).

Следует уточнить, что, наряду с ошибками в выборе масштаба шкал времени или значений телеметрируемых параметров повторная обработка обусловлена низкой достоверностью исходных телеметрических измерений для формирования обобщенного массива данных телеизмерений, несовершенством технологии этого формирования, вследствие чего необходим поиск наиболее досто-

верных телеизмерений среди зарегистрированных [1]. В случае безбумажной технологии каждый вывод результатов обработки ТМ-информации на монитор требует некоторого времени на осмысление и принятие решения анализатором. Такое (специфическое) взаимодействие анализатора с ПТС обработки ТМ-информации снижает оперативность решения задач ИТМ-обеспечения, а границы между решением задач ИТМ-обеспечения и задач анализа становятся весьма размытыми.

Наряду с существенным повышением оперативности решения задач ИТМ-обеспечения, использование безбумажной технологии обработки ТМ-информации позволило значительно снизить материальные затраты, связанные с использованием электрохимической бумаги для изготовления графиков и бумаги алфавитно-цифрового печатающего устройства для изготовления таблиц (на необходимое документирование результатов обработки ТМ-информации с использованием обычного принтера требуется относительно малое количество листов бумаги формата А4).

**Принципиальная степень улучшения общих (обобщенных) показателей развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.** Для того, чтобы корректно сформулировать рекомендации по управлению развитием систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения в условиях риска проявления подрывных технологий, важно знать, до какой степени показатели (см. формулу (2)) развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения могут быть улучшены в принципе, как это улучшение отразится на облике ПТС систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения (ПТС телеметрического комплекса космодрома), к каким форс-мажорным ситуациям это может привести.

Кроме *радикальных* изменений общих (обобщенных) показателей (см. формулу (2)), форс-мажорные ситуации проявляются в виде существенных изменений производственных отношений, когда возникает необходимость в значительных изменениях организационно-штатной структуры предприятий/организаций ракетно-космической отрасли вследствие «отмирания» некоторых специальностей (высококвалифицированные кадры этих специальностей оказываются невостребованными, и их рабочие места попадают под сокращение) и в новых специалистах, на подготовку которых требуется время, к тому же существенно изменяется структура материальных, денежных трат, связанных с системами ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.

Рассмотрим некоторые аспекты *идеальной* системы ИТМ-обеспечения отработки средств выведения [1] (см. рисунок), связанные с показателями в выражениях (2) и (3).

Т а б л и ц а 1

**Статистические сведения, полученные при испытании ракеты-носителя «Энергия», характеризующие процесс выполнения дополнительных заявок на обработку телеметрической информации**

Statistical data obtained during testing of the Energia rocket vehicle, characterising the process of fulfilling additional requests for telemetry data processing

Номер заявки	Время с момента пуска, сут.	Затраты машинного времени, ч	Количество параметров в заявке	Номер заявки	Время с момента пуска, сут.	Затраты машинного времени, ч	Количество параметров в заявке	Номер заявки	Время с момента пуска, сут.	Затраты машинного времени, ч	Количество параметров в заявке
1	5	2,8	30	10	15	3,0	16	19	22	1,1	4
2	12	1,0	40	11	16	0,8	34	20	22	0,5	3
3	13	0,5	24	12	16	0,7	4	21	23	0,5	6
4	14	2,0	144	13	16	0,5	1	22	23	1,5	6
5	14	1,5	32	14	17	2,3	24	23	23	1,0	21
6	14	1,0	6	15	18	0,8	24	24	31	2,0	24
7	14	1,0	16	16	18	0,7	4	25	31	0,5	2
8	15	1,0	16	17	22	2,8	20	26	31	1,0	3
9	15	0,5	6	18	22	1,7	32	27	43	1,5	6
Итого:										34,0	548

Т а б л и ц а 2

**Статистические сведения о полной обработке телеметрической информации параметров движения ракеты-носителя «Союз»**

Statistical data on complete processing of telemetry information of Soyuz rocket vehicle motion parameters

Номер испытания	Количество графиков	Количество таблиц	Номер испытания	Количество графиков	Количество таблиц	Номер испытания	Количество графиков	Количество таблиц	Номер испытания	Количество графиков	Количество таблиц
1	35	40	4	40	45	7	50	44	10	50	37
2	26	35	5	49	50	8	38	48			
3	38	38	6	35	30	9	39	38			
Изготовлено в среднем										40,0	40,5
Представлено в отчет										10	20

1. *Радикальное* улучшение возможностей сокращения потерь информации (или получения дополнительной информации) о телеметрируемом объекте (ТМ-объекте) в сформированных обобщенных данных телеизмерений [1], которое повышает, соответственно, возможности анализа (особенно в случае возникновения полетной аварии на ТМ-объекте). Информация касается показателя  $\Delta W_{эф. И_{ан}} \Sigma$  (3).

Достаточно полно (с нашей точки зрения) вопросы получения дополнительной информации (или сокращения потерь информации) в обобщенных данных телеизмерений, роли и места ТМ-информации, ее достаточности для решения задач анализа рассмотрены в работе [1].

Положим, что обеспеченное *радикальное* увеличение информации в обобщенных данных телеизмерений *идеальной* системы ИТМ-обеспечения отработки средств выведения создаст условия для получения (после соответствующей обра-

ботки этих данных) любых нужных с точки зрения анализа данных результатов обработки ТМ-информации, в том числе в случае возникновения полетной аварии на ТМ-объекте.

Важно знать, интересы каких специалистов затрагивает *радикальное* дополнение информации, чтобы определить, каким образом будут востребованы результаты усовершенствования системы ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, полученные в результате проявившихся соответствующих подрывных технологий, как они отразятся на функционировании предприятий/организаций ракетно-космической отрасли.

*Радикальные* улучшения, касающиеся показателя  $\Delta W_{эф. И_{ан}} \Sigma$  (3), расширяют возможности использования ТМ-информации по целевому назначению, поэтому наиболее значимо влияют на функционирование подразделений анализа. Однако это влияние отчасти ослабляется следующими обстоятельствами.

Показано [1], что ТМ-информации является лишь частью информации, используемой для решения задач анализа (полезный эффект от прорыва в области телеметрии будет лишь частью полезного эффекта, связанного со всей информацией, используемой при решении задач анализа).

Показано [1], что решение задач анализа в значительной мере связано с мыслительной деятельностью анализатора. Зачастую в ходе анализа требуется осмысление данных результатов обработки ТМ-информации, особенно в случае установления причин полетной аварии на *ТМ-объекте*, когда руководящие документы (методики, инструкции и т. д.), регламентирующие работу анализаторов, далеко не в полной мере помогают — актуален творческий подход к процессу анализа. Отсюда относительно много проявлений субъективного, связанного с так называемым человеческим фактором.

От получения дополнительных сведений о *ТМ-объекте* следует ожидать уменьшения вероятности ошибочных заключений, ошибочных оценок, касающихся функционирования объектов анализа (элементов и систем *ТМ-объекта*), однако сомнительно, что это приведет к количественному увеличению объектов анализа, приходящихся на одного анализатора. Зоны ответственности каждого анализатора, ограниченные человеческими возможностями знания сущностей объектов анализа, в этой связи вряд ли расширятся или сузятся (т. е. количество объектов анализа, приходящихся на одного анализатора, вряд ли изменится в обозримой перспективе).

Из представленного выше краткого анализа следует, что форс-мажорные (с нашей точки зрения) ситуации, обусловленные последствиями *радикального* улучшения, касающегося показателя  $\Delta W_{\text{эф. } W_{\text{ан. } \Sigma}$  (3), скорее всего, не возникнут. Судя по всему, в текущей перспективе в направлении, связанном с показателем  $\Delta W_{\text{эф. } W_{\text{ан. } \Sigma}$  (3), ожидается процесс развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения без форс-мажорных всплесков активности.

2. *Радикальное* повышение оперативности решения задач ИТМ-обеспечения системой ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, касающееся показателя  $\Delta W_{\text{эф. } T_{\text{прим}}}$  (3).

Необходимым условием повышения оперативности решения задач анализа с использованием данных результатов полной (первичной и вторичной) обработки ТМ-информации [23, 24] является соответствующее повышение оперативности получения обобщенных данных телеизмерений, обязательно используемых при решении задач их полной обработки (см. рисунок).

Максимальная оперативность получения обобщенных данных телеизмерений возможна

в случае осуществления формирования обобщенного массива данных телеизмерений в темпе формирования ТМ-информации в *бортовой радиотелеметрической системе* (на *ТМ-объекте*) с поправкой на временную задержку вследствие передачи ТМ-информации по каналам «борт — Земля» и вследствие осуществления собственно формирования обобщенного массива данных телеизмерений (в частности, при осуществлении управляемого разнесенного приема ТМ-информации [1] задержка может составлять единицы секунд).

Специфика решения задач ИТМ-обеспечения такова (см. рисунок), что процесс обработки ТМ-информации подразделяется на два этапа обработки: 1) оперативная; 2) полная [23, 24]. В свою очередь, каждый из этих этапов имеет фазы первичной и вторичной обработки [23, 24]. В терминах вычислительного центра космодрома фазы оперативной обработки ТМ-информации — экспресс-обработка и, собственно, оперативная обработка. Экспресс-обработка осуществляется параллельно поступлению ТМ-информации (в так называемом реальном масштабе времени), также оперативно решаются задачи экспресс-анализа. Задачи оперативной обработки (и, соответственно, оперативного анализа) обычно решают в течение примерно 3 ч после пуска (это время может изменяться в зависимости от типа *ТМ-объекта*, степени его отработанности, от успешности пуска). Для решения задач экспресс- и оперативной обработки ТМ-информации в вычислительный центр космодрома обычно передают часть ТМ-информации, а для решения задач ее полной обработки используют данные телеизмерений обобщенного массива (т. е. полная обработка ТМ-информации осуществляется после формирования обобщенного массива данных телеизмерений). В этой связи показано [1], что допустимое время формирования обобщенного массива данных телеизмерений составляет около 3 ч (ужесточать эти требования не имеет смысла).

Деление процесса обработки ТМ-информации (и, соответственно, процесса анализа) на этапы и фазы обусловлено ограниченными возможностями не только применяемых систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, но и анализаторов, ограничениями их зон ответственности (т. е. человеческим фактором). Можно представить (допустим, в перспективе) формирование обобщенного массива данных телеизмерений в реальном масштабе времени и использование обобщенных данных телеизмерений при решении задач их экспресс- и оперативной обработки для получения любых требуемых анализаторами данных результатов этой обработки. Однако процесс анализа, по сути, является итерационным

процессом вследствие необходимости периодического осмысления анализаторами полученных данных результатов обработки ТМ-информации. Если исходить из предположения, что вследствие совершенствования технологии обработки ТМ-информации (например, реализацией новых методов и алгоритмов ее формирования на *ТМ-объекте*) уменьшится объем сведений, выводимых анализаторами на монитор при решении ими задач анализа, и, соответственно, повысится качество анализа (сократится время анализа, уменьшится вероятность ошибочных решений/заключений), то итерационная суть процесса анализа (диалога анализатора с компьютером) останется неизменной. Это предположение подтверждается, в частности, успешным развитием методов идентификации различных состояний систем [25] и результатами применения разработанных на их основе [26, 27] методов идентификации различных состояний *ТМ-объекта* в полетное время (т. е. вышеупомянутые методы [26, 27] успешно применяют при пусках отечественных ракет-носителей для решения задач экспресс-обработки ТМ-информации и последующего экспресс-анализа).

Следует заметить, что высокая оперативность получения обобщенных данных телеизмерений при осуществлении одного из разработанных [1] методов управляемого разнесенного приема ТМ-информации (временная задержка может составлять единицы секунд) обеспечивается не в целях повышения оперативности, а для сокращения потерь ТМ-информации (оперативность здесь «побочный эффект»).

Как и в предыдущем случае (с показателем  $\Delta W_{\text{эф}_W\text{ан}_\Sigma}$  (3)), радикальные улучшения, касающиеся показателя  $\Delta W_{\text{эф}_T\text{прим}}$  (3), скорее всего, не станут причиной возникновения форс-мажорных (с нашей точки зрения) обстоятельств.

3. Радикальное сокращение материальных затрат на решение задач ИТМ-обеспечения рассматриваемой системой, касающееся показателя  $\Delta W_{\text{эф}_C\text{прим}}$  (3).

Целесообразно рассмотреть сокращение материальных затрат  $\Delta C_{\text{прим}}$  (2), соответствующее показателю  $\Delta W_{\text{эф}_C\text{прим}}$  (3), опосредовано через изменения следующих составляющих:

- массы ПТС, габаритов;
- требуемой площади зала для размещения ПТС и обслуживающего персонала;
- энергопотреблением;
- численностью обслуживающего персонала.

В этой связи на уровне грубых экспертных оценок (на концептуальном уровне) рассмотрены радикальные изменения вышеупомянутых опосредованных параметров и ожидаемые последствия этих изменений. Логично ожидать, что сохранятся тенденции развития ПТС, описанные

законом Мура [28], связанные с уменьшением их массы и габаритов, с ростом их вычислительных возможностей, что будет все более «дружественным» пользовательский интерфейс. Логичные последствия таких тенденций — соответствующие изменения облика и возможностей отдельных ПТС телеметрического комплекса космодрома. Например, уменьшение ПРС до размеров и массы небольшого ноутбука или даже смартфона, создание соответствующего возможностям ноутбука (смартфона) пользовательского интерфейса с функциями управления работой ПРС и контроля принимаемой/принятой ТМ-информации, относительно продолжительное время работы от внутреннего источника электроэнергии без его подзарядки.

При подключении к этой предполагаемой ПРС относительно малогабаритной, но обеспечивающей требуемое отношение сигнал/шум антенной системы (тенденции к построению малогабаритных антенн наблюдаются; благоприятные условия их построения могут быть обеспечены, например, использованием более высокочастотного диапазона несущих частот), а также при обеспечении широких возможностей передачи принятой и накопленной/зарегистрированной ею ТМ-информации по широкополосным каналам связи (например, при решении задач сбора ТМ-информации [1] с использованием низкоорбитальных спутников-ретрансляторов или с использованием технологий сети Internet) ожидаемы и также логичны изменения облика и возможностей измерительных пунктов и вычислительного центра космодрома (т. е. телеметрического комплекса космодрома в целом). Судя по всему, показанные сущности ожидаемой в перспективе ПРС (*идеальной* — с учетом принятых допущений) могут быть отнесены и к другим отдельным ПТС телеметрического комплекса космодрома и к внешним ПТС по отношению к телеметрическому комплексу космодрома, актуальным при решении задач ИТМ-обеспечения.

Следствием внедрения в состав телеметрического комплекса космодрома ПТС на базе ПЭВМ являются относительно малые площади технических сооружений для их размещения, отсутствие дизельных электростанций (и, соответственно, сооружений для их размещения) для перевода на автономное электропитание ПТС измерительных пунктов во время пуска (для надежного электропитания достаточно источников бесперебойного питания). Кроме того, работа персонала измерительных пунктов сводится к операторской работе (упрощенному контролю качества принимаемой/принятой ТМ-информации). Оператор ПЭВМ в настоящее время не должен устранять неисправности, например, заменять транзистор или



микросхему и т. д. Подразделения вычислительного центра, в обязанности которых (до внедрения безбумажной технологии обработки ТМ-информации) входила эксплуатация технических (аппаратных) средств, стали не нужными — появились подразделения, осуществляющие регламентные работы, ремонт ПТС централизованно. Коренным образом изменилась специфика работы специалистов — обработчиков ТМ-информации в вычислительном центре космодрома, характер их взаимодействия с анализаторами.

Следует ожидать дальнейшее (в некоторой мере естественное) сокращение материальных затрат  $\Delta C_{\text{прим}}$  (2) за счет удешевления ПТС (см. закон Мура [28]), улучшения их эргономических свойств и т. д. Такое развитие систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения находится вне влияния подрывных технологий. Как показывает практика, именно *радикальное* сокращение материальных затрат, соответствующих показателю  $\Delta W_{\text{эф}_C\text{-прим}}$  (3), может породить форс-мажорные ситуации в ходе развития отечественных систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.

**Ожидаемая трансформация элементов систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения в недалекой перспективе.** В 2000-е годы завершился переход на безбумажную [18] технологию обработки ТМ-информации, и к настоящему времени процесс развития отечественных систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения (внедрение новых методов и алгоритмов действий, информационных технологий) приобрел по сути экстенсивный характер. Имеют место локальные улучшения элементов систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, связанные с общими тенденциями развития ПТС и информационных технологий, необходимостью создания программного обеспечения для решения новых текущих задач ИТМ-обеспечения. В зависимости от траектории полета *ТМ-объектов*, опосредованных через зоны радиовидимости, создаются новые измерительные пункты, меняется состав ПТС, размещаемый на существующих измерительных пунктах (соответственно, изменяется численность обслуживающего персонала, площадь технических зданий). Для такого (экстенсивного по сути) характера развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения не важно дальнейшее уменьшение массы и габаритов ПТС телеметрического комплекса космодрома (на фоне масштабов уменьшения площадей технических сооружений комплекса космодрома, связанных с переходом на ПТС на базе ПЭВМ), снижение (и без того относительно экономного) энергопотребления и т. д. Доминируют негласные принципы развития отечествен-

ных систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения типа «от добра добра не ищут», «лучшее — враг хорошего».

В то же время ныне существуют принципиальные и не реализованные возможности для улучшения систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, связанные с подрывными технологиями. Они, образно выражаясь, являются «миной замедленного действия».

Уже сегодня существуют широкие возможности построения подвижных измерительных комплексов (автомобильных, авиационных, корабельных) с использованием преимуществ не только самих ПТС, но и новых средств передвижения для этих подвижных измерительных комплексов. Для размещения ПТС под задачи ИТМ-обеспечения не требуются корабли большого водоизмещения, введенные в эксплуатацию в 1960–1980-е годы. В настоящее время ПТС можно разместить на относительно малой части корабля или даже в установленном на нем контейнере (работы в этом направлении ведутся), что позволяет обеспечивать многофункциональность корабля. Современные технологии позволяют в недалекой перспективе построить беспилотный корабельный измерительный комплекс.

Новые возможности открываются и в построении авиационных измерительных комплексов, причем их реализация не связана только с массой, габаритами и другими параметрами ПТС, размещаемых на борту летательного аппарата, что уже является значительным преимуществом, в частности, дает возможность взять на борт дополнительное топливо, чтобы существенно продлить время и расстояние беспосадочного полета. Открывающиеся возможности связаны также с достижениями в современном авиационном, позволяющими летать дальше, дольше и без дозаправки (или с дозаправкой в воздухе); с достижениями в области построения и применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Предполагаемое внедрение беспилотных подвижных измерительных комплексов потребует новых условий для их применения по целевому назначению. Возникнет необходимость в специалистах по дистанционному управлению и контролю за беспилотными подвижными измерительными комплексами, понадобятся соответствующие пункты управления и контроля, новые элементы системы сбора ТМ-информации, совмещаемые с ныне существующей системой сбора.

Возможности включения одних и тех же подвижных измерительных комплексов в состав различных систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения в качестве внешних ПТС позволят дополнять ПТС телеметрического комплекса космодрома (ПТС измерительных пунктов),

относительно оперативно изменять конфигурацию соответствующих систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, обслуживая при этом по необходимости пуски с разных (с нескольких) космодромов этими подвижными измерительными комплексами. Неизбежно возникнут организационные вопросы, касающиеся их эксплуатации (применения по целевому назначению). Возможно, для этого будут созданы организации/предприятия в составе ракетно-космической отрасли или — аутсорсинговые — вне ракетно-космической отрасли. Возникнет необходимость в профессионалах новых специальностей, скорее всего, потребуются значительные изменения организационно-штатной структуры организаций/предприятий, функции которых связаны с системами ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.

На различных (гипотетических) подвижных измерительных комплексах и связанных с ними (вероятных) организационно-технических мерах проявляется влияние подрывных технологий, которое заключается в ожидаемых *радикальных* изменениях, касающихся развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения.

Новые возможности открываются в построении и применении временных измерительных пунктов, причем они касаются не только преимуществ современных ПТС и информационных технологий, но и новых материалов и технологий, позволяющих возводить сооружения временных измерительных пунктов по типу полевых госпиталей (т. е. с массой и габаритами оборудования временного измерительного пункта, позволяющими без больших материальных затрат доставлять их в нужное место, относительно быстро развертывать, причем в неподготовленных и необорудованных местах, обеспечивать комфортные условия жизнедеятельности обслуживающего персонала).

Рассмотренные возможные перспективы развития временных измерительных пунктов придают актуальность новым подходам к развитию перебазируемых комплексов (ПТС и обслуживающий персонал размещаются в специальных контейнерах), поскольку перебазируемый комплекс — это, по сути, фрагмент временного измерительного пункта.

При относительно малых массе и габаритах ПТС временного измерительного пункта, перебазируемого комплекса и при относительно малочисленном обслуживающем персонале доставка ПТС к максимально близкому месту выполнения целевой задачи может осуществляться обычными рейсовыми самолетами, по железной дороге или другими видами транспорта, размещая оборудование в багажном отделении транспортного средства либо как ручную кладь.

Как и в случае с подвижными измерительными комплексами, дальнейшее развитие временных измерительных пунктов и перебазируемых комплексов, причем в качестве альтернативы существующим измерительным пунктам, другим (существующим и предполагаемым) элементам систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, создает предпосылки *радикальных* перемен организационно-технического характера, касающихся развития этих систем, как следствие влияния подрывных технологий.

Следует отметить, что созданы условия для *радикальных* изменений сущностей существующих измерительных пунктов (пристартовых и трассовых), связанных с все большей автоматизацией управления и контроля за их функционированием, с возможностями перехода на дистанционные управление и контроль. При такой перспективе развития возможно значительное сокращение обслуживающего персонала измерительных пунктов. Измерительные пункты может обслуживать относительно малочисленный персонал или автоматическим путем, с изменением численности персонала по мере необходимости, в зависимости от решения текущих задач ИТМ-обеспечения. Могут потребоваться пункты управления и контроля за ПТС измерительных пунктов, а также персонал для их обслуживания.

Судя по практике применения системы Starlink (и ее аналогов), может стать актуальным включение в состав систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения в качестве внешних ПТС низкоорбитальных связных спутников-ретрансляторов, что (как следствие влияния подрывных технологий) *радикально* изменит технологию приема-регистрации и сбора ТМ-информации и, соответственно, внесет *радикальные* организационно-технические изменения в развитие этих систем.

Кроме того, имеются предпосылки возникновения экстремальных (форс-мажорных) ситуаций вследствие вынужденного интенсивного подхода к развитию отечественных систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения, обусловленных проявлением соответствующих подрывных технологий, требующих неотложных мер по *радикальному* изменению сущностей этих систем. Для того, чтобы избежать возникновения подобных ситуаций, необходима работа на упреждение, направленная на приближение общих (обобщенных) показателей развития систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения к *идеальным* показателям. В ее основе лежат разработка и внедрение методов и алгоритмов действий над ТМ-информацией, структур сигналов/данных, ее содержащих, которые обеспечили бы соответствующее управление избыточностью данных телеизмерений систем ИТМ-обеспечения отработки средств выведения [1].

## Выводы

Следствием влияния подрывных технологий на развитие систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения является вынужденный интенсивный подход к их развитию: внедрение в их состав принципиально новых ПТС, создание условий для их функционирования, подготовка квалифицированного персонала по новым специальностям, соответствующие (и значительные) изменения организационно-штатной структуры предприятий/организаций, участвующих в их развитии.

Индикатором влияния подрывных технологий являются общие (обобщенные) показатели операций усовершенствования и применения данных систем, характеризующиеся *радикальными* изменениями материальных затрат, оперативностью решения задач ИТМ-обеспечения и потерями телеметрической информации. При этом наиболее важным поводом для применения интенсивного подхода к развитию данных систем могут служить ожидаемые *радикальные* сокращения материальных затрат на применение усовершенствованной системы ИТМ-обеспечения обработки средств выведения.

Чем ближе по уровню развития текущая система ИТМ-обеспечения обработки средств выведения к *идеальной*, тем менее значительны ее улучшения, характеризующие общими (обобщенными) показателями, тем меньше издержки от проявления подрывных технологий (в некоторой мере оценки *идеальности* субъективны и характеризуют цель, касающуюся развития данных существующих систем. Степень достижения цели характеризует уровень ущерба при проявлении подрывных технологий.

Технические аспекты дальнейшего развития данных систем касаются прежде всего разработки и внедрения методов и алгоритмов действий над ТМ-информацией, структур сигналов/данных, ее содержащих, которые обеспечивают управление избыточностью данных телеизмерений при осуществлении стратегий усовершенствования и применения систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения, *существенно* улучшают общие (обобщенные) показатели их развития, приближают их к показателям *идеальной* системы.

Для снижения рисков издержек вследствие влияния подрывных технологий необходимо принять организационно-технические меры, направленные на улучшение управления развитием отечественных систем ИТМ-обеспечения обработки средств выведения, связанные с регламентированием их развития. При этом инструментами регламентирования являются прежде всего концепция развития отечественных систем

ИТМ-обеспечения обработки средств выведения и *система* стандартов телеметрии, соответствующая требованиям этой концепции.

Для поддержания совершенствования концепции и *системы* стандартов телеметрии необходима рабочая группа квалифицированных разносторонних специалистов-экспертов на предприятиях/организациях ракетно-космической отрасли, которая бы обеспечивала результативное использование созидательных возможностей предприятий/организаций посредством участия в управлении политикой научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области развития данных систем. В ведении такой рабочей группы должны находиться работы по мониторингу развития подрывных технологий, имеющих отношение к данным системам, от момента их зарождения до полноценной практической реализации и выработки эффективных упреждающих мер по купированию связанных с ними угроз. При формировании рабочей группы (подборе специалистов, желающих и способных работать в этой сфере) следует учитывать тенденции уменьшения численности работников, решающих задачи, связанные с системами ИТМ-обеспечения обработки средств выведения.

## Список литературы

- [1] Воронцов В.Л. Система информационно-телеметрического обеспечения обработки средств выведения. Стратегии усовершенствования и применения. М.: Горячая линия — Телеком, 2021. 236 с.
- [2] Воронцов В.Л., Давыдов И.А. Регламентирование процесса развития систем информационно-телеметрического обеспечения обработки средств выведения // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2021. Т. 8. Вып. 2. С. 43–50.
- [3] Воронцов В.Л., Давыдов И.А., Медведев Е.В. Подходы к регламентированию процесса развития средств информационно-телеметрического обеспечения обработки объектов ракетно-космической техники // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2022. Т. 9. Вып. 1. С. 42–54.
- [4] Воронцов В.Л., Давыдов И.А. Регламентирование процесса развития систем информационно-телеметрического обеспечения обработки средств выведения на всех этапах их жизненного цикла // Современные проблемы создания и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники: Материалы V Всерос. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 09–10 декабря 2021 г. Санкт-Петербург: Изд-во Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, 2022. С. 77–84.
- [5] Воронцов В.Л., Давыдов И.А. Концептуальные направления реализации принципа «наука — практика» в развитии отечественных систем информационно-телеметрического обеспечения обработки средств выведения // Информационно-управляющие и измерительные системы — 2023: Материалы отраслевой науч.-техн. конф. приборостроительных организаций Госкорпорации «Роскосмос», посвященной 60-летию

- полета первой женщины-космонавта В.В. Терешковой, Москва, 20 апреля 2023 г. М.: Изд-во Роскосмос, 2023. С. 9–17.
- [6] Воронцов В.Л., Давыдов И.Д. Концепция развития систем информационно-телеметрического обеспечения отработки средств выведения // Радиозлектронная отрасль: проблемы и их решения, 2023. № 3 (11). С. 24–32.
- [7] Надежность и эффективность в технике: справочник. В 10 т. М.: Машиностроение. Т.1: Методология. Организация. Терминология / под ред. А.И. Рембезы. М.: Машиностроение, 1986. 224 с.
- [8] ГОСТ 19619–74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М.: Стандартиформ, 2005. 20 с.
- [9] Кристенсен К.М. Дилемма инноватора. Как из-за новых технологий погибают сильные компании. М: Альпина Бизнес Букс, 2004. 239 с.
- [10] Маккей Х. Как уцелеть среди акул: (Опередить конкурентов в умении продавать, руководить, стимулировать, заключать сделки) / под ред. И.В. Липсица. М.: Экономика, 1992. 172 с.
- [11] Лурье С. Вторая волна // СНИР, 2004. № 3. С. 102–104.
- [12] Надежность и эффективность в технике: справочник: В 10 т. М.: Машиностроение. Т. 3: Эффективность технических систем / под ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. М.: Машиностроение, 1988. 328 с.
- [13] «Менять придется чуть более чем все!»: Алексей Чадаев о причинах технологического лидерства Запада. URL: <https://www.business-gazeta.ru/article/567396>, 2022 (дата обращения 23.03.2023).
- [14] Порошков В.В. Создание ПИК для РКК «Энергия — Буран» // Измерительный комплекс космодрома Байконур: сб. материалов, документов, воспоминаний ветеранов измерительного комплекса космодрома Байконур / под ред. К.Х. Осканяна. Байконур: Изд-во Войсковой части 68526, 1999. С. 124–181.
- [15] Сковорода-Лузин В.И. Телеметрия. Глаза и уши главного конструктора. М.: Изд-во ООО «Оверлей», 2009. 320с.
- [16] Победоносцев В.А. Очерки истории развития отечественной ракетной радиотелеметрии (1946–2006 гг.) и место системы БРС-4 в этой истории. М.: Троянт, 2007. 160 с.
- [17] Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б., Кузьмин В.И. Прогнозирование количественных характеристик процессов. М.: Сов. радио, 1975. 400 с.
- [18] Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. М.: Наука, 1987. 552 с.
- [19] Назаров А.В., Козырев Г.И., Шитов И.В. Современная телеметрия в теории и на практике. СПб.: Наука и техника, 2007. 672 с.
- [20] Рубцов В.А., Закидкин М.Н., Андрейко А.Н. Аппаратные средства комплекса «Родник» передачи телеметрической информации по широкополосным каналам связи // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2001. № 10. С. 35–37.
- [21] Модуль цифрового ввода М2081. Техническое описание БЛИЖ.404250.004-01 ТО, 2001 г.
- [22] Модуль М2181Е1. Техническое описание БЛИЖ.404210.002-01 ТО, 2001 г.
- [23] Богомолов О.С., Степкин В.С. Автоматизированная обработка телеметрической информации. М.: МО СССР, 1977. 166 с.
- [24] Справочник по телеметрии / под ред. Э. Грюнберга. М.: Машиностроение, 1979. 484 с.
- [25] Бассвиль М., Вилски А., Банвенист А. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем / под ред. М. Бассвиль, А. Банвениста. М.: Мир, 1989. 278 с.
- [26] Каргин В.А., Скороходов Я.А., Николаев Д.А., Шовкалюк А.П. Алгоритмы оценивания вероятностных характеристик информационных процессов по статистикам превышений уровней // Труды МАИ, 2015. Вып. 84. С. 1–21.
- [27] Андреев А.М., Дяченко С.И., Махров К.Б., Федоренко М.Ю. Экспериментальное исследование метода обнаружения существенных изменений в телеметрируемых параметрах // Тезисы доклада в материалах отраслевой науч.-техн. конф. приборостроительных организаций Роскосмоса «Информационно-управляющие и измерительные системы–2012», г. Королев, Моск. обл., 20–21 сентября 2012 г. Королев: ОАО «НПО ИТ», 2012. С. 11–13.
- [28] Медейрос Д. ContrastPCI на волне Мура // Мир компьютерной автоматизации, 1999. № 2. С. 46–48.

## Сведения об авторе

**Воронцов Валерий Леонидович** — канд. техн. наук, ведущий специалист АО «Российские космические системы», [a762642@yandex.ru](mailto:a762642@yandex.ru)

Поступила в редакцию 22.09.2023.

Одобрено после рецензирования 06.10.2023.

Принята к публикации 24.10.2023.



# DEVELOPMENT MANAGEMENT OF INFORMATION AND TELEMETRY SUPPORT SYSTEMS FOR LAUNCH VEHICLE UNDER DISRUPTIVE TECHNOLOGIES

V.L. Vorontsov

Joint-stock company «Russian Space Systems», 53, Aviamotornaya st., 111250, Moscow, Russia

a762642@yandex.ru

The research results concerning the development of information-telemetry support systems for launch vehicle are presented. The domestic systems of information-telemetric support for launch vehicle development under the influence of disruptive technologies is considered. It is shown that it is necessary to take organizational and technical measures to significantly improve the management of the domestic systems of information-telemetry support for launch vehicles, related to the creation, support and regulation tools (first of all, the official concept of information-telemetry support systems for launch vehicle development and the corresponding system of telemetry standards) and conditions for their effective application.

**Keywords:** general (generalized) indicators, disruptive technologies, software and hardware facilities, information and telemetry support system for launch vehicle development, telemetered object, telemetry information

**Suggested citation:** Vorontsov V.L. *Upravlenie razvitiem sistem informatsionno-telemetricheskogo obespecheniya otrabotki sredstv vyvedeniya v usloviyakh vliyaniya podryvnykh tekhnologiy* [Development management of information and telemetry support systems for launch vehicle under disruptive technologies]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2023, vol. 27, no. 6, pp. 160–177. DOI: 10.18698/2542-1468-2023-6-160-177

## References

- [1] Vorontsov V.L. *Sistema informatsionno-telemetricheskogo obespecheniya otrabotki sredstv vyvedeniya. Strategii usovershenstvovaniya i primeneniya* [System of information and telemetry support for testing launch vehicles. Strategies for improvement and application]. Moscow: Hotline — Telecom, 2021, 236 p.
- [2] Vorontsov V.L., Davydov I.A. *Reglamentirovanie protsessa razvitiya sistem informatsionno-telemetricheskogo obespecheniya otrabotki sredstv vyvedeniya* [Regulation of the process of development of systems for information and telemetry support for testing launch vehicles]. *Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy* [Rocket and space instrument engineering and information systems], 2021, v. 8, iss. 2, pp. 43–50.
- [3] Vorontsov V.L., Davydov I.A., Medvedev E.V. *Podkhody k reglamentirovaniyu protsessa razvitiya sredstv informatsionno-telemetricheskogo obespecheniya otrabotki ob'ektov raketno-kosmicheskoy tekhniki* [Approaches to regulating the process of development of means of information and telemetry support for testing objects of rocket and space technology]. *Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy* [Rocket and space instrument engineering and information systems], 2022, v. 9, iss. 1, pp. 42–54.
- [4] Vorontsov V.L., Davydov I.A. *Reglamentirovanie protsessa razvitiya sistem informatsionno-telemetricheskogo obespecheniya otrabotki sredstv vyvedeniya na vseh etapakh ikh zhiznennogo tsikla* [Regulating the process of development of systems for information and telemetry support for testing launch vehicles at all stages of their life cycle]. *Sovremennyye problemy sozdaniya i ekspluatatsii vooruzheniya, voennoy i spetsial'noy tekhniki: mater. V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern problems of creation and operation of weapons, military and special equipment: material. V All-Russian Scientific and Practical Conference], St. Petersburg, December 09–10, 2021. St. Petersburg: Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky, 2022, pp. 77–84.
- [5] Vorontsov V.L., Davydov I.A. *Kontseptual'nye napravleniya realizatsii printsipa «nauka — praktike» v razvitiy otechestvennykh sistem informatsionno-telemetricheskogo obespecheniya otrabotki sredstv vyvedeniya* [Conceptual directions for implementing the «science-to-practice» principle in the development of domestic systems for information and telemetry support for testing launch vehicles]. *Informatsionno-upravlyayushchie i izmeritel'nye sistemy — 2023: mater. otraslevoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii priborostroitel'nykh organizatsiy Goskorporatsii «Roskosmos», posvyashchennoy 60-letiyu poleta pervoy zhenshchiny-kosmonavta V.V. Tereshkovoy* [Information, control and measuring systems — 2023: material. industry scientific and technical conference of instrument-making organizations of the Roscosmos State Corporation, dedicated to the 60th anniversary of the flight of the first female cosmonaut V.V. Tereshkova], Moscow, April 20, 2023. Moscow: Roscosmos, 2023, pp. 9–17.
- [6] Vorontsov V.L., Davydov I.D. *Kontseptsiya razvitiya sistem informatsionno-telemetricheskogo obespecheniya otrabotki sredstv vyvedeniya* [Concept for the development of systems for information and telemetry support for testing launch vehicles]. *Radioelektronnaya otrasl': problemy i ikh resheniya* [Radioelectronic industry: problems and their solutions], 2023.
- [7] *Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike* [Reliability and efficiency in technology: Directory]. In 10 vol. Moscow: Mechanical Engineering. T.I: Methodology. Organization. Terminology. Ed. A.I. Rembez. Moscow: Mechanical Engineering, 1986, 224 p.
- [8] GOST 19619–74 *Oborudovanie radiotelemetricheskoe. Terminy i opredeleniya* [Radio telemetry equipment. Terms and Definitions]. Moscow: Standartinform, 2005, 20 p.
- [9] Christensen K.M. *Dilemma innovatora. Kak iz-za novykh tekhnologiy pogibayut sil'nye kompanii* [The innovator's dilemma. How strong companies perish due to new technologies]. Moscow: Alpina Business Books, 2004, 239 p.
- [10] McKay H. *Kak utselet' sredi akul: (Operedit' konkurentov v umenii prodavat', rukovodit', stimulirovat', zaklyuchat' sdelki)* [How to survive among the sharks: (Be ahead of competitors in the ability to sell, manage, stimulate, make deals)]. Ed. I.V. Lipsitsa. Moscow: Economics, 1992, 172 p.

- [11] Lur'e S. *Vtoraya volna* [Second wave. CHIP], 2004, no. 3, pp. 102–104.
- [12] *Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike* [Reliability and efficiency in technology: Directory]: In 10 volumes. Moscow: Mechanical Engineering. T. 3: Efficiency of technical systems. Ed. V.F. Utkina, Yu.V. Kryuchkova. Moscow: Mechanical Engineering, 1988, 328 p.
- [13] «Menyat' pridetsya chut' bolee chem vse!»: Aleksey Chadaev o prichinakh tekhnologicheskogo liderstva Zapada [Alexey Chadayev on the reasons for the technological leadership of the West]. Available at: <https://www.business-gazeta.ru/article/567396>, 2022 accessed 23.03.2023).
- [14] Poroshkov V.V. Sozdanie PIK dlya RKK «Energiya — Buran» [Creation of PIK for RSC Energiya — Buran]. Izmeritel'nyy kompleks kosmodroma Baykonur: sb. materialov, dokumentov, vospominaniy veteranov izmeritel'nogo kompleksa kosmodroma Baykonur [Measuring complex of the Baikonur cosmodrome: collection. materials, documents, memories of veterans of the measuring complex of the Baikonur cosmodrome]. Ed. K.H. Oskanyan. Baikonur: Military unit 68526, 1999, pp. 124–181.
- [15] Skovoroda-Luzin V.I. *Telemetriya. Glaza i ushi glavnogo konstruktora* [Telemetry. The eyes and ears of the Chief Designer]. Moscow: Overley LLC, 2009, 320 p.
- [16] Pobedonostsev V.A. *Ocherki istorii razvitiya otechestvennoy raketnoy radiotelemetrii (1946–2006 gg.) i mesto sistemy BRS-4 v etoy istorii* [Essays on the history of the development of domestic rocket radio telemetry (1946–2006) and the place of the BRS-4 system in this history]. Moscow: Trovant, 2007, 160 p.
- [17] Chuev Yu.V., Mikhaylov Yu.B., Kuz'min V.I. *Prognozirovaniye kolichestvennykh kharakteristik protsessov* [Forecasting quantitative characteristics of processes]. Moscow: Sov. radio, 1975, 400 p.
- [18] Glushkov V.M. *Osnovy bezbumazhnoy informatiki* [Fundamentals of paperless computer science]. Moscow: Nauka, 1987, 552 p.
- [19] Nazarov A.V., Kozyrev G.I., Shitov I.V. *Sovremennaya telemetriya v teorii i na praktike* [Modern telemetry in theory and practice]. St. Petersburg: Science and technology, 2007, 672 p.
- [20] Rubtsov V.A., Zakidkin M.N., Andreyko A.N. *Apparatnye sredstva kompleksa «Rodnik» peredachi telemetricheskoy informatsii po shirokopolosnym kanalam svyazi* [Hardware of the Rodnik complex for transmitting telemetric information via broadband communication channels]. *Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika* [Devices and systems. Management, control, diagnostics], 2001, no. 10, pp. 35–37.
- [21] *Modul' tsifrovogo vvida M2081. Tekhnicheskoe opisanie BLIZh.404250.004-01 TO, 2001 g.* [Digital input module M2081. Technical description BLIZH.404250.004-01 TO, 2001].
- [22] *Modul' M2181E1. Tekhnicheskoe opisanie BLIZh.404210.002-01 TO, 2001 g.* [Module M2181E1. Technical description BLIZH.404210.002-01 TO, 2001].
- [23] Bogomolov O.S., Stepkin V.S. *Avtomatizirovannaya obrabotka telemetricheskoy informatsii* [Automated processing of telemetric information]. Moscow: USSR Ministry of Defense, 1977, 166 p.
- [24] *Spravochnik po telemetrii* [Handbook of telemetry]. Ed. E. Grunberg. Moscow: Mechanical Engineering, 1979, 484 p.
- [25] Bassvil' M., Vilski A., Banvenist A. *Obnaruzhenie izmeneniya svoystv signalov i dinamicheskikh sistem* [Detection of changes in the properties of signals and dynamic systems]. Ed. M. Basseville, A. Banvenista. Moscow: Mir, 1989, 278 p.
- [26] Kargin V.A., Skorokhodov Ya.A., Nikolaev D.A., Shovkalyuk A.P. *Algoritmy otsenivaniya veroyatnostnykh kharakteristik informatsionnykh protsessov po statistikam prevysheniya urovney* [Algorithms for assessing the probabilistic characteristics of information processes based on statistics of level excesses]. *Trudy MAI* [Proceedings of MAI], 2015, v. 84, pp. 1–21.
- [27] Andreev A.M., Dyachenko S.I., Makhrov K.B., Fedorenko M.Yu. *Eksperimental'noe issledovanie metoda obnaruzheniya sushchestvennykh izmeneniy v telemetrirovemykh parametrah* [Experimental study of a method for detecting significant changes in telemetered parameters]. *Tezisy doklada v materialakh otraslevoy NTK priborostroitel'nykh organizatsiy Roskosmosa «Informatsionno-upravlyayushchie i izmeritel'nye sistemy — 2012»* [Abstracts of the report in the materials of the industry scientific and technical complex of instrument-making organizations of Roscosmos «Information-control and measuring systems — 2012»], g. Korolev, Mosk. obl., 20–21 sentyabrya 2012 g. Korolev: OAO «NPO IT», 2012, pp. 11–13.
- [28] Medeyros D. *CompactPCI na volne Mura* [CompactPCI on Moore's wave]. *Mir komp'yuternoy avtomatizatsii* [World of Computer Automation], 1999, no. 2, pp. 46–48.

## Author's information

**Vorontsov Valeriy Leonidovich** — Cand. Sci. (Tech.), Leading specialist, of the Joint-stock company «Russian Space Systems», a762642@yandex.ru

Received 22.09.2023.

Approved after review 06.10.2023.

Accepted for publication 24.10.2023.