

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ,
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ И СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИИ**

УДК 629.7.018.77 DOI 10.30894/issn2409-0239.2019.6.3.86.92

**Проблемные вопросы управления государственными
испытаниями космических систем
и комплексов и пути их решения**

В. А. Ермолаев, *vladimirermolaev1987@yandex.ru*

ГИКЦ МО РФ им. Г. С. Титова, г. Краснознаменск, Московская обл., Российская Федерация

Д. А. Павлов, *gikc.npk.@gmail.com*

Командование космических войск, г. Москва, Российская Федерация

М. К. Бондарева, *д.т.н., доцент, mkbond@mail.ru*

ГИКЦ МО РФ им. Г. С. Титова, г. Краснознаменск, Московская обл., Российская Федерация

К. С. Иванов, *к.т.н., kir.s.ivanov@gmail.com*

ГИКЦ МО РФ им. Г. С. Титова, г. Краснознаменск, Московская обл., Российская Федерация

Аннотация. Проведен анализ системы управления государственными испытаниями космических систем и комплексов на базе исследований отечественного и зарубежного опыта поддержки принятия решений при управлении сложными организационно-техническими системами. Выявлены проблемные вопросы управления государственными испытаниями космических систем и комплексов, а также проблемные вопросы сбора и обработки информации о ходе и результатах их проведения. Для их нивелирования предложен научно-методический аппарат, позволяющий осуществлять управление государственными испытаниями в едином информационном пространстве, основанном на системе информации о ходе и результатах их проведения. Определено, что в целях повышения качества принимаемых решений в процессе государственных испытаний необходимо учитывать перспективную модель системы управления эксплуатацией технических средств наземного автоматизированного комплекса управления. Предложенные пути решения выявленных проблемных вопросов позволяют повысить: достоверность информации о ходе и результатах проведения государственных испытаний космических систем и комплексов; оперативность анализа информации, циркулирующей в контуре управления государственными испытаниями; оперативность и обоснованность принятия решений при управлении ими, что как следствие позволит повысить эффективность проведения государственных испытаний космических систем и комплексов.

Ключевые слова: государственные испытания, принятие решений, управление государственными испытаниями

Problematic Issues of Managing State Tests of Space Systems and Complexes and Ways of Their Solution

V. A. Ermolayev, *vladimirermolaev1987@yandex.ru*

Titov Main Test and Space Systems Control Centre, Krasnoznamensk, Moscow region, Russian Federation

D. A. Pavlov, *gikc.npk.@gmail.com*

Command of Space Forces, Moscow, Russian Federation

M. K. Bondareva, *Dr. Sci. (Engineering)*, *associate professor, mkbond@mail.ru*

Titov Main Test and Space Systems Control Centre, Krasnoznamensk, Moscow region, Russian Federation

K. S. Ivanov, *Cand. Sci. (Engineering)*, *kir.s.ivanov@gmail.com*

Titov Main Test and Space Systems Control Centre, Krasnoznamensk, Moscow region, Russian Federation

Abstract. An analysis of the management system of state testing of space systems and complexes based on studies of the domestic and foreign experiences in decision support in the management of complex organizational and technical systems is performed. Problematic issues of managing state testing of space systems and complexes, as well as issues of collecting and processing information concerning the testing procedure and results are identified. To mitigate the issues, a scientific and methodological apparatus is proposed, which allows management of state testing in a single consolidated information area. This area is based on a system of information about the procedure and the results of testing. It was determined that in order to improve the quality of the decisions made in the state testing process, it is necessary to account for a promising model of a system for the operations and management of the technical means of the ground-based automated control complex. The proposed solutions of the identified problematic issues will help to improve the reliability of information concerning the procedures and results of state tests of space systems and complexes, along with the efficiency of analyzing information circulating in the state testing management loop. In addition, the efficiency and validity of decision-making during management will be improved and it will result in an improved efficiency of state testing of space systems and complexes.

Keywords: state tests, decision making, management of state testing

Введение

В настоящее время космические системы и комплексы (КС и КК) широко используются для решения и обеспечения решения различных задач в космосе и из космоса. Спектр задач постоянно расширяется, причем как задач, связанных со всеми КС и КК в целом, так и задач каждой отдельной КС (КК).

Ярким практическим примером обеспечения решения задач военно-политического характера может служить использование КС и КК в проведении Воздушно-космическими силами Российской Федерации (ВКС РФ) «военной операции по стабилизации законной власти в стране и созданию условий для политического компромисса, а также уничтожению террористических формирований в Сирийской Арабской Республике» [1]. Целевое назначение КС и КК определяет основные особенности формирования облика их жизненного цикла, а типовой жизненный цикл планируемой к созданию КС или КК хотя и определен нормативными документами, может быть видоизменен. Непосредственное содержание стадий жизненного цикла определяется рядом факторов, таких как:

- степень заимствования составных частей из уже созданных КС и КК;
- степень использования во вновь создаваемых КС и КК инновационных подходов;
- особенности функционирования орбитального сегмента КС в космическом пространстве;
- спектр разнообразия целевой и обеспечивающей аппаратуры, установленной на борт космического аппарата (КА);
- техническая сложность целевой и обеспечивающей аппаратуры, установленной на борт КА, включая программно-алгоритмическое обеспечение функционирования;
- особенности структуры создаваемых КС и КК;
- требования к режимам функционирования составных частей и КС и КК в целом (автономность, непрерывность, надежность) [2].

Жизненный цикл КС и КК в общем виде представлен стадиями: замысла, разработки, производства, применения, поддержки применения, прекращения применения и списания. Каждая из этих

стадий имеет собственные цели, задачи и результаты [3].

Постановка задачи

Заключительным этапом стадии разработки как образцов вооружения и военной техники (ВВТ), так и любых других изделий являются приемочные испытания, которые в зависимости от уровня проведения могут быть государственными (ГИ), межведомственными (МВИ), ведомственными или заводскими. Основные цели испытаний — подтверждение соответствия создаваемого образца требованиям тактико-технического задания на опытно-конструкторскую работу (ТТЗ на ОКР), техническим заданиям (ТЗ) на разработку ремонтной документации и для определения возможности принятия разработанного или отремонтированного изделия на вооружение и решения о постановке на производство [3]. Для вновь создаваемых КС и КК заключительным этапом стадии разработки являются ГИ, форма проведения которых — летные испытания (ЛИ).

Цели и задачи ЛИ, требования к ним, порядок их проведения, перечень, состав и назначение объектов испытаний, порядок и последовательность подтверждения требований ТТЗ (ТЗ), перечень программ и методик, которые должны быть выполнены в ходе ЛИ, порядок работы и состав привлекаемых к ЛИ средств, содержание отчетности о результатах отработки программ и методик испытаний и другие необходимые сведения включают в программу летных испытаний (ПЛИ), являющуюся основным документом, по которому проводят ЛИ. Объем и сложность проводимых в ходе выполнения программы летных испытаний определяется рядом описанных ранее факторов и на практике для различных систем и комплексов может кардинально различаться.

Очередность и содержание выполняемых программ и методик (ПМИ) в процессе ЛИ определяется:

- порядком выполнения работ с объектом испытаний, основанным на логике работы бортовой аппаратуры КА, логике работы составных частей КС (КК);

- порядком и необходимостью использования результатов выполнения предшествующих испытаний;
- порядком перехода к выполнению последующих испытаний;
- временными интервалами необходимыми для проведения отдельных испытаний и подготовки отчетов по их результатам и др.

Содержание и объем циркулирующей в контуре управления GI информации о ходе и результатах их проведения могут носить как избыточный, так и недостаточный характер, при этом в обоих случаях информация может иметь различный уровень достоверности, что оказывает существенное влияние на оперативность, обоснованность, актуальность и непротиворечивость принимаемых при управлении GI решений, что, в свою очередь, отражается на эффективности и качестве проведения GI КС и КК.

Необходимо учитывать, что каждый КК (КС) представляет собой сложную систему, в состав которой входит большое количество территориально распределенных составных частей, функционирующих в различных физических условиях, имеющих различные гарантийные сроки активного существования и находящихся на различных этапах функционирования (испытания, экспериментальная отработка, опытная эксплуатация, штатная эксплуатация). Однако научно-методический аппарат управления GI КС и КК, включая систему информации о ходе и результатах их проведения, недостаточно проработан и по ряду аспектов не соответствует повышенным требованиям, предъявляемым к эффективности GI перспективных КС и КК.

Решение задачи

Проведенный анализ показал, что существующая система информации о ходе и результатах проведения испытаний КС и КК в целом охватывает их проведение на всех стадиях жизненного цикла, однако не учитывает характерные особенности КС и КК различного назначения, что может существенно повлиять на процесс выполнения программ испытаний или привести к полному срыву их выполнения [2]. В свою очередь, принятие решений различной степени сложности при управлении про-

ведением испытаний предстает нетривиальной задачей и требует высокого уровня осведомленности лица, принимающего решение (ЛПР) обо всех аспектах выполнения программ испытаний, а качество информации, представляемой ЛПР, должно соответствовать повышенному уровню требований к ее актуальности, достоверности и полноте.

Система GI как организационная система включает испытываемые объекты, испытательное оборудование и персонал испытательных организаций. Само понятие системы GI носит условный характер, а степень формализации ее структуры, порядка взаимодействия объектов системы GI и, самое главное, аспекты управления такой системой находятся на низком уровне. Научно-методический аппарат принятия решений при управлении GI и поддержки их принятия развит слабо и чаще всего опирается на неформализованные методы, то есть принятие управленческих решений не всегда будет отвечать повышенным требованиям к их эффективности и качеству [4, 5].

Проведение GI организуется заказчиком на испытательных полигонах, руководство GI осуществляет государственная комиссия. Для оперативного руководства испытаниями и отработкой ПЛИ КК и КС на орбите решением государственной комиссии назначается главная оперативная группа управления (ГОГУ), на которую возлагается контроль выполняемых работ, обеспечение взаимодействия организаций, участвующих в испытаниях, анализ результатов выполнения программ и методик испытаний, разработка и выдача рекомендаций по дальнейшему выполнению программ испытаний с учетом результатов анализа выполненных программ и технического состояния КК (КС) и его составных частей [6].

Таким образом, к основным проблемным вопросам управления GI КС (КК) следует отнести:

- проведение GI новых КС и КК без учета опыта ранее проведенных GI подобных КС и КК, за исключением личного опыта участников GI;
- проведение GI в условиях слаборазвитой информационной инфраструктуры в части взаимодействия участников GI, обмена между ними информацией о ходе и результатах испытаний, а также контроля реализации принятых управленческих решений [7];

- отсутствие формализованных алгоритмов принятия решений при управлении ГИ, учитывающих специфические особенности КС и КК как объекта испытаний;
- отсутствие формализованных алгоритмов сбора, обработки и анализа информации о ГИ и результатах их проведения.

К основным направлениям разрешения указанных проблемных вопросов следует отнести:

- разработку и внедрение электронных форм учета хода и результатов проведения ГИ перспективных КС и КК с учетом как персональных особенностей объектов испытаний (ОИ), так и особенностей ОИ как территориально распределенных сложных технических систем;
- повышение уровня автоматизации учета и экспресс-анализа опыта ранее проведенных ГИ;
- разработка алгоритмов сбора, обработки и анализа информации с учетом повышенных требований к ее актуальности, полноте, достаточности, достоверности и защите от несанкционированного доступа (для информации ограниченного распространения);
- разработка формализованных алгоритмов принятия решений при управлении ГИ, учитывающих как персональные особенности КС и КК, так и их особенности как территориально распределенных сложных технических систем [8, 9].

Исходя из вышеизложенного очевидно, что разрабатываемые для управления алгоритмы принятия решений и алгоритмы сбора и обработки информации, с одной стороны, должны учитывать, как можно большее количество особенностей каждого ОИ, но, с другой стороны, должны обладать достаточной гибкостью и не требовать существенной переработки для использования при проведении последующих испытаний.

На рис. 1 приведена схема процесса выбора альтернатив и принятия решений при управлении ГИ КС и КК. Схема может считаться в целом универсальной и достаточно полно описывающей процесс системного анализа и выбора альтернатив при управлении ГИ КС и КК [10], однако алгоритм работы, опирающийся на такую схему, будет иметь ряд особенностей.

Постановка задач испытаний и формулирование проблем будет осуществляться как глобально, для управления ГИ в целом, так и локально для принятия решений при непосредственном руководстве отработкой программ и методик, а также при анализе результатов их отработки и формировании отчетов об этих результатах. Элементы задач (проблем), то есть цель, альтернативы, затраты, модель и критерии, будут изменяться не только по мере формулирования задач (проблем), но и для уже сформулированных слабо- и неструктурируемых задач (проблем). Примером последнего может служить существенное изменение военно-политической обстановки или технического состояния составных частей КС и КК или в КС и КК в целом (проведение испытаний по сокращенным циклам, невозможность проведения отдельных видов испытаний и ГИ в целом, нецелесообразность продолжения испытаний и др.) [10].

Следует отметить, что по мере использования разрабатываемого формализованного алгоритма принятия решений при управлении ГИ и алгоритма сбора и обработки информации о ходе и результатах их проведения, осуществляющих накопление и учет формализованного опыта проведения ГИ, и со временем тип формулируемых проблем может снижаться со слабоструктурируемого до хорошо структурированного, с хорошо структурированного до стандартного и т. д.

Процесс выбора альтернатив и принятия решений при управлении ГИ КС КК может быть представлен широким спектром используемых методов, однако в настоящее время практически полностью основан на волевых методах и неформальных методах системного анализа, а разрабатываемый алгоритм принятия решения позволит формализовать процесс выработки решения в полном объеме для стандартных и хорошо структурированных, а также частично для слабо- и неструктурированных проблем.

Переходя к этапам организации выполнения принятых решений, координации работы по выполнению принятых решений, а также контроля выполнения и оценки результатов их выполнения, следует отметить, что разрабатываемые алгоритмы принятия решений при управлении ГИ, сбора и обработки информации о ходе и результатах их про-



Рис. 1. Схема процесса выбора альтернатив и принятия решений при управлении ГИ КС и КК

ведения позволят снизить нагрузку на лицо, принимающее решение (ЛПР) при оперативном управлении ГИ (руководитель ГОГУ) как в части организации и координации выполнения принятых решений, так и в части контроля выполнения и оценки их результатов за счет повышения уровня осведомленности самого ЛПР и подчиненного ему младшего руководящего состава (руководители оперативно-технических групп, руководители структурных подразделений, привлекаемых к ГИ, члены ГОГУ,

руководитель и члены оперативно-технического руководства) о ходе и результатах выполнения принятых решений и этапов испытаний и ГИ в целом.

Заключение

В процессе исследований были определены основные проблемные вопросы управления ГИ, проблемные вопросы сбора и обработки информации

о ходе и результатах их проведения, предложены пути их решения, позволяющие повысить достоверность информации о ходе и результатах проведения ГИ КС и КК, оперативность ее анализа, оперативность и обоснованность принятия решений при управлении ГИ КС и КК, что, как следствие позволит повысить эффективность проведения ГИ КС и КК.

Разрабатываемый научно-методический аппарат дает возможность осуществлять управление ГИ в едином информационном пространстве, основанном на системе информации о ходе и результатах проведения испытаний КС и КК, что особенно актуально в условиях создания единой системы информации о техническом состоянии, испытаниях и ремонте КС и КК и входящих в их состав изделий.

Список литературы

1. Министр обороны Сергей Шойгу принял участие в работе Первой Межведомственной конференции по информационному взаимодействию. 19.11.2015. http://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12066295 (Дата обращения: 30.08.2019).
2. ГОСТ Р ИСО 9000–2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Введ. 28.09.2015. М.: Стандартинформ, 2015. 53 с.
3. Александров Л.Н., Круглов В.И., Кузнецов А.Г. и др. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: Учеб. пособие. М.: Логос, 2003. 736 с.
4. Бородакий Ю.В. Развитие методологических основ построения информационно-управляющих систем военного назначения // Военная мысль, 2009, вып. 6. С. 33–42.
5. Козлов В.Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений: Учеб. пособие. М.: Проспект, 2017. 176 с.
6. Ермолаев В.А. Некоторые подходы к внедрению систем на базе искусственного интеллекта в систему анализа информации космических аппаратов: Сборник трудов VII Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2013. Ч. 2
7. Соловьев В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. Управление космическими полетами. В 2 ч. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
8. Саакян А.П., Ермолаев В.А., Иванов К.С., Бондарева М.К. Направления повышения качества функционирования системы управления эксплуатацией наземного автоматизированного комплекса управления космическими аппаратами с применением интеллектуальных технологий // Проблемы обороноспособности и безопасности: Сборник научных трудов / Федеральное государственное бюджетное учреждение «Экспертно-аналитический центр» Министерства образования и науки Российской Федерации (ФГБНУ «Аналитический центр»). М., 2015, вып. 14. С. 200–206.
9. Саакян А.П., Ермолаев В.А. Направления повышения качества выполнения задач управления орбитальной группировкой космических аппаратов на основе оценки загруженности средств управления // XLI Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства, 24–37 января 2017 г.: Сборник тезисов / Российская академия наук, Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос», комиссия РАН по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства, МГТУ им. Н.Э. Баумана. М., 2017. С. 238–239.
10. Семенов С.С., Воронов Е.М., Полтавский А.В., Крянев А.В. Методы принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложных технических систем / Под ред. д.т.н. проф. Е.Я. Рубиновича. М.: Ленанд, 2015. 520 с.