



Акционерное общество

**СКБ ОРИОН**

ИНН 7802038241 ОГРН 1027801533308

194044, г. Санкт-Петербург,  
ул. Тобольская, д.12.  
Тел. (812) 640-02-02  
Факс (812) 335-05-91  
MAIL@SKBORION.RU

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор –  
генеральный конструктор



И.Е. Васильев

«29» августа 2022 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации АО «СКБ Орион»  
на диссертацию Куимова Андрея Владимировича «Комплексная методика  
параметрического синтеза адаптивной системы информационно-  
телеметрического обеспечения запусков перспективных ракет  
космического назначения», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ,  
управление и обработка информации  
(технические науки)

В результате изучения диссертации и автореферата Куимова Андрея Владимировича на тему «Комплексная методика параметрического синтеза адаптивной системы информационно-телеметрического обеспечения запусков перспективных ракет космического назначения», установлено следующее:

#### 1. Актуальность темы исследования

Диссертация Куимова Андрея Владимировича посвящена решению актуальной научной задачи – разработке методического аппарата параметрического синтеза адаптивной системы информационно-телеметрического обеспечения (СИТО) запусков перспективных ракет космического назначения (РКН), предназначенного для решения практической задачи по определению рациональной программы сбора телеметрической информации (ТМИ) при обеспечении запусков РКН, обеспечивающей доставку

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«19» 09 2022 г.



в центры контроля полетом (ЦКП) необходимых для полного и достоверного контроля функционирования бортовых систем телеметрических данных в условиях ограничений на ресурсы многоканальных телеметрических линий связи (ТЛС). Данная практическая задача является одной из наиболее важных частных задач рационального планирования и организации информационно-телеметрического обеспечения (ИТО) запусков современных и перспективных РКН. Особенно эта задача актуальна в настоящее время при летных испытаниях перспективных РКН, оснащенных высокоинформативными бортовыми радиотелеметрическими системами, так как используемые в настоящее время методы и технологии формирования потока телеметрических сообщений при обеспечении запусков в режиме реального времени полета РКН позволяют осуществить доставку от НИП в ЦКП сообщения ограниченного и неизменного за время пуска и полета РКН набора телеметрических параметров, наиболее важных с точки зрения специалистов ЦКП, что не обеспечивает требуемую полноту охвата контролем функционирования бортовых систем РКН в полете, а при наличии искажений ТМИ на участках проведения динамических операций разделения ступеней РН не обеспечивается и непрерывность контроля.

Актуальность работы, также обусловлена отсутствием комплексных научных исследований по вопросам передачи ТМИ от территориально разнесенных НИП в ЦКП при обеспечении запусков РКН, в том числе связанных с использованием адаптивных к состоянию бортовых систем РКН процедур формирования потоков телеметрических данных и распределения ресурсов многоканальных ТЛС между каналами с НИП. Результаты исследований в смежных областях по ряду объективных причин не могут быть использованы для решения задач рационального планирования сбора ТМИ.

Таким образом, актуальность исследования подтверждается необходимостью изучения новых методических подходов к планированию и организации сбора ТМИ при обеспечении запусков РКН и разработки соответствующего методического аппарата, направленных на повышение качества ИТО летных испытаний и летной эксплуатации современных и перспективных РКН при выведении КА на орбиту.

## **2. Оценка структуры и содержания работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы. Каждая из четырех глав содержит принципиально важные результаты научного исследования. Общий объем работы составляет 217 страницы, содержит 53 рисунка, 30 таблиц и приложение (акты внедрения). Список источников включает 122 наименования.

Формулировка темы диссертации верно отражает решаемую в ней научную задачу и содержание исследования. Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Для достижения цели исследования соискателем сформулированы и решены следующие частные



научно-технические задачи:

- проведен системный анализ основных процессов и условий функционирования СИТО запусков РКН, обосновано преимущество метода «программной кусочно-равномерной дискретизации» для формирования адаптивных процедур сбора ТМИ;
- сформирована система показателей и критериев качества СИТО на основе мер количества информации, проведена формализованная постановка задачи параметрического синтеза адаптивной СИТО запусков РКН, разработана структурная схема ее решения;
- обосновано использование математического аппарата последовательной оптимизации для решения поставленной задачи, разработана методическая схема ее решения;
- разработаны методики, обеспечивающие определение рациональной программы сбора ТМИ при проведении информационного обеспечения запуска РКН;
- проведены практические расчеты по определению рациональной программы сбора ТМИ при обеспечении запусков РКН;
- проведены экспериментальные исследования, выполнена оценка полученных результатов и работоспособности разработанного методического аппарата, обоснованы рекомендации по созданию адаптивной СИТО запусков перспективных РКН.

Следует отметить, что формулировка решаемой научной задачи и перечень связанных с ней частных задач исследования отличается необходимой четкостью и конкретностью. Результаты решаемых в диссертации частных задач и сформулированные выводы по ним логично структурированы по главам текста диссертации. Основные результаты исследования и сформулированные в целом по работе выводы приведены в заключении.

Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации» поскольку проведенное исследование посвящено изучению:

- методов и алгоритмов оценки эффективности и качества сложных систем;
- методов и алгоритмов параметрического синтеза сложных систем;
- методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, принятия решений;

в части их применения для решения прикладных задач планирования и организации сбора ТМИ при обеспечении запусков РКН, через определение рациональной программы сбора ТМИ.

Автореферат соответствует содержанию рукописи диссертации, достаточно полно отражает ее основные положения, результаты и выводы.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научных конференциях различного уровня. Основные результаты исследования опубликованы в 15 печатных работах, из них 7 – публикаций в журналах, включенных в перечень ВАК, 8 тезисов докладов в сборниках материалов



научных конференциях и семинара, в том числе 3 работы принадлежат лично соискателю. Результаты исследования внедрены в Акционерном обществе «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» и в Публичном акционерном обществе «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева», что подтверждается актами внедрения.

### **3. Личный вклад соискателя в получении результатов исследования**

В диссертации, личных и совместных публикациях лично автору принадлежат: теоретическое обоснование преимуществ программного подхода к реализации адаптивных процедур сбора ТМИ РКН; теоретическое обоснование целесообразности использования критериев и показателей количества информации для проведения параметрического синтеза адаптивной СИТО; математическая постановка оптимизационной задачи и разработка структурной и методических схем ее решения; аналитические выражения для расчета нового показателя количества информации – коэффициент потери информации; разработка методик поиска рациональных значений варьируемых параметров СИТО на основе математического аппарата последовательной оптимизации; практические исследования по определению рациональной программы сбора ТМИ при проведении обеспечения запусков РКН и их оценка; разработка рекомендаций по созданию адаптивной СИТО запусков перспективных РКН.

Таким образом, все основные результаты исследования, в том числе выносимые на публичную защиту, получены соискателем лично.

### **4. Достоверность результатов исследования**

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, обеспечена корректными постановками общей задачи исследования и каждой частной задачи, а также корректным использованием при их решении методов системного анализа и оптимизации, положений теории информации.

Достоверность результатов исследования подтверждена результатами практических расчетов и вычислительного эксперимента с использованием значительного объема материалов регистрации ТМИ, полученных в ходе реальных запусков РКН.

### **5. Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов**

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что его результаты вносят вклад в развитие прикладных элементов системного анализа, теории информации и методов оптимизации в части их использования для решения задач планирования и организации ИТО запусков РКН и испытаний изделий ракетно-космической техники.

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что разработанный методический аппарат позволяет определять программы сбора ТМИ, обеспечивающие равномерное (пропорционально плотности



потока телеметрических данных от НИП) распределение ресурсов ТЛС между каналами с НИП и адаптивное к режимам работы бортовых систем РКН формирование потоков телеметрических данных как по составу сообщений телеметрических параметров, так и по частоте их выдачи в каналы передачи информации, и парирование искажений телеметрических данных на участках проведения динамических операций по средством сбора ТМИ, выдаваемую через линию задержки, что в свою очередь, обеспечивает непрерывный с требуемой полнотой охвата контроль функционирования бортовых систем РКН в реальном масштабе времени полета при ограниченных ресурсах ТЛС. Немаловажным аспектом практической ценности результатов исследования является их реализуемость на существующих в настоящее время технических средствах СИТО при незначительных доработках (и как следствие незначительных финансовых затратах) программного обеспечения передачи ТМИ.

#### **6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные в диссертации результаты рекомендуется использовать на практике:

- в центрах контроля полета РКН (на космодромах Восточный, Байконур, Плесецк) и в центрах управления полетами космических аппаратов (АО «ЦНИИмаш», Главном Испытательном Центре имени Г.С. Титова) для решения задач планирования сеансов информационно-телеметрического обеспечения;

- для проведения анализа при выяснении причин возникновения и развития нештатных ситуаций на борту РКН, формируя ранжированные выборки телеметрических параметров, имеющих наибольшую информационную ценность (Главном Испытательном Центре имени Г.С. Титова);

- при создании перспективных бортовых и наземных средств информационно-телеметрического обеспечения, разделов телеметрического обеспечения программ экспериментальной отработки и испытаний перспективных образцов ракетно-космической техники (в ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева», на предприятиях холдинга АО «Российские космические системы»).

#### **7. Новизна полученных результатов**

В диссертации автором получены следующие основные результаты, обладающие научной новизной и отличные от результатов, полученных другими авторами:

1. Методика определения количества информации о состоянии РКН в потоке телеметрических сообщений, научная новизна и отличие от известных которой состоит в том, что в ней введен новый частный показатель количества информации – «коэффициент потери информации», позволяющий проводить



оценку потоков сообщений различных телеметрических параметров в единой относительной шкале.

2. Методика рационального распределения ресурса каналов передачи ТМИ между НИП, научная новизна которой и ее отличие от известных заключается в двухэтапном проведении поисковых процедур и расчетов с использованием математического аппарата последовательной оптимизации, что позволяет отыскать рациональные значения параметров плана задействования каналов передачи ТМИ, согласовав их с параметрами потоков телеметрических данных от территориально разнесенных НИП в условиях ограничений на ресурсы ТЛС.

3. Методика формирования рационального потока телеметрических сообщений РКН в каналах передачи ТМИ, научная новизна которой и ее отличие от известных заключается в двухэтапном проведении поисковых процедур и расчетов с использованием математического аппарата последовательной оптимизации, что позволяет отыскать рациональные значения параметров плана формирования потока телеметрических сообщений, адаптированных к изменяющимся во время пуска и полета РКН потребностям специалистов ЦКП, наличию свободного ресурса в каналах передачи ТМИ и парирующих искажения ТМИ на участках проведения динамических операций РКН. Также новизна данной методики состоит в комплексном использовании существующих и нового показателей количества информации при проведении поисковых процедур и расчетов, что позволяет сформировать нормированное метрическое пространство поиска значений искомых варьируемых параметров и свести многомерный поиск к одномерному в относительной шкале, тем самым существенно упростить оптимизационную задачу.

Кроме того, новизна разработанного автором методического аппарата состоит в комплексном использовании полученных результатов для решения поставленной задачи, что в отличие от используемых в настоящее время подходов позволяет учесть все факторы, оказывающие существенное влияние на качество ИТО пуска и полета РКН, обеспечить в ЦКП доставку необходимых для непрерывного и полного охвата контролем функционирования и оценки состояния бортовых систем РКН телеметрических данных, а также распределить ограниченные ресурсы ТЛС между каналами передачи ТМИ с НИП, обеспечив их равномерную загрузку.

## 8. Замечания по диссертационной работе

Наряду с положительными результатами исследования, представленная диссертация не лишена некоторых недостатков, впрочем, не имеющих принципиального значения. К ним можно было бы отнести:

1. В диссертации не рассмотрены методы архивирования информации в целях оценки их возможности применения для снижения объемов передаваемых от НИП в ЦКП телеметрических данных.

2. Требуется пояснение принятой в работе терминологии – автором введен частный показатель «Коэффициент потери информации», однако его смысл состоит в степени увеличения апостериорной энтропии.



3. В методике формирования рационального потока телеметрических сообщений РКН в каналах передачи ТМИ принято допущение что телеметрические параметры независимы между собой в части проведения измерений, формирования и передачи сообщений, однако телеметрические параметры, характеризующие взаимодействующие процессы функционирования бортовых систем РКН и состояния среды, взаимосвязаны между собой и содержат взаимную информацию – требуется пояснение причин принятия данного допущения.

4. Проведенные в диссертации практические исследования ограничены только исходными данными ИТО запусков РКН «Протон-М» производство которых в настоящее время завершается, при этом не рассматриваются пуски активно эксплуатируемых РН «Союз-2» и перспективных РН «Ангара» легкого и тяжелого классов.

5. В работе недостаточно внимания уделено оценке влияния использования адаптивных процедур сбора ТМИ на качество результатов ИТО в случаях возникновения и развития нештатных и аварийных ситуаций на борту РКН

Отмеченные недостатки носят частный характер, не снижают научной и практической ценности результатов исследования и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Куимова А. В.

#### **9. Заключение по диссертации о соответствии ее требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» по пунктам 9 и 10.**

Диссертация Куимова Андрея Владимировича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки методического аппарата параметрического синтеза адаптивной СИТО запусков перспективных РКН, имеющей существенное значение для развития технической науки, а именно развитие прикладных элементов системного анализа, теории информации и методов оптимизации в части их использования для решения задач планирования и организации ИТО запусков РКН и испытаний изделий ракетно-космической техники.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные положения и результаты, выдвинутые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе ее автора в науку.

Таким образом диссертация соответствует требованиям п. 9, 10 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Куимов Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Отзыв подготовлен:

Николаевым Дмитрием Андреевичем, кандидатом технических наук по специальности: 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка



информации» (технические системы), ведущим инженером-программистом  
отдела интеллектуальных технологий АО «СКБ Орион».

Отзыв ведущей организации о диссертационной работе Куимова Андрея  
Владимировича на тему «Комплексная методика параметрического синтеза  
адаптивной системы информационно-телеметрического обеспечения запусков  
перспективных ракет космического назначения», представленную на соискание  
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 –  
Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки),  
обсужден и утвержден на заседании научно-технического совета  
АО «СКБ Орион», протокол № ТС.2022-8 от 26 августа 2022 г.

Заместитель генерального конструктора  
д.т.н., профессор

Охтилев Михаил Юрьевич

«29» 08 2022 г.

Начальник отдела интеллектуальных  
технологий, к.т.н., доцент

Каргин Виктор Александрович

«29» 08 2022 г.

Ведущий инженер-программист  
к.т.н.

Николаев Дмитрий Андреевич

«29» 08 2022 г.

АО «СКБ Орион»

Почтовый адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Тобольская, дом 12

Телефон: +7 (812) 335-05-91

адрес электронной почты: info@skborion.ru

Подписи Охтилева Михаила Юрьевича,  
Каргина Виктора Александровича,  
Николаева Дмитрия Андреевича заверяю

Специалист по кадрам



Киселева Надежда Анатольевна

«29» 08

С отзывом  
19.09.2022г