

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Ватутина Сергея Ивановича на диссертацию Куимова Андрея Владимировича «Комплексная методика параметрического синтеза адаптивной системы информационно-телеметрического обеспечения запусков перспективных ракет космического назначения» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации»

1. Актуальность темы диссертации

Тема диссертации Куимова А.В. тесно связана с вопросами устранения избыточности измерительной информации для согласования значительных информационных потоков с ограниченной пропускной способностью каналов связи. Всплеск исследований по устранению избыточности измерительной информации был в 70-е годы XX века в связи с тем, что в космической индустрии в то время дорогие широкополосные каналы связи системы «Связка» со скоростью до 2,5 Мбит/сек предоставлялись для сбора телеметрии только с ракет космического назначения и с пилотируемых космических аппаратов. Системы сбора телеметрии с автоматических космических аппаратов (КА) довольствовались дешёвыми низкоскоростными телефонными каналами связи со скоростями порядка 1200 бит/сек, тогда как скорости передачи с космических аппаратов достигали 256 кбит/сек. Проблема согласования больших потоков информации с автоматических КА с ограниченной пропускной способностью телефонных каналов стояла очень остро, решалась во множестве публикаций и в результате в 80-е годы XX века была создана система сбора сокращённых или сжатых потоков телеметрической информации (ТМИ) с автоматических КА, которая успешно проработала до конца нулевых годов текущего XXI века. Вместе с тем, с начала 90-х годов начались работы по переводу сбора телеметрии отдельных типов автоматических КА на широкополосные спутниковые каналы, доступность которых существенно увеличилась в нулевые годы XXI века с вводом в строй спутниковой системы передачи данных «Приморка» со скоростями передачи данных до 8 Мбит/сек. В результате к началу 20-х годов XXI века система сбора сжатых потоков телеметрии с автоматических КА практически изжила себя, а исследования в направлении сокращения избыточности телеметрии с автоматических КА потеряли свою актуальность. В то же время информативность современных ракет космического назначения (РКН) продолжает расти и в настоящее время информационный

Отдел документационного
обеспечения МАИ

27 09 2022

поток с таких РКН, как «Протон» и «Ангара», почти втрое превышает пропускную способность системы сбора телеметрии с измерительных пунктов. Информативность проектируемых РКН ещё больше. При этом увеличивать втрое или более пропускную способность спутниковой системы передачи данных экономически нецелесообразно, поскольку при этом во столько же раз возрастают затраты на аренду пропускной способности каналов связи, тогда как потребности наземного автоматизированного комплекса управления космическими аппаратами в настоящее время обеспечиваются с избытком, а пусковые работы по отношению к непрерывному процессу управления КА носят эпизодический характер. Поэтому рациональное использование ограниченной пропускной способности системы сбора телеметрии при пусках ракет космического назначения по-прежнему имеет большое значение, а тема диссертационной работы Куимова А.В. является актуальной.

2. Оценка содержания и внутреннего единства диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, списка сокращений и приложения с актами внедрения. Работа изложена на 217 страницах, содержит 53 рисунка, 30 таблиц. Список цитируемой литературы включает 122 наименования.

Во введении обоснована актуальность исследования, дана оценка разработанности темы исследования, сформулированы научная задача, цель, объект, предмет и частные задачи исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту, и их научная новизна, приведены данные о структуре и объеме диссертационной работы.

В главе 1 приводятся результаты анализа процессов функционирования системы информационно-телеметрического обеспечения (СИТО) запусков РКН, методических подходов к формированию адаптивных процедур в СИТО, приведены формализация основных процессов функционирования и разработанная система показателей и критериев качества СИТО, математическая постановка задачи параметрического синтеза адаптивной СИТО запусков РКН.

В главе 2 приводятся результаты анализа методов оптимизации и обоснование метода, обеспечивающего решение поставленной задачи, сформированы методические основы модели функционирования СИТО запусков РКН, описана разработанная методическая схема решения задачи.

В главе 3 приводятся описания разработанных соискателем методик, обеспечивающих определение рациональной программы сбора ТМИ при обеспечении запусков РКН.

В главе 4 приводятся результаты практических исследований: область исходных данных для проведения исследований, результаты расчетов по определению рациональной программы сбора ТМИ, результаты оценки расчетных и экспериментальных данных, сформированы рекомендации по созданию адаптивной СИТО запусков перспективных РКН.

В заключении приведены основные результаты исследования и предложения по их дальнейшему использованию.

Представленный текст диссертации является законченным научным трудом, посвященным решению актуальной научной задачи по разработке методического аппарата параметрического синтеза адаптивной СИТО запусков перспективных РКН, что соответствует областям исследований по научной специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации», отрасль знаний – технические науки.

Работа выполнена на высоком математическом уровне, хорошо структурирована и написана ясным научным языком. Тема диссертации соответствует ее содержанию, цели и научной задаче исследования. Главы диссертации имеют адекватное построение, характеризуются четкостью и последовательностью изложения, корректностью суждений и логичностью выводов. Текст диссертации сбалансирован, иллюстрирован рисунками, таблицами и формулами. Рисунки имеют хорошую графику, информативны, лаконичны и хорошо доносят суть иллюстрируемой идеи. Таблицы наглядны, не перегружены несущественными деталями и служат полезным дополнением к текстовому материалу. Формулы рационально расположены в тексте, обладают требуемой четкостью и строгостью содержания. Текст хорошо структурирован и удобно расположен на страницах рукописи. Список использованной литературы оформлен в соответствии с действующим стандартом.

Автореферат полностью отображает содержание диссертации и полученные в ней результаты.

Общее оформление диссертации и автореферата отвечает нормативным требованиям к оформлению научно-технических публикаций.

3. Оценка полноты изложения в публикациях и апробации научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы

Основные результаты исследования достаточно полно изложены в 15 публикациях, в том числе 7 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК РФ для защиты кандидатских диссертаций, 8 тезисов докладов в сборниках материалов научных конференций и всероссийского семинара, из них 3 работы принадлежат лично соискателю, остальные – в соавторстве. Полученные в диссертации результаты использованы при написании двух научно-технических отчетов по научно-исследовательским работам.

4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы Куимова А.В. основана на использовании фундаментальных положений системного анализа, исследования операций, теории информации и математического аппарата оптимизации, а также на глубоком анализе результатов исследований по вопросам, связанным с исследуемым в диссертации объектом. Высокий уровень обоснованности подтверждается корректной и четкой формулировкой цели исследования и решаемой в диссертации научной задачи, ее системной декомпозицией на частные научно-технические задачи, их решением в логичной последовательности, использованием методов и схем решения, адекватных цели исследования. Кроме того, обоснованность подтверждается широкой апробацией и публикациями результатов исследования.

Достоверность полученных результатов обеспечивается четкой математической постановкой задачи параметрического синтеза адаптивной СИТО, учетом параметров всех элементов, процессов и факторов, оказывающих существенное влияние на эффективность функционирования СИТО, корректной декомпозицией на частные задачи, и скрупулезно разработанным порядком их решения с принятием мер по обеспечению сходимости решения общей задачи. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается результатами оценки практических расчетов и вычислительного эксперимента с использованием исходных данных и материалов регистрации ТМИ реальных запусков.

5. Новизна научных результатов диссертации

Научная новизна результатов диссертации заключается в комплексном подходе к исследованию процессов ИТО запусков РКН. Соискателем рассмотрен весь спектр задач, решаемых элементами СИТО, начиная от процессов формирования ТМИ на борту РКН, завершая её использованием в центре контроля полёта (ЦКП) при контроле функционирования и оценке состояния бортовых систем РКН при пуске и в полете.

Предложен новый подход к решению задачи параметрического синтеза СИТО, отличающийся от применяемых в настоящее время комплексным учетом параметров процессов формирования, передачи и использования ТМИ в элементах СИТО и существенных внешних факторов, что позволяет согласовать изменяющиеся на различных этапах пуска и полета РКН потребности в ТМИ с располагаемыми ресурсами телеметрических линий связи.

Разработана новая методика определения количества информации о состоянии РКН в потоке телеметрических сообщений, в которой введен новый частный показатель – «коэффициент потери информации», что в отличие от существующих подходов позволяет проводить оценку потоков сообщений разнородных телеметрических параметров в единой относительной шкале.

Разработаны новые поисковые методики: методика рационального распределения ресурса каналов передачи ТМИ между наземными измерительными пунктами (НИП) и методика формирования рационального потока телеметрических сообщений РКН в каналах передачи ТМИ, отличающиеся от используемых в настоящее время в ЦКП двухэтапным проведением поисковых процедур и расчетов последовательной оптимизации, что позволяет отыскать рациональные взаимно адаптированные значения параметров плана задействования каналов передачи ТМИ и плана формирования потока телеметрических сообщений.

Впервые предложено поисковые процедуры и расчеты проводить в системе критериев качества на основе существующих и нового показателей количества информации, что позволяет сформировать нормированное метрическое пространство поиска и свести многомерный поиск параметров потока телеметрических сообщений к одномерному в относительной шкале.

Таким образом, полученные в диссертации результаты обладают научной новизной и отличны от ранее известных результатов.

6. Значимость полученных результатов и выводов

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в развитии прикладных элементов системного анализа, теории информации и методов оптимизации в приложении их к планированию и организации информационно-телеметрического обеспечения запусков современных и перспективных РКН. При этом в отличие от существующих подходов используется двухэтапный последовательный поиск рациональных взаимно адаптированных значений варьируемых параметров СИТО с использованием комплекса показателей количества информации. Кроме того, введен новый частный показатель качества – «коэффициент потери информации», удобный для сравнения возможных реализаций программ сбора телеметрической информации с измерительных пунктов.

Практическая значимость результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, состоит в том, что разработанный методический аппарат параметрического синтеза адаптивной системы информационно-телеметрического обеспечения является методологической основой формирования рациональной программы сбора телеметрической информации РКН. Внедрение полученных результатов при решении задач планирования ИТО позволит существенно повысить информативность телеметрических данных, доставляемых в центр контроля полёта РКН, и значительно снизит остроту необходимости оперативной доставки с наземных измерительных пунктов полного объема избыточной телеметрической информации, принятой с РКН. Так, в соответствии с расчётно-экспериментальными данными автора при использовании пропускной способности каналов доставки информации с измерительных пунктов втрое меньше информативности БИТС РКН при адаптивной выборке информации по методике автора на наиболее нагруженном этапе полёта теряется максимум 17% информации, тогда как при используемой в настоящее время неадаптивной выборке потери информации доходят до 50%. Практическая ценность результатов подтверждена актами их внедрения в АО «ЦНИИмаш» и в ПАО «РКК «Энергия».

7. Личное участие автора в получении результатов диссертации

В проведённом исследовании лично соискателем разработана и обоснована «Комплексная методика параметрического синтеза адаптивной системы информационно-телеметрического обеспечения запусков перспективных ракет космического назначения», предназначенная для формирования рациональной программы сбора телеметрической

информации при запусках РКН, позволяющей обеспечить подразделения анализа лётно-технических характеристик РКН достаточно полной информацией о состоянии систем РКН, снимая жёсткую необходимость быстрой пересылки в полном объёме всей избыточной телеметрической информации с измерительных пунктов.

Разработанная лично автором «Комплексная методика ...» базируется на трёх частных методиках, разработанных и обоснованных лично соискателем: «Методика определения количества информации о состоянии РКН в потоке телеметрических сообщений», «Методика рационального распределения ресурса каналов передачи телеметрической информации между наземными измерительными пунктами» и «Методика формирования рационального потока телеметрических сообщений РКН в каналах передачи телеметрии», опирающаяся на критерии максимума количества информации и минимума неопределённости (энтропии) в массиве телеизмерений, доставляемом в центр контроля полёта РКН. Разработанные автором новые методики являются основой предложений, выносимых на защиту, и вкладом соискателя в прикладную техническую науку.

8. Замечания по диссертационной работе

1. К введенному в «Методике рационального распределения ресурсов каналов передачи телеметрической информации между наземными измерительными пунктами» вспомогательному параметру автор некорректно применил наименование «коэффициент загрузки телеметрических линий связи», так как в соответствии с формулой (3.24) определил его как отношение пропускной способности телеметрической линии связи к максимальной суммарной плотности информационных потоков в этой линии, что является обратной величиной для понятия «загрузка», общепринятого в теории массового обслуживания. У автора получается, что при нулевом информационном потоке в линии связи коэффициент загрузки равен бесконечности, тогда как на самом деле загрузка линии при этом равна нулю. Правда, этот недостаток не повлиял на корректность полученных автором результатов, поскольку при расчёте требуемой пропускной способности каналов передачи телеметрии по формуле (3.25) автор ставит свой «коэффициент загрузки» в числитель, тогда как классически определяемый в теории массового обслуживания показатель «загрузка» должен стоять в знаменателе этого выражения. То есть, расчёт автором требуемой пропускной способности при ненулевых информационных потоках всё-таки оказался правильным.

2. В «Методике определения количества информации о состоянии ракеты космического назначения в потоке телеметрических сообщений» автор ввёл новый частный показатель – коэффициент потери информации, равный отношению апостериорных энтропий на выходе системы информационно-телеметрического обеспечения и на выходе бортовой информационно-телеметрической системы. Этот показатель очень удобен для сравнения используемой в настоящее время неадаптивной системы с синтезируемыми адаптивными системами, однако автор не привёл в явном виде выражение для апостериорной энтропии на выходе бортовой информационно-телеметрической системы, что затрудняет понимание изложенного в работе материала.

3. Имеются недостатки и в оформлении диссертации. Так, например, нижний абзац текста на странице 40 полностью повторяется на странице 41. Кроме того, допущены опечатки в единицах измерения количества информации и информативности группового потока в таблицах 4.28 и 4.29.

Вместе с тем, имеющиеся недостатки не являются принципиальными и не снижают ценность диссертационного исследования.

9. Заключение о соответствии предъявляемым требованиям

Диссертация Куимова А.В. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержит решение научной задачи, имеющей важное значение для развития технической науки в части разработки методического аппарата, направленного на повышение эффективности информационно-телеметрического обеспечения запусков ракет космического назначения. Диссертация написана соискателем самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения, выдвинутые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе соискателя в науку. Полученные в диссертации научные результаты нашли практическое применение. Основные научные результаты исследования достаточно широко опубликованы в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, и прошли апробацию на научных конференциях. Источники заимствованного материала приведены в списке литературы, места их использования в тексте диссертации обозначены ссылками.

Таким образом, диссертация по своему содержанию и научному уровню соответствует критериям главы II «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, предъявляемым к кандидатским

диссертациям, а её автор Куимов Андрей Владимирович – присуждения
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 –
«Системный анализ, управление и обработка информации».

Официальный оппонент
к.т.н., с.н.с., ведущий научный сотрудник
АО «Российские космические системы»

Сергей Иванович Ватутин

Почтовый адрес: 111250, г. Москва,
ул. Авиамоторная, д. 53,
телефон: +7(495) 673-93-42
адрес эл. почты: vatutin.si@spacecorp.ru

Подпись Ватутина Сергея Ивановича заверяю:
Ученый секретарь
АО «Российские космические системы»
к.т.н., с.н.с.



С.А. Федотов

«22» сентября 2022 г.

С отзывом ознакомлен
27.09.2022.