

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Хомоненко Анатолия Дмитриевича на диссертационную работу Николаева Дмитрия Андреевича, выполненную на тему: **«Модель и алгоритмы оперативной структурно-параметрической обработки телеметрической информации космических средств»** и представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (технические системы)

Актуальность темы диссертации. Характерной чертой современности является резкое возрастание значения космических технологий в социальной, научной, экономической и военно-политической сферах жизни общества.

Своевременность и правильность решений, принимаемых при нештатных и аварийных ситуациях во время запусков ракет-носителей (РН) и, соответственно, размеры сопутствующего ущерба, напрямую зависят от оперативности предоставления необходимой для принятия решений информации и ее достоверности. Внедрение перспективных автоматизированных систем поддержки принятия решений (СППР) в значительной мере осложняется несоответствием качества исходной измерительной информации требованиям, обусловленным возможностями технических средств, доступных для реализации таких систем.

Приведение результатов обработки измерительной информации в соответствии требованиям к входной измерительной информации СППР в значительной мере сдерживается существующими технологиями оперативного сбора и обработки телеметрической информации бортовых систем РН. Это объясняется, с одной стороны, высокой сложностью телеметрируемых систем, большим объемом информации, высокими вычислительными затратами на обработку ТМИ, с другой стороны – ограниченными возможностями современных средств сбора и обработки ТМИ реального времени.

Особо ярко это противоречие проявляется в условиях жесткого дефицита времени на принятие решений – например, направленных на предотвращение невыполнения задач запуска или минимизацию ущерба при аварийных и нештатных ситуациях.

В перспективные космические ракетные комплексы активно внедряются контуры внешнего управления, например, принудительного прекращения полета и спасения полезной нагрузки. Наличие обратной связи подразумевает высокие требования к оперативности и достоверности принятия решений на управление и, соответственно, получение достоверных оценок измеряемых параметров бортовых систем в реальном масштабе времени.

Успешное решение задачи предполагает использование новых подходов к обработке ТМИ, а именно, разработку оперативных алгоритмов обработки телеметрической информации, обеспечивающих возможность применения автомати-

зированных СППР в реальном масштабе времени на существующих аппаратно-программных комплексах. *Актуальность и практическая значимость* разработки названных алгоритмов обусловлены также тем, что высокий уровень затрат труда и времени на обработку телеизмерений и обусловленные этим задержки в принятии решений на управление в настоящее время являются одной из основных причин, препятствующих внедрению контуров обратной связи в системы управления РН.

Диссертационная работа Николаева Д.А. посвящена исследованию помех и информационных процессов в системах телеметрии, разработке алгоритмов оперативного оценивания характеристик телеметрируемых параметров бортовых систем РН малыми вычислительными затратами. Тема диссертационной работы является *актуальной* и имеет важное теоретическое и прикладное значение, так как значительная степень априорной неопределенности, обусловленная неоднородностью, избыточностью и разнообразием смыслового содержания ТМИ, не позволяет использовать для решения задачи традиционные классические методы синтеза оптимальных алгоритмов.

Цель работы заключается в обеспечении оперативного и достоверного получения оценок технического состояния космических средств в комплексах автоматизированного анализа, робастных к штатному и нештатному изменению режимов работы бортовых систем и агрегатов.

В ходе решения поставленной научной задачи лично соискателем получены следующие основные результаты:

1. На основе системного анализа условий формирования, передачи и приема телеметрической информации в ходе пуска ракет-носителей «Союз-2» и исследования телеметрической информации во временной и частотной области в аналитической форме показана взаимосвязь характеристик выбросов с вероятностными и спектральными компонентами телеметрируемых процессов.
2. Алгоритмы оперативного оценивания моментных и спектрально-корреляционных характеристик телеметрической информации, а также уровня его загрязнения.
3. Параметризуемый алгоритм обнаружения и исключения аномальных результатов измерений с автоматической настройкой структуры в зависимости от моментных и спектрально-корреляционных характеристик обрабатываемого процесса.
4. Способ повышения устойчивости алгоритмов обработки телеметрической информации на фоне флуктуационных помех.
5. Элементы специализированного программного обеспечения оперативной обработки телеметрической информации в составе комплекса автоматизированного анализа ракеты-носителя.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем:

- сформулирована и обоснована вероятностная модель телеметрируемых процессов в виде «смеси» аномальной и информационной компонент, имеющих гауссово распределение;

- получены аналитические зависимости характеристик «превышения уровня» от моментных и спектрально-корреляционных характеристик телеметрируемых процессов ракеты-носителя.

- учтено влияние изменения формы плотности вероятности и формы спектра телеметрируемого процесса при оперативной обработке телеметрической информации путем использования измерителей типа «счетчики нулей»;

- повышена устойчивость алгоритмов обработки неоднородной телеметрической информации на основе использования характеристик превышения уровня, которые инвариантны к дисперсии флуктуационных помех, присутствующих в реальной помеховой обстановке.

Теоретическая ценность работы состоит в том, что автором предложен подход к выявлению аномальных результатов измерений и к совместному оцениванию моментных и спектрально-корреляционных характеристик телеметрируемых процессов на основе подсчета числа их превышений и локальных максимумов. При этом выполнено обоснование способов применения соотношения Ф. Райса из теории выбросов случайных процессов для исследования телеметрируемых процессов ракет-носителей в реальном времени.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что применение разработанных оперативных алгоритмов обработки уменьшает неоднородность и повышает достоверность результатов первичной обработки ТМИ, что позволяет их использовать для оперативного получения типовых интегрированных заключений о контролируемых событиях, происходящих на борту РН в ходе пуска и испытаний.

Исследованы свойства полученных алгоритмов и выработаны предложения по их практическому применению. Разработанные алгоритмы доведены до уровня практической реализации в «СКБ Орион» и применялись в ходе пусков РН «Союз-2» с Гвианского космического центра и космодрома Плесецк.

Достоверность и объективность полученных результатов обеспечивается обоснованным выбором исходных данных, допущений и ограничений при постановке задач исследований, использованием апробированного математического аппарата теории выбросов и *подтверждается* согласованностью полученных в диссертационной работе результатов с результатами альтернативных подходов, положительным эффектом от использования основных теоретических и практических результатов работы в разработках организаций промышленности, достаточной публикацией полученных результатов в печатных работах и их апробацией на научно-технических семинарах и конференциях.

Результаты проведенных исследований изложены в четырех разделах. Объем рукописи находится в пределах требований к кандидатским диссертациям. Оформление и стиль изложения соответствует требованиям к научным работам.

Основные результаты диссертационной работы регулярно докладывались и обсуждались на научных семинарах и конференциях.

Полученные результаты достаточно широко опубликованы в 14 работах, в том числе в 7 изданиях, рекомендованных ВАК РФ, что соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Задачи, поставленные в диссертационной работе, решены в полном объеме.

В качестве **недостатков** следует отметить:

1. Автор отмечает актуальность исследований, направленных на создание алгоритмов оперативной обработки, учитывающих *особенности* телеметрической информации космических средств и позволяющих функционировать программно-аппаратным комплексам автоматизированного анализа телеметрической информации в реальном времени. Но сами особенности при этом раскрыты не полностью.

2. На стр. 30 диссертации отмечается, что «по структуре случайные погрешности можно разделить на аномальные и флуктуационные». Обосновывается, что «результаты измерений содержащие аномальные погрешности, должны быть исключены из обработки и анализа, так как полностью искажают результаты измерений». При этом про флуктуационные погрешности никак не поясняются, не оговаривается, как с ними следует поступать.

3. В ходе исследований проведен анализ телеметрической информации РКН и систематизированы особенности телеметрируемых процессов. При этом не понятно, каким образом учитываются в разработанных алгоритмах особенности ТМ данных, такие как: разнообразие смыслового содержания, сложность интерпретации обработки, плавающие границы области изменения параметров и т.д.

4. Проведенный в работе сравнительный анализ современных методов и алгоритмов обработки случайных процессов, представляющих собой смесь распределений, представляется недостаточно полным.

5. Разработанный автором алгоритм предполагает обнаружение одиночных аномальных измерений. Процедура отбраковки коррелированных и некоррелированных пакетов аномальных измерений в работе не рассмотрена.

6. В диссертации имеется достаточно заметное количество синтаксических и грамматических описок и неточностей.

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки работы в целом.

Диссертация содержит ряд новых результатов и положений, имеет внутреннее единство, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация выполнена на высоком научном и техническом уровне, является законченным научным трудом, в котором содержится решение научно-технической задачи разработки алгоритмов оперативной обработки и оценивания телеметрируемых параметров РН. Предложенные автором решения аргументированы и критически оценены по сравнению с известными решениями. Оформление диссертации соответствует требованиям ГОСТ.

Тема и содержание выполненной диссертации соответствуют специальности 05.13.01, по которой она представлена к защите.

Материал диссертации изложен стройно, логично, грамотно. В работе имеется достаточное количество рисунков, наглядно поясняющих существо научных положений и выводов автора.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Заключение по диссертации в целом. Результаты являются новыми и достаточно опубликованы в публикациях из перечня ВАК, а также приравненных к ним, прошли достаточно полную апробацию на научно-технических конференциях. Автореферат отражает основные результаты работы.

Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена *актуальная* задача оперативной структурно-параметрической обработки телеметрической информации космических средств, имеющая *существенное* значение в области автоматизации обработки информации.

Диссертация соответствует критериям пункта 9 действующего положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09. 2013 № 842 (ред. от 30.07.2014), а Николаев Дмитрий Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (технические системы).

Заведующий кафедрой «Информационные и вычислительные системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС), доктор технических наук, профессор Анатолий Дмитриевич Хомоненко, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, ФГБОУ ВО ПГУПС, телефон: (812)457-80-23, E-mail: khomonenko@pgups.ru, khomon@mail.ru.

«28» апреля 2017 г.

— А.Д. Хомоненко