

## О Т З Ы В

о диссертации Махалова Дмитрия Александровича «Разработка комплекса моделей и методик автоматизированного анализа телеметрической информации в реальном масштабе времени для пилотируемых орбитальных станций с использованием специализированного языка программирования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

### 1. Актуальность темы диссертации

Современное развитие пилотируемых и автоматических космических аппаратов (КА) характеризуется усложнением их бортовых систем, увеличением состава измеряемых телеметрических параметров и количеством КА различного целевого назначения. Эффективное и надёжное управление современными КА невозможно без развития методов и средств автоматизированного анализа телеметрической информации (ТМИ), характеризующей состояние бортовых систем КА. Вместе с тем небольшая продолжительность сеансов связи в совокупности с возрастающим количеством контролируемых телеметрических параметров и динамических процессов на современных и перспективных КА создаёт объективные препятствия к проведению достоверного и всеобъемлющего анализа ТМИ КА в реальном масштабе времени.

Для пилотируемых КА и орбитальных станций важнейшей задачей является контроль медицинского состояния экипажа. В настоящее время обработка медицинских параметров осуществляется с применением процедурных алгоритмов и обладает невысокой точностью, поэтому задача разработки новых методик анализа медицинских показателей космонавтов, в том числе с применением методов искусственного интеллекта, для пилотируемой космонавтики является актуальной.

Одной из ключевых составляющих эффективного анализа ТМИ КА является представление результатов обработки и автоматизированного анализа ТМИ. При этом наиболее наглядные формы представления состояния КА на основе ТМИ обеспечивают мнемосхемы. В то же время методические основы разработки наглядных и ёмких мнемосхем отображения состояния бортовых систем КА и контроля выполнения динамических процессов на борту КА в настоящее время практически отсутствуют.

Отмеченные обстоятельства определили актуальность и важность диссертационного исследования Д.А. Махалова, посвященного решению задачи разработки комплекса моделей и методик автоматизированного анализа ТМИ в реальном времени от пилотируемых орбитальных станций, автоматических КА и средств их выведения с использованием специализированного языка программирования. Решение научной задачи осуществлялось с использованием многолетнего опыта автора в сфере создания средств обработки и автоматизированного анализа ТМИ.

5. 12 2023  
обеспечения МАИ

### 2. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной

работы Д.А. Махалова основана на использовании фундаментальных положений системного анализа и исследования операций, корректного использования методов теории информации. Декомпозиция научной задачи исследования и постановка частных научно-технических задач носят достаточно строгий системный характер, а методы их решения соответствуют общей постановке и конкретному содержанию частных задач и применяются адекватно цели исследования. Кроме того, обоснованность подтверждается широкой апробацией основных положений диссертации в изданиях, включённых в перечень Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России (ВАК), а также в докладах на научно-технических и научно-практических конференциях.

Достоверность результатов исследования подтверждена практическим применением результатов исследования при разработке и многолетней эксплуатации специального программного обеспечения в Центре управления полетами АО «ЦНИИмаш».

### **3. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научная новизна результатов диссертации заключается в разработанных автором моделях и методиках, позволяющих в кратчайшие сроки создавать алгоритмы автоматизированного анализа и мнемосхемы визуализации результатов анализа ТМИ для орбитальных станций и КА, средств их выведения.

Модель описания задач обработки и анализа ТМИ отличается от существующих подходов возможностью в наглядной форме на высокоуровневом предметно-ориентированном языке описывать алгоритмы обработки и анализа ТМИ с использованием базовых и специализированных алгоритмов.

Методика построения мнемосхем визуализации результатов анализа ТМИ отличается использованием исходных данных на языке анализа ТМИ. Язык используется для подготовки компьютерных программ, управляющих поведением мнемосхемы, что позволяет формировать интерактивные динамические формы отображения в реальном времени, совместно использовать значения телеметрических параметров, одновременно поступающих в составе потоков информации, например, от МКС и пристыкованного к ней корабля. В работе даны рекомендации по созданию мнемосхем отображения состояния бортовых систем.

Автором впервые разработана методика решения задачи обработки и автоматизированного анализа ТМИ, содержащей медицинские показания космонавтов, с использованием методов машинного обучения, что в отличие от существующих методик, используемых в пилотируемой космонавтике, позволяет в реальном времени проводить фильтрацию сбойных значений и адаптироваться к индивидуальным особенностям космонавта и, в конечном итоге, обрабатывать практически всю поступающую ТМИ.

### **4. Значимость результатов диссертации для науки и практики**

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в развитии прикладных элементов системного анализа, теории формальных языков программирования и методов искусственного интеллекта применительно к задачам анализа ТМИ в реальном

времени. При этом в отличие от существующих подходов в основу исследования положено использование специализированного языка программирования. Кроме того, введён новый частный показатель унификации языка программирования, позволяющий оценить трудоёмкость его изучения и использования совместно с иными языками программирования.

Практическая значимость результатов состоит в разработке универсального подхода применимого для решения задач информационно-телеметрического обеспечения орбитальных станций, автоматических КА и средств их выведения. При этом сокращается время и трудоёмкость подготовки средств обработки, автоматизированного анализа и отображения ТМИ. Внедрение результатов диссертации положительно скажется на повышении оперативности, полноты охвата контролем и достоверности проведения анализа состояния бортовых систем КА.

### **5. Оценка содержания и внутреннего единства диссертации**

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, выполнена на высоком математическом уровне, хорошо структурирована и написана ясным научным языком, отличается чёткостью и последовательностью изложения, корректностью суждений и логичностью выводов. Тема диссертации соответствует её содержанию, цели и задачам исследования.

Основные результаты исследования изложены в 12 публикациях автора, 6 из которых размещены в изданиях, рекомендованных ВАК.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание диссертации.

### **6. Замечания по диссертационной работе**

1) В тексте диссертации дано сравнение разработанного языка анализа ТМИ с использовавшимся ранее языком анализа только по одному показателю – унификации. Не вполне ясно, имеет ли разработанный язык другие преимущества.

2) Автор рассмотрел применение разработанного языка анализа ТМИ для формирования мнемосхем отображения состояния КА на основе ТМИ. При этом не рассмотрена возможность применения подпрограмм на языке анализа ТМИ для автоматизации других задач управления КА, например, для формирования текстовых отчётов по результатам проведения сеанса связи.

3) Целью проведенного исследования заявлено «повышение оперативности и точности определения состояния бортовых систем контролируемого КА...», однако из текста диссертации не ясно, каким образом приведенные частные показатели характеризуют степень достижения цели исследования и позволяют оценить эффективность функционирования средств автоматизированного анализа ТМИ.

4) В работе не рассмотрено влияние качества и оперативности проведения анализа ТМИ на надёжность управления КА.

Выявленные недостатки не являются принципиальными и не снижают ценность диссертационного исследования, а носят рекомендательный характер для продолжения исследований.

## 7. Заключение

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной лично автором, в ней содержится решение важной и актуальной научной задачи по организации автоматизированного анализа ТМИ от КА различного назначения. Работа имеет важное значение для развития технических наук и направлена на повышение оперативности и точности определения состояния бортовых систем КА по ТМИ.

Диссертация написана на высоком научном уровне, что свидетельствует о высокой научной подготовке соискателя. Автор имеет большой опыт практической работы в сфере информационно-телеметрического обеспечения управления полётами КА и является сложившимся научным специалистом высокой квалификации.

Таким образом, диссертация «Разработка комплекса моделей и методик автоматизированного анализа телеметрической информации в реальном масштабе времени для пилотируемых орбитальных станций с использованием специализированного языка программирования» соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, а ее автор, Махалов Дмитрий Александрович, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

### Официальный оппонент

доцент департамента механики и процессов управления инженерной академии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) к.т.н., старший научный сотрудник

«05» 12 2023 г.

Адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6  
 Номер телефона: 8(903)723-26-34  
 Адрес эл. почты: samusenko@rudn.ru

Подпись О.Е. Самусенко удостоверяю.  
 Заместитель председателя учёного совета  
 инженерной академии РУДН

Самусенко Олег Евгеньевич



С.А. Купреев

С ответом ознакомлен  
 05.12.23