

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.03

Соискатель: Махалов Дмитрий Александрович

Тема диссертации: Разработка комплекса моделей и методик автоматизированного анализа телеметрической информации в реальном масштабе времени для пилотируемых орбитальных станций с использованием специализированного языка программирования

Специальность: 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 21 декабря 2023 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Махалову Дмитрию Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета В.В. Малышев, заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В. Т. Бобронников, Л. В. Вишнякова, В. А. Воронцов, А. В. Ефремов, С. Ю. Желтов, К. А. Занин, Д. А. Козорез, М. С. Константинов, М. М. Матюшин, С. Н. Падалко, В. Г. Петухов, Г. Г. Райкунов, Г. Г. Серебряков, К. И. Сыпало, Ю. В. Тюменцев.

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.03, д.т.н., доцент

Начальник
Т.А. А.



Handwritten signature of A.V. Starikov

А.В. Старков

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.03,

созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
(МАИ)

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21.12.2023 г., протокол № 31

О присуждении **Махалову Дмитрию Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка комплекса моделей и методик автоматизированного анализа телеметрической информации в реальном масштабе времени для пилотируемых орбитальных станций с использованием специализированного языка программирования» по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки) принята к защите «12» октября 2023, протокол № 20, диссертационным советом 24.2.327.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Махалов Дмитрий Александрович, «16» апреля 1984 года рождения. В 2006 г. с отличием окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет леса» (в настоящее время – Мытищинский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)») с присуждением квалификации «инженер-математик» по специальности «Прикладная математика и информатика». В 2022 году окончил обучение в аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» (диплом об окончании аспирантуры 107718 1275347, регистрационный номер 2022/6А-442Д от 06.07.2022 г.).

Соискатель Махалов Дмитрий Александрович работает в должности начальника отдела Центра управления полётами в Акционерном обществе «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (АО «ЦНИИмаш»).

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (МАИ) на кафедре «Системный анализ и управление» института № 6 «Аэрокосмический».

Научный руководитель – доктор технических наук, первый заместитель генерального директора АО «ЦНИИмаш» – начальник ЦУП, профессор кафедры «Системный анализ и управление» МАИ, Матюшин Максим Михайлович.

Официальные оппоненты:

1. Соловьев Сергей Владимирович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», ведущий конструктор публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С. П. Королёва» (ПАО «РКК «Энергия»).

2. Самусенко Олег Евгеньевич – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент департамента механики и процессов управления инженерной академии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН).

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Акционерное общество «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» (АО «Российские космические системы»), г. Москва, в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании научно-технического совета предприятия (протокол № 12/03 от 06.12.2023 г.), подписанном советником директора проектов по созданию НАКУ КА, ИКК и информационно-телекоммуникационных систем, д. т. н. А. И. Жодзишским, ведущим научным сотрудником отдела создания ЦУП и НКУ КА гражданского назначения, к. т. н. А. А. Янченко, ученым секретарем, к. т. н., с. н. с. С. А. Федотовым и утвержденным заместителем генерального директора по науке, д. т. н., профессором А. В. Кругловым, указала, что диссертация Махалова Дмитрия Александровича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки комплекса моделей и методик автоматизированного анализа и отображения телеметрической

информации от пилотируемых орбитальных станций в реальном масштабе времени. Данная задача имеет существенное значения для развития прикладных элементов системного анализа в части обработки информации и управления КА. Отмечено, что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные положения и результаты, выдвинутые для публичной защиты, свидетельствует о личном вкладе ее автора в науку, и соответствует требованиям п. 9, 10 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Махалов Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 12 работ, включающих 6 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ, и 2 полученных свидетельства о регистрации программ для ЭВМ. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

Статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК:

1. Махалов Д. А., к. ф.-м. н. Титов А. М. Автоматизированный анализ телеметрической информации // Космонавтика и ракетостроение. – Королёв: ФГУП ЦНИИмаш. – 2017. – вып. 2(95) – с. 146-155. (5 с. авт., № 763 из перечня ВАК от 01.01.2018 г.).

Представлен язык описания алгоритмов анализа ТМИ: его модель и синтаксис; программная реализация транслятора и интерпретатора, а также примеры алгоритмов анализа из исходных данных обработки ТМИ различных КА.

2. Махалов Д. А., Никитина М. П., Усиков С. Б., Манойло А. В. Телеметрическое обеспечение оперативного контроля полёта ракет и разгонных блоков с использованием спутникового контура управления // Сибирский журнал науки и технологий. – Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – 2019. – Т. 20, № 3. – с. 344-355. (5 с. авт., № 1936 из перечня ВАК от 26.12.2019 г.).

Разработана концепция телеметрического обеспечения оперативного контроля полёта ракет и разгонных блоков, описан ряд реализованных алгоритмов обработки и анализа, а также форм отображения ТМИ.

3. Матюшин М. М., Махалов Д. А. Применение нейросетей к анализу отделения боковых блоков ракеты-носителя «Союз» // Пилотируемые полеты в космос. – Звёздный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю. А. Гагарина». – 2020. – № 4(37). – с. 42-56. (11 с. авт., № 1724 из перечня ВАК от 27.01.2021 г.).

Описана методика применения нейросетей к анализу динамических процессов на примере задачи анализа отделения боковых блоков ракеты-носителя «Союз», приведена архитектура нейросети для решения поставленной задачи, способ обучения и исполнения нейросети на языке анализа ТМИ.

4. Матюшин М. М., Махалов Д. А. Автоматизированная обработка информации от бортовой системы видеоконтроля ракет-носителей // Пилотируемые полеты в космос. – Звёздный городок: ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю. А. Гагарина». – 2021. – № 4(41). – с. 17-35. (14 с. авт., № 1763 из перечня ВАК от 22.10.2021 г.).

Описаны алгоритмы декодирования и восстановления сбоев по методу Рида-Соломона в телеметрических кадрах, передающих видеоинформацию, описана реализация алгоритмов на языке анализа ТМИ.

5. Махалов Д. А. Разработка языка анализа телеметрической информации // Космическая техника и технологии. – Королёв: АО «ЦНИИмаш». – 2023. – № 3(42)/2023. – с. 112-123.

Представлен язык описания алгоритмов анализа ТМИ, описана программная реализация транслятора и интерпретатора, примеры алгоритмов анализа из исходных данных обработки ТМИ различных КА, введён новый показатель унификации языка программирования.

6. Матюшин М. М., Махалов Д. А., Титов А. М., Анализ параметров движения транспортных кораблей по результатам обработки телеметрической информации // Космонавтика и ракетостроение, вып. 6(117) – Королёв: АО «ЦНИИмаш». – 2020. – с. 19-36. (3 с. авт., № 1266 из перечня ВАК от 27.01.2021 г.).

Представлены алгоритмы обработки телеметрических массивов цифровой информации от транспортных кораблей на языке анализа ТМИ, алгоритмы вычисления орбитальных параметров, результаты их опытной отработки.

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1) Акционерное общество «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» (АО «Российские космические системы»), ведущая организация. Отзыв положительный.

К работе имеются следующие замечания:

1. При разработке методики анализа телеметрической информации, содержащей медицинские параметры космонавтов, не указано, в каком объёме учтён опыт института медико-биологических проблем, центра подготовки космонавтов, а также методик, используемых в спортивной медицине.

2. В работе разработана методика формирования мнемосхем с применением подпрограмм на языке анализа, используемых для управления поведением фигур. Представляет интерес возможность применения указанной

методики для управления трёхмерными мнемосхемами или трёхмерной моделью КА.

3. В работе не выполнена оценка трудоёмкости реализации разработанных методик в составе существующих программно-технических комплексов информационно-телеметрического обеспечения управления полётов КА, а также трудоёмкости изучения специалистами языка анализа ТМИ.

2) Соловьев Сергей Владимирович, официальный оппонент, доктор технических наук, профессор. **Отзыв положительный**, заверен ученым секретарем ПАО «РКК «Энергия», д.ф.-м.н. О. Н. Хатунцевой.

По диссертации имеются следующие замечания.

1. В 1 главе анализ современного состояния вопроса основан на рассмотрении систем телеметрического обеспечения, используемых для управления полетом КА, находящихся в эксплуатации длительное время. Значительный интерес представляет построения подобных систем для более современных или разрабатываемых КА.

2. В 3 главе при проектировании мнемосхем определяющими факторами выбраны конфигурация и наличие необходимых телеметрических параметров, однако состояние некоторых бортовых систем КА также определяется режимом ее работы или фазой полета КА. Целесообразно в методике разработки мнемосхем это учесть, что создаст более объективную оценку состояния.

3. Для орбитальных станций характерно изменение конфигурации бортового оборудования и деградация характеристик аппаратуры в процессе эксплуатации, но в предложенных методиках анализа эта особенность не нашла отражение.

4. Сложная и многокомпонентная схема передачи медицинских показателей космонавта при осуществлении выхода подталкивает к реализации обработки непосредственно на борту орбитальной станции и передачи только результатов анализа. Однако автор не рассматривает такую возможность.

5. В работе не показана возможность применения предложенных решений для разрабатываемых и перспективных орбитальных станций и транспортных пилотируемых кораблей.

3) Самусенко Олег Евгеньевич, официальный оппонент, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. **Отзыв положительный**, заверен заместителем председателя учёного совета инженерной академии РУДН С. А. Купреевым.

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 КА на надёжность управления КА.

4) Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А. Г. Иосифьяна» (АО «Корпорация «ВНИИЭМ»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем генерального директора по научной работе, д.т.н., профессором В. Я. Гечей и д.т.н., профессором Е. В. Юркевичем.

К недостаткам диссертационной работы можно отнести:

1. В качестве примера практического использования работы рассмотрена телеметрия только с медицинскими показаниями космонавтов, хотя полученные результаты вполне применимы для решения более широкого круга задач. Данное замечание более является рекомендацией к расширению проводимых работ.

2. В работе предложены две методики интеллектуального анализа телеметрических данных с применением нейросетей, при этом не рассмотрена возможность применения других методов интеллектуального анализа, таких как кластерный анализ, вейвлет-преобразования, линейная регрессия и т. п.

5) Мытищинский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. Н. Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н. Э. Баумана), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заведующим кафедрой КЗ «Прикладная математика, информатика и вычислительная техника», д.ф.-м.н., профессором А. А. Малашиним, заверен заместителем директора по учебной работе МФ МГТУ им. Н. Э. Баумана В. А. Макуевым.

Замечания по диссертационной работе:

1. Судя по автореферату для оценки разработанного языка анализа ТМИ сформирована система показателей и критериев, однако в автореферате приводится оценка языка только по показателям унификации и длине кода. Представляет интерес оценка языка также и по другим показателям.

2. В качестве одного из преимуществ разработанного аппарата заявляется возможность создания мнемосхем, отображающих состояние сразу нескольких изделий. Не вполне понятно, какие преимущества даёт подобный подход в сравнении с индивидуальными форматами отображения для каждого КА.

6) Акционерное общество «Научно-исследовательский институт точных приборов» (АО «НИИ ТП»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела 195 В. И. Грибовым и ведущим инженером-программистом отдела 195, к.т.н. Н. Н. Бондаревым, утверждён заместителем генерального директора по науке, доктором технических наук, доктором военных наук, профессором В. Ф. Кострюковым.

Недостатки диссертационной работы:

1. В материалах автореферата достаточно полно представлена степень проработанности темы исследования. Однако не приведены достоинства и недостатки таких методов анализа ТМИ, как использование матричных методов анализа на основе таблиц решений и цифровых автоматов (например, применяемых для станций «Салют», «Мир»), а также построение анализа ТМИ на основе динамических моделей движения центра масс и относительно центра масс КА.

2. При разработке нейросетевой методики анализа ТМИ, содержащей медицинские показания космонавтов, автором не приведены данные по формированию обучающей выборки для нейросети, что является очень важным для достоверности полученных результатов в процессе обработки ЭКГ каждого космонавта.

7) Публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» (ПАО «РКК «Энергия»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем генерального конструктора по проектированию и разработке, руководителем ГКБ Р. М. Самитовым, к.ф.-м.н. А. И. Месяцем, заверен ученым секретарем ПАО «РКК «Энергия», д.ф.-м.н. О. Н. Хатунцевой.

В качестве замечания необходимо отметить:

1. В названии работы заявлена разработка языка анализа ТМИ для пилотируемых орбитальных станций, хотя примеры применения разработанного языка анализа ТМИ и методики подготовки мнемосхем приводятся в основном для автоматических космических аппаратов и ракет-носителей. Было бы целесообразно уделить больше внимания телеметрическому обеспечению пилотируемых орбитальных станций на примере орбитального комплекса «Мир» и российского сегмента МКС, более подробно рассмотреть их особенности.

2. В диссертации приведены примеры использования искусственного интеллекта (нейросетевых алгоритмов), для решения 2-х конкретных задач анализа. Следует отметить, что недостаточно раскрыты перспективы и возможности использования нейросетевых алгоритмов для решения более

сложных задач, связанных с анализом состояния систем КА в течение всего времени эксплуатации, а также использования в оценке типовых алгоритмов управления КА.

8) Акционерное общество «Научно-производственное объединение измерительной техники» (АО «НПО ИТ»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан главным специалистом, секретарем секции НТС НТЦ-3 Ф. О. Сулимовым, ученым секретарем, с.н.с., к.т.н. А. Н. Невзоровым и утверждён генеральным директором В. Ю. Артемьевым.

По автореферату имеются замечания:

1. В автореферате не указано, в каком объёме использованы методики обработки медицинской информации, используемые в других областях науки и техники, может ли разработанная методика анализа телеметрической информации, содержащей медицинские показания космонавтов, применяться за пределами ЦУП;

2. В автореферате упоминается разработанная методика интерпретации исходных данных для автоматизированного анализа ТМИ, однако отсутствует её описание, что, вероятно, вызвано ограничениями на объём автореферата. Целесообразно было бы привести хотя бы общие положения этой методики.

9) Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО «НПО Лавочкина»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан главным специалистом проекта отдела бортовых и наземных электрических комплексов средств выведения, к.т.н. Ю. В. Мозговым и начальником отдела бортовых целевых и научных комплексов, учёным секретарём НТС, к.т.н. А. Е. Шахановым, утверждён первым заместителем генерального директора – генеральным конструктором, заместителем председателя НТС, к.т.н. А. Е. Ширшаковым.

К автореферату имеются следующие замечания:

1. Утверждение автора о сокращении в 2-3 раза в сравнении с существующими комплексами времени и трудоёмкости подготовки средств информационно-телеметрического обеспечения к новым КА в части подготовки исходных данных на обработку, анализ и отображение ТМИ, требует дополнительного обоснования. Разработанный программный комплекс является более сложным, чем большинство существующих (не обеспечивающих автоматизированного анализа ТМИ в реальном масштабе времени), следовательно потребуется дополнительное время на отладку программы разработчиком (при разработке таких сложных комплексов ошибки программиста неизбежны) и на последующее тестирование этой программы профильными специалистами.

2. Предлагаемый в работе подход к обработке телеметрической информации позволяет создать программное обеспечение, реализующее транслятор и интерпретатор задач анализа, а всю прикладную логику вычислений,

требуемых при анализе ТМИ конкретных КА, задавать в виде исходных данных для подпрограмм анализа на высокоуровневом предметно-ориентированном языке. При этом, синтаксис языка основан на синтаксисе современных высокоуровневых языков программирования C++, C#, Java, знакомых большинству программистов и в основном применяющихся при разработке программ. Однако, профильные специалисты группы управления и эксперты групп анализа, осуществляющие управление космическими изделиями, как правило, не настолько владеют языками программирования, чтобы найти ошибки в тексте у программиста. Предметно-ориентированный язык высокого уровня должен существенно снижать долю участия программистов в управлении космическими изделиями, для чего этот язык должен быть инженерным, основанным на синтаксисе языка написания исходных данных по управлению и контролю космическим изделием, с использованием обозначений, используемых в конструкторской документации.

10) Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс» (АО «РКЦ «Прогресс»), отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан главным конструктором – начальником отделения по системам управления и управлению полётом КА Г. А. Сафиуллиным и утверждён первым заместителем генерального директора – генеральным конструктором, д.т.н. Р. Н. Ахметовым.

В качестве замечаний к автореферату можно отметить следующее:

1. В автореферате приведены примеры динамических мнемосхем контроля выведения транспортных пилотируемых кораблей «Союз МС» на ракетах-носителях (РН) «Союз-ФГ». Указанная РН не эксплуатируется с 2019 года. Целесообразно было бы привести примеры для используемых в настоящее время РН «Союз-2».

2. В тексте автореферата не приведена оценка сложности изучения специалистами разработанного языка анализа ТМИ, не указан требуемый уровень подготовки специалистов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим опытом разработки и создания средств анализа телеметрической информации (ТМИ) от космических аппаратов (КА), в том числе, в области, соответствующей паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

АО «Российские космические системы» является ведущей организацией ракетно-космической промышленности по созданию комплексов обработки и автоматизированного анализа ТМИ КА, телеметрических и других бортовых систем для КА, фундаментальных научных исследований, а также эксплуатации и сопровождения созданных комплексов. Заключение по диссертационной работе

обсуждено и подписано учеными, которые непосредственно занимаются вопросами, связанными с разработкой и созданием наземных комплексов управления КА, исследованиями методов анализа и визуализации ТМИ КА.

Жодзишский Александр Исаакович, советник директора проектов по созданию НАКУ КА, ИКК и информационно-телекоммуникационных систем, доктор технических наук, академик РАК им. К.Э. Циолковского, почетный изобретатель г. Москвы.

Круглов Александр Викторович, заместитель генерального директора по науке, доктор технических наук, профессор, академик РАК им. К.Э. Циолковского.

Янченко Алексей Александрович, ведущий научный сотрудник отдела создания ЦУП и НКУ КА гражданского назначения, кандидат технических наук. Разработчик программных комплексов анализа состояния и визуализации объектов РКТ по данным ТМИ. Преподает дисциплину системный анализ в аспирантуре организации. Имеет актуальные публикации по данной специальности

Соловьев Сергей Владимирович – автор более 50 работ, имеет патенты на изобретение. Под руководством С. В. Соловьева проводятся исследования по разработке методов и принципов построения интеллектуальных систем телеметрического контроля и прогнозирования состояния космических аппаратов в реальном времени и послесеансном режиме, алгоритмов извлечения знаний из ТМИ, построения цифровых моделей КА.

Самусенко Олег Евгеньевич – автор более 50 работ, имеет патенты на изобретение. О.Е. Самусенко является известным специалистом в области орбитального построения спутниковых систем, управления космическим полетом и обработки информации, методического и программного обеспечения процессов управления техническими системами.

В дискуссии приняли участие:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Сыпало Кирилл Иванович	д.т.н., чл.-корр. РАН, 2.3.1
Красильщиков Михаил Наумович	д.т.н., проф., 2.3.1
Тюменцев Юрий Владимирович	д.т.н., доц., 2.3.1
Малышев Вениамин Васильевич	д.т.н., проф., 2.5.16
Бобронников Владимир Тимофеевич	д.т.н., проф., 2.3.1
Райкунов Геннадий Геннадьевич	д.ф.-м.н., проф., 2.5.16

Диссертационный совет отмечает, что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, а **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем, могут быть сформулированы** следующим образом:

1. Лингвистическая модель языка программирования для описания алгоритмов автоматизированного анализа телеметрической информации.
2. Методика визуализации мнемосхем отображения результатов анализа ТМИ.
3. Нейросетевая методика автоматизированного анализа телеметрической информации, содержащей медицинские показания космонавтов.

Новизна полученных результатов заключается в разработке и обосновании нового методического подхода к построению систем автоматизированного анализа телеметрической информации в реальном времени, основанного на использовании специализированного предметно-ориентированного языка программирования. Сформирована система показателей и критериев оценки эффективности системы автоматизированного анализа ТМИ, использовавшаяся для синтеза ее элементов и оценки новых методических подходов. Введён новый частный показатель – степень унификации языка программирования, позволяющий оценить лёгкость изучения и применения нового языка совместно с другими языками программирования общего назначения.

Разработана модель языка анализа ТМИ, основанная на синтаксисе современных популярных языков программирования. Введён ряд синтаксических элементов, операторов и инструкций, рассчитанных на оперирование значениями телеметрических параметров. Модель исполнения подпрограмм на языке анализа ориентирована на обработку потока телеметрической информации. Показана высокая степень унификации разработанного языка, а также возможность написания компактного и эффективного кода за счёт новых специальных операций. Высокая универсальность языка позволяет разрабатывать алгоритмы анализа ТМИ не только для пилотируемых орбитальных станций, но и для автоматических КА, ракет-носителей и разгонных блоков, а также реализовывать алгоритмы искусственного интеллекта.

Предложена новая методика визуализации результатов анализа ТМИ КА на основе компьютерных методов обработки информации с применением мнемосхем визуализации результатов анализа ТМИ при помощи подпрограмм на языке анализа ТМИ, управляющих поведением фигур, составляющих мнемосхему. Подпрограмма принимает значения телеметрических параметров и сигналы времени, и на их основе видоизменяет мнемосхему, меняя свойства фигур, перемещая, вращая скрывая и показывая их, добавляя новые и удаляя старые фигуры. Такой подход позволяет создавать динамические мнемосхемы, кардинально меняющие свой внешний вид в зависимости от текущей полётной ситуации. А способность принимать в подпрограмме действия пользователя, позволяет создавать интерактивные мнемосхемы, в которых пользователь может выбирать способ представления информации. Показана высокая эффективность

создания мнемосхем с использованием предложенного подхода в сравнении с существующими комплексами.

Впервые разработана методика анализа телеметрической информации, содержащей медицинские показания космонавтов, с использованием методов искусственного интеллекта. Методика позволяет в реальном времени оценивать ТМИ, поступающую по разным каналам, выбирать поток, содержащей медицинские измерения наилучшего качества и обрабатывать единый поток. Нейросети, обученные на реальных показаниях космонавтов, обеспечивают фильтрацию сбойных значений и выявление комплексов сердечных сокращений с достоверностью, близкой к 100%.

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

Практическая значимость работы заключается в повышении оперативности полноты решения задач анализа ТМИ, обеспечивающих снижение нагрузки на специалистов группы управления, сокращается время и трудоёмкость подготовки средств информационно-телеметрического обеспечения управления полётом новых КА. Результаты диссертационной работы применимы для решения практических задач обработки и анализа ТМИ современных и перспективных автоматических и пилотируемых КА, орбитальных станций и средств их выведения на существующих информационно-телеметрических комплексах.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается следующими актами о внедрении результатов диссертации:

1. ПАО «РКК «Энергия», акт № ГК-ВС/8 от 27.01.2023 г.
2. АО «НИИ ТП», акт № 19/64 от 01.03.2023 г.
3. АО «Российские космические системы», акт № 9-АК-79 от 02.02.2023 г.
4. АО «ЦНИИмаш», акт № 08103-59 от 27.02.2023 г.

а также свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ:

1. № 2019660783 от 13.08.2019 «Программный комплекс центральной системы комплекса базовых средств телеметрического обеспечения» авторов Махалова Д. А., Небосенко С. С., Никитиной М. П., Манжурина Ф. Ф.
2. № 2021615865 от 13.04.2021 «Программа автоматизированной подготовки исходных данных» авторов Махалова Д. А., Небосенко С. С.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию в организациях, осуществляющих разработку и применение средств обработки и анализа ТМИ КА, таких как АО «ЦНИИмаш», АО «НПО Лавочкина», АО «Корпорация ВНИИЭМ», на космодромах Байконур, «Восточный», «Плесецк», в институте медико-биологических проблем (ИМБП) и центре подготовки

космонавтов (ЦПК), а также при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для Российской орбитальной станции (РОС), пилотируемого транспортного корабля (ПТК) «Орёл» и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что основные положения диссертации опираются на современный математический аппарат и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации. Соискателем разработаны и используются корректные математические модели и алгоритмы. В рамках исследования автором грамотно применены общие и специальные методы обработки информации, анализа и синтеза сложных технических систем, теории алгоритмов, теории формальных грамматик и методы искусственного интеллекта.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

1. В докладе рассмотрены космические аппараты, находящиеся в эксплуатации уже длительное время. Значительный интерес представляет построение подобных систем для более современных или разрабатываемых космических аппаратов, перспективных орбитальных станций и транспортных пилотируемых кораблей.

2. В докладе недостаточно показаны преимущества разработанного языка анализа ТМИ перед существующим, за исключением показателя унификации языка.

Соискатель Махалов Д. А. ответил на задаваемые вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Поскольку диссертационная работа выполнялась много лет, в ней преимущественно приводятся примеры по КА, находящимся в эксплуатации долгие годы. В качестве дополнительного примера, были приведены сведения о КА «Луна-25», запущенном уже после оформления диссертации. После аварийного завершения полёта в рамках государственной комиссии по определению причин его аварийного завершения при помощи разработанных средств всего за 2 недели была реализована полная обработка ТМИ. Эта обработка позволила провести углублённый анализ ТМИ и выяснить необходимые детали. Таким образом, созданные средства применимы даже для самых современных КА.

2. В качестве дополнительных показателей, по которым разработанный язык анализа ТМИ превосходит существующий, можно назвать лёгкость изучения и интегрированность в язык обработки ТМИ.

В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 21 декабря 2023 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение за **новые научно-обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для развития космической отрасли страны в части разработки прикладных элементов системного анализа, применения положений теории информации, теории формальных грамматик, методов искусственного интеллекта для решения задач автоматизированного анализа телеметрической информации космических аппаратов в реальном времени и направленных на повышение оперативности и точности проведения анализа состояния космических аппаратов присудить Махалову Дмитрию Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки), участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н., профессор
Малышев Вениамин Васильевич



Ученый секретарь диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н., доцент
Старков Александр Владимирович



«21» декабря 2023 г.

