



**ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ КОРПОРАЦИЯ  
«ЭНЕРГИЯ» ИМЕНИ С.П. КОРОЛЁВА»  
(ПАО «РКК «ЭНЕРГИЯ»)**

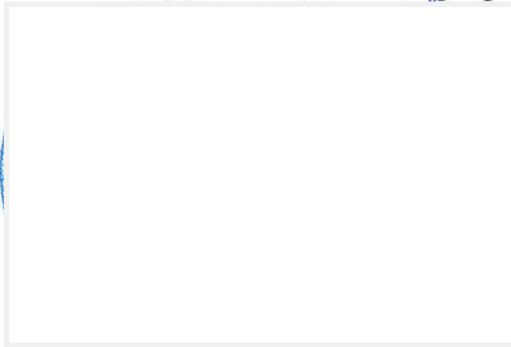
Ленина ул., д. 4А, г. Королёв, МО, 141070  
Тел. +7 (495) 513-86-55, факс +7 (495) 513-86-20  
e-mail: post@rsce.ru; http://www.energia.ru  
ОКПО 07530238; ОГРН 1025002032538  
ИНН/КПП 5018033937/997450001

\_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель генерального  
конструктора по лётной эксплуатации  
космических систем,  
член-корр. РАН, д.т.н., профессор



В.А. Соловьев

**Отзыв ведущей организации**

**Публичного Акционерного Общества «Ракетно-Космическая  
Корпорация «Энергия» имени С. П. Королёва»**

**(ПАО «РКК «Энергия»)**

**на диссертацию Космыниной Натальи Александровны**

на тему: «Языковые и инструментальные средства создания и исполнения сценариев управления космическими аппаратами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 — Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

### **1. Актуальность темы исследования**

Объектом исследования в диссертационной работе был процесс управления полётом автоматических космических аппаратов (КА). Современный КА является сочетанием сложных электронно-механических устройств, управляемых с помощью наземного и бортового комплексов управления и их программного обеспечения.

В качестве одного из методов управления автоматическими КА в настоящее время применяется командный метод управления: персонал управления в реальном времени анализирует состояние КА по данным непрерывно поступающей телеметрической информации и выдает управляющие воздействия в бортовой комплекс управления (БКУ) КА с

использованием программного обеспечения управления, обеспечивающие выполнение программы полета. Выдача управляющих воздействий в виде функциональных команд и массивов цифровой информации осуществляется в соответствии с планом полёта и процедурами управления КА. Помимо этого, программное обеспечение управления обеспечивает управление средствами наземного комплекса управления (НКУ).

Формальное описание процедур управления может осуществляться с использованием специализированных формальных языков описания полётных процедур. Программу, отражающую алгоритм, заложенный в процедуру управления, в рассматриваемой диссертационной работе называют сценарием управления. В настоящее время языки описания полётных процедур для управления полётом КА подвержены ряду ограничений, связанных с ориентированностью на управление КА предприятия-разработчика и с недостатком функциональности используемых языков.

Помимо этого, как правило, сценарии управления формируются специалистами по управлению полётом КА вручную, на основании информации из эксплуатационной документации по управлению КА. Этот процесс является достаточно трудоемким, кроме того, на корректность полученных сценариев управления существенно влияет человек-оператор.

В связи с изложенным, разработка новых специализированных языков программирования, подходящих для описания процедур управления КА, а также вычислительных платформ, на которых могут быть реализованы системы создания и исполнения сценариев управления на указанных языках, представляет научную и практическую значимость, а тема диссертационной работы Космыниной Н.А. является актуальной.

## **2. Основные результаты работы**

В диссертационной работе Космыниной Н.А. поставлена цель повысить эффективность управления полётом КА, для чего предложено решить следующие задачи:

- провести анализ специфики командного метода управления КА;
- сформировать требования, определяемые предметной областью, к языковой и инструментальной поддержке командного метода управления КА;
- создать языковые и инструментальные средства, обеспечивающие повышение эффективности процесса подготовки сценариев управления КА.

В процессе выполнения диссертационного исследования автором были рассмотрены современные предметно-ориентированные языки управления полётом КА, применяемые в практике космических полётов в России и за рубежом. Собран большой объем информации о средствах формального описания процессов управления полётом КА различного назначения, созданных космической промышленностью России, США, Европы и Японии. Рассмотрены основные подходы к применению языковых средств автоматизации управления полётом КА (глава 1).

Автор выполнил анализ командного метода управления полётом КА в качестве предметной области, модель которой положена в основу предложенного модернизированного командного метода управления полётом, сформулировал требования к разрабатываемому предметно-ориентированному языку командного управления (глава 2).

На основе проведенного анализа была выполнена разработка спецификаций нового предметно-ориентированного языка управления полётом КА «Дельта» с использованием терминологии предметной области в качестве элементов синтаксиса языка (глава 3). Синтаксические спецификации в нотации расширенных форм Бэкуса-Наура (РБНФ) приведены в приложении 1. Описана разработка инструментальных программных средств создания и исполнения сценариев управления полётом КА написанных на языке «Дельта» (глава 4). Разработанные программные средства обеспечивают совместимость с разработанным и нашедшем применение ранее языком ЯОТР.

### **3. Научная значимость**

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов состоит в том, что:

1. Модернизирована модель объекта исследования – процесса управления полётом автоматического КА. Предложенная модель позволяет, в отличие от используемых моделей процесса в существующих средствах управления автоматическими КА:
  - объединять понятия, относящиеся к выдаче команд и анализу телеметрической информации в реальном масштабе времени, текущей и/или находящейся в архиве;
  - учитывать ранее не рассматриваемые объекты предметной области.
2. Создан новый специализированный предметно-ориентированный язык программирования, базирующийся на предложенной модели процесса управления полётом КА. В отличие от существующих аналогов, этот язык является универсальным, не ориентированным на конкретный тип или производителя КА.
3. Созданы новые алгоритм и технология автоматизированного формирования сценариев управления на основе данных, содержащихся в эксплуатационной документации по управлению КА.

#### **4. Практическая значимость**

В диссертационной работе Космыниной Н.А. получен следующий практический результат: разработан комплекс нового программного обеспечения для решения следующих задач:

- автоматизированная разработка сценариев управления, обеспечивающая сокращение сроков создания и повышение качества сценариев управления КА, в сравнении с ранее использованным программным обеспечением;
- исполнение сценариев управления как в автоматическом режиме в реальном времени, так и в ручном режиме.

В состав программного комплекса, входят следующие компоненты:

- программное обеспечение анализа эксплуатационной документации и автоматизированного создания сценариев управления;
- программное обеспечение редактирования сценариев управления;
- библиотека шаблонов сценариев управления;

- интерпретатор, обеспечивающий исполнение сценариев управления в автоматизированном и ручном режимах в реальном времени сеанса связи с КА;

Практическая значимость полученных результатов для космической отрасли заключается в следующем:

- возможности применения разработанного автором предметно-ориентированного языка «Дельта» для решения задач управления полётом различными автоматическими КА научного и социально-экономического назначения;
- созданные алгоритм и программное обеспечение автоматизированного создания специальных программ (сценариев управления КА) методом программного анализа эксплуатационной документации по управлению полётом КА могут найти применения в различных областях автоматизированного управления техническими системами.

Применение результатов диссертационного исследования позволит сократить сроки создания специализированных компьютерных программ (сценариев управления автоматическими КА) и могут быть использованы для решения задач командного управления полётом существующими и перспективными автоматическими КА научного и социально-экономического назначения, создаваемыми в таких организациях, как АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва», АО «НПО Лавочкина» и другие предприятия Госкорпорации Роскосмос.

## **5. Достоверность работы**

Достоверность работы подтверждается применением разработанного вычислительного комплекса в составе программного обеспечения управления КА в Акционерном Обществе «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва». Результаты работы обсуждались и получили положительные отзывы на научных семинарах и конференциях:

- XIX Научно-практическая конференция на тему «Научно-практические аспекты совершенствования управления КА и информационного обеспечения запусков КА», г. Краснознаменск, 2009г.;

- Научно-техническая конференция молодых специалистов АО ИСС «Разработка, производство, испытания и эксплуатация космических аппаратов и систем», г. Железногорск, 2011г.;
- V Общероссийская молодежная научно-техническая конференция «Молодежь. Техника. Космос», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д. Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, 2013г.;
- III Научно-техническая конференция молодых специалистов АО «ИСС», Железногорск, 2014г.;
- Международная научная конференция «Решетневские чтения», ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск, 2015.
- IX ежегодная научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов, Центр управления полетами ФГУП ЦНИИмаш, г. Королев, 2019 г.

## **6. Полнота опубликования результатов работы**

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 14 работах, в том числе в 3 ведущих рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Содержание публикаций свидетельствует о глубине и системности проведенного исследования. Тематика публикаций показывает личный вклад автора в решение сформулированной научной задачи и достижение цели диссертационного исследования.

## **7. Замечания по диссертации**

По тексту диссертации и автореферата имеются следующие замечания.

1. Приведенный в главе 1 анализ языковых средств для решения задач по управлению полётом КА очень краток. Отсутствует общий результирующий вывод.
2. Из текста диссертации не понятно, предусмотрена ли в разработанных программных средствах и методах их применения возможность оперативной модификации сценариев управления или перехода к ручному управлению последовательностью выполнения операторов сценария.

3. Из текста диссертации не ясно, как обеспечивает разработанный язык «Дельта» создание сценариев управления спутниковой группировкой, а не только отдельным спутником.

Указанные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

## **8. Общее заключение по диссертационной работе**

Диссертационная работа Космыниной Н.А. на тему «Языковые и инструментальные средства создания и исполнения сценариев управления космическими аппаратами» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, посвящённую решению актуальной научно-технической задачи. Работа соответствует критериям, сформулированным в п.п. 9, 10, 11, 13 «Положения о присуждении ученых степеней», в том числе:

- содержит решение и разработку научно-технической задачи;
- написана автором самостоятельно, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые на защиту;
- в работе приведены сведения о практическом использовании научных результатов.

Автореферат и опубликованные автором работы отражают основное содержание диссертации. Диссертация и автореферат написаны грамотно, стиль изложения соответствует требованиям, предъявляемым к работам такого рода.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей. В работе рассмотрены вопросы организации и управления обработкой данных, разработки языков программирования, создания математического обеспечения – программных средств автоматизации разработки программного обеспечения и связи человека с ЭВМ.

### **Вывод:**

Работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК МинОбрНауки РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Космынина Наталья Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Диссертация обсуждена, отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции №12 Научно-технического совета ПАО «РКК «Энергия» 23 января 2020 года, протокол № 2 от 23.01.2020.

Руководитель Центра

Дмитрий Алексеевич Калашников

Начальник отделения

Виктор Владимирович Власенко

Начальник отдела, к.т.н.

Андрей Александрович Коваленко

Подписи

В.А. Соловьева, Д.А. Калашникова, В.В. Власенко, А.А. Коваленко заверяю

Ученый секретарь ПАО «РКК «Энергия»,  
к.ф.м.н.

О.Н. Хатунцева

*Отзыв поступил в  
совет 11.02.2020*

*С отзывом ознакомлена  
11.02.2020*