



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Балтийский государственный технический  
университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

Санкт-Петербург, 190005, 1-я Красноармейская ул., д. 1  
Тел.: (812) 316-2394, Факс: (812) 490-0591  
E-mail: komdep@bstu.spb.su. www.voenmeh.ru  
ИНН 7809003047

09.01.2020 № 3/1

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»

учной работе и  
му развитию

С.А. Матвеев  
ря 2020 года

**О Т З Ы В**

ведущей организации на диссертационную работу

**Степанова Павла Алексеевича**

**«Модели, алгоритмы и программные средства определения визуальных языков  
на основе вычислительных моделей»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.13.11 – Математическое обеспечение вычислительных  
машин, комплексов и компьютерных сетей

**I. Актуальность**

Одной из ключевых проблем при создании средств ракетно-космической техники (РКТ) является невозможность или крайняя сложность ее обслуживания. В большинстве случаев при выходе такой техники из строя ее ремонт и продолжение

эксплуатации становятся невозможными, что приводит к исключительной важности обеспечения ее качества на этапе проектирования и производства.

Вышеприведенная задача решается многими способами, в частности, моделированием работы средств РКТ, а также на основе контроля его технического состояния (ТС) в режиме эксплуатации. Для того, чтобы инженеры, проводящие такое моделирование и контроль, получали информацию наиболее наглядным способом, удобно использовать разнообразные способы визуализации, в частности, отображать состояние моделируемого либо оцениваемого объекта на мнемосхемах. Используя мнемосхемы, оператор может быстро определить, в каком узле или агрегате объекта возникает нештатная ситуация, а используя декомпозицию определить точное место ее возникновения.

Указанный подход порождает новую задачу – разработку средств визуализации технического состояния сложных технических объектов (СТО). Для того, чтобы разработать такое средство, требуются совместные усилия двух специалистов – эксперта предметной области и программиста, что, естественно, увеличивает стоимость и сроки разработки такого средства. Представляется целесообразным объединить средства разработки, как модели сложного технического объекта, так и программного обеспечения, обеспечивающего визуализацию его состояния, таким образом, чтобы эксперты предметной области могли делать это самостоятельно, не привлекая программистов, что приводит к необходимости создания метода визуализации на основе существующих моделей описания функционирования сложных технических объектов.

Всесторонний и углубленный анализ современного состояния исследований по данной тематике, проведенный соискателем в диссертации показал, что все ранее известные подходы к формальному описанию визуализации не могут, в полной мере, быть использованы при описании функционирования СТО, так как либо недостаточно выразительны, либо сложны и требуют специальной математической подготовки.

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что тема диссертационной работы Степанова П.А., посвященная снижению временных и стоимостных затрат при разработке средств визуализации технического состояния сложных технических объектов путем объединения модели функционирования и визуального представления СТО в единую модель, является, несомненно, актуальной и имеет



важное значение, т.к. непосредственно связана с выполнением задачи сокращения длительности опытно-конструкторских работ Федеральной космической программы 2016-1025.

## **2. Научная новизна и основные результаты исследований**

Научная новизна диссертации заключается в разработке единой модели, описывающей как функционирование СТО, так и правила его визуального представления пользователю. За основу подхода взята широко применяющаяся для описания функционирования объектов и систем вычислительная модель Тыугу, которая была расширена визуальной составляющей. При этом для нее были разработаны дополнительные алгоритмы и показана применимость к визуализации некоторых систем РКТ. В рамках данного подхода, в отличие от известных подходов, для визуализации используется модель, хорошо известная экспертам предметной области, что позволяет им не обращаться за услугами программистов при разработке новых программных средств визуализации, а выполнять эту задачу самостоятельно.

Новыми научными положениями, формирующими и конкретизирующими указанный подход, являются следующие положения:

- 1) Расширенная вычислительная модель визуального языка для поддержки человеко-машинных интерфейсов, полученная путем модификации существующей вычислительной модели Тыугу и добавлением в нее средств поддержки визуализации. При этом, в отличие от оригинальной вычислительной модели, рассматриваются понятия визуальных элементов и их атрибутов, а также иерархии объектов, которыми оперирует пользователь.
- 2) Алгоритмы расчета вычислительной модели визуального языка и приведения ее к стационарному виду, необходимые для исключения нестационарности (недетерминизма) вычислительной модели. Модель, предложенная Э.Х.Тыугу нестационарна и может быть рассчитана различными способами, при этом не гарантируется, что конечный результат всегда будет одинаков. При использовании предложенных алгоритмов обеспечивается единственность результата вычисления модели.

- 3) Метод трансляции диаграмм, заданных в вычислительной модели визуального языка, в программы на других языках. Необходимость создания этого метода проистекает из необходимости строить отчеты по вычислительной модели визуального языка или автоматически преобразовывать одни модели в другие, а также получать по моделям тексты на формальных языках программирования.
- 4) Метод построения визуальных интерфейсов диаграмм, заданных в вычислительной модели визуального языка, позволяющий, в частности, построение диалогов с пользователем и сопряжение с телеметрической информацией о состоянии контролируемых объектов. Необходимость разработки этого метода следует из задачи описания оконных интерфейсов пользователя вычислительной моделью визуального языка и задачи сопряжения визуального представления с внешними источниками данных. Важным отличием этого метода от других является то, что сопряжение с внешними источниками данных, равно как и с оконным интерфейсом, не требует написания программного кода, а может быть реализовано на основе применения функции, изменяющей некоторые атрибуты модели.

### **3. Теоретическая и практическая значимость результатов исследований**

Теоретическая значимость полученных в диссертационной работе результатов заключается в получении единой математической модели описания функционирования и графического представления СТО. При этом пользователю предоставлена возможность выполнять проверку корректности между различными представлениями объекта в рамках одной предметной области, а также выполнять преобразование одних представлений в другие.

Практическая ценность полученных результатов состоит во внедрении в модель СТО правил ее визуализации, что приводит к возможности ее использования не профессиональными программистами, а экспертами в области контроля качества и эксплуатации СТО. За счет этого стоимость разработки ПО автоматизированных систем оценки качества СТО снижается на 20-30%, а время разработки на 10-15%.

Практическая значимость полученных результатов подтверждается актами реализации в АО "РКЦ Прогресс", в АО "СКБ Орион" (при проектировании ПО



автоматизированной системы управления подготовки к пуску ракеты-носителя Союз-2) и в Санкт-Петербургском Государственном университете аэрокосмического приборостроения (при обучении бакалавров по специальности 09.03.04 “Программная инженерия” дисциплинам “Технологии разработки серверных информационных систем”, “Управление качеством программного обеспечения” и “Экспертные системы”).

#### **4. Достоверность и обоснованность основных результатов исследований**

Основные положения, выводы и рекомендации, полученные в диссертационной работе Степанова П.А., достаточно обоснованы и аргументированы. Сформулированная в диссертации задача была исследована и решена на основе корректного использования теории искусственного интеллекта, теории множеств, теории графов, теории категорий, теории алгебраических графовых трансформаций и теории формальных языков, а также математической логики.

Достоверность основных выводов и результатов диссертационной работы подтверждаются:

- сравнительным анализом предшествующих научных разработок по исследуемой проблематике;
- корректностью предложенных математических методов, моделей, алгоритмов и апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах, докладах на международных конференциях;
- согласованностью результатов, полученных с использованием положений, изложенных в диссертации, с данными, полученными в результате экспертного опроса специалистов, непосредственно участвующих в процессах контроля ТС РКТ;
- положительными результатами внедрения основных научных положений диссертации в различных предметных областях.

-

#### **5. Апробация и публикации**

Основные положения и результаты диссертационных исследований опубликованы в 18 печатных работах, в том числе 1 статье в издании, индексируемом Scopus/WoS, 6 статьях в рецензируемых научных изданиях, входящих в Перечень

Высшей Аттестационной комиссии, текстах 9 докладов на всероссийских и ведомственных научно-технических конференциях и семинарах, 3 свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 9 научных конференциях, в том числе пяти международных.

Диссертационная работа в целом имеет законченный характер, достаточно подробно проиллюстрирована. Автореферат диссертации в целом отражает ее содержание.

Тема диссертации соответствует профилю специальности 05.13.11 – «Математическое обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

## **6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Разработанные соискателем в рамках диссертационного исследования модели и алгоритмы рекомендуются к практическому применению при решении задач разработки средств визуализации технического состояния сложных технических объектов, в частности, в ракетно-космической отрасли. Решение поставленных в диссертационной работе научных и прикладных задач позволит существенно сократить трудоемкость разработки и модификации программно-технических средств визуального контроля технического состояния средств ракетно-космической техники на этапах ее разработки и сопровождения. Поэтому целесообразно применять результаты диссертационного исследования в организациях, связанных с проектированием, производством и эксплуатацией ракет космического назначения, разгонных блоков и космических аппаратов. В качестве таких организаций можно отметить такие подразделения ГК «Роскосмос», выполняющие задачи по разработке, комплексным испытаниям, а также опытной и штатной эксплуатации указанных средств ракетно-космической техники, как АО «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М.В.Фрунзе» (г. Санкт-Петербург), АО «Ракетно-космический центр «Прогресс» (г. Самара), АО «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева» (г. Москва), ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» (г. Королев).



Полученные в рамках диссертационной работы теоретические результаты имеют важное значение для учебно-педагогической деятельности и могут быть использованы при обучении дисциплинам «Управление качеством» и «Экспертные системы» в высших учебных заведениях РФ.

## **7. Замечания**

1. В диссертации, особенно при проведении системного анализа текущих подходов к формализации визуальных представлений, в основном используется иностранная литература. Из 274 источников литературы русскоязычных только 58.

2. Элементы, из которых предлагается строить визуальное представление СТО, слишком мелкие; их применение приводит к созданию большого количества правил визуализации, не несущих важной смысловой нагрузки. Хотя понятие объекта поддерживается, более крупные визуальные объекты не приводятся, отсутствуют объектно-ориентированные возможности (наследование, полиморфизм объектов).

3. Подход к отображению визуальных объектов, предложенный в диссертации, в части отображения текста нарушает рекомендуемый при разработке интерфейсов шаблон Model-View-Controller, так как для измерения размеров текста требуется контекст графического устройства и, следовательно, модель не может быть рассчитана, если неизвестно, где она именно будет изображена.

4. Непонятно, почему для демонстрации подхода к контролю ТС РКТ выбрана именно подсистема тракта наддува топливных баков.

Перечисленные замечания в целом не влияют на общий положительный вывод о качестве представленной к защите диссертации.

## **8. Вывод**

Диссертационная работа Степанова П. А. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему, обладает научной новизной и практической значимостью полученных результатов.

Степановым П.А. в диссертации сформулирована и решена важная научно-техническая задача определения универсального графического редактора диаграмм, использующего единую математическую модель для описания предметной области и правил визуализации. За счет решения этой задачи достигается снижение стоимости и уменьшение срока разработки специального программного обеспечения для контроля технического состояния ракетно-космической техники.

Диссертационная работа отвечает требованиям “Положения о порядке присуждения ученых степеней” (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842), а ее автор, Степанов Павел Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры А5 «Процессов управления»  
«25» декабря 2019 г., протокол № А5- 12/19 .

Заведующий кафедрой «Процессов управления» Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМех» им. Д.Ф.Устинова, Заслуженный работник высшей школы РФ, член-корреспондент Российской академии ракетных и артиллерийских наук, доктор технических наук, профессор

О.А. Толпегин

Сведения о составителе отзыва:

ФИО: Толпегин Олег Александрович

уч. степень, уч. звание: д.т.н., профессор

Адрес: 190005, Санкт-Петербург, Красноармейская ул., д.1

Тел: (812) 316-2394

e-mail: komdep@bstu.spb.su