



Санкт-Петербург

№ \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ГУАП

(подпись)

«09 октября» 2019 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения» (ГУАП)

Диссертация «Модели, алгоритмы и программные средства  
определения визуальных языков на основе вычислительных моделей»  
выполнена в федеральном государственном автономном образовательном  
учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный  
университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП) на кафедре  
компьютерных технологий и программной инженерии (№43).

В период подготовки диссертации соискатель Степанов Павел Алексеевич являлся с 2001 по 2004 год аспирантом кафедры компьютерных технологий и программной инженерии, с декабря 2004 года и по ноябрь 2014 года работал в должности ассистента кафедры компьютерных технологий и программной инженерии (№43). В декабре 2014 года избран на должность старшего преподавателя кафедры компьютерных технологий и программной инженерии (№43).

В 2001 году Степанов Павел Алексеевич окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования “Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения” (ГУАП) по специальности информатика и вычислительная техника.

Документы (справка о сдаче кандидатских экзаменов по иностранному языку и истории и философии науки, а также удостоверение о сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине) выданы в 2019 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования “Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения” (ГУАП).

Научный руководитель – проф. д.т.н. заведующий кафедрой компьютерных технологий и программной инженерии (№43) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования “Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения” (ГУАП) Охтилев Михаил Юрьевич.

По итогам обсуждения диссертации “Модели, алгоритмы и программные средства определения визуальных языков на основе вычислительных моделей” принято следующее заключение:

### **1. Оценка выполненной соискателем работы**

По докладу Степанова П.А. было задано 8 вопросов, на которые были получены исчерпывающие аргументированные ответы. Присутствовало 17 человек. В обсуждении диссертационной работы принимали участие

- 1) Охтилев Михаил Юрьевич, заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор;
- 2) Гвоздик Михаил Иванович, профессор, кандидат технических наук;
- 3) Гордеев Александр Владимирович, профессор, доктор технических наук;
- 4) Сеньченков Валентин Иванович, профессор, доктор технических наук;
- 5) Скобцов Юрий Александрович, профессор, доктор технических наук;
- 6) Колесникова Светлана Ивановна, профессор, доктор технических наук, доцент;
- 7) Копкин Евгений Вениаминович, профессор, доктор технических наук, доцент;
- 8) Богданов Дмитрий Валерьевич, доцент, кандидат технических наук;
- 9) Ключарев Александр Анатольевич, доцент, кандидат технических наук;
- 10) Коромысличенко Владислав Николаевич, доцент, кандидат технических наук;
- 11) Матяш Валерий Анатольевич, доцент, кандидат технических наук;
- 12) Николаев Дмитрий Андреевич, старший преподаватель, кандидат технических наук;
- 13) Попов Алексей Анатольевич, доцент, кандидат технических наук;
- 14) Туманова Алена Валерьевна, доцент, кандидат технических наук;
- 15) Фаттахова Мария Владимировна, доцент, кандидат физико-математических наук;
- 16) Фомин Александр Владимирович, доцент, кандидат технических наук;

17) Щекин Сергей Валерьевич, доцент, кандидат технических наук.

Кафедра компьютерных технологий и программной инженерии отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- 1) Предложены расширения вычислительной модели для поддержки человеко-машинных интерфейсов;
- 2) Разработаны алгоритмы расчета вычислительной модели визуального языка и приведения ее к стационарному виду;
- 3) Разработан метод трансляции диаграмм, заданных в вычислительной модели визуального языка, в программы на других языках;
- 4) Разработан метод построения визуальных интерфейсов диаграмм, заданных в вычислительной модели визуального языка, позволяющий, в частности, построение диалогов с пользователем и сопряжение с телеметрической информацией.

Во всех выступлениях была дана положительная оценка диссертационной работы, отмечены актуальность темы проведенного исследования, обоснованность и достоверность научных положений и выводов, новизна и практическая значимость полученных результатов.

Выступлений с отрицательной оценкой не было.

## **2. Актуальность работы**

В настоящее время космическая промышленность интенсивно развивается. В виду специфики производимого продукта его техническое обслуживание затруднено или невозможно, поэтому процесс обеспечения качества ракетно-космических систем выходит на первый план.

Одной из важнейших задач при этом является анализ соответствия поведения узлов и агрегатов ракетно-космической техники путем сравнения с их математическими моделями. Такой анализ осуществляется путем сравнения значений, полученных от системы телеметрии, с расчетными, при этом

результат сравнения удобно отображать на специализированных диаграммах – мнемосхемах.

Разработка таких мнемосхем является отдельной задачей, являющейся вариантом задачи разработки специализированного редактора диаграмм. Указанная задача может быть решена путем программирования, однако содержать штат программистов для разработки мнемосхем неудобно, так как, фактически, требуются специалисты двух разных профилей – в предметной области (контроля качества ракетно-космической техники) и в области программирования. Поэтому неоднократно предпринимались попытки создания описаний редакторов диаграмм, на основе которых было бы автоматически генерировать редакторы диаграмм. Все эти подходы отличает либо существенная сложность для конечного пользователя, либо недостаточные возможности по анализу синтаксиса и семантики.

Решение поставленной Степановым П.А. задача объединения описания эталонного функционирования оцениваемого объекта и его визуального описания позволило бы отказаться от традиционного программирования при разработке мнемосхем, при этом не потребовалось бы обучение или найм нового персонала. В связи с этим поставленная задача является очень актуальной, а ее решение имеет важное прикладное значение.

### **3. Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации**

За время учебы в аспирантуре и работы на кафедре компьютерных технологий и программной инженерии Степанов П.А. проявил себя как квалифицированный специалист, способный самостоятельно ставить и решать исследовательские задачи. Личным вкладом является получение следующих результатов, изложенных в диссертации:

- 1) Расширения вычислительной модели для поддержки человеко-машинных интерфейсов (“вычислительная модель визуального языка”);

- 2) Алгоритмы расчета вычислительной модели визуального языка и приведения ее к стационарному виду;
- 3) Метод трансляции диаграмм, заданных в вычислительной модели визуального языка, в программы на других языках;
- 4) Метод построения визуальных интерфейсов диаграмм, заданных в вычислительной модели визуального языка, позволяющий, в частности, построение диалогов с пользователем и сопряжение с телеметрической информацией.

#### **4. Обоснованность научных положений и степень достоверности результатов**

Обоснованность и достоверность сформулированных научных положений, основных выводов и результатов обеспечивается за счет анализа состояния исследований в данной области, согласованности теоретических выводов с результатами экспериментальной проверки разработанных алгоритмов в ходе испытаний и штатной эксплуатации семейства ракет-носителей типа «Союз-2».

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 9 научных конференциях, в том числе пяти международных.

#### **5. Основные научные результаты, полученные в диссертационной работе**

1. расширения вычислительной модели для поддержки человеко-машинных интерфейсов (“вычислительная модель визуального языка”);
2. алгоритмы расчета вычислительной модели визуального языка и приведения ее к стационарному виду;
3. метод трансляции диаграмм, заданных в вычислительной модели визуального языка, в программы на других языках;

4. метод построения визуальных интерфейсов диаграмм, заданных в вычислительной модели визуального языка, позволяющий, в частности, построение диалогов с пользователем и сопряжение с телеметрической информацией.

#### **6. Степень новизны полученных результатов**

1. разработан подход к созданию редакторов диаграмм, используемых в задачах разработки и контроля технического состояния сложных технических объектов, основанный на описании визуального языка пользователем, отличающийся от аналогичных подходов тем, что объединяет описание предметной области и описание визуализации в единую математическую модель;
2. разработаны модели и алгоритмы, обеспечивающие поддержку синтаксиса и семантики визуальных языков, доступные широкому кругу лиц, отличающиеся тем, что за основу описания синтаксиса визуального языка взята вычислительная модель Тыугу;
3. разработан программный комплекс - универсальный редактор диаграмм, для работы с вышеописанными моделями и алгоритмами, отличающийся использованием для описания синтаксиса визуального языка вычислительных моделей;
4. для языка диаграмм “сущность-связь” разработано описание синтаксиса, отличающееся тем, что за основу описания взята вычислительная модель, и продемонстрирована возможность создания диаграмм и их трансляции в сценарии создания схем баз данных, а также для мнемосхемы тракта наддува топливных баков ракеты “Союз-2”, разработано описание, отличающееся тем, что за основу описания взята вычислительная модель, и продемонстрирована возможность использования полученной мнемосхемы при контроле технического состояния системы.

#### **7. Теоретическая и практическая значимость полученных результатов**

Теоретическая значимость полученных в диссертационной работе результатов заключается в получении единой математической модели описания функционирования и графического представления сложного технического объекта, при наличии возможности определения правил визуализации и преобразования в различные артефакты.

Практическая значимость результатов состоит в возможности соединения в одной модели представления ее функционирования и правил ее визуализации, что приводит к доступности ее использования экспертами в области контроля качества и эксплуатации сложных технических объектов, не являющимися профессиональными программистами. За счет этого существенно снижена стоимость и время разработки ПО автоматизированных систем оценки качества СТО (на 20-30%, и 10-15% соответственно).

## **8. Внедрение результатов работы**

Основные теоретические положения и практические результаты работы были использованы при выполнении работ по гранту РФФИ 00-07-90344 “Разработка метамоделей, методов, инструментальных средств и технологии конвертации проектов информационных систем, созданных в соответствии с различными методологиями в различных CASE-системах”, при проектировании ПО автоматизированной системы управления подготовки к пуску ракеты-носителя “Союз-2” в АО “РКЦ Прогресс”, АО “СКБ Орион”, а также в учебном процессе в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования “Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения” (ГУАП) при подготовке бакалавров по специальности 09.03.04 “Программная инженерия”. Основные результаты диссертационного исследования используются при изучении дисциплин “Технологии разработки серверных информационных систем”, “Управление качеством программного обеспечения” и “Экспертные системы”.



## **9. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем**

Основные положения и результаты диссертационных исследований опубликованы в необходимой полноте в 18 печатных работах, в том числе 1 статье в издании, индексируемом Scopus/WoS, 6 статьях в изданиях, рецензируемых Высшей Аттестационной комиссией, текстах 9 докладов на всероссийских и ведомственных научно-технических конференциях и семинарах, 3 свидетельствах о государственной регистрации программного обеспечения. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 9 научных конференциях, в том числе пяти международных.

### **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**В рецензируемых журналах из списка ВАК и изданиях, приравненных к ним:**

1. Степанов, П.А. Вычислительная модель визуального языка / П. А. Степанов, М. Ю. Охтилев // Изв. вузов. Приборостроение. 2006. - Т. 49, № 11. - С. 28—32.
2. Степанов, П. А. Применение вычислительных моделей для создания редактора диаграмм / П. А. Степанов, М. Ю. Охтилев // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. - Т. 59, № 5(28). - С. 939—942. DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-11-939-943.
3. Степанов, П.А. Применение вычислительной модели визуального языка к задачам визуального контроля технического состояния ракетно-космической техники / П. А. Степанов //Авиакосмическое приборостроение. 2017. - №5. - С. 28-32.
4. Степанов, П.А. Визуализация состояния сложных технических объектов с помощью вычислительных моделей / П. А. Степанов, М. Ю. Охтилев, Б.В.Соколов // Информационно-управляющие системы. 2017. № 6. С. 132—135. doi:10.15217/issn1684-8853.2017.6.132.

5. Степанов, П.А. Использование вычислительных моделей для оценки и отображения технического состояния дорожной архитектуры / П. А. Степанов // Автоматизация в промышленности. 2018. - № 4. - С. 29–32.
6. Степанов, П.А. Применение вычислительных моделей при обнаружении источников отказов в облачных инфраструктурах / П. А. Степанов // Информатизация и связь. 2019. - № 3. - С. 108–111.

**В других изданиях:**

1. Степанов, П.А. Создание универсального репозитория для хранения диаграмм, используемых CASE – средствами / П.А. Степанов, В.В. Фильчаков // Шестая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов “Радиотехника, электроника и энергетика”: тезисы конференции // МЭИ. - Москва, 2000. - том 1. - С. 302.
2. Степанов, П.А. Методы построения универсального репозитория для хранения диаграмм, используемых CASE – средствами / П.А. Степанов // Тезисы докладов 8й международной студенческой школы-семинара “Новые информационные технологии”/ МГИЭМ. – Москва, 2000 - С. 303.
3. Степанов, П.А. Подходы к созданию универсального репозитория, используемого CASE – средствами / П.А. Степанов // 3я научная сессия аспирантов ГУАП: тезисы докладов. - ГУАП. - Санкт-Петербург, 2000. - С.161.
4. Степанов, П.А. Описание диаграммного языка и разработка генератора диаграммеров на основе универсального репозитория / П.А. Степанов, А.В. Бржезовский // Тезисы докладов пятой Санкт-Петербургской Ассамблеи молодых учёных и специалистов. - СПбГУ. – Санкт-Петербург, 2000. - С.45.
5. Степанов, П.А. Описание семантики диаграмм на основе отношений между данными графических объектов / П.А. Степанов, А.В. Бржезовский //Седьмая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов “Радиотехника, электроника и энергетика”. - МЭИ. – Москва, 2000. - Том 1. - С. 271.

6. Степанов, П. А., Исследование применимости вычислительных моделей для создания редактора диаграмм на примере ER-модели / П.А. Степанов // 19я научная сессия ГУАП. - ГУАП. - Санкт-Петербург, 2016. - С.263-269.
7. Степанов, П.А. Эффективная разработка мнемосхем при контроле технического состояния ракетно-космической техники / П.А. Степанов, М.Ю. Охтилев // Труды конференции 19я международная конференция Проблемы управления и моделирования в сложных системах. – ИПУСС РАН. –Самара, 2017 - С.224-229.
8. Степанов, П.А. Построение визуальных средств анализа телеметрической информации при оценивании технического состояния космических средств с использованием вычислительных моделей // Труды Восьмой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2017) (г. Санкт-Петербург, 18-20 октября 2017 г.). - СПб.: Изд-во ВВМ, 2017. - С. 294-298.

#### **Свидетельства о регистрации кода:**

1. Свидетельство о государственной регистрации кода № 2017615060 “Анализатор и интерпретатор математических соотношений, заданных в вычислительной модели визуального языка”.
2. Свидетельство о государственной регистрации кода № 2017617893 “Программа построения графа зависимостей переменных для вычислительной модели визуального языка”.
3. Свидетельство о государственной регистрации кода № 2017617879 “Программа управления внутренней архитектурой вычислительной модели визуального языка”.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842.

Заслушав доклад Степанова П.А об основных положениях выполненной диссертации, рассмотрев и обсудив диссертацию, представляемую автором на защиту, кафедра “Компьютерных технологий и программной инженерии” №43 федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования “Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения” (ГУАП) постановила:

- 1) диссертация Степанова П.А. “Модели, алгоритмы и программные средства определения визуальных языков на основе вычислительных моделей” соответствует специальности 05.13.11 “Математическое обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей”.
- 2) диссертация Степанова П.А. “Модели, алгоритмы и программные средства определения визуальных языков на основе вычислительных моделей” рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Заключение принято на заседании кафедры компьютерных технологий и программной инженерии (№43).

Присутствовало на заседании 17 чел. Результаты голосования: «за» – 17 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 02/2019-20 от « 02 » октября 2019 г.

Ключарев А.А., к.т.н., доцент,  
кафедра компьютерных технологий и  
программной инженерии

Матьш В.А. к.т.н., доцент,  
проректор по учебной деятельности