

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.404.05, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от **12.05.2022** г. № **4**

О присуждении Ушаковой Марии Сергеевне, гражданке Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы и инструментальные средства формальной верификации функционально-поточковых параллельных программ» по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей принята к защите 02.03.2022 г. (протокол № 4.2) диссертационным советом 24.2.404.05, созданным на базе ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 660041, пр. Свободный, 79, г. Красноярск. Приказ о создании диссертационного совета 24.2.404.05 № 1024/нк от 23.10.2017 г.

Соискатель Ушакова Мария, 18 мая 1983 года рождения, в 2018 году соискатель окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», работает ассистентом кафедры «Вычислительная техника» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Вычислительная техника» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Легалов Александр Иванович, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский

университет «Высшая школа экономики», факультет компьютерных наук, департамент программной инженерии, профессор.

Официальные оппоненты: Водяхо Александр Иванович, доктор технических наук, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра вычислительной техники, профессор; Феоктистов Александр Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБУН Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, лаборатория параллельных и распределенных вычислительных систем, заведующий лабораторией – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБУН Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, г. Новосибирск, в своем положительном заключении, подписанном Шелеховым Владимиром Ивановичем, кандидатом технических наук, заведующим лабораторией системного программирования, указала, что диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на хорошем научном уровне. Она удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней».

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 23 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Общий объем опубликованных соискателем трудов по теме диссертации составляет 13,8 печатных листов. В публикациях отражены основные научные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. В публикациях, включенных в список основных по теме диссертации и подготовленных в соавторстве с научным руководителем, вклад соискателя составляет не менее 80%.

Наиболее значительные работы:

1. Kropacheva M.S. (Ushakova), Legalov A.I. Formal Verification of Programs in the Pifagor Language // Parallel Computing Technologies (PaCT-2013)

12th International Conference, September 30 - October 4, 2013. Saint-Petersburg, Russia. LNCS. - 2013. - Vol. 7979. - P. 80-89.

2. Ushakova M.S., Legalov A.I. Automation of Formal Verification of Programs in the Pifagor Language // Modeling and Analysis of Information Systems. - 2015. - Vol. 22, N. 4. - P. 578-589.

3. Ушакова М.С., Легалов А.И. Верификация программ со взаимной рекурсией на языке Пифагор // Моделирование и анализ информационных систем. - 2018. - Т. 25, № 4. - С. 358-381.

4. Legalov A.I., Matkovskii I.V., Ushakova M.S., Romanova D.S. Dynamically Changing Parallelism with Asynchronous Sequential Data Flows // Automatic Control and Computer Sciences. – 2021. - Vol. 55, N. 7. - P. 636-646.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: **1.** Дорофеева А.С., канд. техн. наук, доц., ИРНИТУ (г. Иркутск); **2.** Зыкова С.В., д-ра техн. наук, доц., НИЯУ МИФИ (г. Москва); **3.** Левина И.И., д-ра техн. наук, проф., ЮФУ (г. Таганрог); **4.** Шалыто А.А., д-ра техн. наук, проф., ИТМО (г. Санкт-Петербург); **5.** Штейнберга Б.Я., д-ра техн. наук и Михалковича С.С., канд. физ.-мат. наук, доц., ЮФУ (г. Ростов-на-Дону); **6.** Богданова А.В., д-ра физ.-мат. наук, СПбГУ (г. Санкт-Петербург); **7.** Промского А.В., канд. физ.-мат. наук, ИСИ СО РАН (г. Новосибирск); **8.** Дордопуло А.И., канд. техн. наук, ООО «НИЦ супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров» (г. Таганрог). Все отзывы положительные.

В отзывах на диссертацию и автореферат содержатся следующие критические замечания: 1) доказательство корректности используемых при верификации библиотек является важной частью разработки инструмента верификации, данный факт не представлен в диссертационной работе; 2) в прототипе инструментального средства поддержки формальной верификации программ на языке Пифагор отсутствуют автоматическая передача условий корректности и условий применимости аксиом в систему доказательства теорем; 3) в автореферате не указаны функционально-потокосные параллельные программы на языке Пифагор, использовавшиеся для апробации разработанного прототипа инструментальных средств формальной

верификации, не приведены оценки времени верификации и достигнутого ускорения доказательства корректности функционально-поточковых параллельных программ; 4) отсутствие автоматизации метода преобразования произвольной рекурсивной функции в прямую рекурсию.

Отзывы не содержат принципиальных замечаний, касающихся научной новизны, основных положений, выносимых на защиту, а также значения для теории и практики.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается сферой их научных интересов и широко известными результатами в научных областях, связанных с верификацией программ и параллельным программированием, что подтверждается их научными публикациями.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований: *разработан* метод верификации на базе исчисления Хоара для функционально-поточковых параллельных программ на языке Пифагор, позволяющий доказывать частичную корректность функционально-поточковых параллельных программ; *разработан* метод доказательства завершения функционально-поточковых параллельных программ, позволяющий совместно с методом верификации доказать тотальную корректность программы; *разработан* метод удаления взаимной рекурсии нескольких функций, позволяющий преобразовать любую рекурсивную функцию функционально-поточковой параллельной программы в прямую рекурсию, чтобы применить к ней метод верификации; *разработан* прототип инструментального средства для поддержки верификации функционально-поточковых параллельных программ, позволяющий визуализировать процесс доказательства и автоматизирующий построение дерева доказательства для упрощения процесса формальной верификации.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что полученные результаты имеют значение для развития теоретических основ программирования, включающих языки программирования, технологии программирования, автоматизацию программирования. *Изложена* формальная аксиоматическая теория для языка функционально-поточкового параллельного

программирования Пифагор. Для построения алгоритмов верификации функционально-поточковых параллельных программ *использованы* методы дедуктивного анализа, исчисления Хоара, ограничивающей функции.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что результаты исследования *внедрены* в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, выполняемые на предприятии АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва. *Создан* прототип инструментального средства для поддержки верификации функционально-поточковых параллельных программ на языке Пифагор. Получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Кроме того, результаты диссертации могут быть использованы в учебном процессе при подготовке студентов по направлениям, связанным с информационными технологиями.

**Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать** при разработке наиболее ответственных частей функционально-поточковых параллельных программ для повышения их надежности и корректности.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила: *теория* построена на базе известных и проверенных методов теории множеств, математической логики, теории рекурсивных функций, теории графов, теории языков программирования, теории языков формальных грамматик; *идея базируется* на анализе и обобщении научных работ по формальной верификации и анализе существующих инструментальных средств верификации для других языков программирования; *экспериментальная отработка* метода производилась на тестовых программах, на функциях стандартной библиотеки языка Пифагор и на программах на языке Пифагор, которые впоследствии были транслированы в программы для СБИС в рамках опытно-конструкторских работ.

**Личный вклад** соискателя состоит в самостоятельном получении основных результатов диссертационной работы, экспериментальной отработке

разработанных методов и алгоритмов и выступлениях на российских и международных конференциях и научных семинарах.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было, соискатель Ушакова М.С. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы.

На заседании 12 мая 2022 г. диссертационный совет принял решение: за разработку алгоритмов формальной верификации функционально-поточковых параллельных программ на языке Пифагор с целью повышения надежности и корректности разрабатываемых параллельных программ, что имеет существенное значение для развития теоретических основ программирования, включающих языки программирования, технологии программирования, автоматизацию программирования – присудить Ушаковой М.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Безбородов Юрий Николаевич

Кайзер Юрий Филиппович

12.05.2022 г.