

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Лях Татьяны Викторовны «Методы динамической верификации процесс-ориентированных программ управления киберфизическими системами», представляемой на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертация Лях Т. В. посвящена разработке методов и моделей динамической верификации процесс-ориентированных программ управления киберфизическими системами. Сложность ПО современных киберфизических систем (КФС), к которым относится широкий класс областей, таких как системы автоматизированного управления, программируемые логические контроллеры, встраиваемые системы, робототехнические системы, промышленный интернет вещей, постоянно растет. При этом растет и тяжесть возможных последствий в работе таких систем. Наиболее критическая часть современных киберфизических систем – программное обеспечение. Стоимость разработки ПО КФС зачастую превышает стоимость разработки и изготовления аппаратной части. Это стимулирует исследователей развивать новые формальные языки программирования КФС, а также методы анализа создаваемых программ, в частности, методы их верификации.

Работы в этой области ведутся в Институте автоматизации и электротехники СО РАН (ИАиЭ СО РАН). В лаборатории киберфизических систем ИАиЭ СО РАН разрабатывается процесс-ориентированная парадигма программирования. В рамках этой активности созданы подходы и языки программирования КФС (Reflex и IndustrialC), для которых практически показана их эффективность в задачах промышленной автоматизации и создания встраиваемых систем. Активно развиваются методы верификации процесс-ориентированных программ, как статические (дедуктивная

верификация, проверка моделей, онтологический подход), которые имеют пока только теоретическое значение, так и динамические (через тестирование), востребованность в которых с точки зрения практики очень высока.

Таким образом, для процесс-ориентированных программ управления КФС исследование и разработка моделей динамической верификации, методов их реализации на компьютерах и программных комплексах, ориентированных на динамическую верификацию, являются актуальными задачами.

В диссертационной работе Лях Т. В. разработана четырёхкомпонентная формальная модель динамической верификации процесс-ориентированных программ управления КФС и предложен метод вычисления результатов исполнения тестовых сценариев для динамической верификации. Описана архитектура комплексов автоматизированной динамической верификации и автоматической верификации процесс-ориентированных программ, которая позволяет бесшовно интегрировать в комплексы программные модули на процесс-ориентированном языке Reflex.

**Во введении** описывается область исследований по теме верификации процесс-ориентированных программ управления КФС. Рассматриваются различные подходы к верификации программ управления КФС. Приводится обоснование актуальности выбранной темы, формулируется цель и задачи работы, представлены основные положения, выносимые на защиту, научная и практическая значимость работы и приведена информация о внедрении полученных результатов.

**В первой главе** обсуждается специфика алгоритмов управления КФС. Приводится сравнение программных языковых средств, использующихся при описании управляющих программ КФС. Проводится критический анализ существующих подходов к верификации программного обеспечения КФС. Приводится критический анализ математических моделей, используемых для описания КФС. Сформулированы требования к разрабатываемым моделям,

вычислительным методам и комплексам программ динамической верификации процесс-ориентированных программ управления КФС.

**Во второй главе** описывается четырёхкомпонентная формальная модель динамической верификации процесс-ориентированных программ управления КФС с использованием программной модели объекта управления. Также описывается численный метод определения вектора результатов исполнения тестовых сценариев.

**В третьей главе** описана архитектура программных комплексов автоматизированной верификации и автоматической верификации программ управления КФС в виде LabVIEW-приложения.

**В четвертой главе** приведены результаты практической апробации предлагаемого подхода динамической верификации процесс-ориентированных программ управления КФС на модельных (для целей обучения студентов) и практических (система климат-контроля Большого солнечного вакуумного телескопа) задачах.

#### **Научные результаты, выносимые на защиту:**

1. Формальная модель динамической верификации процесс-ориентированных программ управления КФС, которая включает четыре взаимодействующих расширенных гиперпроцесса, специфицирующих верифицируемый алгоритм управления, виртуальный объект управления, диспетчер управления тестовыми сценариями и блок верификации (П. 1 паспорта специальности).

2. Численный метод определения вектора результатов выполнения тестовых сценариев, в котором блок «диспетчер» управляет порядком прохождения тестов, а «верификатор» вычисляет значение вектора результатов (П. 4 паспорта специальности).

