

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
ТВАРДОВСКОГО Александра Сергеевича  
«Конечно автоматные методы анализа и синтеза дискретных систем  
с одной временной переменной»  
по специальности  
05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
(в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)

В диссертационной работе А.С. Твардовского исследованы три задачи синтеза и анализа конечных автоматов реального времени - задача минимизации автоматов, задача синтеза параллельной композиции автоматов и задача построения тестовых последовательностей (экспериментов). Объектом исследований являются конечные автоматы-преобразователи реального времени, в которых действия (переходы), выполняемые автоматами, зависят не только от управляющих сигналов, поступающих на входы, но также и от времени поступления этих сигналов. Главная цель исследований диссертационной работы – разработка и обоснование корректности алгоритмов решения трех указанных задач.

В преамбуле автореферата кратко описаны цели и задачи работы, вполне убедительно обоснована актуальность работы, перечислены основные результаты, приведены объяснения их научной новизны и практической значимости.

Основная часть автореферата посвящена описанию содержания диссертационной работы, состоящей из краткого введения и 5 глав. В первой главе приведены определения широкого круга понятий, относящихся к тому классу задач теории конечных автоматов, которые исследуются в диссертации. Во второй главе диссертации описаны алгоритмы решения задачи минимизации для полностью определенных детерминированных конечных автоматов с таймаутами и временными ограничениями. Основными результатами здесь являются алгоритм построения приведенной по состояниям формы временного неинициального полностью определённого детерминированного автомата и алгоритм построения приведённой по времени формы автомата с таймаутами и временными ограничениями, а также теоремы 1 и 2, подтверждающие корректность описанных алгоритмов. Третья глава посвящена исследованию задачи синтеза одной разновидности параллельной композиции автоматов реального времени. Основным результатом исследований здесь является алгоритм построения интерактивной (параллельной) композиции инициальных детерминированных конечных автоматов с временными ограничениями, а также утверждения (теоремы 3 и 4) о достаточных условиях, при которых в результате работы предложенного алгоритма будет построен детерминированный автомат. В четвертой главе диссертации исследована задача построения множества проверяющих тестов с гарантированной полнотой для детерминированных автоматов с таймаутами и временными ограничениями. Основным результатом этой главы является алгоритм синтеза тестов для детерминированных автоматов с таймаутами и временными ограничениями относительно отношения эквивалентности, а также теорема 5, подтверждающая полноту множества тестов, конструируемых предложенным алгоритмом. В пятой главе диссертации описан алгоритм синтеза проверяющих тестов для недетерминированных автоматов с таймаутами и временными ограничениями относительно отношения редукции (включения), при условии, что проверяемый автомат является детерминированным. В заключительном разделе подведен итог проведенным

исследованиям, коротко сформулированы основные результаты и намечены направления дальнейшей работы в области анализа и синтеза конечных автоматов-преобразователей реального времени.

Автореферат диссертации А.С. Твардовского демонстрирует многочисленные достоинства работы. В целом хорошо организован блок определений основных понятий теории конечных автоматов реального времени в первой главе диссертации; этих определений вполне достаточно, чтобы понимать и оценивать все утверждения и алгоритмические конструкции, представленные в автореферате. Строго и емко описаны алгоритмы минимизации автоматов в главе 2, алгоритм построения интерактивной композиции автоматов в главе 3, а также методы построения множеств проверяющих тестовых последовательностей в главах 4 и 5. Представленные в автореферате результаты свидетельствуют о глубоком и систематическом исследовании задач минимизации и тестирования конечных автоматов реального времени, проведенном автором диссертации, и о большой значимости полученных им результатов. Следует отметить также и методическое единство полученных результатов: для решения всех задач, рассматриваемых в диссертации, применяется метод абстракции, при помощи которого задачи синтеза и анализа для автоматов реального времени сводятся к аналогичным задачам для более простой разновидности автоматов – конечных автоматов Мили.

Вместе с тем, наряду с отмеченными достоинствами автореферат диссертации А.С. Твардовского имеет и некоторые недостатки.

Стр. 8. Автор пишет: «Для временного автомата  $S$  и временной входной последовательности  $\alpha = (i_1, t_1), (i_2, t_2) \dots, (i_n, t_n)$  соответствующая временная выходная последовательность  $\gamma = (o_1, d_1), (o_2, d_2) \dots, (o_n, d_n)$  в состоянии  $s$  называется (выходной) реакцией». К сожалению, автор реферата не приводит определение того соответствия, которое связывает входную и выходную временные последовательности для рассматриваемых автоматов.

Стр. 8. Автор пишет: «Изоморфизм (временных) автоматов предполагает, что между их переходами можно установить взаимно однозначное соответствие». Это очень неудачная фраза. Как определение изоморфизма автоматов она неполна, а как пояснение к определению (в предположении, что это определение известно читателю из статей автора или текста диссертации) она банальна и неинформативна.

Стр. 8. Выбор символа  $\aleph_m$  для обозначения класса автоматов крайне неудачен – в математике этой записью традиционно обозначается кардинальное число.

Стр. 10-11. Уже долгое время в теории вычислений (computer science) считается общепринятым описание любого алгоритма снабжать 1) обоснованием его корректности, и 2) оценкой вычислительных затрат (сложностью) его применения. К сожалению, для алгоритмов минимизации автоматов, описанных в автореферате, автор не указывает хотя бы верхние оценки их сложности. Это существенный недостаток.

Стр. 12-14. В главе 3 описан алгоритм построения интерактивной параллельной композиции автоматов. Этот алгоритм можно рассматривать как операционное описание этой композиции. Но читателю автореферата хотелось бы ознакомиться также и с

декларативным определением результата этой композиции, т.е. иметь описание входно-выходного отношения, которое должен вычислять результирующий автомат.

Все перечисленные замечания не ставят под сомнение математическую корректность и научную значимость результатов исследований, описанных в автореферате диссертационной работы А.С. Твардовского. Эти результаты представляют собой значимое научное достижение в изучении важных задач синтеза и анализа конечных автоматов; методы и алгоритмы минимизации автоматов и построения тестовых последовательностей, описанные в автореферате, дают ответы на многие вопросы, остававшиеся до недавнего времени открытыми. Математические методы, описанные в диссертации, представляют несомненный интерес для специалистов в области теории автоматов, проектирования микроэлектронных схем, тестирования информационных систем.

Считаю, что автореферат А.С. Твардовского удовлетворяет требованиям, предъявляемым к авторефератам диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01, а автор работы заслуживает присуждения ему указанной ученой степени.

Профессор факультета вычислительной математики  
и кибернетики МГУ имени М. В. Ломоносова,  
доктор физико-математических наук

Захаров Владимир  
Анатольевич

*Сведения об организации:*

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный университет имени  
М.В. Ломоносова»

119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

Телефон: (495) 939-10-00

Факс: (495) 939-01-26

Веб-сайт: [www.msu.ru](http://www.msu.ru)

E-mail: [info@rector.msu.ru](mailto:info@rector.msu.ru)

Кафедра математической кибернетики

*Захаров*

13.01.2020



Подпись удостоверяю  
Зедущий специалист по кадрам

*Т.Г. Коваленко*  
Т.Г. Коваленко