


УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО НИАТ

 Попов А.В.
« 19 » ноября 2024г.

В диссертационный совет 24.2.332.02
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

ОТЗЫВ

ведущей организации – Акционерное общество «Национальный институт авиационных технологий» (АО НИАТ) – на диссертацию Путинцевой Елены Валентиновны «Модели и алгоритмы тестирования систем логического управления с использованием специализированных испытательных стендов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»

1. Актуальность темы исследования

На протяжении последних десятилетий в области электроники и систем логического управления замечен существенный прогресс, связанный, в том числе, с переходом к технологическим принципам концепции Индустрия 4.0. В настоящий момент в Российской Федерации запускается национальный проект технологического лидерства «Развитие средств производства и робототехники», что приведет к активному созданию нового промышленного технологического оборудования, большая часть которого предполагает наличие разнородных систем автоматизации. Это означает, что в ближайшие годы будет активно

создаваться новое и модифицироваться имеющееся промышленное технологическое оборудование, большая часть которого предполагает наличие разнородных систем управления и автоматизации.

Вопрос безотказной работы создаваемых систем управления является важным аспектом эксплуатации любого оборудования или устройства. В зависимости от сложности проекта этап тестирования может занимать как 15-20% времени всего жизненного цикласоздания систем логического управления, так и 40-45% для более сложных разработок. Поэтому становится актуальным решение вопроса проверки работоспособности проектируемых программных систем.

2. Степень обоснованности научных результатов исследования, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных результатов исследования, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается согласованием теоретических и экспериментально полученных данных, применением системного подхода к решению поставленных задач, корректностью методов, применяемых для теоретических и экспериментальных исследований, апробацией разработанных алгоритмов и программ в системе управления электроавтоматикой металлорежущего оборудования с ЧПУ. Сбор, обработка, анализ и интерпретация экспериментальных данных проведена с применением математических методов и методов статистического анализа и обработки информации. Научные положения диссертации базируются на основных положениях теории автоматического управления, теории графов, аппарате системного анализа, теории множеств, методах синтеза, абстракции и декомпозиции, концепции объектно-ориентированного программирования.

Результаты исследования регулярно публиковались и докладывались на конференциях и семинарах. По теме диссертации опубликовано 16 работ, из них 5 статей в рецензируемых журналах из перечня,

рекомендованного ВАК РФ для публикации результатов работ на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2 статьи в журналах, индексируемых в наукометрических базах SCOPUS.

3. Достоверность материалов диссертационного исследования

Достоверность основных положений и выводов диссертационной работы подтверждается результатами применения разработанных методов, методических и программных средств, справками об использовании результатов диссертационной работы, представленными в приложении диссертации.

Модели, алгоритмы, совокупность методических и программных средств, используемые на этапе тестирования систем промышленной автоматизации, были применены:

- в учебном процессе при подготовке инженерных кадров по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»;
- при реализации научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ в ООО «Станкотехника».

4. Научная новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработано графовое представление структуры управляемых компонент станка, позволившее выявить связи, соответствующие работе систем логического управления технологическим оборудованием;
- установлены взаимосвязи между существующими видами тестирования программно-аппаратного обеспечения и их применимостью для проверки работоспособности систем логического управления технологическим оборудованием;

– разработано формализованное описание жизненных циклов технологического (станочного) оборудования, систем логического управления технологическим оборудованием и стендов тестирования систем логического управления, позволившее выявить объекты и процессы жизненного цикла технологического оборудования, установить их взаимное влияние, а также формализовать взаимосвязи между компонентами через среду их функционирования;

– на основе установленных взаимосвязей разработана структурная модель комплекса тестирования систем логического управления, отличающаяся от известных тем, что ориентирована на возможность использования как классических (традиционных) ПЛК, так и программно реализованных контроллеров.

5.3. Значимость полученных автором результатов для соответствующей отрасли науки

Теоретическая значимость исследования заключается в разработанной формализованной модели жизненного цикла средств тестирования систем промышленной автоматике, которая может быть использована для дальнейшего развития теоретических основ моделирования жизненных циклов объектов и процессов технических систем.

Практическая значимость работы заключается в:

– разработанных алгоритмах тестирования систем логического управления, ориентированных на применение языка функциональных блоков, а также предусматривающих возможность тестирования программно-математического обеспечения ядра систем логического управления;

– разработанных сценариях, применяемых для ручного и автоматизированного тестирования;

– разработанной методике тестирования систем логического управления, основанной на принципе разделения их по структуре, а также позволяющей реализовывать помодульное тестирование программного обеспечения;

– реализации на базе предложенной модели стенда тестирования СЛУ и проведении тестовых испытаний.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

В работе выполнена разработка формализованной модели жизненных циклов средств тестирования систем промышленной автоматике, которая может быть использована для дальнейшего развития теоретических основ моделирования жизненных циклов объектов и процессов технических систем.

Разработанные автором методика и алгоритмы тестирования систем логического управления технологическим оборудованием с использованием специализированных испытательных стендов обеспечивают единый подход для комплексной отладки систем промышленной автоматике, позволяют производить помодульное тестирование программного обеспечения и дает возможность сокращения времени разработки до 30%.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы на предприятиях станкостроительного профиля, разрабатывающих металлообрабатывающие станки и комплексы с ЧПУ.

7. Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и приложений. Работа изложена на 160 страницах сквозной нумерации, включая 3 страницы

списка условных сокращений и 2 страницы приложений. Содержит 32 рисунка, 19 таблиц, 146 наименований списка литературы.

Первая глава посвящена исследованию существующих работ по тестированию систем логического управления технологическим оборудованием. В качестве результата проведенного исследования была сформирована структура управляемых элементов станка с ЧПУ в виде графа с выделенными элементами системы электроавтоматики, выявлены отличительные свойства систем логического управления технологическим оборудованием по сравнению с другим программным обеспечением.

Подробно исследованы и проанализированы основные применяемые на сегодняшний день виды тестирования с точки зрения характерной области их применения, систематизирована информация по каждому из них, составлена классификация методов тестирования.

Проведенное исследование стало основанием для формулирования специфичных критериев, которые должны предъявляться к комплексу проверки работоспособности систем логического управления в промышленности. Данными критериями являются: низкая стоимость реализации; быстрота; простота алгоритма; низкая трудоемкость реализации; универсальность; масштабируемость; возможность агрегации; информативность; отсутствие необходимости привлекать специалиста высокой квалификации.

Анализ существующих методов тестирования показал, что наиболее продуктивной для проверки работоспособности систем логического управления технологическим оборудованием является комбинация следующих видов: ручное функциональное с помощью тестовых сценариев методом «черного ящика», автоматизированное функциональное с помощью тестовых сценариев методом «черного ящика», нагрузочное автоматизированное тестирование, модульное.

Во второй главе рассмотрены основные процессы жизненных циклов промышленного оборудования с системой логического управления, систем логического управления и стенда тестирования разработанной системы логического управления с присущими им взаимосвязями. Приведено формальное описание всех объектов и процессов рассмотренных жизненных циклов в соответствии с методологией автоматизации интеллектуального труда. Установлены и впервые формализованы их взаимосвязи и взаимозависимости.

На основе установленных взаимосвязей разработана структурная модель комплекса тестирования систем логического управления с использованием специализированного стенда тестирования, ориентированная на возможность использования как традиционных ПЛК, так и программно реализованных контроллеров.

В третьей главе изложена методика тестирования систем логического управления, основанная на применении специализированных стендов, состоящая из шести последовательных шагов. Результат выполнения каждого шага является входными данными для последующего. Выполнение заключительного этапа методики позволяет получить протестированную систему управления и отчет об обнаруженных ошибках. В рамках методики продемонстрированы алгоритмы и сценарии стендового тестирования.

В четвертой главе апробирована разработанная в главе 3 методика на обрабатывающем центре наклонной компоновки с ЧПУ на примере тестирования системы электроавтоматики обрабатывающего центра, 70% сигналов которой являются дискретными (логическими), а также на токарном станке с ЧПУ СА-700 и его системы электроавтоматики.

Выполнено комплексное тестирование системы электроавтоматики станков СА535С10Ф4 и СА-700. Подробно рассмотрены и составлены варианты тест-кейсов для проверки работоспособности системы

управления револьверной головкой обрабатывающего центра. Спроектированы и успешно апробированы специализированные испытательные стенды тестирования, применение которых позволяет устранить наибольшее число ошибок в системах логического управления, возникающих на начальной фазе разработки программного продукта и важных для обеспечения безопасности и безаварийной работы оборудования.

Оценка эффективности выполнена в виде сравнительного анализа продолжительности времени разработки управляющих программ для программируемых логических контроллеров. Были получены результаты, демонстрирующие эффективность использования стендов на этапе тестирования программы логического управления. При этом время разработки сокращается в среднем на 8-15% для простых систем (количество входов/выходов не более 80) и на 25-30% для сложных систем (количество входов/выходов более 80).

8. Замечания

По диссертации и автореферату можно отметить следующие замечания:

- Недостаточно обоснован выбор критериев отбора методов тестирования для включения их в итоговое решение. В тексте отсутствует сравнение с существующими параметрами выбора техник тестирования систем логического управления.

- Предложенные в работе стенды тестирования предназначены для проверки работоспособности систем управления технологическим оборудованием, включающие в себя дискретные сигналы, однако недостаточно полно приведена информация о применимости данных стендов для других типов сигналов.

- Не в полной мере раскрыты отличительные особенности функционирования систем логического управления технологического управления по сравнению с другими автоматизированными системами. Не хватает информации о современных системах промышленной автоматики.

- На некоторых рисунках в схемах присутствует мелкий текст, который затрудняет чтение (например, рисунок 2.2 взаимосвязей жизненных циклов различных объектов технологического оборудования и средств тестирования его систем логического управления).

Отмеченные замечания не оказывают существенного влияния на научную и практическую ценность работы.

9. Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа соответствует формуле научной специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами в части п. 2 – «Автоматизация контроля и испытаний»; п. 3 – «Методология, научные основы, средства и технологии построения автоматизированных систем (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.», п. 13 – «Методы планирования, оптимизации, модификации и эксплуатации подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включающие задачи управления качеством, финансами и персоналом» области исследования паспорта специальности.

10. Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Путинцевой Е.В. актуальна, является законченным исследованием. В ней успешно решены поставленные задачи, её результаты имеют научную и практическую ценность. Результаты исследования имеют существенное значение для станкостроительной отрасли. Работа полностью отвечает требованиям ВАК РФ, а её автор, Путинцева Елена Валентиновна, заслуживает

присуждения ей степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Диссертационная работа рассмотрена на заседании научно-технического совета АО «НИАТ» 29.11.2024 (протокол № 6).

Первый заместитель
генерального директора,
д.т.н., профессор



Плихунов Виталий
Валентинович

Заместитель генерального
директора по научно-
исследовательской
деятельности,
к.т.н.

Коваленко Артем
Валерьевич

Акционерное общество «Национальный институт авиационных технологий»
(АО НИАТ)

Юр. адрес: 117587, г. Москва, ВН.ТЕР.Г. Муниципальный округ Чертаново
Северное, ул. Кировоградская, дом 3, этаж 2, помещ. 52

Тел.: +7 (495) 311-05-41, +7 (495) 312-11-49

E-mail: info@niat.ru, avk@niat.ru