

## ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н., профессора Сидоренко Валентины Геннадьевны на диссертационную работу Нежметдинова Рамиля Амировича на тему «Принципы и методологические основы построения программных систем логического управления технологическим оборудованием», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы)

### Актуальность диссертационной работы

Проблема построения устройств логического управления, обеспечивающих согласованную работу механизмов и агрегатов, является одной из важнейших при решении задач автоматизации производственных процессов в различных отраслях промышленности. На большинстве предприятий Российской Федерации на сегодняшний момент в качестве основного звена автоматизации используются классические программируемые логические контроллеры (ПЛК). На сегодняшний день в области систем промышленной автоматизации в целом и в области ПЛК, в частности, Россия идет по пути «догоняющего развития, следствием чего является отсутствие в стране производства контроллеров мирового уровня. Российские разработчики контроллеров в качестве аппаратной базы используют электронные компоненты зарубежного производства, а в качестве среды программирования применяются коммерческие пакеты, разработанные иностранными компаниями. Такой подход не позволяет осуществлять контроль над функциями программного обеспечения и накладывает ограничения при выборе аппаратных комплектующих и по большей части не может считаться отечественным решением.

В свою очередь западные компании развивают решения в области автоматизации на новой программно-аппаратной базе. Среди наиболее перспективных решений стоит выделить следующие: PAC-системы, программно реализованные контроллеры (Soft PLC) и системы управления движением (Motion Control). Указанный класс систем позволяет с меньшими экономическими, технологическими и временными издержками реализовывать проекты по управлению сложным технологическим оборудованием и агрегатами. При этом основные алгоритмы и механизмы функционирования систем заложены в программном ядре, что позволяет российским производителям вывести разработки на современный уровень и избавиться от импортозависимости в основных вопросах проектирования и разработки. Успешность в значительной степени будет зависеть от правильности выбора архитектурной концепции и используемых технологий.

Чтобы реагировать на перечисленные вызовы и с учетом тенденции развития современных промышленных предприятий, направленной на реализацию единой цифровой экосистемы с поддержкой концепций: цифровых

двойников и платформ, работы с «большими данными», энергосбережения и др., требуется переосмысление логической задачи управления. Необходима новая концепция построения систем логического управления, которая должна базироваться на моделях, учитывающих: применение высокоскоростных протоколов связи, реализацию распределенного управления на базе многоранговых сетей, использование в качестве системного программного обеспечения ОСРВ, применение единого интерфейса взаимодействия на базе технологии ОРС, интеллектуализацию периферийных модулей и др., что обуславливает актуальность диссертационной работы.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается глубоким анализом большого количества источников литературы, как на русском, так и на английском языках, экспериментальными исследованиями, внедрениями на машиностроительных предприятиях. Достоверность результатов, полученных в ходе работы над диссертацией подтверждается применением системного подхода к решению поставленных задач, корректностью методов, применяемых для теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические аспекты работы строятся на результатах, прошедших проверку и согласуются с имеющимися в открытом доступе экспериментальными данными по теме диссертации. Сбор, обработка, анализ и интерпретация экспериментальных данных проведена с применением современных методов статистического анализа и обработки информации.

Результаты диссертационной работы Нежметдинов Р.А. многократно апробированы на международных и всероссийских конференциях, по работе опубликовано большое количество статей в журналах из перечня ВАК и входящих в международные системы цитирования, получено 12 объектов интеллектуальной собственности, 4 акта о внедрении.

### **Структура и содержание работы, оценка её завершенности**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 250 страницах машинописного текста, содержит 87 рисунков, 28 таблиц, 2 приложения. Список литературы содержит 206 наименований.

В соответствии с п. 10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, диссертация Нежметдинова Р.А. на тему «Принципы и методологические основы построения программных систем логического управления технологическим оборудованием» написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством.

В первой главе диссертации приведен анализ современных систем логического управления, предлагаемых ведущими производителями, выявлены тенденции и перспективы их развития. В частности, проведен анализ

современных методов решения логической задачи управления на базе таких инструментов как РАС контроллеры и программно реализованные контроллеры.

Во второй главе разработаны теоретические основы для описания моделей построения программных систем логического управления технологическим оборудованием, проведена систематизация требований, предъявляемых к современным системам управления, и разработана модульная структура систем логического управления. Сформировано множество моделей и последовательная схема их трансформации для получения полного описания системы логического управления.

В третьей главе представлено создание формального аппарата построения подсистемы программирования и исполнительного ядра системы логического управления, разработан профиль открытости системы логического управления. Созданы подсистема программирования для систем логического управления стандарта МЭК 61131-3 и исполнительное ядро системы логического управления, работающие в режиме реального времени.

В четвертой главе разработаны методические основы построения систем логического управления технологическим оборудованием. Формализована методика построения систем логического управления технологическим оборудованием, систематизированы математические методы проектирования программ логического управления, разработана методика тестирования систем логического управления технологического оборудования.

В пятой главе представлены практические аспекты реализации систем логического управления технологическим оборудованием. Разработаны специализированные стенд тестирования систем логического управления и системы логического управления для экспериментального станка гидроабразивной резки, для гаммы токарно-фрезерных обрабатывающих центров наклонной компоновки и для вертикально-фрезерного обрабатывающего центра.

### **Достоверность полученных результатов**

Достоверность результатов, полученных в работе, подтверждается применением системного подхода к решению поставленных задач, корректностью методов, выбранных автором для теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические аспекты работы строятся на результатах, прошедших проверку, и согласуются с имеющимися в открытом доступе экспериментальными данными по теме диссертации.

По теме диссертационной работы опубликовано 89 печатных работ, из которых: 29 статей в журналах из перечня научных рецензируемых журналов ВАК РФ, 8 печатных работ, входящих в реферативные базы Web of Science и SCOPUS, 40 материалов конференций, 11 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, 1 патент на полезную модель. Это соответствует требованиям п. 11 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842. В соответствии с п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства

РФ от 24.09.2013 г. № 842, в диссертационной работе имеются необходимые ссылки на источники заимствования материалов других авторов, а также на научные работы, выполненные автором самостоятельно или в соавторстве.

В работе представлены четыре акта о внедрении результатов диссертационной работы от таких организаций как: МГТУ «СТАНКИН», ОАО «НИАТ», ОАО «Ковровский электромеханический завод», ПАО «Тульский оружейный завод».

### **Научная новизна работы**

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующих положениях, сформулированных в работе:

1. Установлены и впервые формализованы взаимосвязи между характеристиками технологического оборудования и задачами, функциями, параметрами систем логического управления технологическим оборудованием, влияющими на структуру системы управления и определяющими состав программно-аппаратных модулей логических контроллеров, как основного инструментария автоматизации.

2. На основе установленных взаимосвязей разработаны модели систем логического управления, отличающиеся от известных тем, что ориентированы не на автоматизацию автономного технологического оборудования, а на его интеграцию в цифровые производства, обеспечивают кроссплатформенную реализацию и составляют теоретические основы проектирования систем логического управления, которые предполагают последовательную трансформацию моделей для получения полного описания системы.

3. Определены теоретические основы построения исполнительного ядра систем логического управления технологическим оборудованием, с применением комплекса решений из смежных областей: клиент-серверной архитектуры для подключения терминальных клиентов, механизма разделяемой памяти для взаимодействия с аппаратными входами/выходами в режиме жесткого реального времени и автоматной парадигмы программирования с реализацией машины состояний в виде конечного автомата.

4. Разработаны теоретические основы построения среды программирования систем логического управления технологическим оборудованием согласно стандарту ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016 Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования, которые предполагают использование расширяемого языка разметки XML для формализованного описания программы логического управления и конфигурации аппаратных устройств.

5. Создан методологический базис построения современных систем логического управления, соответствующий требованиям, предъявляемым международными стандартами, обеспечивающий, в отличие от известных, возможность применения: аппаратных модулей ввода/вывода, использующих промышленные протоколы связи, стандартных средств операционных систем,

стандартных и оригинальных инструментальных средств реализации программ логического управления.

6. Предложена методология построения систем логического управления технологическим оборудованием.

### **Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов**

Основные положения теоретической значимости работы заключаются в:

– установленных и впервые формализованных в результате анализа взаимосвязях между характеристиками технологического оборудования и задачами, функциями, параметрами систем логического управления технологическим оборудованием;

– разработанных теоретических основах построения исполнительного ядра и среды программирования систем логического управления технологическим оборудованием;

– предложенной совокупности моделей построения систем логического управления технологическим оборудованием;

– систематизации и обосновании математических методов проектирования программ логического управления.

Основные положения практической значимости работы заключаются в:

– программной реализации исполнительного ядра системы логического управления технологическим оборудованием;

– программной реализации подсистемы программирования системы логического управления технологическим оборудованием;

– разработке методики проектирования систем логического управления технологическим оборудованием и электроавтоматикой для технологического оборудования, используемого в машиностроительных производствах.

### **Соответствие паспорту специальности**

Тематика диссертационного исследования, полученные теоретические и практические результаты соответствуют паспорту специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы) по следующим пунктам раздела «Области исследований»:

3 - Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.;

5 - Теоретические основы, средства и методы промышленной технологии создания АСУТП, АСУП, АСТПП и др.;

15 - Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения (АСУТП, АСУП, АСТПП и др.).

## **Замечания**

1. В первой главе работы достаточно полно проанализированы системы логического управления, представленные ведущими мировыми производителями, и современные типы систем логического управления, однако не представлен анализ программных решений, применяемых при их разработке.

2. В работе большое внимание уделено программной реализации компонент системы управления, однако не показано применение шаблонов (паттернов) проектирования, которое позволило бы структурировать программный код и снизить сложность разработки за счёт применения готовых абстракций, представленных в шаблонах.

3. Разработанная автором с использованием нотации IDEF0 функциональная модель системы логического управления, представленная на Рисунке 2.5 диссертации и Рисунке 4 автореферата, построена с отступлением от правил использованием нотации IDEF0, предполагающих каскадное расположение элементов с учетом их доминирования, выраженного постепенным снижением уровня расположения блоков от верхнего левого угла модели к нижнему правому.

4. В диссертации применена нотация UML для описания программной реализации компонент системы логического управления, в частности, представлены диаграмма прецедентов (стр. 102), последовательностей (стр. 115, 118) и диаграмма классов (стр. 125), однако нет полного набора диаграмм, что позволило бы максимально подробно представить программную реализацию системы логического управления.

5. В пятой главе работы описаны стенды тестирования систем логического управления и их аппаратная составляющая, однако отсутствует описание программного обеспечения и программ логического управления, используемых в стендах.

### **Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Содержание автореферата соответствует основному содержанию диссертации и, по моему мнению, в достаточной мере отражает ключевые положения диссертационной работы.

### **Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011**

Оформление диссертационной работы и автореферата в целом соответствует требованиям ГОСТ.

## **Заключение**

В целом диссертационная работа Нежметдинова Р.А. является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы), вносящей значительный

вклад в развитие теории и методов построения систем логического управления технологическим оборудованием.

Отличительной особенностью работы является глубокая проработка вопросов программной реализации систем логического управления с применением современных инструментов проектирования и реализации программного обеспечения. Считаю, что представленная к защите диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Нежметдинов Рамиль Амирович, достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы).

Официальный оппонент:

Профессор кафедры «Управление и защита информации» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Российский университет транспорта", доктор технических наук, профессор

Сидоренко Валентина Геннадьевна

Докторская диссертация оппонента защищена по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт).

Контактная информация организации:

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта".

Адрес: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9.

Сайт: [www.rut-miit.ru](http://www.rut-miit.ru).

Телефон: (495) 681-13-40

E-mail: [tu@miit.ru](mailto:tu@miit.ru).

Подпись руки	
Заверяю	_____
Начальник Отраслевого центра подготовки научно – педагогических кадров высшей квалификации	 С.Н. Коржин

