

ОТЗЫВ

Официального оппонента

д.т.н., профессора Полякова Александра Николаевича

на диссертацию Нежметдинова Рамиля Амировича

на тему «Принципы и методологические основы построения программных систем логического управления технологическим оборудованием»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы)»

Актуальность темы диссертационной работы.

Современный этап развития общества и производства связан с концепцией «Индустрия 4.0» и переходу к «Обществу 5.0», в котором будет полностью реализована интеграция физического и киберпространства. В этих условиях изменяются средства сбора, обработки и передачи информации, которые находят отражение и в промышленных технологиях - происходит переход от концепции автоматизации отдельных машин и процессов к концепции интеллектуальных производств, предусматривающей цифровое представление всех физических активов с реализацией нового типа систем - киберфизических. На цеховом уровне эти изменения затрагивают системы логического управления, которые должны иметь механизмы взаимодействия с цифровой экосистемой производства. Что приводит к необходимости применения технологии анализа больших объемов данных. Современные вызовы в экономике заставляют уделять все большее внимание вопросам энергоэффективности. Поэтому сегодня необходима новая концепция построения систем логического управления, которая должна базироваться на моделях, учитывающих: применение высокоскоростных протоколов связи, реализацию распределенного управления на базе многогранговых сетей, использование в качестве системного программного обеспечения операционных систем реального времени, применение единого интерфейса взаимодействия, позволяющего реализовать систему логического управления на базе вычислительной платформы общего назначения, интеллектуализация периферийных модулей.

Поэтому проблема построения систем логического управления технологическими процессами и оборудованием, имеющих открытую модульную архитектуру, гибкое и конфигурируемое программно-аппаратное обеспечение, а

также создание методического обеспечения их разработки является одной из важнейших при решении задач автоматизации производственных процессов в различных отраслях промышленности.

Основные положения диссертационной работы.

В работе рассмотрены вопросы построения систем логического управления, которые включают программируемые логические контроллеры (ПЛК), РАС системы, системы управления движением и контроллеры безопасности. Каждый из этих контроллеров реализуется по-разному, имеет свой язык программирования и развивается как независимый класс подсистем управления. С усложнением систем управления, каждый последующий этап их интеграции становится сложнее предыдущего. Поэтому требуется унифицированный подход для решения задач логического управления. Например, это актуально для сложных станков, имеющих большое количество вспомогательного оборудования. В диссертации Нежметдинова Р.А. предложено общее решение, которое позволяет реализовать как каждый из видов контроллеров в отдельности, так и комбинацию этих контроллеров.

В первой главе работы проведен анализ современных систем логического управления и выявлены тенденции и перспективы их развития. Стоит отметить достаточно полный анализ современных систем управления ведущих мировых производителей, приведенный в работе, что показывает глубокое понимание автором рынка систем логического управления.

Во второй главе работы разработаны теоретические основы для описания моделей построения программных систем логического управления технологическим оборудованием. Приведена систематизация требований к современным системам логического управления, обусловленных потребностями рынка. Разработана схема последовательного создания и трансформации моделей систем логического управления технологическим оборудованием, которая позволяет наиболее полно описать и формализовать этапы разработки. В результате моделирования получены ряд основных модулей системы, определены их функции и связь между ними.

В третьей главе создан формальный аппарат построения подсистемы программирования и исполнительного ядра системы логического управления технологическим оборудованием. В главе представлен разработанный профиль открытости системы логического управления, разработана подсистема программирования для систем логического управления стандарта МЭК 61131,

реализовано исполнительное ядро системы логического управления технологическим оборудованием как системы реального времени, реализован механизм взаимодействия двух представленных подсистем.

В четвертой главе представлены методологические аспекты построения систем логического управления технологическим оборудованием. Разработана методика построения систем логического управления, систематизированы математические методы, используемые при проектировании программ логического управления, разработана методика тестирования систем логического управления.

В пятой главе представлены практические аспекты реализации систем логического управления технологическим оборудованием. В главе очень подробно рассмотрены примеры построения систем логического управления для разного типа станков, в том числе для станка гидроабразивной резки, гаммы обрабатывающих центров наклонной компоновки и вертикально-фрезерного обрабатывающего центра.

Научная новизна основных положений диссертационной работы.

Научная новизна работы представлена в следующих положениях:

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. Разработаны 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 МЭК 61131-3, которые предполагают использование расширяемого языка разметки XML для формализованного описания программы логического управления и конфигурации аппаратных устройств.

5. Разработан 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, содержащая:

- формализованный процесс выбора аппаратных средств проектирования систем логического управления;
- способы создания программ логического управления на основе систематизированных математических методов проектирования программ логического управления;
- расширенную, по сравнению с традиционной, методику построения систем управления, с добавлением шагов по: адаптации моделей системы управления под конкретный технологический объект, разработке сетевой структуры системы управления и настройке режимов отображения экрана оператора.

Достоверность предложенных научных положений подтверждается корректным применением системного подхода к решению поставленных задач, результатами теоретических и экспериментальных исследований, а также практическим внедрением полученных в диссертации результатов при разработке технологического оборудования.

Публикация и апробация работы.

По теме диссертации Нежметдиновым Р.А. лично или в соавторстве опубликовано 89 печатных работ, из которых 29 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ, 8 печатных работ в зарубежных журналах,

входящих в реферативные базы Web of Science и SCOPUS, 40 материалов конференций, 12 объектов интеллектуальной собственности.

Замечания.

1. В первой главе в пункте 1.6 приведены станки, для которых целесообразно применение предложенной в работе системы логического управления, однако, не приведено обоснование критерия выбора данного оборудования.

2. В главе 4 в п.4.4.1 представлено описание методики нагрузочного тестирования ядра системы логического управления, в котором рассматривается зависимость потребления ресурсов центрального процессора от сложности программы управления. Сложность программы определена количеством используемых в ней функциональных блоков, однако в тексте диссертации не пояснено: каким образом проводилось тестирование; использовались ли для тестирования программы управления реальным технологическим оборудованием. Также представляет интерес описание связи сложности программы логического управления от используемого типа технологического оборудования.

3. В пятой главе уделено серьезное внимание практическим аспектам решения логической задачи ЧПУ на базе теоретических положений, предложенных в работе, однако, не показана организация взаимодействия логической задачи с другими задачами числового программного управления.

При рассмотрении особенностей построения системы управления станка гидроабразивной резки, было показано, что применение разработанной системы логического управления установкой УГСР совместно со специализированной технологией обработки позволило контролировать и значительно экономить расход абразивного материал. При подробном рассмотрении разработанных систем логического управления электроавтоматикой гаммы экспериментальных токарно-фрезерных обрабатывающих центров наклонной компоновки и электроавтоматикой вертикально-фрезерного обрабатывающего центра Quaser MV184P данные, позволяющие оценить эффективность разработанных систем управления, к сожалению, не приведены.

Заключение. Приведенные замечания не носят принципиального характера, а в большей степени способствуют уточнению полученных в работе результатов. Диссертация Нежметдинова Р.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема построения кроссплатформенных, мультипротокольных систем логического управления

