

Отзыв

официального оппонента д.т.н., проф., заслуженного деятеля науки РФ Коростелева Владимира Федоровича на диссертацию «Принципы и методологические основы построения программных систем логического управления технологическим оборудованием», представленную Нежметдиновым Рамилем Амировичем к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы)»

В диссертационной работе Р.А. Нежметдинова оценка современного состояния автоматизации и управления осуществлена на основе анализа достижений отечественных и зарубежных ученых. Трудно не согласиться с автором в том, что отечественные разработки по созданию программно-аппаратных средств не имеют конкурентных преимуществ, следствием чего является зависимость промышленных технологий от необходимости закупки запатентованных в разных странах автоматических и автоматизированных систем управления и соответствующего им оборудования. В отечественной промышленности возникла проблема перехода от контактно-релейных систем управления на уровень цифровых экосистем, в которых управление отдельными процессами и единицами оборудования осуществляется согласованно в составе сложных промышленных систем. В этой связи цель диссертационной работы и ее содержание, направленные на создание отечественных сложных многоуровневых интегрированных в единое информационное пространство систем логического управления, представляются важными и актуальными, имеющими значительный потенциал развития.

Заслуживают внимания Общая характеристика работы, а также ее структура.

Автор диссертации правильно считает, что создаваемая система логического управления должна учитывать такие тенденции развития ПЛК на мировом рынке, как применение высокоскоростных протоколов связи на базе технологии Ethernet, реализация распределенного управления на основе многогранговых сетей, использование в качестве системного программного

обеспечения операционных систем реального времени, а также применение для связи с устройствами автоматизации единого интерфейса взаимодействия на базе технологии OPC. Что же касается программно-аппаратной базы, то предпочтение отдано контроллерам на базе персональных компьютеров промышленного исполнения и программно реализованным контроллерам. Область применения систем логического управления, по представлению автора, охватывает ПЛК, программируемые контроллеры автоматизации (РАС), контроллеры движения и контроллеры безопасности.

Автор подчеркивает необходимость разработки новой концепции построения на научной основе систем логического управления технологическими процессами и оборудованием, включающей рассмотрение вопросов последовательной увязки по иерархическим признакам различных видов информации и их интеграцию в единую сеть сбор и обработки данных, разработку методологии и формализованных методов промышленной технологии, разработку теоретических основ, алгоритмов и методов решения прикладных задач.

Нельзя не согласиться с мнением автора о том, что в силу сложившейся в нашей стране в 90-х годах социально-экономической ситуации и кризиса в реальном секторе экономики исследования по созданию систем логического управления не проводились.

По структуре диссертационная работа Р.А. Нежметдинова представлена введением, пятью главами, заключением, списком сокращений, списком использованной литературы и приложениями.

В первой главе выполнен анализ основных тенденций, достижений и изменений в области построения систем логического управления.

Автор отмечает, что в течение последних двух-трех десятилетий на мировом рынке программно-технических средств автоматизации произошли качественные изменения глобального характера, которые, в целях снижения стоимости конечных продуктов и повышения гибкости и открытости производства, требуют пересмотра методической базы проектирования систем логического управления.

Во второй главе, на основе представления о том, что системы логического управления являются системы со сложной иерархической структурой, автор диссертации, опираясь на современные достижения в

области автоматизации, предлагает при проектировании использовать модульный принцип - модульную организацию структуры систем логического управления. Это принципиально важное решение, которое позволит осуществлять управление как на единой вычислительной платформе, так и на нескольких платформах путем разделения группы модулей по единому функциональному признаку, комплектовать систему управления оптимальной комплектацией с учетом особенностей решаемой задачи, применять компоненты разных производителей.

По аналогии с модульным принципом, с учетом требований к системам логического управления автор переходит к определению формальных моделей и объединяет их в схему последовательного наращивания и трансформации. В результате моделирования образуется совокупность взаимосвязанных моделей, каждая из которых имеет свой функционал. Моделирование включает шесть шагов, первые три из которых соответствуют блоку проектной, а 4-й, 5-й и 6-й – блоку технологической подготовки. На выходе этой схемы Готовая система управления.

Попутно, необходимо заметить, что разрабатываемая в диссертации система логического управления изначально ориентирована на технологические процессы и оборудование, но вот уже на этапе разработки Функциональной модели в нотации IDEF 0 и далее в данной главе и в последующих главах выдерживается область применения систем логического управления, в которой технологические процессы в рассмотрение не принимаются без каких-либо объяснений такой позиции.

Возможно, автор имеет в виду системы ЧПУ, что технологические процессы – это отдельная самостоятельная область. Но в технологическом процессе тоже имеет место логическая последовательность операций, которыми необходимо управлять, причем желательно в составе интегрированной производственной системы. К тому же в технологическом процессе безусловно есть операция непосредственной обработки, управление которой должно быть адаптивным в режиме реального времени. Поэтому остается думать, что такой позиции есть объяснение.

Далее во второй главе рассматривается разработка модели управления по типу виртуальной машины. На представленной в диссертации Обобщенной модели виртуальной машины приведены как независимые уровни абстракции

отдельные уровни без привязки к другим уровням, включающие отдельные элементы и связи между ними. Каждый из уровней решает конкретные задачи. Предусмотрены: системный уровень, определяющий конфигурацию операционной системы; уровень интерфейсов прикладного программирования; уровень программной платформы; прикладной уровень. Данная модель дает наиболее полное целостное представление о работе системы логического управления.

Следующим этапом разработки является Исходная диаграмма потоковой модели системы логического управления, обеспечивающая на этапе проектирования рассматривать систему как набор связанных между собой процессов, взаимодействующих посредством передачи данных. Потоковая модель дает возможность моделировать процесс трансформации входных потоков данных в выходные, что используется при разработке архитектурной модели системы логического управления технологическим оборудованием.

Архитектура системы логического управления составлена из двух подсистем, решающих соответственно задачи проектирования и разработки программы и исполнения программы логического управления. Подсистема программирования с подсистемой логического управления связана коммуникационным каналом. Модуль логического управления реализует циклически повторяющуюся последовательность действий: системное тестирование, опрос входов, Выполнение программы логического управления, запись выходов. Модули аппаратных входов/выходов с подсистемой логического управления связаны посредством высокоскоростного протокола связи. Модули аппаратных входов/выходов соединены физическими линиями связи с датчиками и исполнительными устройствами.

Архитектурная модель предоставляет возможность определять модульную структуру системы управления, моделировать взаимодействие модулей друг с другом, решать задачи масштабирования системы.

Для определения механизма преобразования и запуска программы логического управления в процессе работы системы разработана модель подготовки и выполнения программы.

Программа логического управления состоит из основной программы и множества пользовательских подпрограмм.

В подсистеме логического управления программа проходит верификацию, в ходе которой осуществляется проверка ссылок на разделяемую память, которые прописываются в функциональных блоках входов и выходов программы. При отсутствии ошибок производится запуск программы в цикле работы контроллера. Конфигурация аппаратных входов/выходов хранится в формате «*.xml» и содержит сведения о модулях аппаратных входов/выходов, подключенных к системе управления.

В ядре логического управления конфигурация сопоставляется с устройствами, подключенными к системе управления.

Во второй главе диссертации разработана также распределенная модель системы логического управления, которая используется для определения: схемы использования распределенных вычислительных ресурсов; связей с объектами управления; необходимого оборудования сторонних производителей; механизма взаимодействия с другими системами и др.

Данная глава представляет особый интерес, так как, по сути, является своего рода программой, поэтапная реализация которой дает возможность создать систему логического управления, отвечающую современным требованиям.

В то же время считаю необходимым отметить замечание, что принятый автором диссертации стиль изложения материала в обобщенном абстрактном виде без обращения и использования конкретных названий процессов, операций, команд, оборудования, без примеров, например, прохождения данных, команд, согласований, без сравнения с используемыми в промышленности системами управления хотя и соответствует уровню диссертации, тем не менее вносит затруднения при оценке уровня достигнутых результатов.

Конечно, вопросам исследовательского и практического характера внимание будет уделено в последующих главах, но там это уже будет иметь самостоятельное значение.

В третьей главе создан формальный аппарат построения подсистемы программирования и исполнительного ядра системы логического управления.

Предложен подход по разработке собственной среды проектирования программ логического управления, который обеспечивает не только

выполнение заявленных требований, но и по ряду показателей превосходство над импортными аналогами.

Исполнительное ядро системы логического управления разработано как система реального времени, включающая модули, обеспечивающие взаимодействие подсистемы программирования и аппаратных входов/выходов.

На базе автоматной парадигмы программирования разработана машина состояний ядра системы логического управления. Ядро периодически (с периодом от 10 до 100мс) жестко повторяет цикл работы ПЛК.

Существенным вкладом в развитие систем системы логического управления следует признать разработку схемы организации адресного пространства разделяемой памяти для синхронизации данных между аппаратными входами/выходами и программой логического управления. При обращении к разделяемой памяти предоставляется возможность работать отдельно с массивом входов и отдельно с массивом выходов.

Сетевое взаимодействие между аппаратными платформами организовано на базе стандарта Ethernet с применением протокола TCP/IP.

В третьей главе так же, как и во второй приводятся одна за другой разработки автора. Следовало бы в рамках системного подхода определять место и функционал каждой разработки в составе всей системы логического управления.

Четвертая глава диссертации посвящена разработке научно обоснованной методики построения систем логического управления технологическим оборудованием, которая определяет фиксированный набор, в частности, десяти практических шагов, результатом выполнения которых является система логического управления технологическим оборудованием.

Осуществлена систематизация математических методов, используемых при проектировании систем логического управления.

В рассмотрение приняты Комбинированные схемы, Технологические объекты, Цикловая электроавтоматика, Дискретные системы.

Представлено программирование цикловой электроавтоматики с использованием математического аппарата автоматных моделей. На примере револьверной головки составлен технологический граф. На основе

спроектированного графа можно реализовать программу логического управления на языке функциональных блоков.

Автор считает, что при управлении электроавтоматикой в рамках решения логической задачи на базе классического контроллера управление с регулятором без применения специализированных аппаратных решений не представляется возможным. Разработанная автором последовательность действий позволила на языке FBD получить блок ПИД-регулятора и на примере гаммы токарно-фрезерных обрабатывающих центров показать возможность достижения класса точности А за счет стабилизации температуры отдельных узлов технологической системы.

В этой главе также разработаны методика нагрузочного тестирования ядра системы логического управления для проверки соответствия предъявляемым требованиям и методика расчета средней наработки на отказ.

Как и в предыдущих главах, в данной главе следовало бы уделить внимание технологическим процессам, методам их математического описания и, хотя бы в первом приближении, логическому управлению.

В пятой главе автор диссертации еще более конкретно подходит к адаптации результатов выполненных исследований и разработок к решению

Заслуживает высокой оценки, что работа со сложным технологическим оборудованием в диссертационной работе гармонично сочетается с работой на экспериментальном комплексе гидроабразивной резки в рамках совместного проекта ОАО «СМЗ» с МГТУ «СТАНКИН» и ОАО «НИАТ».

Уместно отметить, что при управлении УГСР использована комбинация подходов: программирование алгоритмов управления формированием струи и управление станцией высокого давления реализовано непосредственно на контроллерах, а алгоритмы контроля безопасности, управление питанием, управление пневмосистемой и панелью – на базе программно реализованного контроллера, встроенного в систему управления. Применение системы логического управления УГСР совместно со специализированной технологией обработки позволило добиться высоких технико-экономических показателей.

Однако вопрос о логическом управлении технологией остается открытым.

Можно лишь предположить, что управление технологическим оборудованием логическое, а управление технологическим процессом заложено в ЧПУ станка.

В этой же главе речь идет о разработках систем логического управления электроавтоматикой гаммы экспериментальных токарно-фрезерных обрабатывающих центров наклонной компоновки (ПРОИЗВОДСТВО ОАО «Саста»), вертикально-фрезерного обрабатывающего центра Quaser MV184P (ОАО КЭМЗ).

В Заключении диссертации ее автор приводит выводы, в которых отражены значимые научные достижения и результаты, имеющие прикладное значение.

Переходя к итоговой оценке диссертации необходимо отметить, что она представляет собой законченную научно-исследовательскую квалификационную работу, в которой решена сложная научно-техническая проблема построения систем логического управления технологическим оборудованием, имеющая большое государственное значение.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в том, что впервые на основании результатов выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и установленных и формализованных связей между характеристиками технологического оборудования и задачами, функциями и параметрами управления разработан методологический базис, представляющий собой теоретическую основу проектирования, создания и использования систем логического управления технологическим оборудованием, отвечающих высоким требованиям международных стандартов.

Практическая значимость работы состоит в программной реализации, в разработке методики проектирования, в адаптации моделей к конкретному технологическому объекту, в использовании готовых компонентов со стандартными интерфейсами подключения, в использовании готовых библиотек программ для поддержки функций в системах логического управления технологическим оборудованием.

Методология и применяемые автором методы исследований в полной мере соответствуют уровню поставленных цели и задач диссертационного исследования. Использование экспериментальных исследований решает не

только задачу проверки тех или иных, в том числе и модельных гипотез, но и подтверждает достоверность результатов исследований. Кроме того, достоверность результатов подтверждается разработкой прикладных программных средств, подтвержденных свидетельствами о государственной регистрации; апробацией результатов исследования на научных конференциях различного уровня; Значительным числом опубликованных работ, в том числе и в высокорейтинговых изданиях, наличием актов внедрения результатов диссертационной работы.

Положения, выносимые на защиту, обладают не только научной новизной, но и нацелены на решение конкретных практических задач.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с регламентом, написана грамотным языком, и, несмотря на некоторые ошибки в тексте, сложные и громоздкие объемы информации в ней выражены четко и понятно.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

В то же время по диссертационной работе Р.А. Нежметдинова имеются следующие **замечания**:

1. По структуре следовало бы в начале работы проблему создания системы логического управления сформулировать не в обобщенном виде, а на уровне тех задач и конкретных проблем, которые возникли на данном этапе развития машиностроительного производства, определенным образом их систематизировать, обобщить, а только после этого сформировать ряд тех задач, которые в работе решены. В таком случае не будет возникать вопросов по поводу того, чем обусловлена необходимость той или иной разработки.

2. В тексте диссертации четко не обозначена привязка разрабатываемых систем логического управления, к технологическому процессу которым они управляют. Связь с технологией можно проследить только на уровне связи систем логического управления с системами ЧПУ.

3. Развиваемое в диссертации многоуровневое согласованное управление в составе цифровой экосистемы – это решение с высоким инновационным потенциалом. Но в промышленности укоренились понятия АСУ, АСУП, АСУ ТПП. Причем АСУ ТП, с точки зрения концептуальных решений, тоже многоуровневое, согласованное управление. Однако в диссертации логическое управление сфокусировано на управление технологическим оборудованием.

4. Основной эффект от использования систем логического управления может быть достигнут за счет уменьшения времени реакции, т.е. основного технологического времени. И в работе уделено достаточно внимания работе в режиме реального времени, в том числе и в режиме жесткого реального времени. Но на реальных объектах и на реальных цифрах в работе это не показано.

Несмотря на высказанные замечания, диссертационная работа отвечает высоким квалификационным требованиям, соответствует пунктам 3, 5 и 15 паспорта научной специальности, выполнена на высоком научно-техническом уровне и содержит решение проблемы построения программных систем логического управления, имеющей важное значение для развития промышленности РФ, а ее автор, Нежметдинов Рамиль Амирович заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические системы)».

Официальный оппонент



Владимир Федорович Коростелев

Подпись В.Ф. Коростелева заверяю.
Секретарь ученого совета ВлГУ

Т.Г. Коннова

25.05.2020 г.

Сведения об оппоненте.

Коростелев Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ.

Защитил докторскую диссертацию по специальности 05.16.04 – «Литейное производство».

Организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ).

Должность: заведующий кафедрой "Автоматизация, мехатроника и робототехника" ВлГУ, 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, (4922) 47-99-17, oid@vlsu.ru.