

Расширение коммуникационных возможностей систем управления на основе кроссплатформенной реализации протокола OPC UA

Н.В. Козак,
к.т.н., доцент, kozak@ncsystems.ru,
О. Аль-Вади,
магистрант, omar.alwadi.95@gmail.com,
МГТУ «СТАНКИН», г. Москва

В работе описана концепция использования коммуникационного протокола OPC UA при построении систем управления производством. Рассмотрены обобщенные структуры организации приложений клиента и сервера для этого протокола. Представлен анализ структуры пакета протокола для запросов чтения данных. Предложена архитектурная модель OPC UA сервера, располагаемого в ядре отечественной системы ЧПУ¹.

The article describes the concept of using the communication protocol OPC UA when building control systems for productions. The generalized structure of the organization of client and server applications for this protocol were considered. The analysis of the protocol package structure for data read requests is presented. An architectural model of the OPC UA server of the domestic CNC system located in the core is proposed.

Учитывая растущий акцент на реализацию национальных производительных возможностей, признается, что внедрение и эксплуатация современных сетевых технологий в системах управления позволяет повысить производительность, сократить затраты и увеличить эффективность бизнеса. Это создает предпосылки к появлению новых предприятий, новых рабочих мест. А также улучшению производственного потенциала страны путем модернизации на основе систем управления собственного производства. Одним из важных направлений развития современных систем управления является расширение коммуникационных возможностей на основе стандартизируемых протоколов сетевой коммуникации в компонентах системы. Такой подход в построении систем управления дает более широкие возможности по интеграции в новой промышленной эре (Индустрия 4.0). Для этих целей все большую популярность приобретает международный стандарт в промышленной коммуникации - протокол OPC UA [1].

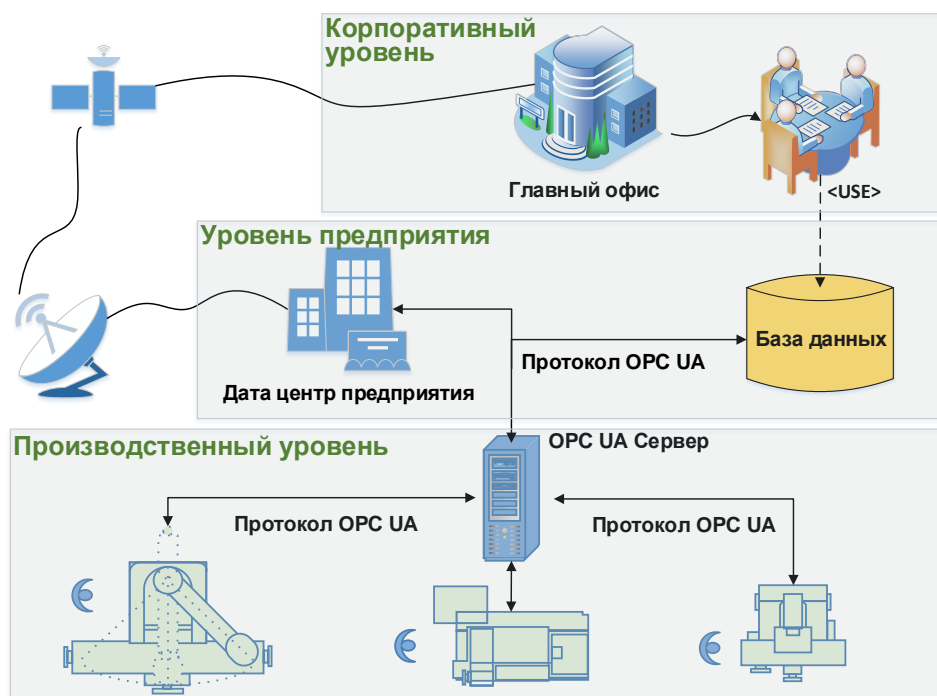


рис. 1 - Структура современного предприятия

На рисунке (1) в обобщённом виде представлена современная структура предприятия. В нижней части находится уровень АСУТП в котором происходит производство или комплектация изделий, выше представлены остальные уровни предприятия и уровень корпоративного управления (MES, ERP, BPM). Вышестоящие уровни получают необходимую им информацию от АСУТП по протоколу OPC UA обрабатывают их по своим нуждам и могут выдавать управляющие воздействия в обратном направлении.

Интеграция производственного оборудования на нижнем уровне АСУТП также может происходить на основе обмена данными по протоколу OPC UA. Актуальной является проблематика по расширению коммуникационных возможности систем управления промышленным оборудованием. Для решения этой проблемы были поставлены ос-

¹ Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения государственного задания (№ 2.1237.2017/4.6).

новые цели и задачи. Целью работы является расширение коммуникационных возможностей систем управления на основе кроссплатформенной реализации протокола OPC UA

Для достижения цели поставлены следующие текущие задачи:

1. Анализ структуры данных и основных функций промышленного протокола OPC UA;
2. Выбор инструментальных средств разработки и тестирования компонентов реализации стека промышленного протокола OPC UA;
3. Разработка архитектурной модели программных компонентов для реализации стека промышленного протокола OPC UA;
4. Разработка структуры программных компонентов подсистемы электроавтоматики для реализации стека промышленного протокола OPC UA;

В результате получена концепция подсистемы на базе стандарта OPC UA, представленная далее. В качестве примера представлена модель системы управления с ЧПУ с внедрением в нее программного компонента сервера OPC UA.

1. Концепция системы на базе стандарта OPC UA

Распределенная система на основе протокола OPC UA может содержать множество клиентов и серверов. Каждый клиент может работать параллельно с несколькими серверами и каждый сервер может обслуживать нескольких клиентов. Пользовательское приложение (например, SCADA система) может создавать комбинированные группы клиентов и серверов для ретрансляции сообщений, которыми оно обменивается с другими клиентами и серверами.

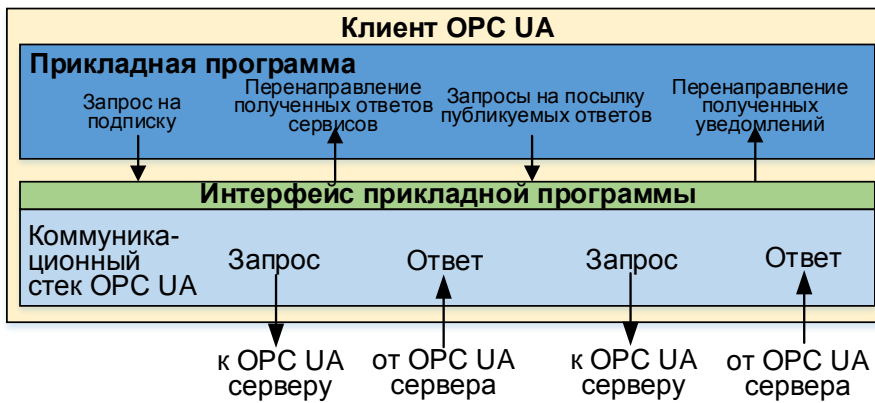


рис. 2 - Структура клиентской программы в стандарте OPC UA

Клиентом при взаимодействии с OPC сервером является прикладная программа, например, SCADA. Рассмотрим типовую структуру клиента (рисунок 2). Клиентская программа выполняет запросы сервисов OPC сервера через внутренний интерфейс, который является изолирующей прослойкой между программой и коммуникационным стеком. Коммуникационный стек конвертирует запросы клиентской прикладной программы в сообщения для вызова необходимого сервиса, которые посылает серверу. После получения ответа на запросы коммуникационный стек передает их в клиентскую программу [4].

Структура сервера OPC UA представлена на рисунке 3. Модули ввода-вывода, ПЛК, интеллектуальные устройства и программы, которые могут поставлять данные через OPC UA сервер, обозначены на рисунке 3 как "реальные объекты". Серверное приложение представляет собой программную реализацию функций, которые должен выполнять сервер.

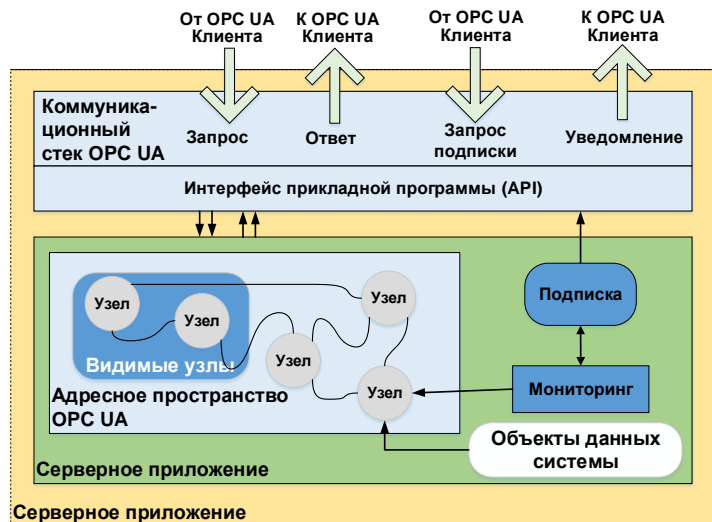


рис. 3 - Структура сервера в стандарте OPC UA

Адресное пространство OPC сервера представляет собой множество узлов, доступных клиентской программе с помощью сервисов OPC UA. "Узлы" в адресном пространстве используются, чтобы представить данные реальных

объектов и их определения (метаданные). В адресном пространстве выделяется подпространство узлов, которые сервер делает "видимыми" для клиента. Видимые узлы организуются в виде иерархической структуры для удобства навигации их клиентской программой. Обмен данными между клиентом и сервером может выполняться как путем получения мгновенных ответов на запросы, так и по схеме "издатель-подписчик".

2. Анализ протокола OPC UA

Основным отличием OPC UA от классического OPC является отказ от технологии COM и DCOM фирмы Microsoft и переход к архитектуре SOAP (Service Oriented Architecture - "Архитектура, ориентированная на сервисы") с целью обмена информацией и обеспечения совместимости с множеством различных аппаратно-программных платформ. Под сервисом в OPC UA понимается некоторая функциональность, заключенная в программном компоненте, который может быть транспортирован от сервера к клиенту или обратно и вызван удаленно. Вызов сервиса аналогичен вызову метода в языках объектно-ориентированного программирования. Интерфейс взаимодействия между клиентом OPC UA и сервером определяется как набор сервисов. Основным принципом SOAP является независимость от программной технологии, от вычислительной платформы, от языков программирования, от конкретных приложений, а также организация сервисов как слабосвязанных компонентов для построения систем. Сервисы включают в себя средства для обеспечения информационной безопасности [2]. Построение сервера OPC UA на основе сервисов позволило изменять размер (масштабировать) программные компоненты сервера для их использования на платформах с разными вычислительными ресурсами: для встроенных приложений может быть использован сокращенный набор сервисов, для корпоративных сетевых серверов — полный набор.

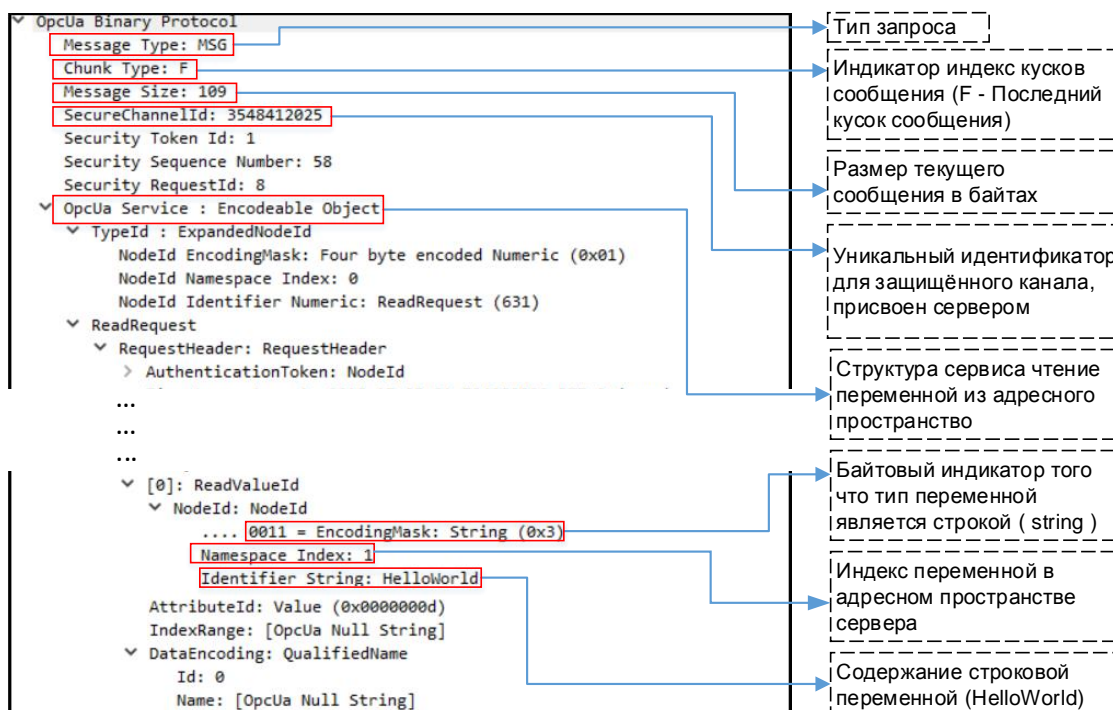


рис. 4 - Структура ответа на запрос клиента OPC UA для чтения переменной типа string

Сервисы OPC UA делятся на логические группы [3]:

1. Сервисы безопасных каналов;
2. Сервисы сессий взаимодействия приложений по инициативе пользователя;
3. Сервисы для управления узлами, позволяющие клиентам добавлять, модифицировать или удалять узлы в адресном пространстве;
4. Сервисы видимости узлов, позволяющие задавать индивидуальные наборы видимых узлов для разных клиентов;
5. Сервисы атрибутов позволяют модифицировать атрибуты узлов;
6. Сервисы методов, которые вызывают функции, исполняемые элементами системы;
7. Сервисы для мониторинга узлов в режиме подписки. Эти сервисы периодически контролируют переменные, атрибуты и события, а также генерируют уведомления при наступлении заданных условий [3];
8. Сервисы для осуществления подписки и публикации уведомлений;

Для обеспечения информационной безопасности в OPC UA используются стандартные Web сервисы безопасности, такие как WS-Security, WS-Trust или WS-Secure Conversation. Диапазон возможностей средств безопасности простирается от простой аутентификации с помощью пароля и обмена цифровыми подписями до полного шифрования передаваемых сообщений. OPC сообщения в стандарте UA передаются с помощью сообщений SOAP в виде XML текста. Поскольку кодирование и декодирование текстового формата занимает довольно много времени, стандарт предусматривает альтернативный способ представления информации в виде, бинарной последовательности байт. Бинарное представление по его архитектуре очень похоже на SOAP передаваемого сообщения по сети. Структура сообщения в бинарном виде представлена на рисунке 4 – это пакет ответа на запрос клиента о чтении значения типа «строка» (string).

Помимо данных о типе и содержании некоторой переменной, OPC UA дает представление о том, где находится эта переменная в адресном пространстве и в какое время произошло чтение данных. Параметр о времени чтения

данных необходим для построения диаграмм изменения значение определенной переменной, также это необходимо для диагностики всего процесса передачи и обработки данных.

3. Предлагаемая модель для расширение коммуникационных возможностей систем управления на основе кроссплатформенной реализации протокола OPC UA

Современное состояние общества можно охарактеризовать переходом от индустриального этапа к постиндустриальному, основу которого составляет информация. Идет изменение средств сбора, обработки и передачи информации между нижними и верхними уровнями предприятия, которые развиваются в сторону мобильности (смартфоны, планшетные и одноплатные компьютеры). При этом для доступа к «большим» данным используют глобальную сеть Internet и облачные ресурсы. Указанные изменения коснулись и технологий, применяемых в промышленности, где происходит переход к концепции Industry 4.0, предполагающей интеграцию в единое информационное пространство: модели данных, модели взаимодействия объектов, динамической модели, модели функционирования объекта управления и моделей сопровождающих их процессов в рамках глобальной информационной системы формирования стоимости. Системы управления также имеют место в современной индустрии (Industry 4.0) [5]. В состав этих систем входит ПЛК (Программируемые логические контроллеры) и системы с ЧПУ. Устройство ЧПУ является управляющим по отношению к станку. В то же время оно само является объектом управления при взаимодействии с окружающей средой, в качестве которой выступает оператор, ЭВМ верхнего уровня и т.д. Если рассматривать с этих позиций задачи, которые оно должно решать, то можно выделить следующие задачи:

- Геометрическая задача взаимодействие УЧПУ со станком для управления формообразованием детали. Решение данной задачи заключается в отображении геометрической информации чертежа в совокупность таких движений рабочих органов станка, которые материализуют чертеж в изделие
- Логическая задача заключается в управлении дискретной электроавтоматикой, т.е. автоматизацией на станке вспомогательных операций (захжим инструмента, смена инструмента и т.д.)
- Терминальная задача заключается во взаимодействии УЧПУ с окружающей средой
- Коммуникационная задача обеспечивает обмен данными между локальными и распределенными модулями системы.
- Технологическая задача заключается в управлении рабочим процессом и достижении требуемого качества обработки деталей с меньшими затратами
- Диагностическая задача предоставляет данные о текущем состоянии процесса управления и аппаратном обеспечении системы с целью прогнозирования и своевременного обнаружения ошибок или неполадок.

Таблица №1

Типы задач на каждом уровне предприятия, к которым можно применить протокол OPC UA

| Задачи систем с ЧПУ | АСУТП | MES - системы | ERP – системы | BPM - системы |
|---------------------|-------|---------------|---------------|---------------|
| Геометрическая | * | + | | |
| Логическая | * | | | |
| Терминальная | * | + | | |
| Коммуникационная | + | + | + | |
| Технологическая | * | * | * | + |
| Диагностическая | * | * | * | * |

В таблице 1 знак (+) означает что информация от этой задачи будет дополнительной, а знак (*) означает, что информация от этой задачи будет необходимой для уровня предприятия.

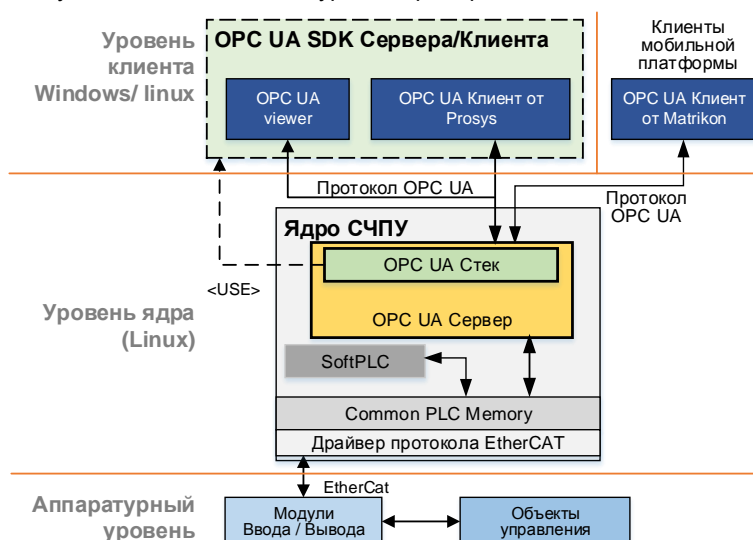


рис. 5 - Архитектурная модель OPC UA сервера, располагаемого в ядре СЧПУ «АксиОМА Контрол»

Современные вычислительные средства систем управления дают возможность выполнения задач управления электроавтоматикой в рамках общего программного обеспечения систем ЧПУ (Soft PLC). При этом не требуется дополнительная аппаратура и системное программное обеспечение программируемых контроллеров. Такой подход позволяет снизить стоимость системы управления и получить ряд преимуществ, например, упрощение общего про-

граммного обеспечения, уменьшение ошибок системного программирования, возможность отладки управляющих программ электроавтоматики в рамках самой системы ЧПУ, гибкость конфигурирования электроавтоматики.

Построена архитектурная модель (рисунок 5) сервера данных подсистемы электроавтоматики для системы ЧПУ «АксиОМА Контроль». Ядро системы работает на операционных системах Linux и Windows RTX для обеспечения задач реального времени. Модуль подсистемы SoftPLC, реализован в ядре и взаимодействует напрямую с объектом CPM (Common Plc Memory - CPM) [6]. CPM - модуль доступа к общей памяти процессов, который хранит данные о состоянии объектов ПЛК, а также данные модулей входов/выходов, работающим по промышленному протоколу EtherCAT. Модуль входов/выходов уже в свою очередь имеет связь напрямую с объектами управления (шпиндель, приводы, управляющие осями станка, и т.д.). На вышестоящем уровне архитектурной модели располагаются клиенты, работающие по протоколу OPC UA, они могут быть построены на базе различных операционных систем. В свою очередь, сервер OPC UA будет находиться в ядре СЧПУ и общаться с клиентами, обеспечивая полный или частичный мониторинг данных станка и подсистемы электроавтоматики.

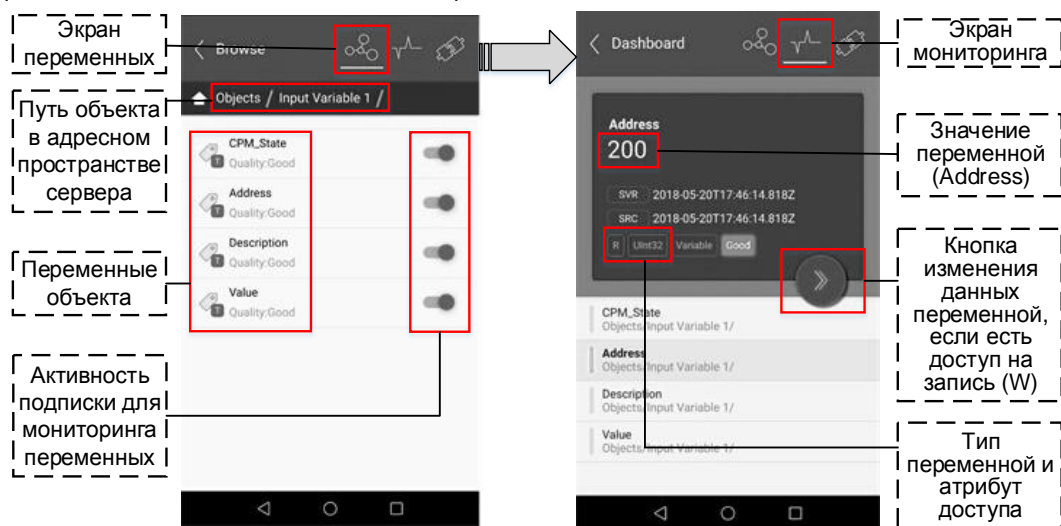


рис. 6 – Содержание адресного пространства в ходе тестирования сервера

При переходе к разработке в качестве вспомогательного модуля в создании OPC UA сервера была использована библиотека OPC UA SDK C++ сервера/клиента, которая обеспечивает механизм построения адресного пространства СЧПУ, а также и механизм обмена данными с клиентами OPC UA. На данном этапе создана архитектурная модель, предоставляющая доступ к данным общей памяти процессов (CPM).

Заключение

Инструментарий протокола OPC UA позволяет эффективно решать задачу предоставления данных от системы ЧПУ с нижних уровней управления для уровней управления производствами, а также для оперативного доступа с целью диагностики, мониторинга и обслуживания производственного оборудования. Архитектурная модель OPC UA сервера, располагаемого в ядре «АксиОМА Контроль» дает обобщенное представление структуры для разработки и интеграции новых программных компонентов системы управления.

Литература

1. Информационный ресурс «RTA automation» [электронный ресурс] официальный сайт // Обзор OPC UA. Режим доступа <https://www.rtaautomation.com/technologies/opcu> (дата обращения 09.09.2018).
2. Информационный ресурс «OPC FOUNDATION» OPC UA Part 1 - Overview and Concepts 1.03 Specification [электронный ресурс]: официальный сайт// спецификация обзора протокола OPC UA. Режим доступа <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture> (дата обращения 15.09.2017) стр 15-18.
3. Информационный ресурс «OPC FOUNDATION» OPC UA Part 4 - Services 1.03 Specification [электронный ресурс]: официальный сайт// спецификация сервисов. Режим доступа <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture> (дата обращения 10.01.2018) стр 25-60.
4. Информационный ресурс «OPC FOUNDATION» OPC UA Part 3 - Address Space Model 1.03 Specification [электронный ресурс]: официальный сайт// спецификация модели адресного пространства. Режим доступа <https://opcfoundation.org/developer-tools/specifications-unified-architecture> (дата обращения 07.01.2018) стр 20-25.
5. Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Мартинова Л.И. Интеграция данных систем логического управления в «умное» производство на основе концепции Industry// Автоматизация в промышленности, №5. 2018. с.31-34
6. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Учеб. пособие. – М. Логос, 2005. – 296 с. ISBN 5-98704-012-4.