

## Кроссплатформенная система сбора и обработки диагностической информации о работе технологического оборудования

## Cross-platform system for collecting and processing diagnostic information on the work of the technological equipment

*Статья посвящена современному «умному» производству и решению задачи передачи информации от технологического оборудования на более высокие уровни управления предприятием. Представлены основные аспекты разработки системы сбора диагностической информации о работе технологического оборудования и построения ее вычислительного ядра, а также результаты проведения ее тестовых испытаний.*

*The article is devoted to the modern «smart» production and challenge the transfer of information from the process equipment to higher levels of company management. Presents the main aspects of the development of the system for collecting diagnostic information on the work of technological equipment and building its computing cores, as well as the results of its tests.*

**Ключевые слова:** автоматизация, технологический процесс, умное производство, сбор данных, контроллер, ЧПУ.

**Keywords:** automation, process technology, «smart» production, data collection, controller, CNC.

### Введение

Для современного высокотехнологичного производства сбор информации с производственных участков, где происходят различные технологические операции, является важной и необходимой задачей [1, 2]. С помощью полученных данных можно отслеживать не только различные диагностические данные (ошибки и предупреждения систем ЧПУ, температура, вибрации в зоне резания, износ инструмента и т.д.), но и информацию о производительности оборудования и работе его оператора (например, время работы станка). Своевременная передача и обработка информации о работе технологического оборудования на более высокие уровни предприятия напрямую связана с экономическими показателями как отдельно взятого участка, цеха, так и всего предприятия, поскольку позволяет оперативно реагировать на внештатные ситуации, а также повышать производительность работы путем оптимизации технологических процессов [3, 4].

Современные производства представляют собой автоматизированные ячейки по выполнению различных производственных операций. Зачастую один оператор может обслуживать до 5 станков, на которых ему необходимо следить за технологическим процессом. При этом на больших машиностроительных предприятиях операторов на линии может быть более 20, а управляемых технологических единиц — более 1000.

Сегодня наблюдается тенденция развития предприятий в соответствии с концепцией «Индустрия 4.0» в плане построения цифровых производств с высоким уровнем взаимосвязей между всеми уровнями предприятия. Большое количество технологического оборудования различных производителей с различными протоколами обмена данными затрудняет процессы отслеживания их функционирования и усложняет процесс передачи технологической информации на более высокие уровни управления предприятием (рис. 1).



Рис. 1. Уровни построения современного цифрового производства

**Основная часть**

Поэтому создание системы систематизированного сбора и обработки гетерогенной информации в одну базу данных [5] и передача ее на более высокие уровни управления предприятием является актуальной задачей. Для ее решения предлагается кроссплатформенный программно-реализованный контроллер, способный осуществлять сбор и обработку данных с разнородного технологического оборудования.

Проведенный анализ показал, что аналогов разрабатываемого продукта на внутреннем рынке нет. Конкуренция с зарубежными решениями избегается из-за того, что большинство зарубежных разработок представляют собой программное обеспечение, яв-

ляющееся частной собственностью авторов или правообладателей [6].

Принцип функционирования предлагаемого решения показан на рис. 2. Оно может быть как автономным решением, способным передавать в сеть различные диагностические данные, так и интегрированным в систему ЧПУ.

Реализация этого решения на прикладном уровне представляет собой программно-вычислительный модуль, позволяющий подключаться к оборудованию различных типов, используя наиболее известные протоколы связи (EtherCAT, SERCOS, CANBus), и агрегировать информацию в единый Webсервер, откуда информация будет передаваться на более высокие уровни производства (SCADA, MES, удаленные клиенты).

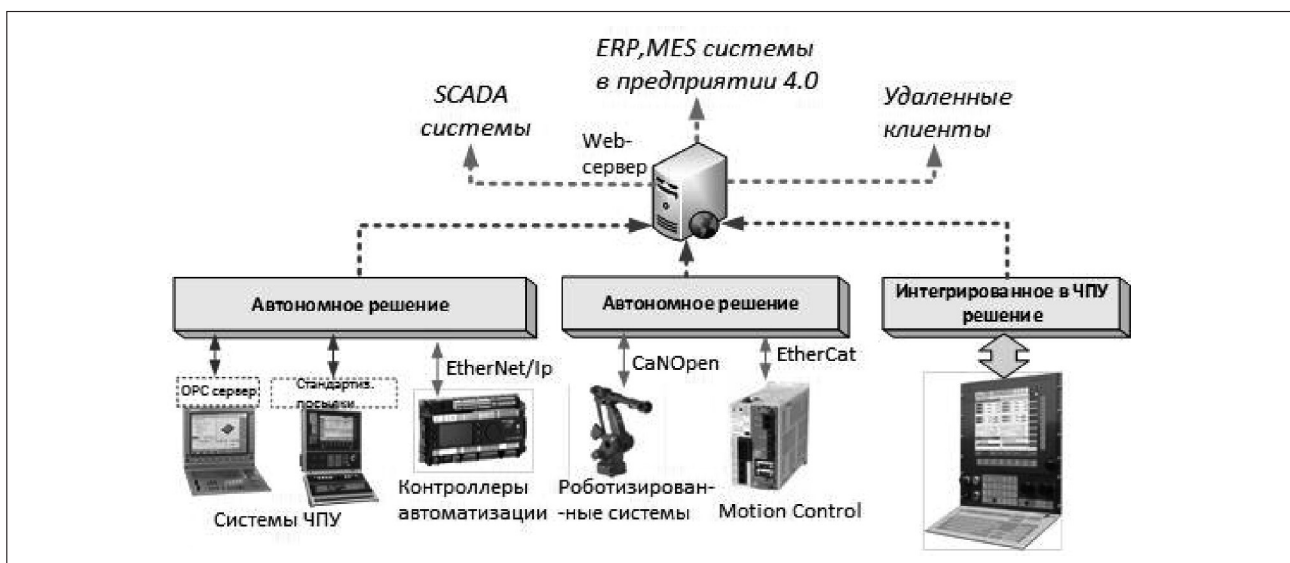


Рис. 2. Общий принцип функционирования предлагаемого решения

На рис. 3 изображена архитектура построения основных модулей предлагаемого решения. В центральной части представлена реализация главного вычислительного модуля — ядра решения, функционирующего в режиме реального времени и осуществляющего сбор данных с оборудования различных видов. Данный модуль взаимодействует с клиентами через терминальную часть, а также — с аппаратными средствами автоматизации.

Основной задачей главного вычислительного модуля (ядра) решения является сбор и обработка данных в режиме реального времени от оборудования различных видов по различным промышленным шинам. За счет внедрения уровней абстракции (исполнительные устройства, протоколы связи и т.д.) реализуется гибкость, универсальность решения и возможность использования его с набором управляющего оборудования от различных производителей, что зачастую наблюдается на отечественных предприятиях даже в пределах одного цеха.

Главный вычислительный модуль решения предлагается реализовать в соответствии с модульным подходом: терминальный модуль верхнего уровня пользовательского пространства, математический модуль, где происходят основные вычисления, модуль кроссплатформенности, модуль драйверов, функционирующий в адресном пространстве выбранной ОС. Данные модули реализованы на языке C++ с использованием методов объектно-ориентированного программирования.

На текущий момент производится адаптация решения к работе с системами ЧПУ NCT201 (NCT, Венгрия), АксиОМА Контрол (МГТУ «СТАНКИН», Россия), а также сервоприводами IntDrive (Bosch Rexroth) и DS (NCT, Венгрия) и получение с них диагностических данных [7].

Помимо работы с стандартным оборудованием для получения диагностической информации о работе технологической единицы имеется возможность подключения датчиков различных типов, взаимодействие с которыми может осуществляться с помощью устройств удаленного ввода/вывода (использование аналоговых входов).

Таким образом, можно расширять область диагностируемого оборудования и получать более широкую и достоверную информацию о работе технологических единиц и в целом цеха/предприятия.

Во время проведения тестовых испытаний было обнаружено, что количество используемых программных элементов, которые привязываются к структурам технологических объектов, могут достигать достаточного большого количества (реализация связи с участком из 5 фрезерных станков составила около 2000 компонентов в программной среде). Опрос такого количества элементов (на левом графике представлено 100 элементов, на правом — 1500 элементов) занимает около 2 с (рис. 4).

С учетом того, что в одной информационной линии может находиться более 15 единиц оборудования, суммарное количество опрашиваемых технологических объектов, спроецированных на программу управления, может составлять более 10 тысяч единиц.

Для увеличения быстродействия вместо метода запроса по типу «полинга» (один запрос — один ответ) используется метод асинхронных посылок с максимальным заполнением пакета данных. Для линии из 5 станков среднее время получения данных со всех узлов при новом подходе сократилось до 50 мс, а для еще большего количества технологических единиц в линии это время можно удержать в преде-

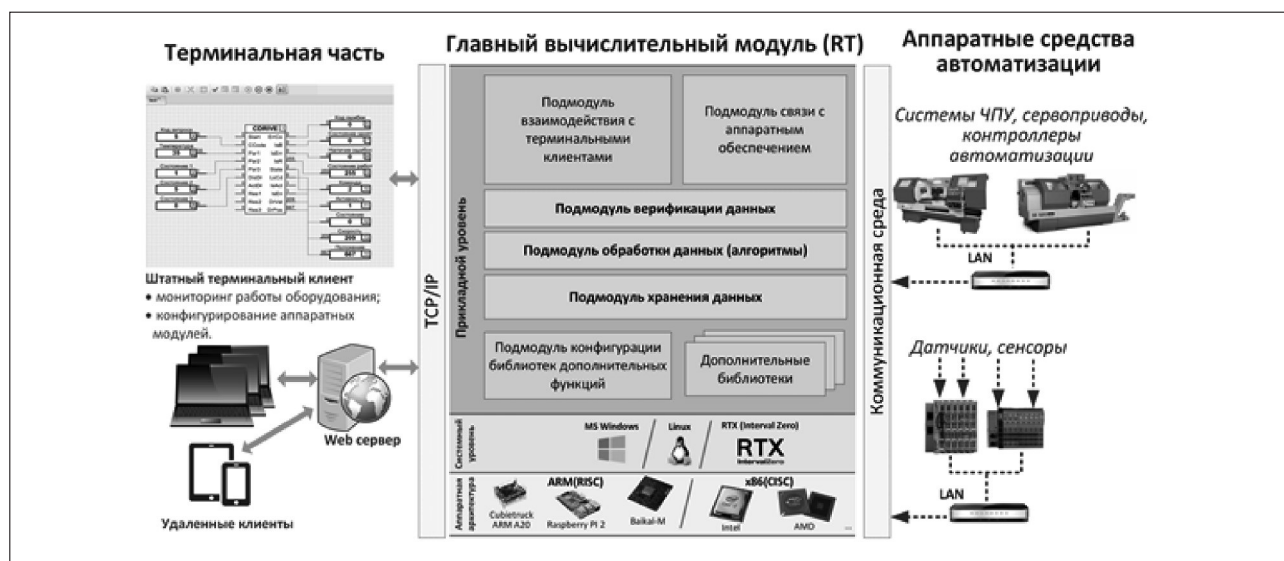


Рис. 3. Архитектура построения основных модулей предлагаемого решения

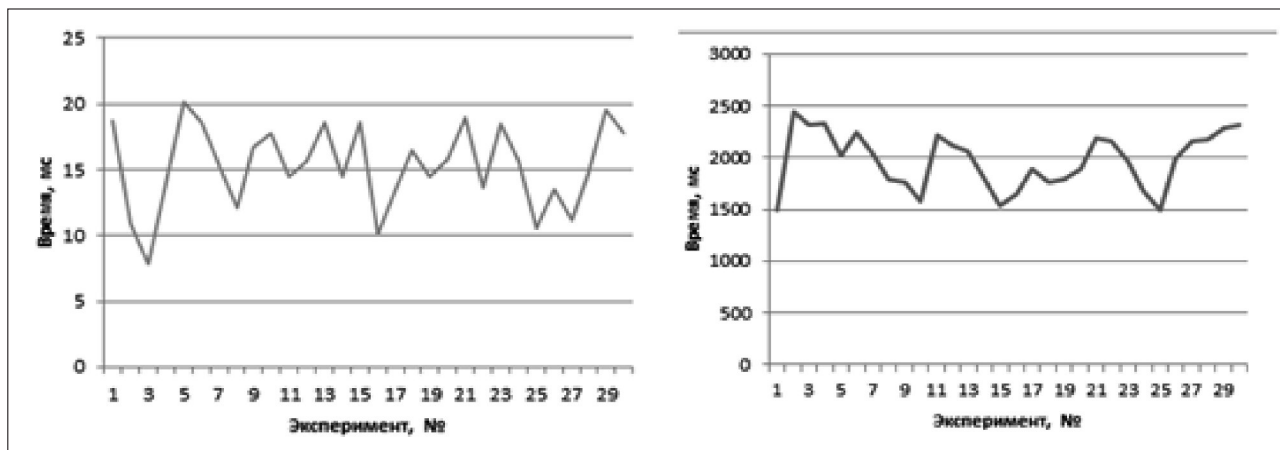


Рис. 4. Тестовые испытания опроса элементов устройств в сети

лах 100 мс за счет асинхронных посылок только от тех устройств, которые изменили свое состояние.

То есть программное обеспечение способно функционировать в нескольких различных операционных системах или на разных аппаратных платформах, что определяет его кроссплатформенность. В данном случае это и на системном уровне, и на аппаратном уровне позволяет использовать различную базу построения программного обеспечения и встраивать его в различные, в том числе уже функционирующие системы.

На системном уровне, за счет использования кроссплатформенных библиотек, мьютексов, таймеров, функций-оберток и механизмов разделяемой памяти, создана возможность работать с различными операционными системами семейства Windows и ОС на базе Linux[8].

Кроссплатформенность на системном уровне позволяет производить портирование модуля на различные аппаратные платформы. На данном этапе реализована возможность работы главного модуля на процессорах различной архитектуры: x86 (Intel, AMD) или ARM, включая отечественные решения (Эльбрус 4С, Байкал-Т, М). Это позволяет использовать модуль как на персональных компьютерах, так и на одноплатных компьютерах, и строить независимые компактные устройства для автоматизации технологических процессов с возможностью удаленного управления и доступа к данным, что является важным фактором при построении «умных» производств [9].

Практическая реализация и использование представленного решения на промышленных предприятиях позволят получить новый способ сбора и обработки информации с линии станков и другого технологического оборудования с использованием отечественных аппаратных и программных компонентов [10].

## Выводы

1. При выбранном подходе возможно решать следующие задачи:

- объединение разнородного оборудования в единое информационное пространство;
- мониторинг состояния работы оборудования;
- сбор информации о производительности оборудования и оператора;
- оперативное реагирование на внештатные ситуации;
- прогнозирование возможных аварийных ситуаций;
- возможность передачи информации о производстве на верхние уровни предприятия в соответствии с концепцией развития «Индустрия 4.0»;
- минимизация времени простоя оборудования.

2. Реализация принципов кроссплатформенности в решении позволяет снизить, а в будущем и вовсе исключить зависимость от компонентов иностранного производства, что обеспечит технологическую и информационную безопасность отечественных предприятий.

## Библиографический список

1. Григорьев С.Н., Мартинов Г.М. Система ЧПУ: современные вызовы, информационная и технологическая безопасность // Автоматизация в промышленности. 2016. № 5. С. 3—5.
2. Козак Н.В., Абдуллаев Р.А., Ковалев И.А., Червонова Н.Ю. Реализация логической задачи ЧПУ и задачи производственной безопасности на основе внешних вычислительных модулей Soft PLC // Автоматизация в промышленности. 2016. № 5. С. 28—30.
3. Grigoriev S.N., Martinov G.M. An ARM-based Multi-channel CNC Solution for Multi-tasking Turning and Milling Machines // Procedia CIRP. 2016. Vol. 46. P. 525—528.

4. **Никищечкин А.П., Пушков Р.Л., Никич А.Н.** Теоретические аспекты разработки программного комплекса для автоматизированной установки операционной системы реального времени «АxiOMA RTOS» // Вестник МГТУ «Станкин». 2016. № 3.С. 78—81.

5. **Martinov G.M., Grigoryev A.S, Nikishechkin P.A.** Real-Time Diagnosis and Forecasting Algorithms of the Tool Wear in the CNC Systems // Advances in Swarm and Computational Intelligence. 2015. Vol. 9142. P. 115—126.

6. **Martinov G.M., Lyubimov A.B., Bondarenko A.I., Sorokoumov A.E.** An Approach to Building a Multiprotocol CNC System // Automation and Remote Control. 2015. Vol. 76. P. 172—178.

7. **Мартинов Г.М., Никищечкин П.А., Григорьев А.С., Червоннова Н.Ю.** Организация взаимодействия основных компонентов в системе ЧПУ «АксиОМА Контрол»

для интеграции в нее новых технологий и решений // Автоматизация в промышленности. 2015. № 5. С. 10—15.

8. **Ковалев И.А., Соколов С.В., Мартинова Л.И., Рыбников С.В.** Построение специализированной системы ЧПУ для резьбошлифовальных станков // Автоматизация в промышленности. 2015. № 5. С. 38—40.

9. **Григорьев С.Н., Мартинов Г.М.** Проблемы, тенденции и перспективы развития систем числового программного управления технологических систем и комплексов // Автоматизация в промышленности. 2013. № 5. С. 4—7.

10. **Козак Н.В., Пушков Р.Л., Евстафиева С.В.** Реализация задач управления электроавтоматикой на основе внешних вычислительных модулей Soft PLC в системе ЧПУ «АксиОМА Контрол» // Промышленные АСУ и контроллеры. 2016. № 7. С. 3—9.

**Никищечкин Петр Анатольевич** — канд. техн. наук, доцент кафедры компьютерных систем управления (КСУ) МГТУ «СТАНКИН».

Тел.: 8(915)105-62-48. E-mail: pnikishechkin@gmail.com

**Григорьев Антон Сергеевич** - канд. техн. наук, младший научный сотрудник кафедры КСУ МГТУ «СТАНКИН».

Тел.: 8(499) 972-94-40. E-mail: grigorievanton@mail.ru

**Ковалев Илья Александрович** — старший преподаватель кафедры КСУ МГТУ «СТАНКИН».

Тел.: 8(499)-972-94-40 E-mail: ilkovalev@mail.ru

**Никич Анатолий Николаевич** — магистрант Института автоматизации и робототехники МГТУ «СТАНКИН».

Тел.: 8(916) 064-00-76. E-mail: n\_nikich@me.com

**Nikishechkin Petr Anatolyevich** — Candidate of Engineering Sciences, Associate professor of the sub-department «Computer systems of control» (CSC) of MSTU «STANKIN».

Tel.: +7(915) 105-62-48. E-mail: pnikishechkin@gmail.com

**Grigoryev Anton Sergeevich** — Candidate of Engineering Sciences, junior researcher of the sub-department «CSC» of MSTU «STANKIN».

Tel.: +7(499) 972-94-40. E-mail: grigorievanton@mail.ru

**Kovalev Ilya Alexandrovich** — Senior lecturer of the sub-department of «CSC» of MSTU «STANKIN».

Tel.: +7(499) 972-94-40. E-mail: ilkovalev@mail.ru

**Nikich Anatoliy Nikolaevich** — master student of the Institute of Automation and Robotics of MSTU «STANKIN».

Tel.: +7(916) 064-00-76. E-mail: n\_nikich@me.com