

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гнучая, С.В. Развитие инженерного мышления учащихся в системе профориентационной работы и технологического обучения / С.В. Гнучая, Н.Г. Минахметова // ВЕСТНИК «ОРЛЕУ». – КСТ. – 2017. – № 4 (18). – С. 55–58.
2. Мангутов, С.И. Инженер: Социально-экономический очерк / С.И. Мангутов. – Москва: Советская Россия, 1973. – 221 с.
3. Надеева, О.Г. Исследование информированности старшеклассников о профессиональных требованиях к инженерно-техническим работникам // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 6. – С. 77–82.
4. Анисимова, Т.И, Шатунова О.В. Технологии и модели развития инженерного образования в рамках профориентационной работы школы и вуза // Инженерное образование. – 2017. – № 21. – С. 175–180.
5. Байнева, И.И. Роль инженерных классов в современной системе технического образования // Учебный эксперимент в образовании. – 2017. – № 4 (84). – С. 20–29.
6. Траськин, С.С., Траськина, Е.Е. Организация современной развивающей образовательной среды в инженерных классах // Моделирование и конструирование в образовательной среде: Материалы III Всероссийской (с международным участием) научно-практической, методологической конференции для научно-педагогического сообщества (г. Москва, 18 апреля 2018). – М., 2018. – С. 46–55

УДК 62-50:004.057.8

### **АРХИТЕКТУРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СЧПУ «АКСИОМАКОНТРОЛЬ» И ЕЁ ИНТЕГРАЦИЯ В ЕДИНУЮ ИНФОРМАЦИОННУЮ СРЕДУ ПРЕДПРИЯТИЯ THE ARCHITECTURE OF THE MULTIFUNCTIONAL CONTROL SYSTEM "AXIOMACONTROL" AND ITS INTEGRATION INTO A FACILITY INFORMATIONAL ENVIRONMENT**

Мartiнова Л.И., к.т.н., доцент кафедры технологии машиностроения  
Пушков Р.Л., к.т.н., доцент кафедры компьютерных систем управления  
ФГБОУ ВО «МГТУ «Станкин», г. Москва, pushkov@ncsystems.ru  
Martinoва Liliya Ivanovna, ph.D., docent of the engineering technology chair  
Pushkov Roman L'vovich, ph.D., docent of the computer control systems chair  
FGBOU VO "MSUT "Stankin", pushkov@ncsystems.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрены архитектура системы числового программного управления «АксиОМАКонтроль», ее многовариантность компоновки, особенности кроссплатформенной реализации ядра системы и структуру интеграции в информационную среду предприятия. Исследованы процессы управления технологическим оборудованием, робототехническими и мехатронными производственными комплексами и определена пятиуровневая структура управления с учетом сетевой организации производства. Построена обобщенная архитектура системы сбора и обработки данных. Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках Соглашения № 22-29-01325.

**Ключевые слова:** система ЧПУ, сбор данных, кроссплатформенность, информационная среда, технологическое оборудование.

**Key words:** CNC system, data collection, cross-platform, informational environment, technological equipment.

**Введение.** В условиях ограниченного доступа к оборудованию и комплектующим наиболее важной задачей является создание отечественной системы числового про-

граммного управления машиностроительным оборудованием, не уступающей зарубежным аналогам, а в некоторых аспектах и превосходящей их. Такая система должна быть конфигурируемой, модульной, открытой и многофункциональной, что позволит использовать ее для управления широкой гаммой оборудования различной сложности, а также интегрировать ее в информационную систему предприятия наравне с системами числового программного управления других производителей.

**Основная часть.** Система ЧПУ «АксиОМАКонтрол» имеет открытую модульную архитектуру и поддерживает многовариантность компоновки, при которой в ядре системы ЧПУ на уровне модулей встроена поддержка взаимодействия с оборудованием при помощи различных современных промышленных протоколов [1].

Второй ключевой особенностью является кроссплатформенность ядра системы ЧПУ, что выражается в возможности работы ядра на вычислительных комплексах на базе таких архитектур как x86, x86-64, arm, aarch64, e2k. Ядро построено на базе ОС GNU/Linux [2].

Современные предприятия имеют построенную информационную среду, «пронизывающую» предприятие от уровня отдельной единицы оборудования до управления цехами и предприятием в целом [3].

Для интеграции СЧПУ в единую информационную среду предприятия предлагается построение системы сбора и обработки данных, позволяет собирать информацию с различного вида технологического оборудования, такого как СЧПУ, контроллеры автоматизации, робототехнические комплексы, которые передают информацию по разным протоколам связи. В дальнейшем данная информация передается на верхний уровень через Web-сервер в различные системы. В структуре системы выделяется пять уровней (рис. 1).

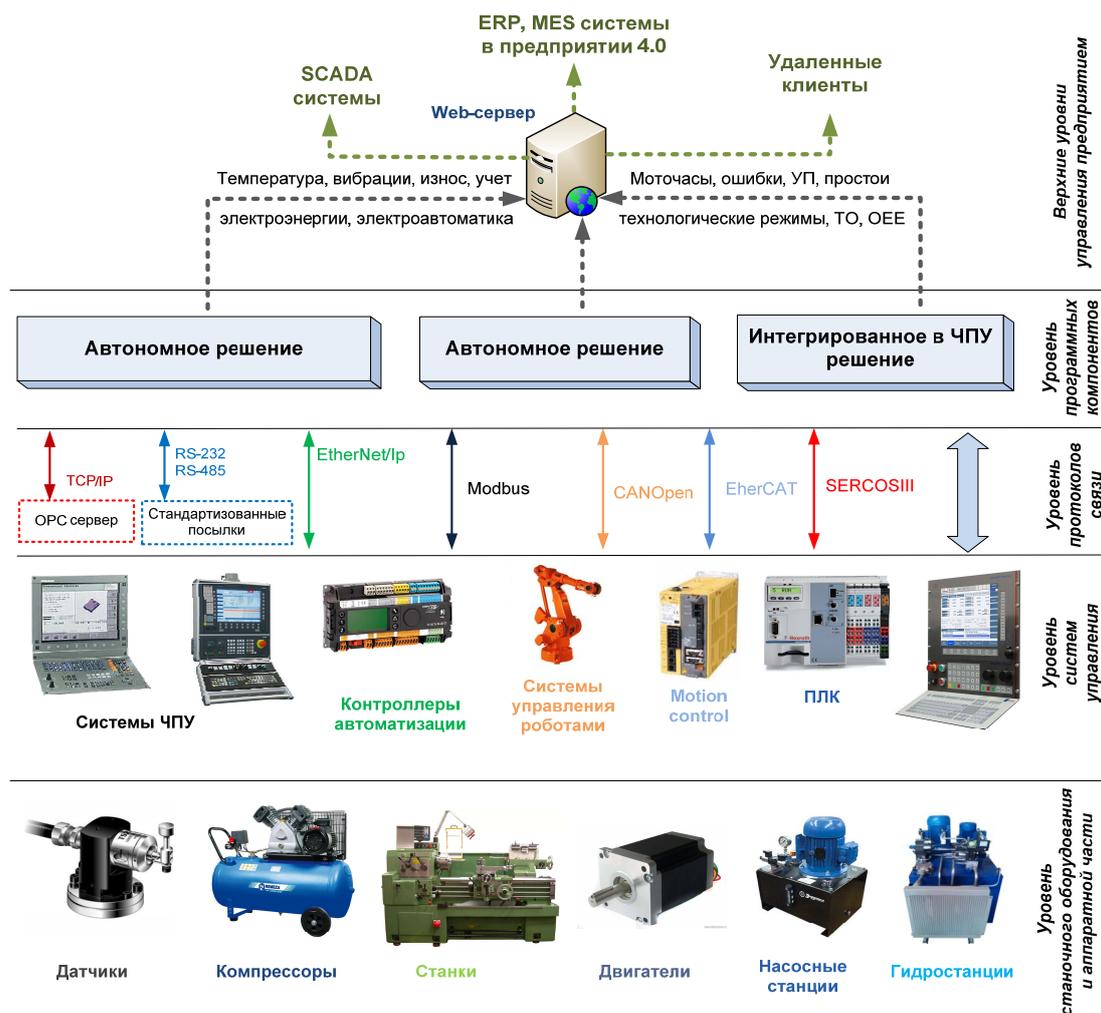


Рис. 1. Обобщенная архитектура системы сбора и обработки данных

Выбор методов сбора данных зависит от размеров производства, количества технологических комплексов и отдельных единиц оборудования.

Система сбора и обработки данных взаимодействует с OPC-сервером как OPC-клиент, поддерживает протокол обмена данными MQTT, поскольку имеет реализацию MQTT-брокера, и имеет собственный встроенный API для работы с различными библиотеками.

В случае, когда количество единиц обслуживаемого оборудования невелико, целесообразно использование систем сбора данных на основе протокола OPC UA и готовых OPC-клиентов, таких как UAExpert, позволяющих осуществлять мониторинг текущего состояния оборудования [4–6], просматривать исторические данные и сохранять полученную информацию в файлах формата txt и csv.

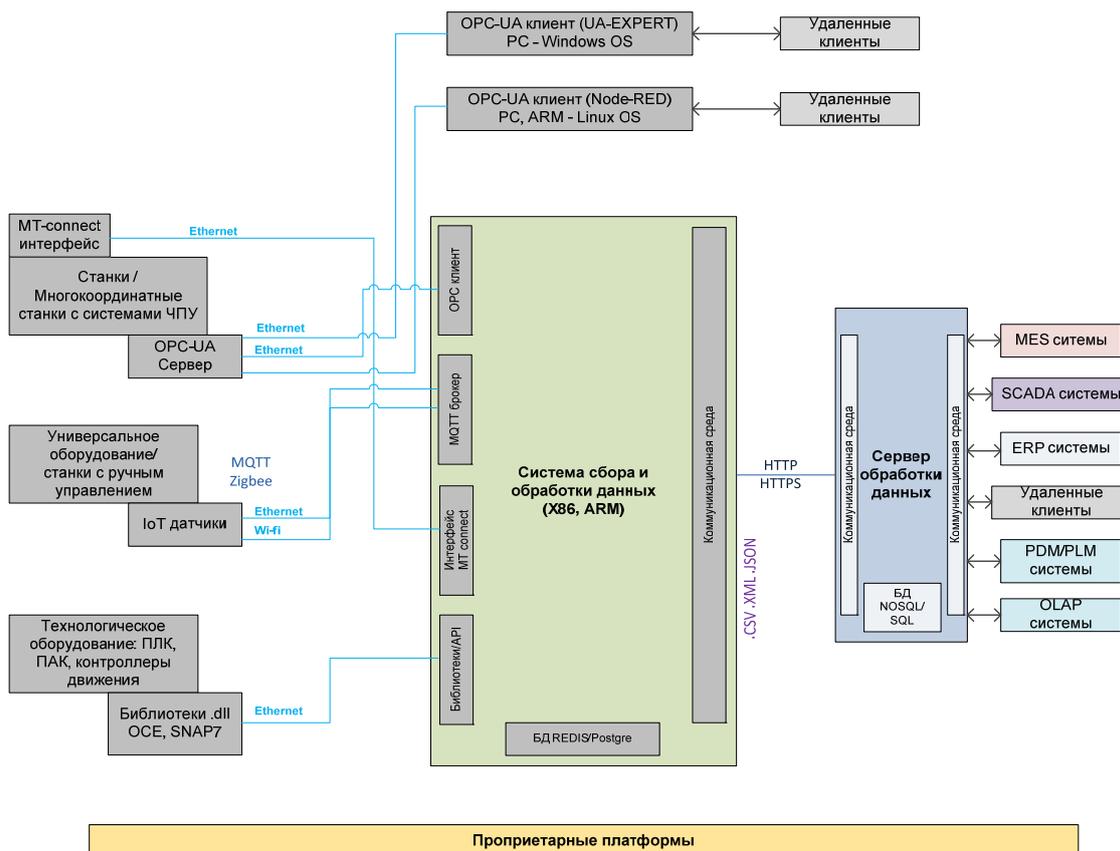


Рис. 2. Методы сбора и обработки данных с технологического оборудования

**Заключение.** Кроссплатформенное ядро, многовариантная модульная компоновка, интеграция в единую информационную среду предприятия позволяют существенно снизить зависимость от конкретной номенклатуры комплектующих, так как нет необходимости обеспечивать подбор комплектующих, совместимых с каким-то одним протоколом взаимодействия или такой же архитектуры процессора [7].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мартинов, Г.М. Система ЧПУ «АксиОМАКонтрол»: перспективы развития в поле мировых трендов // Вестник МГТУ «Станкин». – 2018. – № 1. – С. 106–110.
2. Никишечкин 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.

3. Мартинов, Г.М. Цифровые производственные технологии согласно концепции Industry 4.0 // Автоматизация в промышленности. – 2019. – № 5. – С. 3–5.
4. Мартинов Г.М., Захаров А.С. Специфика реализации исторических данных в OPC UA сервере для системы ЧПУ // Автоматизация в промышленности. – 2022. № 5. С. 11-13.
5. Pushkov R., Martinova L. and Evstafieva S. Extending functionality of the control system using MTConnect data collection standard. ICMTMTE 2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 971 (2020) 042080. doi: 10.1088/1757-899X/971/4/042080.
6. Никищечкин П.А., Аль Хури А., Исса А., Червонова Н.Ю. Использование протокола OPC UA для мониторинга работы технологического оборудования, управляемого с помощью программно-реализованного контроллера // Автоматизация в промышленности. – 2020. – № 5. – С. 37–40 DOI: 10.25728/avtprom.2020.07.09.
7. Pushkov R.L., Ljubimov A.B., Evstafieva S.V. Approach to Build a Universal Communication Protocol for Equipment of Different Manufacturers. Lecture Notes in Electrical Engineering, 2021, 729 LNEE, стр. 832–841 doi:10.1007/978-3-030-71119-1\_81.

УДК 621.9.011:517.962.1

**3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И МКЭ-ОЦЕНКА СИСТЕМЫ  
СЛОЙ-КОНВЕРТОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ЛЕГКОГО  
5-КООРДИНАТНОГО СТАНКА  
3D-MODELLING AND FEA OF STRATIFIED ENVELOPE SYSTEM  
FOR LIGHT 5-AXIS MACHINE TOOL REINFORCEMENT**

Довнар С.С., к.т.н., доц.,

Яцкевич О.К., к.т.н.,

Макаренко К.Д., студ. 4-го курса,

Гринкевич А.Г., студ. 4-го курса,

Хруцкая Т.А., студ. 4-го курса,

Белорусский национальный технический университет, Минск, dovnar@bntu.by  
Dounar Stanislau, PhD, docent, Yatskevich Olga, PhD, Makarenko Kirill, 4-year student,  
Hrynkevich Anhelina, 4-year student, Khrutskaya Tatsiana, 4-year student, Belarusian  
National Technical University, Minsk, dovnar@bntu.by

**Аннотация:** Путем 3D-моделирования и МКЭ-расчетов развита концепция наружного усиления станка системой конвертов из полимербетона. В состав конверт-матрешки предлагается включать слои льда для сочетания термостабилизации и жесткости.

**Ключевые слова:** конверт, бетон, лед, матрешка, станок

**Введение.** Пяти-осевые станки с ЧПУ важны для сложноформенной обработки в современном машиностроении [1]. На рис. 1, *a* представлена компоновка передового станка ОАО «СтанкоГомель». Станок эффективен для чистового фрезерования и токарно-фрезерных работ. Однако, виртуальные испытания с помощью метода конечных элементов (МКЭ) [2] показали, что машина нуждается в усилении несущей системы (НС; рис. 1, *a*) при интенсивном резании [3]. Начальным решением может быть заполнение структурных деталей полимербетоном (рис. 1, *b*) [4]. Следующий шаг – замена чугунного литья на полимербетонные массивы. Данная работа обсуждает ещё более дальние меры по усилению НС станка. Целью является точная и, одновременно, интенсивная обработка на станке.