

На правах рукописи

Соколов Сергей Владимирович

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И
НАСТРОЙКИ РАЗНОРОДНЫХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ
УНИФИКАЦИИ ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Специальность 05.13.06 - «Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (технические системы)»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва, 2011 г.

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО Московском государственном технологическом университете «СТАНКИН».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Мartiнов Георги Martинов

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Семиn Валерий Григорьевич

кандидат технических наук
Разумовский Алексей Игоревич

Ведущее предприятие: ОАО «Экспериментальный научно-исследовательский институт металлорежущих станков» («ЭНИМС»)

Защита состоится «20» декабря 2011 г. в 15³⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.142.03 при ФГБОУ ВПО Московском государственном технологическом университете «СТАНКИН» по адресу: 127055, Москва, Вадковский переулок, д. 3а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО Московского государственного технологического университета «СТАНКИН».

Автореферат разослан «19» ноября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доц.



Семячкова Е.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современный этап развития машиностроительных производств характеризуется широким применением решений комплексной автоматизации. Подобные решения зачастую строятся на базе использования мехатронного оборудования различных производителей, которое, с одной стороны, хорошо подходит для решения поставленных задач, но, с другой стороны, порождает проблему интеграции данных разнородных систем в рамках единого информационного окружения предприятия.

Построение системы мониторинга и настройки параметров мехатронного оборудования для представления множества числовых параметров мехатронной системы в удобной для оператора форме – важный аспект в задаче обеспечения качественного выполнения технологического процесса и снижения времени наладки и ввода оборудования в эксплуатацию.

Анализ подсистем мониторинга и настройки параметров в системах управления мехатронным оборудованием ведущих мировых разработчиков (Siemens, Bosch Rexroth, KUKA, 3S и др.) выявил следующие проблемы их функциональных возможностях, решаемых задачах и в степени открытости решений:

- отсутствует единый подход к систематизации прикладных компонентов систем мониторинга и настройки параметров, что усложняет анализ, проектирование и разработку программных компонентов для расширения её возможностей;
- отсутствует единый подход к интеграции функциональных компонентов различных производителей в состав системы мониторинга и настройки параметров;
- современные системы мониторинга и настройки не предоставляют возможности гибкого конфигурирования набора программных

компонентов для создания проблемно-ориентированных решений и настройки под задачи конкретного пользователя.

В результате исследования было определено, что наиболее перспективным является способ построения системы мониторинга и настройки параметров в виде открытой модульной системы на основе интеграции специализированных программных компонентов как собственной разработки, так и сторонних производителей.

Таким образом, тема диссертации, направленная на расширение возможностей мониторинга и настройки систем числового программного управления мехатронными устройствами, является актуальной.

Цель работы: повышение эффективности процесса разработки систем ЧПУ посредством создания единого инструментария мониторинга и настройки параметров разнородного мехатронного оборудования.

Задачи исследования. Для достижения цели в работе были поставлены следующие задачи:

- проанализировать существующие решения в области мониторинга и настройки параметров мехатронных устройств;
- классифицировать способы представления данных и выявить существующие взаимосвязи в системах мониторинга и настройки параметров;
- разработать обобщенную архитектурную модель и метод построения инструментария мониторинга и настройки параметров разнородных мехатронных систем;
- создать на базе разработанного метода инструментарий мониторинга и настройки параметров для системы управления роботом и числового программного управления станком.

Методы исследования. Теоретические исследования в работе базировались на методах системного анализа, объектно-ориентированного проектирования (декомпозиции, абстракции, иерархии), концепции объектно-ориентированного программирования. Использовались

теоретические основы технологий .NET, DCOM (Distributed Component Object Model), автоматизация OLE (Object Linking and Embedding), стандарт OPC (OLE for Process Control), язык описания разметки XML (eXtensible Markup Language).

Научная новизна. В диссертационной работе получены следующие научные результаты:

- 1) выявлены взаимосвязи между параметрами процессов мониторинга и настройки, позволившие выдвинуть единый подход к решению задач мониторинга и настройки разнородных мехатронных систем;
- 2) разработана архитектурная модель инструментария для мониторинга и настройки параметров разнородных мехатронных систем на основе выделения общих программных компонентов и спецификации интерфейсов взаимодействия между ними;
- 3) предложен метод построения инструментария для мониторинга и настройки параметров, позволяющий формализовать процесс разработки программного обеспечения, выявить набор необходимых компонентов и организовать их взаимодействие в единой программной среде системы управления;
- 4) разработан язык описания отображения для графической визуализации параметров, позволяющий представлять параметры функционирования мехатронной системы в понятном оператору графическом виде.

Практическая значимость работы заключается в:

- разработанной методике создания инструментария мониторинга и настройки параметров на основе обобщенной архитектурной модели и принципов интеграции компонентов сторонних производителей, позволяющей синтезировать проблемно-ориентированные прикладные приложения;
- разработанных программных модулях графической визуализации параметров и подсистеме вычислений с открытой модульной

архитектурой, повышающих эффективность процесса разработки и сокращающих время выпуска программного продукта на рынок.

Апробация работы. Теоретические и практические результаты, полученные автором, докладывались на заседаниях кафедры «Компьютерные системы управления» ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», семинарах Научно-образовательного центра в области компьютерного моделирования и управления технологическими системами, созданного ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН» совместно с Институтом проблем управления РАН, а также на международных научно-технических конференциях «Информационные средства и технологии» (2008 и 2010 гг.), международной конференции «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2009 и 2010 гг.) и международной научно-технической конференции «Автоматизация: проблемы, идеи, решения» (2010 г.).

Разработанный инструментарий мониторинга и настройки для системы управления промышленным роботом серии «ТУР» и системы ЧПУ «АxiOMA Ctrl» используется в учебном процессе по дисциплинам «Мехатронные системы» и «Распределенный мониторинг в корпоративных системах» на кафедре «Компьютерные системы управления» ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН».

Практические разработки по данной теме отмечены дипломами 10-й и 11-й международных специализированных выставок Передовые Технологии Автоматизации «ПТА-2010» и «ПТА-2011», золотой медалью XIV Московского Международного Салона Изобретений и Инновационных технологий «АРХИМЕД-2011».

Реализация результатов работы. Результаты работы использованы при создании систем управления мехатронными объектами по темам: «Разработка и освоение производства гаммы отечественных универсальных технологических роботов для массовых автоматизированных производств гражданской машиностроительной продукции» (госконтракт

7410.0810000.05.V08 от 11.12.2007) и «Создание многофункционального интеллектуального контроллера движения с открытой архитектурой для управления технологическим оборудованием» (г/б НИР 10-52/р, госконтракт № П926 от 20.08.2009 г.).

На основе результатов работы созданы 5 объектов интеллектуальной собственности в виде свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 научных статей (из них 3 в журналах, рекомендованных ВАК), включая тезисы докладов, опубликованных в рамках международных и региональных научно-технических конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы из 70 наименований. Основная часть работы изложена на 135 страницах машинописного текста, содержит 56 рисунков, 15 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы, отмечена ее научная новизна и практическая ценность.

В первой главе выявлены и систематизированы требования к потребительским свойствам приложений мониторинга и настройки параметров в системах управления мехатронным оборудованием, к их структуре и набору используемых технологий, которые обусловлены увеличением степени автоматизации процессов производств, ростом функциональных возможностей мехатронных устройств и растущими потребностями в контроле, надёжности и точности управляемого процесса при использовании оборудования различных производителей.

На основе научных трудов Соломенцева Ю.М., Сосонкина В.Л., Мартинова Г.М., Подураева Ю.В. и других специалистов в области разработки программного обеспечения систем управления и

информационных систем в промышленности проведен анализ решений в области мониторинга и настройки параметров в современных системах управления мехатронным оборудованием с позиции предъявляемых к ним требований.

Исторически сложилось, что процессы мониторинга и настройки параметров мехатронного оборудования рассматривались как независимые виды производственной деятельности, и для них разрабатывались отдельные программные продукты. В ходе исследования выявлено, что процесс настройки параметров мехатронной системы является итеративным и тесно связан с данными, получаемыми от системы мониторинга. Система мониторинга выступает в процессе настройки обратной связью, позволяющей оценивать процессы, происходящие в мехатронной системе, и корректировать параметры настройки вплоть до достижения необходимых технических характеристик.

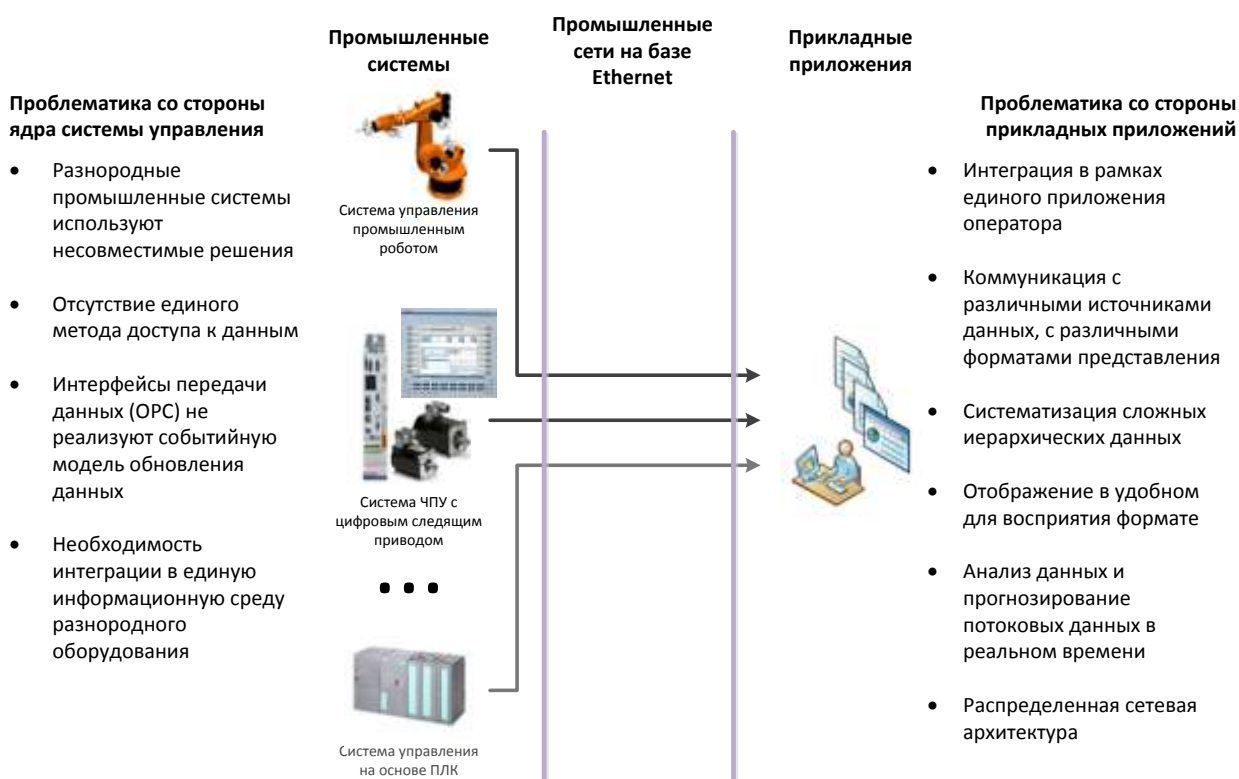


Рис. 1 Проблема реализации задач мониторинга и настройки параметров в промышленных системах

В результате проведенного анализа выявлены две группы проблем, не решенных в данный момент: первая находится на стороне ядра системы управления, вторая – на стороне прикладных приложений мониторинга и настройки.

Вследствие отсутствия стандарта каждый производитель создает собственные системы мониторинга и настройки параметров для конкретного типа мехатронного оборудования. Эти системы тесно интегрированы с программным комплексом производителя и не обладают автономностью и переносимостью для работы с мехатронным оборудованием других производителей.

Независимо от существующих тенденций и способа реализации, к системам мониторинга и настройки параметров предъявляют вполне определенный набор требований:

- открытость для использования с системами управления мехатронным оборудованием сторонних производителей;
- возможность работы со стандартными промышленными шинами для передачи данных (Profibus, CANopen, ProfiNet, DeviceNet и др.);
- возможность распределенного функционирования в составе комплексного решения автоматизации.

При всем многообразии предлагаемых на рынке решений в области систем мониторинга и настройки параметров они располагают ограниченной открытостью, что вызывает затруднения при их выборе и не позволяют четко обрисовать возможности, которые предлагает то или иное решение. Этим объясняется тот факт, что потребители чаще всего используют только базовые возможности оборудования, а дорогостоящие функциональности остаются незадействованными.

В процессе исследования выявлено, что использование единого метода для построения инструментария мониторинга и настройки разнородных мехатронных систем на основе унификации программных компонентов

имеет ряд преимуществ для разработчиков и конечных пользователей, а именно:

- необходимый набор компонентов и реализуемые ими задачи определяются на ранней стадии проектирования, что позволяет распараллелить процесс разработки и повторно использовать имеющиеся решения;
- снижаются затраты и сокращается время разработки и выпуска продукции на рынок за счет возможности повторного использования унифицированных программных компонентов;
- задача мониторинга и настройки параметров для разнородных систем управления мехатронным оборудованием решается в рамках единого исполняемого окружения.

На основе проведенного анализа и выявленных проблем поставлена цель и сформулированы задачи исследования.

Во второй главе произведена классификация функциональных возможностей и решаемых задач в системах мониторинга и настройки параметров и выявлены существующие между ними взаимосвязи.

Выделены четыре уровня бизнес-логики в структуре системы мониторинга и настройки параметров:

- уровень доступа к данным – отвечает за взаимодействие с разнородными мехатронными устройствами и маскирует специфику работы с ними;
- уровень передачи данных – отвечает за передачу данных и команд;
- уровень представления и хранения данных – отвечает за хранение данных мониторинга и настройки в терминальной части системы и предоставляет интерфейсы для доступа к данным;
- уровень визуализации – отвечает за формирование компонентов отображения и редактирования данных.

На основе выделения основных задач, решаемых в рамках системы мониторинга и настройки параметров, построена матрица формирования характеристик и функциональности компонентов (рис. 2), которая позволяет:

- на этапе разработки программного обеспечения формировать функциональные требования к компонентам на каждом уровне бизнес-логики системы мониторинга и настройки;
- определять набор компонентов визуализации данных для решения поставленной задачи мониторинга и настройки;
- определять набор протоколов, которые необходимо реализовать;
- анализировать набор имеющихся компонентов сторонних производителей и выработать стратегию их интеграции.

		Отображение структуры параметров объекта		Установка значения параметров	Получение значения параметров	Комплексное отображение данных о системе управления	Анализ данных		Временная развертка значения параметров	
Визуализация данных		Компоненты иерархического отображения параметров		Редакторы параметров различного типа	Компоненты визуального отображения данных	Язык описания отображения, компоненты графической визуализации	Механизм вычислений	Компоненты конфигурирования вычислений	Цифровой осциллограф системы управления	
Представление и хранение данных		Формат представления структуры параметров	Хранение данных о структуре параметров	Формирование команды установки значения	Протокол передачи данных, синхронные, асинхронные запросы, подписка на изменение параметров	Распаковка пакетов, обновление данных внутреннего представления		Структура хранения результата	Структура хранения результатов измерения	
Передача данных			Передача данных	Передача данных			Передача данных			
Доступ к данным	Первичная обработка	Компоновка данных о структуре параметров	Формат команды установки значения	Проверка типа, права доступа, способ активации	Управление считыванием данных, формирование пакетов данных для отправки			Управление, накопление и отправка		
	Сбор	Считывание структуры параметров		Запись значения	Чтение текущих значений					

Рис. 2 Матрица формирования характеристик и функциональностей компонентов

Анализ матрицы формирования характеристик и функциональностей компонентов показывает, что решение различных задач мониторинга и настройки требует реализации сходных функциональностей на разных уровнях бизнес-логики, что определяет базис для построения унифицированной системы мониторинга и настройки для разнородных систем управления мехатронным оборудованием.

В третьей главе разработана обобщенная архитектурная модель и предложен метод построения инструментария мониторинга и настройки параметров разнородных мехатронных систем.

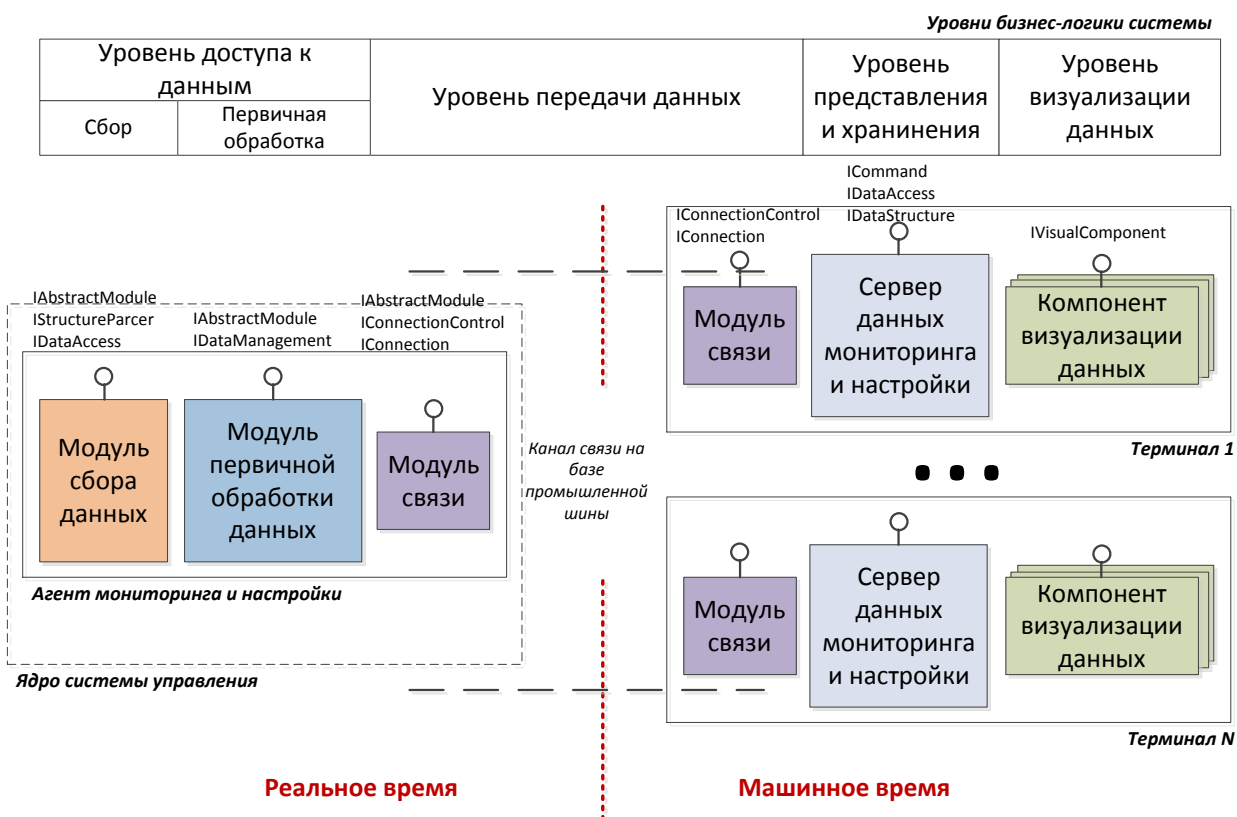


Рис. 3 Обобщенная архитектурная модель системы мониторинга и настройки параметров с выделенными компонентами и интерфейсами связи

По причине разделения систем управления на ядро и терминальную часть, в системе мониторинга и настройки выделен агент мониторинга и настройки, работающий в реальном времени, и терминальная часть, работающая в машинном времени (рис. 3).

Основной функцией агента мониторинга и настройки является взаимодействие с источниками данных (мехатронными устройствами) и первичная обработка получаемой информации. После первичной обработки (фильтрации, отслеживания изменения значения, накопления группы значений) параметры должны быть переданы в терминальную часть мониторинга и настройки через доступный канал связи.

Терминальная часть системы мониторинга и настройки подключается через доступный канал связи к одному или нескольким агентам мониторинга

и настройки и предоставляет клиентскому приложению сервисы по чтению и записи значений параметров.

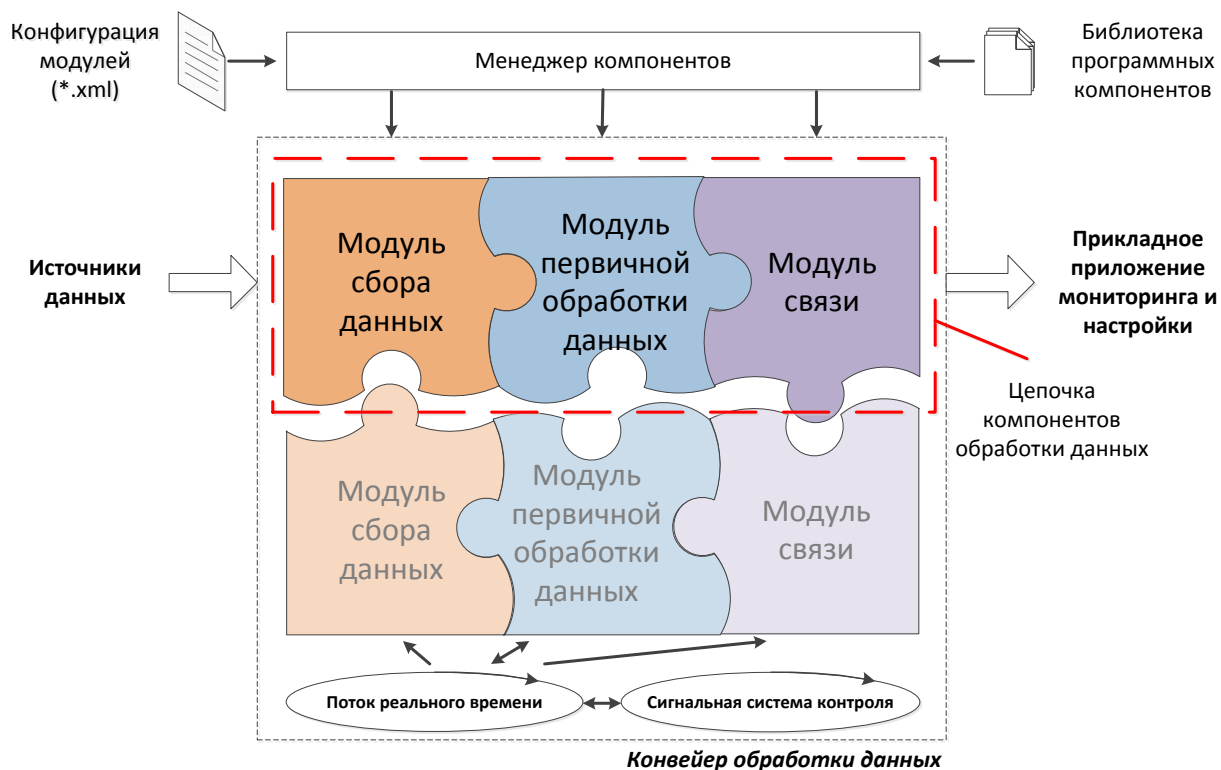


Рис. 4 Компонентная структура агента мониторинга и настройки параметров

В результате систематизации выполняемых функции, агент мониторинга и настройки предлагается архитектурно выполнить в виде конвейера обработки данных, состоящего из трех компонентов с едиными специфицированными интерфейсами.

Первый из этих компонентов – *компонент сбора данных* – инкапсулирует в себе специфику взаимодействия с источниками данных внутри ядра системы управления. Компонент сбора данных создается специфичным для каждого типа устройств. Он «знает», где находятся нужные данные, реализует специфичный для данного устройства способ чтения/записи данных, умеет считывать структуру данных внутри системы.

Второй – *компонент первичной обработки данных* – служит для первичной обработки данных, получаемых от компонента сбора данных. Первичная обработка реализует набор алгоритмов, позволяющих снизить трафик по каналу связи посредством:

- отслеживания изменения значений параметров и выдачи события об изменении;
- реализации алгоритмов синхронных и асинхронных подписок на значения параметров;
- организации накопления данных для пакетной передачи при визуализации сигналов во времени (поскольку возможности передачи потоков данных с высокой дискретностью в реальном времени через канал связи ограничены).

Третий компонент – *компонент связи* – осуществляет передачу данных между агентом мониторинга и настройкой внутри ядра системы управления и терминальной частью системы. Компонент связи инкапсулирует в себе специфику передачи данных по конкретной промышленной шине.

Предусмотрена возможность создания нескольких цепочек компонентов обработки данных соответственно потребностям отслеживаемых параметров. Список компонентов в цепочках задается при помощи конфигурационного файла в формате XML, на основании которого на этапе старта системы менеджер компонентов выбирает нужные модули из библиотеки программных компонентов и выстраивает их взаимодействие в заданном порядке.

Предложенная компонентная организация внутри агента мониторинга и настройки позволяет получить ряд преимуществ. Во-первых, инкапсуляция методов работы с источниками данных в устройстве и способов передачи данных по каналу связи позволяет специфицировать единые интерфейсы взаимодействия модулей. Во-вторых, за счет стандартизации интерфейсов взаимодействия между модулями достигается взаимозаменяемость модулей одного типа и возможность гибкой конфигурации агента сбора данных в зависимости от текущих задач мониторинга и настройки. В-третьих, спецификация единого интерфейса для компонентов связи позволяет организовать поддержку передачи данных через различные промышленные шины без изменения программного кода других частей системы.

На рис. 5 представлена последовательность выполнения этапов предлагаемого метода построения инструментария мониторинга и настройки параметров.

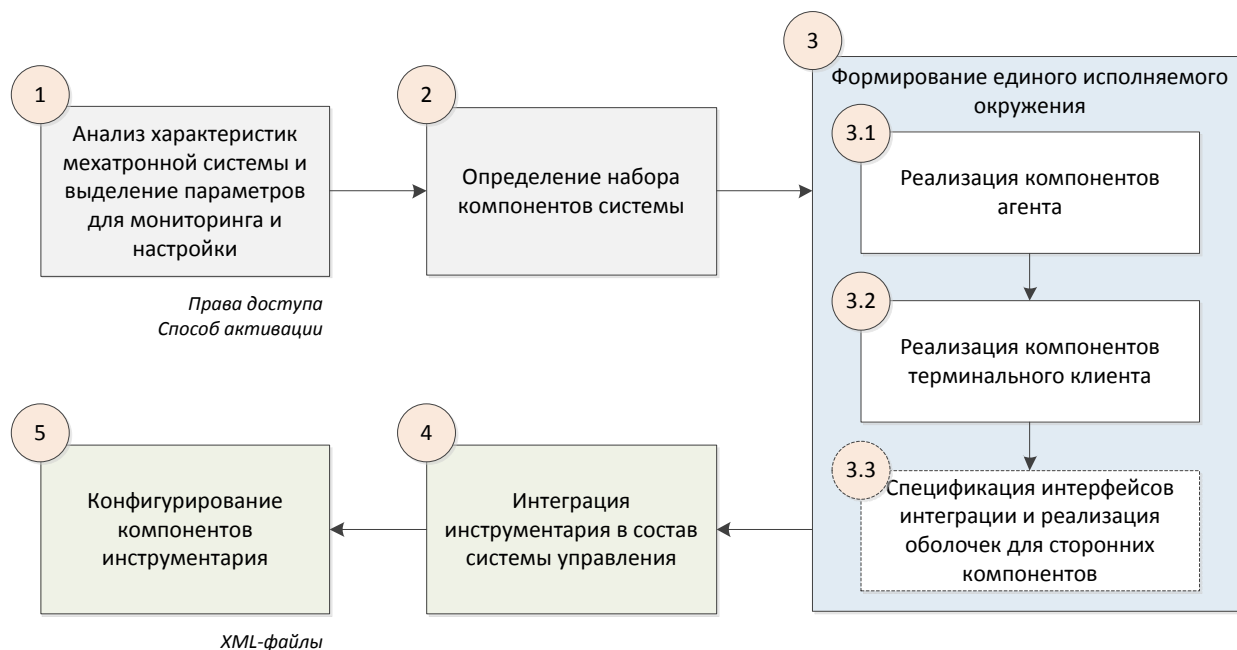


Рис. 5 Метод построения инструментария мониторинга и настройки параметров

На первом этапе проводится анализ характеристик мехатронной системы и выделение параметров для мониторинга и настройки.

На втором этапе производится определение набора компонентов системы, необходимых для выполнения поставленных задач мониторинга и настройки параметров.

На третьем этапе формируется единое исполняемое окружение. Данный этап реализуется тремя шагами:

- 1) реализация компонентов агента мониторинга и настройки параметров;
- 2) реализация компонентов терминального клиента мониторинга и настройки параметров;
- 3) спецификация интерфейсов интеграции и реализация их компонентов.

На четвертом этапе производится интеграция инструментария мониторинга и настройки параметров в состав системы управления мехатронным оборудованием.

На последнем этапе производят конфигурирование компонентов системы мониторинга и настройки.

В четвертой главе на базе полученных теоретических и практических результатов решены две прикладные задачи в области разработки инструментария мониторинга и настройки параметров.

В рамках реализации задачи мониторинга и настройки параметров в системы управления промышленным роботом серии ТУР был разработан язык описания визуального представления параметров (рис. 6). В качестве формата описания визуализации выбран язык XML, являющийся в настоящее время технологическим стандартом для описания структурированных данных. Конфигурационные файлы на языке описания XML могут быть созданы и изменены в любом текстовом редакторе или при помощи специализированных редакторов XML.

Основной структурной единицей описания визуального интерфейса является *блок* (тип Block_t). Главное окно визуализации представляет собой *блок* верхнего уровня и описывается тем же набором параметров, что и любой другой *блок*.

Блок содержит набор визуальных элементов (узел Items), в который помещаются примитивы «Окружность», «Линия», «Картинка», «Текст», «Динамический текст» и «Динамическая картинка». Также *блок* может содержать внутри себя дочерние *блоки*. Подобная нисходящая схема обеспечивает гибкость при составлении конфигураций окна визуализации. В окне могут быть расположены несколько ранее сконфигурированных *блоков*, связанные и дополненные статическими и динамическими элементами.

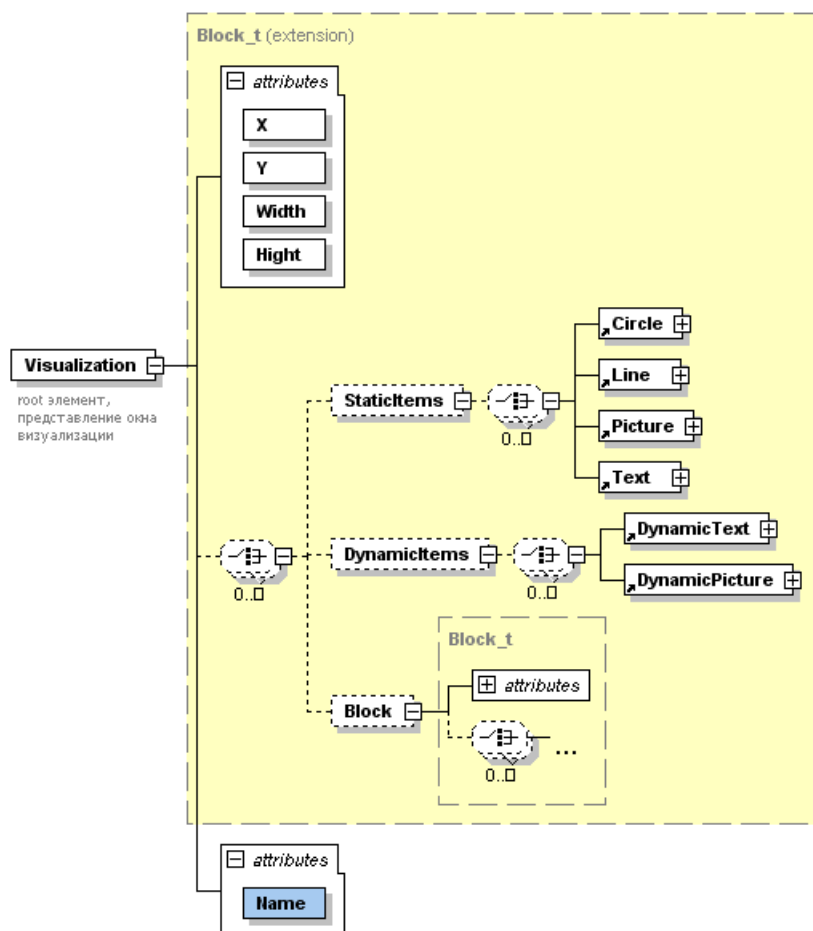


Рис. 6 Схема языка описания отображения

Внутри узла Variables для каждого блока должны быть описаны внешние переменные, значения которых запрашиваются из сервера данных мониторинга и настройки, а так же могут быть заданы вычисляемые переменные и счетчики. Для обеспечения возможности создания экранной анимации многие параметры графических примитивов, такие как координаты, размер, цвет или изображение для динамических картинок, задаются в виде вычисляемых выражений.

Структурная схема компонента визуализации данных представлена на рис. 7. Последовательность работы компонента визуализации выглядит следующим образом. На интерфейсном компьютере хранятся файлы описания визуального интерфейса отображения. Пользователь выбирает один из них, после чего файл загружается при помощи XML-парсера в DOM-документ. Далее интерпретатор анализирует состав DOM-документа,

выделяет внутри него графические элементы и определяет набор необходимых для отображения параметров. Производится поиск необходимых для отображения параметров в сервере данных мониторинга и настройки и запрашивается подписка на обновление их значений. После чего, получив значения параметров, интерпретатор выводит на экран визуальное представление этих параметров, согласно загруженному описанию.

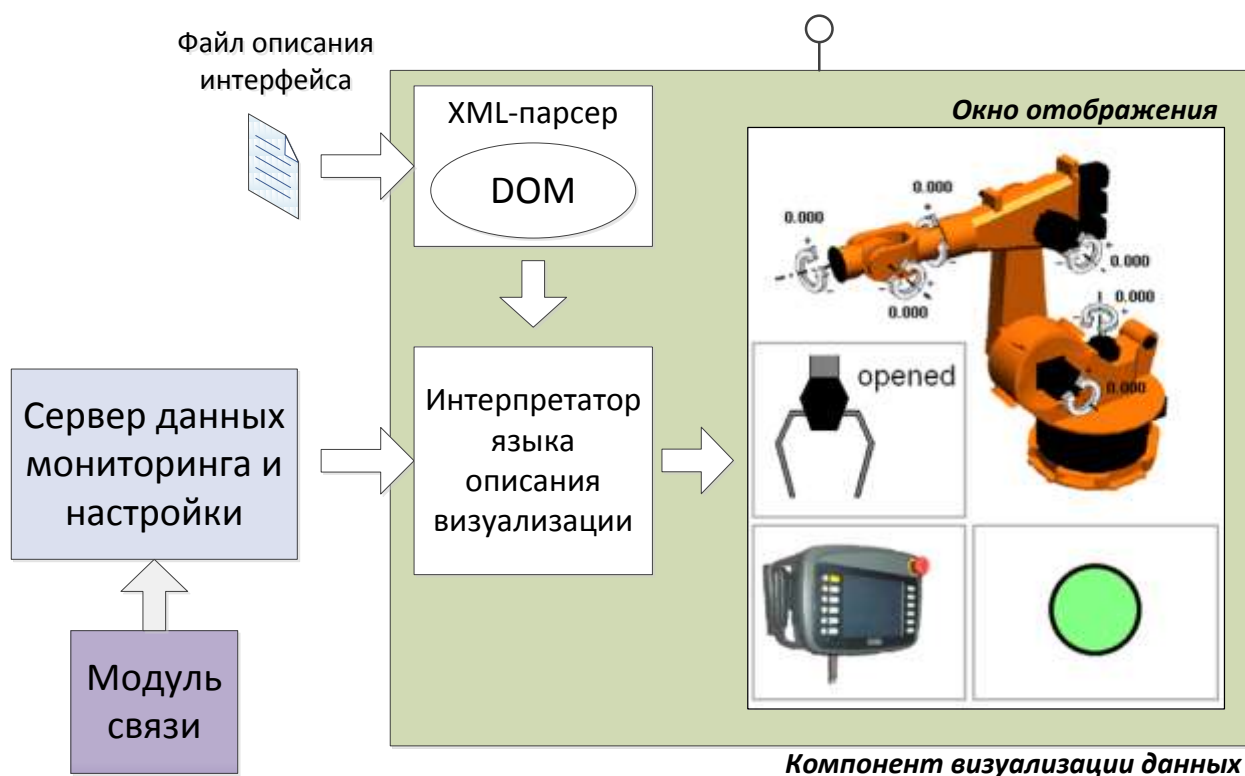


Рис. 7 Структурная схема компонента графической визуализации данных

На рис. 8 представлена практическая реализация инструментария мониторинга и настройки в системе управления промышленным роботом серии «ТУР».

В диагностическом режиме на экране системы управления роботом отображается компонент графической визуализации параметров и цифровой осциллограф.

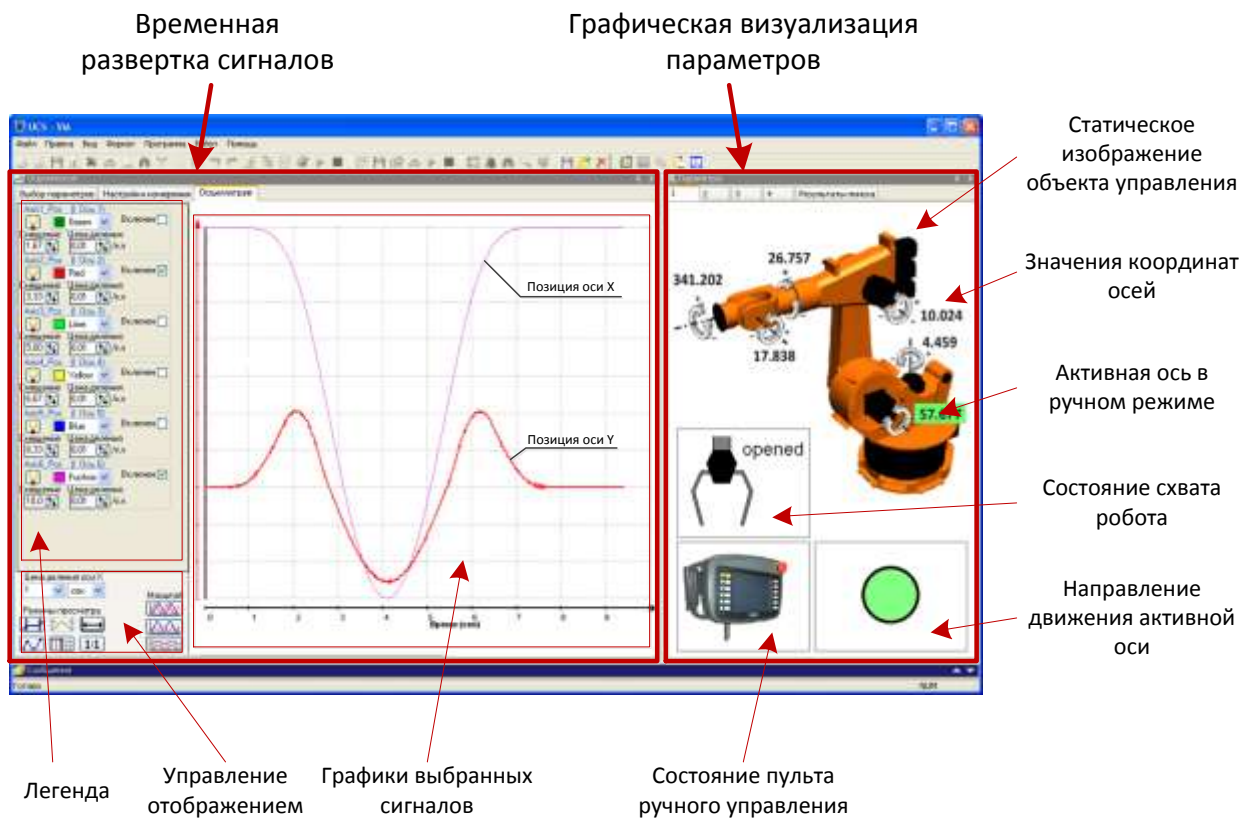


Рис. 8 Инструментарий мониторинга и настройки в системе управления промышленным роботом серии ТУР

В рамках диссертационной работы решена задача мониторинга и настройки цифровых приводов в составе системы ЧПУ «AxiOMA Ctrl». Функциональность терминальной части системы мониторинга и настройки была расширена путем включения вычислительной подсистемы, предназначенной для анализа временных диаграмм. Структурная схема интеграции подсистемы вычислений показана на рис. 9.

Вычислительные задачи, возникающие при работе диагностической подсистемы программного приложения системы ЧПУ чрезвычайно разнообразны. Например, для настройки и диагностики следящих цифровых приводов кроме арифметической и интегрально-дифференциальной математики необходимо иметь инструмент, наглядно показывающий ошибки обработки траектории, тогда как для электроавтоматики приоритетной является функциональность логического анализатора, позволяющая производить операции над бинарными данными.

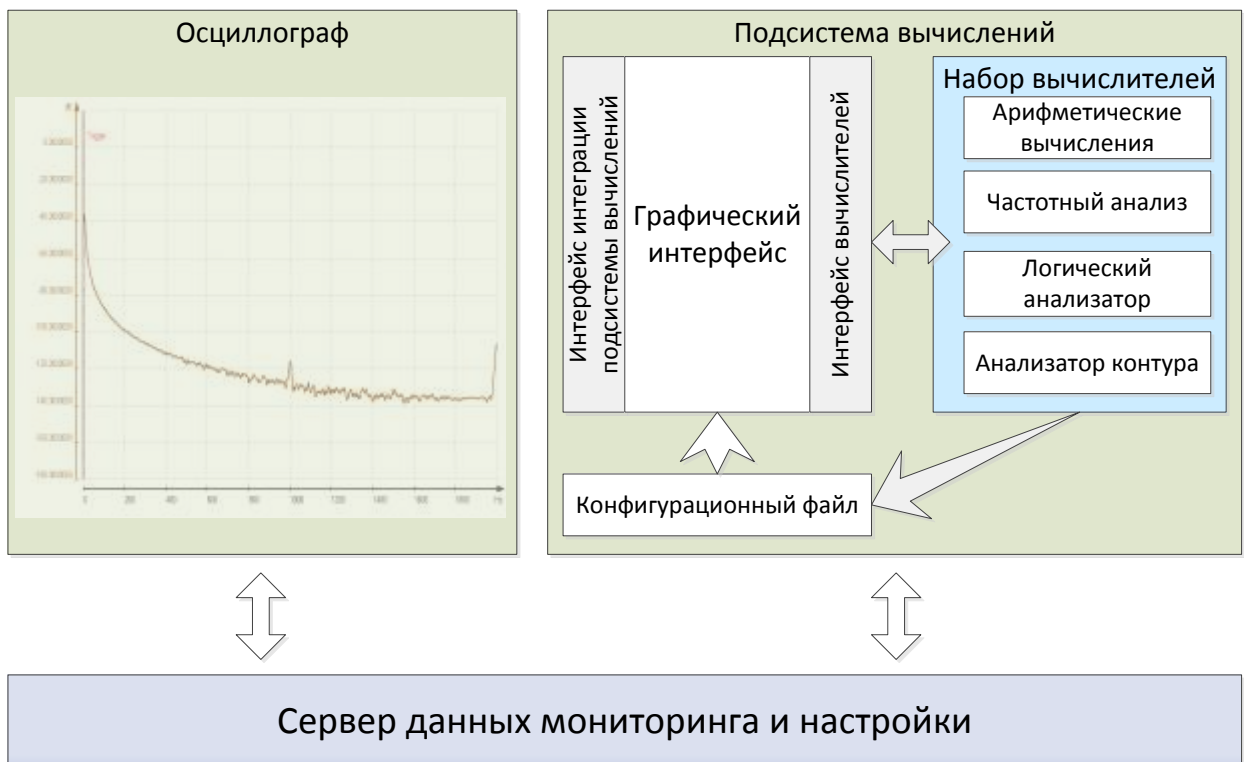


Рис. 9 Структурная схема механизма вычислений для настройки цифровых приводов системы ЧПУ

Разработанная модель подсистемы анализа сигналов обладает открытостью в двух направлениях. Во-первых, открытость для разработчиков системы управления мехатронным оборудованием, дающая возможность повторного использования компонентов подсистемы вычислений при разработке новых пользовательских приложений. Внутренняя реализация является отлаженной и документированной, что сокращает расходы по внедрению и поддержке системы. Во-вторых, открытость интерфейса подключаемых вычислителей. Каждый вычислитель выполнен в виде отдельного компонента, реализующего общий для всех вычислителей интерфейс взаимодействия. Набор вычислителей определяется динамически во время инициализации подсистемы вычислений на основе конфигурационного файла и может быть расширен конечным пользователем системы управления для собственных нужд.

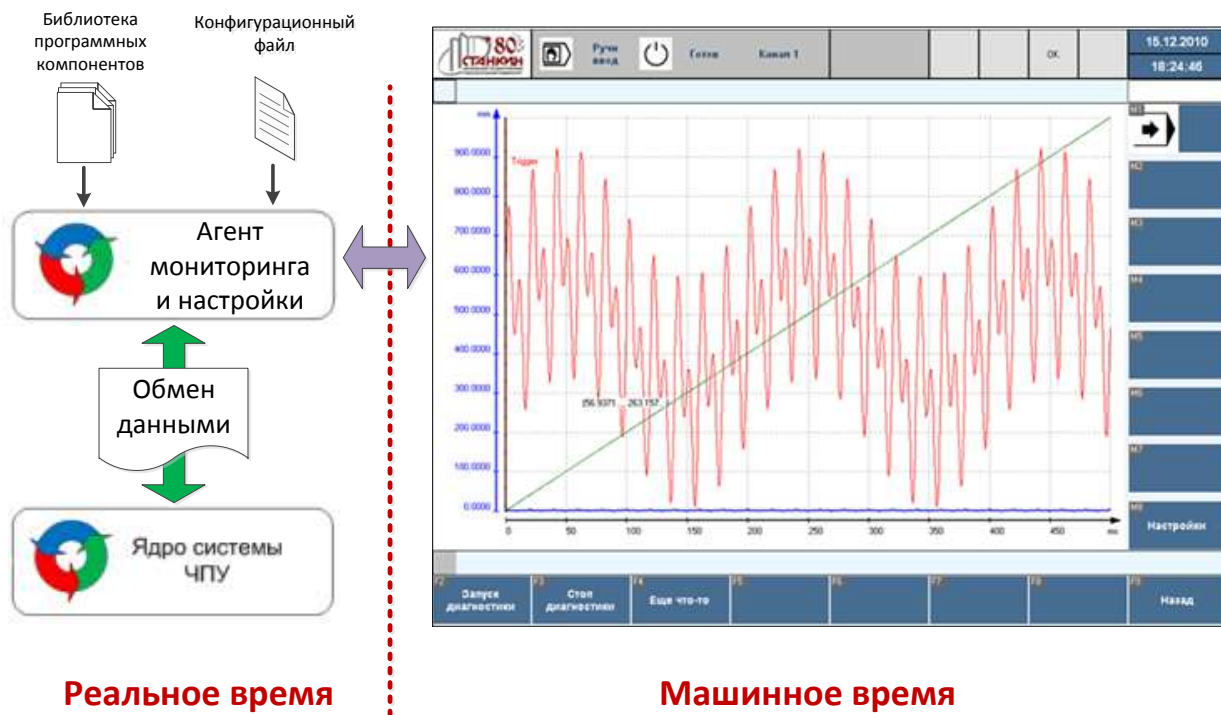


Рис. 10 Интеграция системы мониторинга и настройки цифрового привода в системе ЧПУ

На рис. 10 представлена схема интеграции инструментария мониторинга и настройки параметров в систему ЧПУ «AxiOMA Ctrl». В состав системы ЧПУ введен агент мониторинга и настройки, осуществляющий взаимодействие с контроллерами цифровых следящих приводов через ядро ЧПУ и пересылающий полученные данные в терминальную часть системы управления для их визуализации.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. В работе решена задача, имеющая существенное значение для автоматизированного машиностроения, и заключающаяся в повышении эффективности процесса разработки систем ЧПУ посредством создания единого инструментария мониторинга и настройки параметров разнородного мехатронного оборудования.
2. Выявлены взаимосвязи между компонентами программ мониторинга и настройки, определяющие способы запроса параметров мехатронных систем и схемы их отображения.

3. На основе установленных взаимосвязей разработана архитектурная модель инструментария мониторинга и настройки параметров, предполагающая использование общих программных компонентов и спецификацию интерфейсов их взаимодействия.
4. Разработан метод построения инструментария мониторинга и настройки параметров с открытой модульной архитектурой, позволяющий формализовать процесс разработки программного обеспечения, выявить набор необходимых компонентов и организовать их взаимодействие в программной среде системы управления.
5. Разработан язык описания отображения для графической визуализации параметров, позволяющий представлять параметры функционирования мехатронной системы в понятном оператору графическом виде.
6. Полученные результаты рекомендованы к применению на предприятиях машиностроительного профиля, использующих мехатронное оборудование с ЧПУ при реализации инструментария мониторинга и настройки промышленных роботов и цифровых приводов системы ЧПУ; а также в учебном процессе по направлению 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в периодических изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Мартинова Л.И., Григорьев А.С., Соколов С.В. Диагностика и прогноз износа режущего инструмента в процессе обработки на станках с ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2010. №5. с. 46-50.
2. Нежметдинов Р.А., Соколов С.В., Обухов А.И., Григорьев А.С.. Расширение функциональных возможностей систем ЧПУ для управления механо-лазерной обработкой // Автоматизация в промышленности. №5, 2011 г., с. 49-53.

3. Соколов С.В. «Специфика реализации мониторинга технологических параметров в системе управления мехатронным оборудованием» // Вестник МГТУ Станкин №4(17), 2011, с. 89-92.

Другие публикации автора:

4. Соколов С.В. «Расширение цифрового осциллографа системы управления за счет включения анализатора сигналов» // Труды международной научно технической конференции «Информационные средства и технологии» т. 3, с. 279-286, М. 2008
5. Соколов С.В. «Визуализация параметров в системе управления мехатронным оборудованием» // Вестник МГТУ Станкин, №1, с. 124-127, М. 2009
6. Соколов С.В., Григорьев А.С., Сероухов П.Ю. «Построение универсальной встраиваемой системы 3D визуализации технологического процесса металлообработки» // Труды международной конференции «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2009), с. 138-140, М. 2009
7. Соколов С.В., Григорьев А.С. «Построение автономной подсистемы диагностики режущего инструмента для станков с ЧПУ» // «Автоматизация: проблемы, идеи, решения». Материалы международной научно-технической конференции. Том 1, с. 33-35, Севастополь 2010
8. Григорьев А.С., Никищечкин П. А., Сероухов П. Ю., Соколов С.В. «Интеграция алгоритмов диагностики режущего инструмента в отечественную систему ЧПУ» // Труды международной конференции «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2010), с. 138-140, М. 2010

9. Обухов А.И., Соколов С.В., Трофимов Е.С. «Построение системы числового программного управления для установки послойного синтеза из порошковых материалов» // Труды XVII международной научно-технической конференции «Информационные средства и технологии», Том 1, с. 176-181, М. 2010
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010616696 «Компонент для трехмерной визуализации траектории режущего инструмента при обработке деталей на станках с ЧПУ» от 08.10.2010
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010617383 «Визуальный редактор сплайн-контуров с генератором управляющих программ для систем ЧПУ» от 10.11.2010
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610553 «Терминальная часть подсистемы диагностирования состояния режущего инструмента для станков с ЧПУ» от 11.01.2011
13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610551 «Компонент графической визуализации параметров технологической системы» от 11.01.2011
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011616439 «Многофункциональный пользовательский интерфейс для систем послойного порошкового синтеза» от 17.08.2011