

Подход к построению информационно-вычислительных сред виртуальных производственных корпораций

С. Н. Григорьев, д-р техн. наук; Л. И. Мартинова, канд. техн. наук
ФГБОУ ВПО МГТУ "СТАНКИН", Москва, Россия

Открытые решения в области систем управления сделали актуальным создание распределенных систем числового программного управления технологическими комплексами, входящими в состав виртуальных распределенных производственных корпораций. Рассмотрен подход к построению виртуальных производственных корпораций и систем управления технологическими комплексами с возможностью их интеграции в единое производственное информационное пространство. Данный подход позволяет реализовать принцип "проектирование и производство в любом месте" и обеспечить высокую загрузку дорогостоящего специализированного оборудования.

Ключевые слова: распределенные системы управления, ЧПУ, открытая архитектура, распределенное управление.

В настоящее время в российской промышленности сохраняется противоречивая ситуация: с одной стороны, кажущаяся избыточность технологического оборудования на предприятиях, которая проявляется в его очень низкой загрузке, вплоть до невостребованности, а с другой — недостаточность технологических возможностей предприятий для выполнения сложных заказов, что зачастую связано с отсутствием ресурсов на обновление и технологическое перевооружение производств [1].

Эффективным путем разрешения этой проблемы является создание виртуальных распределенных производственных корпораций [2, 3]. Предлагаемое решение нацелено, в первую очередь, на объединение ключевых технологий и компетенции высококвалифицированных специалистов для наиболее полного и качественного удовлетворения спроса на потребительском рынке. Виртуальная производственная корпорация — это on-line объединение современных наукоемких информационно обеспеченных технических и технологических промышленных комплексов различных масштабов, реализующих ключевые стадии жизненного цикла машиностроительной продукции: автоматизированное проектирование, технологическую подготовку производства, планирование и управление производством, управление и организацию сбыта продукции, сервисное обслуживание, ремонт и утилизацию продукции [4, 5].

Виртуальные производственные корпорации, распределенные в пространстве, обладают гибкой

внутренней структурой за счет возможности оперативного включения в нее производственных компаний и имеют производства, организованные на базе высокотехнологичных станков с числовым программным управлением, которые, в свою очередь, также являются узлами производственного информационного пространства.

Информационно-вычислительная среда децентрализованных высокотехнологичных производств в рамках виртуальных корпораций объединена распределенными гетерогенными системами числового программного управления [6, 7]. Система управления строится на базе синтеза разнородных вычислительных компонентов, в качестве которых выступают традиционные системы управления (системы ЧПУ, программируемые логические контроллеры или контроллеры движения), промышленные компьютеры и специализированные системы управления. Специфика управляемого технологического процесса требует распределенного их функционирования, т. е. включения вычислительных компонентов в общую информационно-вычислительную среду через промышленные сети, а система управления виртуальной производственной корпорацией должна быть открытой и способной интегрировать в единое решение как существующие, так и перспективные, в том числе и специфические, приложения заказчика, а также независимые приложения [8].

Открытость архитектуры реализуется за счет использования способа ее построения, при котором регламентируются и стандартизируются толь-

ко описание принципа действия системы и ее конфигурация, в то время как конкретная реализация и внутренний тип используемых данных не имеют значения. Такой подход обеспечивает доступ приложений к данным любого компонента технологического комплекса. Это позволяет собирать систему управления из отдельных программно-аппаратных компонентов, разработанных и изготовленных независимыми фирмами-производителями, что дает возможность строить, модернизировать и расширять системы наиболее экономичным способом. При этом любые новые протоколы передачи данных между системами и аппаратные решения базируются на общепринятых стандартах с опубликованными спецификациями, в то время как сами системы могут быть созданы на основе различных технических средств и функционировать на разных программных платформах.

Специфика распределенной компьютерной системы управления виртуальной производственной корпорацией состоит в необходимости осуществлять мониторинг за работой многочисленных систем различных уровней. Для этого пользователи распределенной компьютерной системы управления виртуальной производственной корпорации разных уровней должны иметь единую концепцию управления, подкрепленную базовым программ-

ным аппаратом. Технологические комплексы могут быть территориально разнесены на большие расстояния, на них могут работать разные приложения, но все операции по мониторингу и управлению могут выполняться из единого центра [7].

Системы ЧПУ для распределенных производственных комплексов строятся на базовом кроссплатформенном решении с использованием готовых компонентов. Соответственно, функциональные ресурсы системы управления сосредоточены в базовом кроссплатформенном решении [9]. Это позволяет достичь максимальных результатов при экономии средств и времени, так как при переходе на новые программно-аппаратные технологии сохраняются вложенные инвестиции.

Реализация распределенного управления

Для реализации распределенного функционирования управляющих компонентов они включаются в общую информационно-вычислительную среду через промышленные сети на базе интерфейсов SERCOS II и SERCOS III, Step/Dir, CanBus или USCNet, а для распределенного управления контроллерами электроавтоматики используются шины RS-232 и RS-485 (рис. 1).

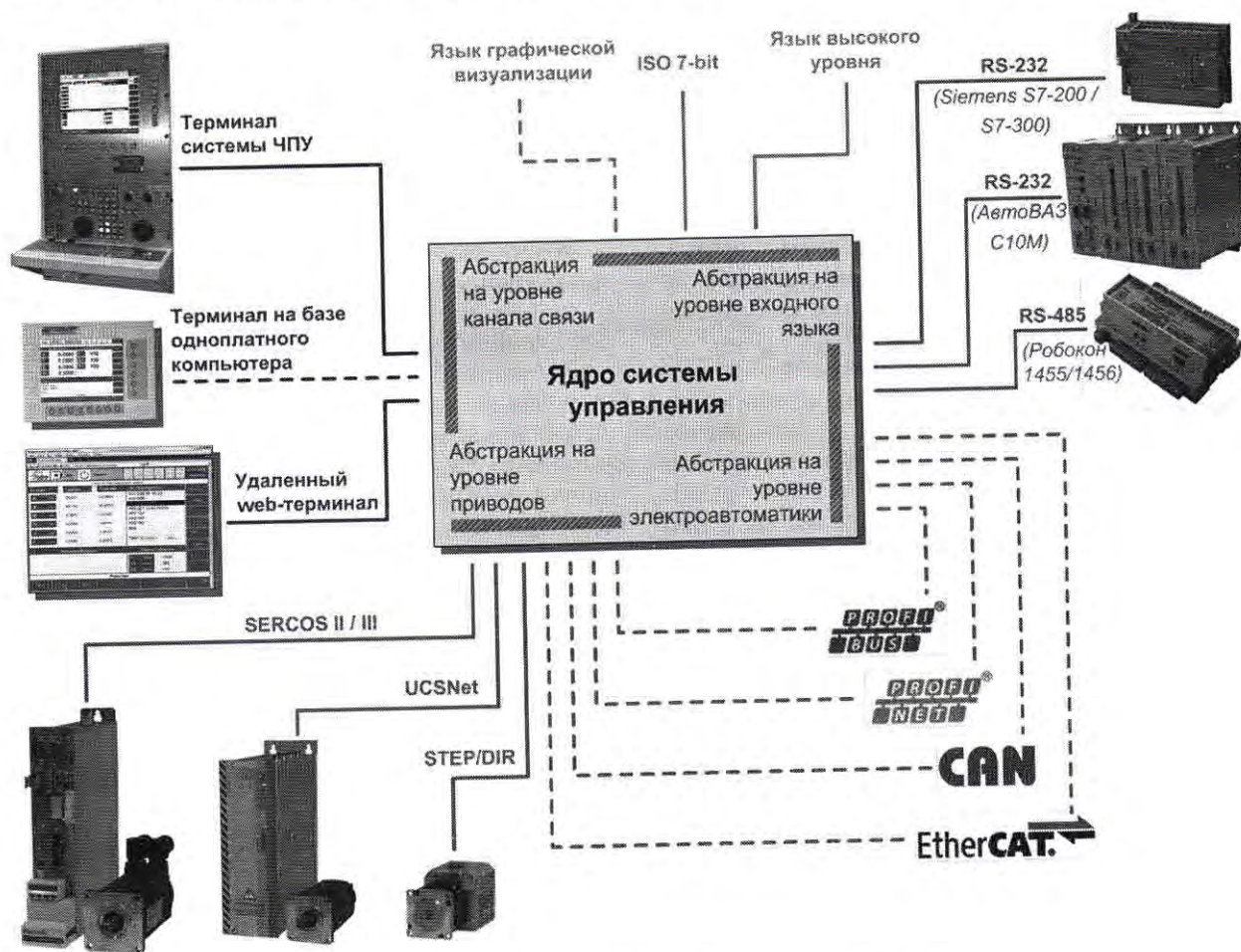


Рис. 1. Инвариантность компоновки системы ЧПУ

Для отслеживания технологического процесса, дистанционного мониторинга и удаленной диагностики используются подключенные по TCP/IP удаленные терминалы с интерфейсами оператора. Удаленная диагностика и настройка цифровых приводов может быть выполнена сервисной службой с использованием web-терминала [10—12]. Может быть осуществлена квалифицированная техническая поддержка производителями систем ЧПУ или специализированными центрами по сетям Интернет или Интранет.

Практические аспекты реализации распределенной компьютерной системы для управления децентрализованными высокотехнологичными производствами

Пример распределенной компьютерной системы для управления децентрализованными высокотехнологичными производствами, который реализо-

ван как экспериментальный прототип, представлен на рис. 2.

Далее изложены некоторые пояснения по конкретным компонентам и приложениям распределенной компьютерной системы управления децентрализованным производством.

Пул свободных производственных мощностей

Приложение "Пул свободных производственных мощностей" разработано для контроля за мощностями производства с использованием web-сервера. Контролируются временные показатели загруженности производственного оборудования. Проблема простоя оборудования на производстве является актуальной, так как при недостаточной загруженности производственного оборудования возникает ситуация, когда производство теряет прибыль, станковое оборудование с течением времени не окупается.

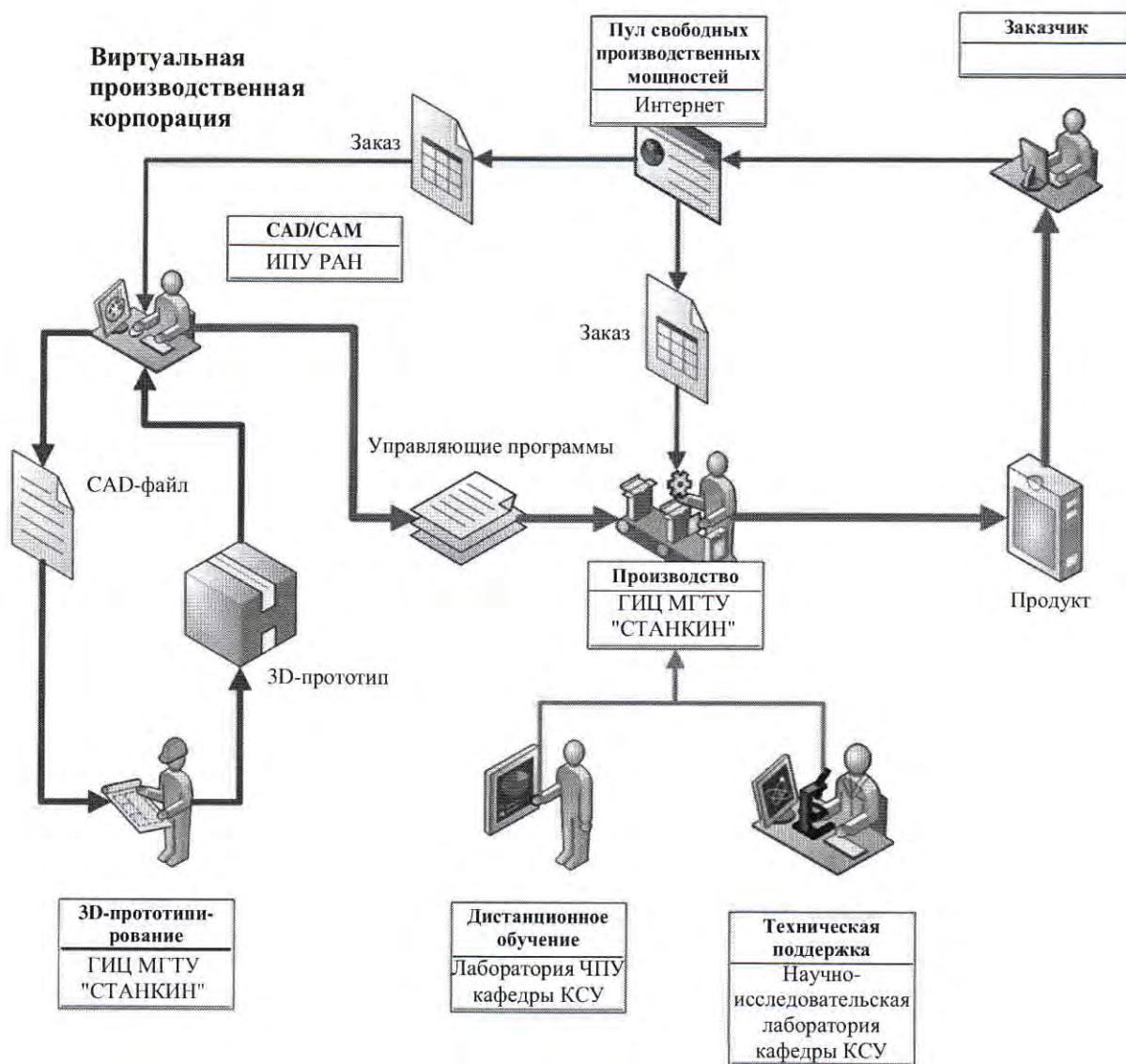


Рис. 2. Реализация виртуальной производственной корпорации в качестве экспериментального прототипа

Пул свободных производственных мощностей позволяет заказчику зайти на выделенный Интернет или интранет-ресурс и разместить там заказ на работу. Размещаемый заказ может быть дополнен необходимыми спецификациями и другими файлами, например, как 3D-модель будущей детали. Далее заказ становится доступен компоненту "Производство", который также может через эту систему разместить информацию о свободных производственных ресурсах.

Пул свободных производственных мощностей является специальной базой данных с удобным интерфейсом для ведения заказов на работы и мониторинга свободных станков с ЧПУ и контрольно-измерительных аппаратов.

3D-прототипирование

Компонент "3D-прототипирование" позволяет визуализировать проектные решения и выявлять ошибки или недочеты. На этапе прототипирования возможна печать 3D-прототипа с помощью 3D-принтера.

Производство

Экспериментальное производство Государственного инжинирингового центра МГТУ "СТАНКИН" оснащено технологическим оборудованием с ЧПУ для токарной, фрезерной и лазерной обработки,

контрольно-измерительными системами и промышленными роботами с ЧПУ.

Пример реализации производственного процесса

Для примера представлена тестовая система, позволяющая имитировать реальные процессы, протекающие в пространстве виртуальной корпорации. На рис. 3 показана схема коммуникационных связей между компонентами, реализованная на основе протокола TCP/IP.

Линиями 1-1, 2-2 и 3-3 показаны потоки данных внутри виртуальной корпорации, применяемые для тестирования различных функциональностей системы. Рассмотрим подробнее каждый из потоков.

Линией 2-2 обозначен информационный поток, функционирующий в процессе получения продукции механообрабатывающего производства. Заказчик формирует заказ на производство определенной номенклатуры деталей. По сети виртуальной корпорации информация отправляется в отдел разработки конструкторской документации, где на основе полученной информации разрабатывается конструкторская документация (чертеж детали). Чертеж детали передается в отдел разработки технологического процесса и подготовки управляющих программ, где будет разработана управляющая программа механообработки детали.

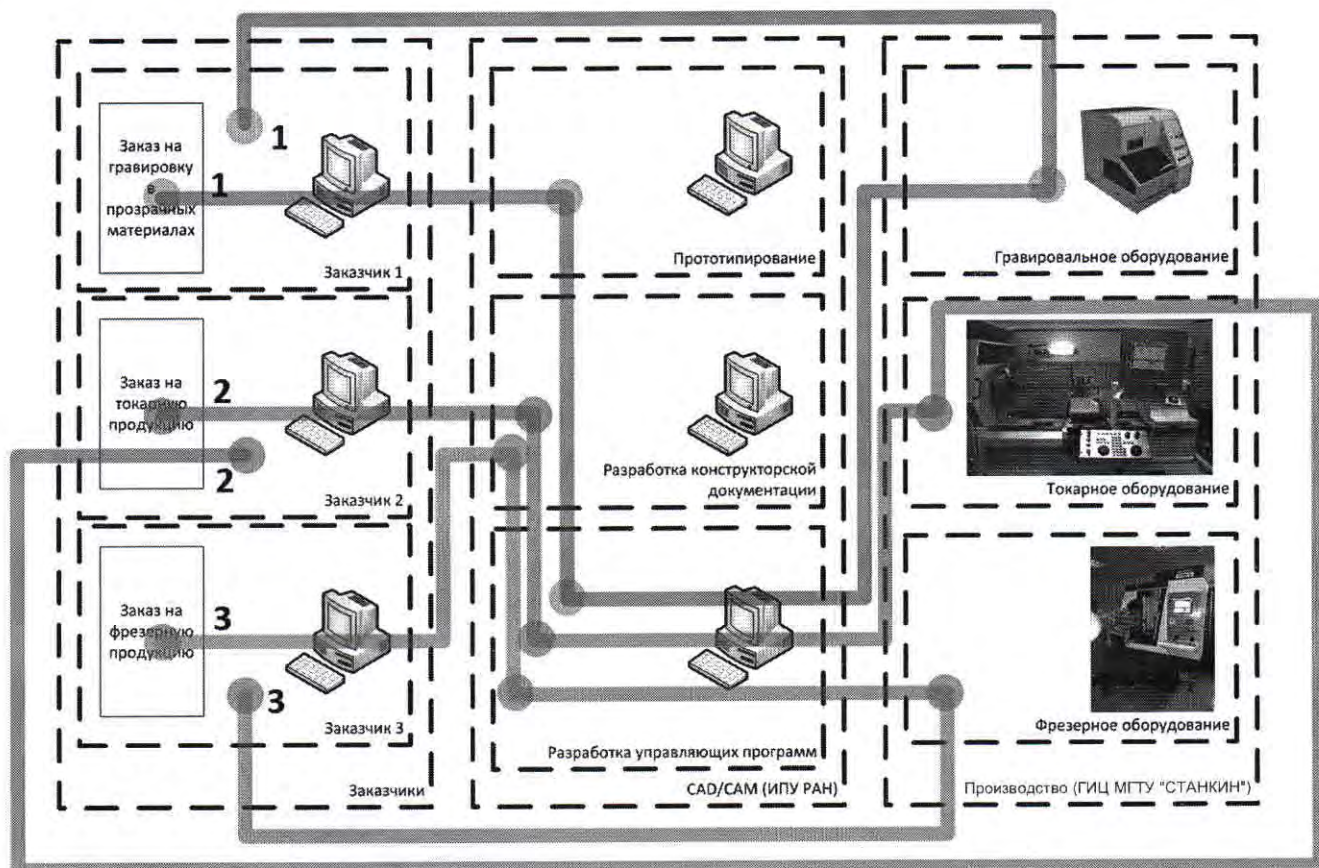


Рис. 3. Потоки данных в тестовой модели виртуальной корпорации

Следующий этап — производство деталей, которые впоследствии передаются заказчику. На этапе производства возможен контроль со стороны заказчика с использованием, например, web-камеры. Данный поток отдельно представлен на рис. 4.

В табл. 1 приведены данные по отработке программ для токарного станка.

Таблица 1

Данные по отработке программ для токарного станка

Название УП	Размер УП, Кб/кадров	Время отработки, мин
cone.c	0,187 / 15	15
peshka.c	0,205 / 20	27

На рис. 3 линией 1-1 обозначен поток получения продукции с применением станка лазерной графики. Заказчик формирует заказ на производство изделий с лазерной гравировкой. Заказ направляется в отдел разработки трехмерных моделей, где на основе полученной информации разрабатывается 3D-модель. Эта модель передается в отдел подготовки управляющих программ

для разработки программы обработки заготовки на станке лазерной графики. Следующий этап — выполнение гравировки. Готовое изделие передается заказчику. На этапе производства также возможен удаленный контроль со стороны заказчика, этот поток отдельно показан на рис. 5.

В табл. 2 приведены данные по отработке программ на станке лазерной графики.

Таблица 2

Данные по отработке программ для станка лазерной гравировки

Название УП	Размер УП, Кб/кадров	Время отработки, мин
A1005pl5.srt	1292 / 61540	30,7
A1208pl5.srt	1407 / 70765	35,4
A1304sp8.srt	3191 / 179450	89,7

Поток, функционирующий в процессе получения продукции на фрезерном станке, показан на рис. 3 линией 3-3. По содержанию он аналогичен первому примеру. Информационный поток, обеспечивающий контроль с применением web-камеры, представлен на рис. 6.

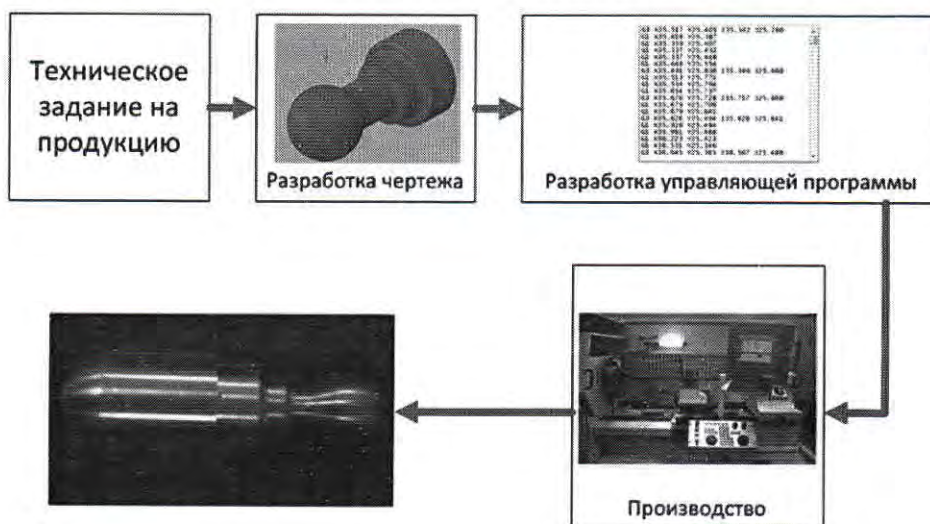


Рис. 4. Жизненный цикл продукции токарной обработки

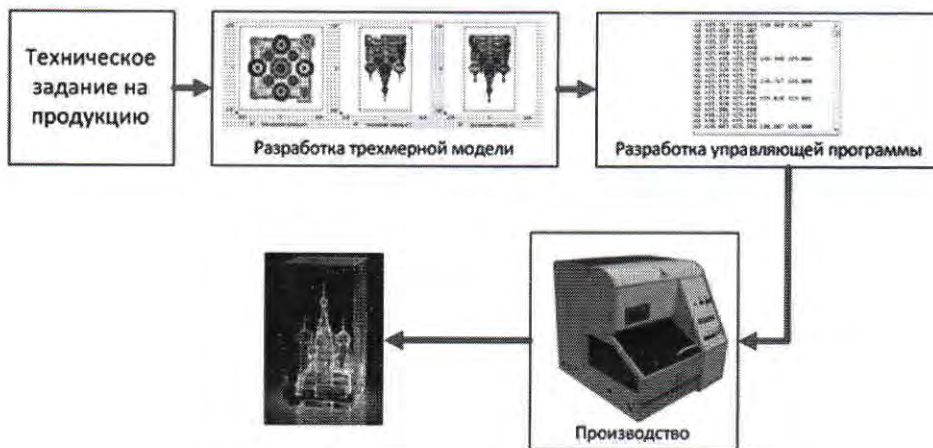


Рис. 5. Жизненный цикл продукции лазерной обработки



Рис. 6. Жизненный цикл продукции фрезерной обработки

В табл. 3 приведены данные по отработке программ для фрезерного станка.

Таблица 3

Данные по отработке программ для фрезерного станка

Название УП	Размер УП, Кб/кадров	Время отработки, мин
125test.ncs	735 / 27928	185
cool3dhook.ncs	85 / 2833	17

Заключение

Построение виртуальных распределенных производственных корпораций базируется на использовании отечественных высокотехнологичных систем числового программного управления открытого типа, располагающих возможностью быть интегрированными через каналы связи в единый производственно-технологический комплекс. Данный подход позволяет реализовать принцип "проектирование и производство в любом месте", обеспечив при этом повышение коэффициента использования дорогостоящего специализированного оборудования, а также организовать решение задач удаленной технической поддержки, диагностики и наладки технологических систем.

Распределенная система управления строится на базе синтеза разнородных вычислительных компонентов, в качестве которых выступают традиционные системы управления (системы ЧПУ, программируемые логические контроллеры или контроллеры движения), промышленные компьютеры и специализированные системы управления. Все вычислительные компоненты включаются в общую информационно-вычислительную среду через промышленные сети. Использование принципа открытости, при котором акцентируется внимание только на доступе к данным, но не на структурах и типах этих данных, обеспечивает доступ приложений к данным любого компонента технологического комплекса. Такой подход позволяет

строить системы управления, которые очень гибки, так как не привязаны к конкретной программно-аппаратной платформе.

Работа выполнена по Госконтракту № П901 на проведение НИР в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009—2013 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев С. Н. Научно-технические проблемы построения современных технологических систем с числовым программным управлением // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 4. С. 19—26.
2. Григорьев С. Н. Принципы создания многофункциональной системы числового программного управления технологическим оборудованием на базе общего ядра с открытой модульной архитектурой // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2011. № 5. С. 1—11.
3. Григорьев С. Н., Андреев А. Г., Мартинов Г. М. Перспективы развития кроссплатформенных компьютерных систем числового программного управления высокотехнологичного оборудования // Автоматизация в промышленности. 2011. № 5. С. 3—8.
4. Мартинов Г. М. Современные тенденции развития компьютерных систем управления технологического оборудования // Вестник МГТУ "СТАНКИН". 2010. № 1. С. 74—79.
5. Мартинов Г. М., Мартинова Л. И. Современные тенденции в области числового программного управления станочными комплексами // СТИН. 2010. № 7. С. 7—10.
6. Мартинов Г. М., Мартинова Л. И., Козак Н. В., Нежметдинов Р. А., Пушков Р. Л. Принципы построения распределенной системы ЧПУ технологическими машинами с использованием открытой модульной архитектуры // Справочник. Инженерный журнал. 2011. № 12. С. 44—50.
7. Козак Н. В., Мартинова Л. И., Савинов К. А., Дубровин И. А. Построение гетерогенной распределенной компьютерной системы управления для высокотехнологичных децентрализованных производств на основе web-технологий // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 11. С. 44—48.
8. Мартинов Г. М., Пушков Р. Л., Евстафиева С. В. Основы построения однокомпьютерной системы ЧПУ с программно-реализованным ядром и открытой модульной архитектурой // Вестник МГТУ "СТАНКИН". 2008. № 4. С. 82—93.

9. **Андреев А. Г., Григорьев С. Н.** Построение компьютерных систем программного управления мехатронными устройствами по модульному принципу // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. № 10. С. 8—13.

10. **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.

11. **Мартинов Г. М., Трофимов Е. С.** Модульная компоновка и построение прикладных приложений диагностики систем управления // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. № 7. С. 44—50.

12. **Мартинов Г. М., Козак Н. В., Нежметдинов Р. А., Пушков Р. Л.** Принцип построения распределенной системы ЧПУ с открытой модульной архитектурой // Вестник МГТУ "СТАНКИН". 2010. № 4. С. 116—122.

Approach to building information computing environments of virtual manufacturing corporations

S. N. Grigoriev, L. I. Martinova

Moscow State University of Technology (MSTU "STANKIN"),
Moscow, Russia

Open solutions in the area of management made it actual to develop distributed CNC systems of manufacturing complexes, which are part of virtual distributed manufacturing corporation. An approach to the construction of virtual manufacturing corporations and industrial complex control systems with the possibility of integration into a single information space is proposed. This approach allows to implement the principle of "design and manufacture anywhere" and to ensure effective utilization of expensive specialized equipment.

Keywords: distributed control systems, CNC, open architecture, distributed control.

Григорьев Сергей Николаевич, профессор, заведующий кафедрой "Высокоэффективные технологии обработки", ректор университета.

Тел. 8 (499) 972-94-00.

E-mail: rector@stankin.ru

Мартинова Лилия Ивановна, доцент кафедры "Технология машиностроения".

Тел. 8 (499) 972-94-40.

E-mail: lili@ncsystems.ru