

# Перспективы развития систем числового программного управления в концепции «Индустрия 4.0»



**Г. М. Мартинов,**  
д. т. н., доцент, зав. кафедрой  
компьютерных систем управления  
martinov@ncsystems.ru



**Л. И. Мартинова,**  
к. т. н., доцент кафедры  
технологии машиностроения  
lili@ncsystems.ru

**Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»**

*Рассмотрена эволюция парадигм промышленных концепций, обоснована необходимость создания технологического оборудования как киберфизических систем в целях «интернетизации» производственного процесса. Представлены промышленные предприятия в сети «Интернет вещей и услуг». Предложена концепция продукта «система ЧПУ» в рамках «Индустрии 4.0», сформулированы требования к окружению продукта «система ЧПУ».*

**Ключевые слова:** ЧПУ, цифровое производство, компьютерные системы управления, Интернет, «Индустрия 4.0», умный завод, интеллектуальные устройства.

**П**ромышленность за последнее столетие прошла ряд парадигм, каждая из которых создавала системный базис для эволюции промышленных предприятий (рис. 1). Первым системным базисом стала парадигма массового производства, ориентированная на «эффект масштаба» с низкой себестоимостью продукции, доступной массовому потребителю. Концепция бережливого производства была ориентирована на сокращение расходов на выпуск изделий по широкому спектру показателей, то есть, ликвидация потерь любого вида и масштаба. Быстрое развитие вычислительной техники и внедрение ЭВМ в сферу промышленности позволило реализовать концепцию быстрореагирующего производства, которому присуще сокращение времени выполнения заказа, причем на всех уровнях предприятия. Череда мировых финансовых кризисов дала толчок к формированию концепции активного производства, которая предполагает использование набора принципов управления компанией, которые позволяют легко реконфигурировать трудовые и материальные ресурсы (в частности, расширяясь и сужаясь в зависимости от числа и объема заказов), избегая потерь, особенно в условиях финансовой нестабильности. Эпоха компьютеризации в промышленности нашла свое отражение в концепции «цифрового производства» [1]. «Цифровое производство» обозначает информационную модель высокотехнологичного производства, охватывающую

все области разработки и производства от проектирования до получения функционально завершеного изделия, реализуемые на базе перспективных производственных технологий, новых материалов и информационно-коммуникационного обеспечения. Модель реализуется на базе интегрированной компьютерной системы, включающей средства моделирования, 3D-визуализации, анализа и совместной работы, ориентированные на одновременную разработку изделий и технологических процессов их изготовления [2]. Эта модель включает в себя информацию обо всех процессах, протекающих на производстве, а также всю информацию об изделии в соответствии с этапами его жизненного цикла: конструкторские и технологические данные, логистические данные; эксплуатационные данные; экономические данные [3, 4].

Концепция «цифрового производства» позволила промышленности войти в сферу «Интернета вещей и услуг», который в настоящее время активно развивается. «Интернет вещей и услуг» (рис. 2) в первую очередь охватил такие сферы человеческой деятельности, как информационный обмен и информационно-финансовые услуги между корпорациями, крупными и мелкими предприятиями и, конечно же, людьми. Он охватил сферы здравоохранения (смарт-устройства, медицинские web-приложения, медицинский таксофон и пр.), транспортные системы (смарт-кары, навигационные приложения и пр.), сферу энергетики

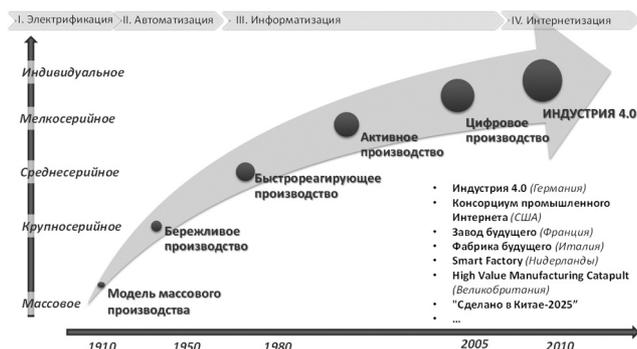


Рис. 1. Эволюция промышленных концепций

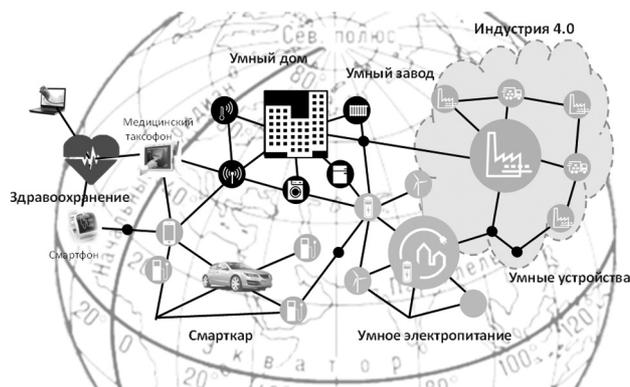


Рис. 2. Промышленные предприятия в сети «Интернет вещей и услуг»

(концепция «умное электропитание») и быта людей («умный дом»).

В промышленности эта концепция, связанная с активным внедрением Интернета в производственный процесс, нашла отражение в таких проектах, как «Индустрия 4.0» (Германия), Usine du Futur (Франция), Smart Factory (Нидерланды), High Value Manufacturing Catapult (Великобритания), Fabbrica del Futuro (Италия), «Сделано в Китае-2025» и др. «Интернетизация» машиностроительного производства подразумевает, что основное и вспомогательное технологическое оборудование, складские системы и другие средства производства, а также виртуальные компоненты, объединяются в киберфизические системы (Cyber Physical Systems), которые представляют собой интеллектуальные единицы с информационными входами и выходами (в отличие от автономных устройств), способные независимо обмениваться данными, инициировать определенные действия и управлять друг другом [5, 6]. С учетом того факта, что оборудование на предприятиях работает в режиме жесткого реального времени, высоким приоритетом становится обеспечение безопасной эксплуатации интеллектуальных производственных систем, защите их от неправомерного использования, несанкционированного доступа и атак извне, что требует наличия глобальных сетей связи высокого качества, защищенных от отказов и сбоев [7].

### Концепция продукта «система ЧПУ» в рамках «Индустрии 4.0»

Модель интеллектуального машиностроительного производства строится на базе единого информационного пространства предприятия. Она включает в себя множество информационных моделей разных уровней: модель данных, модель взаимодействия объектов, динамическую модель и модель функционирования объектов управления. Последняя является наиболее сложной, так как связана с объектами, работающими в режиме реального времени (системы числового программного управления, программируемые логические контроллеры, контроллеры станков и др.) [8]. Но именно она позволяет получать обратную связь о реальных технологических операциях, она устанавливает

количественные и логические связи между переменными, характеризующими состояние контролируемых показателей деятельности предприятия и его участков [9].

Современные системы ЧПУ обладают функциональными возможностями, отвечающим запросам концепции «Индустрия 4.0». На сегодняшний день вопрос в большей степени состоит в разработке соответствующего окружения.

Окружение продукта должно обеспечивать (рис. 3) информацию о системе ЧПУ, которая реализуется в виде электронного каталога (eCatalog), электронного руководства (eManual), электронных информационных материалов (eDataSheet). Окружение обеспечивает инжиниринг системы ЧПУ, связанный с ее встраиванием в станочные комплексы, для чего создается модель системы с ее габаритно-присоединительными размерами, функциями расчета исполнения. Конфигуратор системы осуществляет ее адаптацию к конкретному станку с определенным количеством осей и каналов управления [10], необходимым набором станочных и измерительных циклов, дополнительных технологий (гидроабразивная, аддитивная) и компонентов, связанных с конкретным производственным процессом. Утилиты и функции автонастройки осуществляют настройку параметров полевых шин и периферийных устройств (приводов, пассивных входов/выходов электроавтоматики), в первую очередь, на работоспособность, затем параметры оптимизируются по определенным моделям и граничным условиям [11]. Дополнительные приложения для



Рис. 3. Концепция продукта «система ЧПУ» в рамках «Индустрии 4.0»

смарт-устройств осуществляют удаленное управление безопасными функциями станочного оборудования с ЧПУ, удаленную диагностику приводов, входов/выходов электроавтоматики, сервисное обслуживание. В рамках выполнения заказа окружение продукта должно реализовать, функцию электронного магазина (eShop) и другие функции, связанные с коммерциализацией систем ЧПУ [12].

В рамках обеспечения эффективности и безопасности производственного процесса окружение продукта должно осуществлять сбор и анализ данных по качеству изготавливаемых изделий, осуществлять мониторинг состояния технологического процесса, сбор и анализ производственных данных.

В рамках технической поддержки через сервисный портал осуществляется сервисная поддержка продукта с возможностью интерактивного удаленного обучения (eLearning) [13], обновления программного обеспечения для смарт-устройств и т. д.

Сам продукт «система ЧПУ» ориентирован на реализацию децентрализованного интеллектуального потенциала, в том числе, защищенных промышленных протоколов связи по Wi-Fi и Bluetooth, иметь интегрированный web-сервер для реализации удаленного мониторинга техпроцесса и диагностики технологического оборудования по типу web-приложения.

## Заключение

Системы управления технологическим оборудованием (системы ЧПУ, системы ПЛК, контроллеры следящих приводов, и др.) должны работать с большими производственными данными, чтобы быть базой для реализации «интернетизации» промышленного производства. Современные системы ЧПУ обладают функциональными возможностями, отвечающим запросам концепции «Индустрия 4.0», проблема в большей степени, состоит в разработке соответствующего окружения продукта «система ЧПУ».

### Список использованных источников

1. Григорьев С. Н., Мартинов Г. М. Методы и инструментальные средства многоуровневой подготовки специалистов в области цифрового машиностроительного производства//Автоматизация в промышленности. 2015. № 5. с. 4-8.
2. Построение гетерогенной распределенной компьютерной системы управления для высокотехнологичных децентрализованных производств на основе Web-технологий. Козак Н. В., Мартинова Л. И., Савинов К. А., Дубровин И. А. Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 11. С. 44-48.
3. Специфика разработки программного обеспечения для систем управления технологическим оборудованием в реальном времени. Мартинов Г. М., Мартинова Л. И., Григорьев А. С. Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт. 2009. № S2. С. 121-124.
4. Декомпозиция и синтез программных компонентов электроавтоматики. Мартинов Г. М., Козак Н. В. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. № 12. С. 4-11.
5. Практические аспекты реализации модулей открытой системы ЧПУ. Мартинова Л. И., Мартинов Г. М. Автотракторное электрооборудование. 2002. № 3. С. 31-37.
6. Прикладные решения в области управления электроавтоматикой станков с ЧПУ класса PCNC, Мартинов Г. М., Нежметдинов Р. А., Козак Н. В., Пушков Р. Л. Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 4. С. 48-53.
7. Григорьев С. Н., Мартинов Г. М. Система ЧПУ: современные вызовы, информационная и технологическая безопасность// Автоматизация в промышленности, №5, 2016. с. 3-5.
8. Концепция построения базового ядра систем числового программного управления мехатронными системами. Мартинова Л. И., Мартинов Г. М. В сборнике: Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2010) Труды международной конференции. 2010. С. 63-65.
9. Мартинов Г. М., Нежметдинов Р. А., Козак Н. В., Пушков Р. Л. Прикладные решения в области управления электроавтоматикой станков с ЧПУ класса PCNC//Промышленные АСУ и контроллеры, 2011. № 4, С. 48-53.
10. Мартинов Г. М., Мартинова Л. И. Формирование базовой вычислительной платформы ЧПУ для построения специализированных систем управления. Вестник МГТУ Станкин. 2014. № 1 (28). С. 92-97.
11. Мартинов Г. М., Нежметдинов Р. А., Никищечкин П. А. Специфика построения редактора управляющих программ электроавтоматики стандарта МЭК 61131//Вестник МГТУ «Станкин». - 2014. - № 4 (31). - С. 127-132.
12. Григорьев С. Н., Мартинова Л. И. Подход к построению системы ЧПУ как инновационного продукта-услуги//Инновации, № 8, 2015. с. 8-13.
13. Григорьев С. Н. Повышение эффективности подготовки инженерно-технических кадров для машиностроения. Вестник МГТУ Станкин. 2012. № 3. С. 7-13.
14. Никищечкин П. А. Повышение уровня открытости системы управления путем организации многоцелевого канала взаимодействия ее основных компонентов//Вестник МГТУ «Станкин». 2014. № 4 (31). С. 161-164.
15. Григорьев С. Н. Решение задач технологического перевооружения машиностроения//Вестник МГТУ Станкин. 2008. № 3. С. 5-9.

## Prospects for the development of numerical control system in the concept of «Industry 4.0»

**G. M. Martinov**, Doctor of Technical sciences, Professor Head of Engineering Technology sub-department, MSTU «STANKIN».

**L. I. Martinova**, PhD of Technical Sciences, Docent, docent of Engineering Technology sub-department, MSTU «STANKIN».

The necessity of creation of technological equipment like cyber-physical systems for the purpose of «internetization» of the production process is justified. Industrial enterprises are represented in the concept «The Internet of things and services». The concept of product «CNC system» in the framework of «Industry 4.0» is proposed. The requirement to the environment of the product «CNC system» formulated.

**Keywords:** CNC, digital manufacturing, computer control systems, Internet, «Industry 4.0», smart plant, intelligent devices.