

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ ПЛАТФОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕЖМАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

А. А. ГРИБОВСКИЙ, К. П. ИВАШКОВА, Н. А. ДЕМКОВИЧ

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: griandrey@yandex.ru*

Приведены основные положения концепции адаптивной платформы технологического оборудования ADAPTEQ. Сформулирован перечень задач, которые необходимо решить для реализации ADAPTEQ. Описана логика и представлены основные аспекты работы web-ориентированной системы управления платформой. Раскрываются особенности применения аппаратного интерфейса для обеспечения межмашинного взаимодействия. Представлена логика совместной работы различных производственных узлов в рамках подхода Smart-M3.

**Ключевые слова:** системы с числовым программным управлением, унифицированное оборудование, киберфизические системы, облачные технологии, Smart-M3

В становлении малых инновационных предприятий (МИП) важно, чтобы их оснащённость позволяла производить требуемые объёмы продукции. Существует тенденция к созданию МИП небольшими группами специалистов на ограниченной площади, а значит, используемое оборудование должно быть достаточно компактно и универсально. Таким образом, остро стоит задача обеспечения высокой степени унификации. Адаптивная платформа технологического оборудования (*ADaptive Platform of Technological Equipment, ADAPTEQ*) представляет собой программно-аппаратный комплекс для создания различных видов технологического оборудования и средств технологического оснащения [1]. Основа ADAPTEQ — универсальное шасси, которое играет роль механизма перемещения рабочих органов (сменных модулей), определяющих тип оборудования.

Унификация оборудования подразумевает выполнение множества задач с использованием единого устройства. Для воплощения такой концепции необходимо:

- выбрать базовую конструкцию;
- определить способы настройки оборудования под различные задачи;
- сформировать универсальную систему управления.

Базовая конструкция должна соответствовать широко используемому производственному оборудованию, такому как фрезерные станки, координатно-измерительные машины или лазерные граверы. Таким образом, в качестве основы следует использовать трехкоординатное шасси. Переналадка оборудования под текущие задачи должна затрагивать как отдельные узлы, так и средства управления, тем самым необходимо обеспечить их совместную настройку или замену. Система управления должна быть универсальным средством для коммуникации отдельных узлов и взаимодействия различных пользователей с оборудованием.

ADAPTEQ можно представить как совокупность двух неизменных частей (шасси и модуль управления) и двух параметризуемых частей (рабочий орган и система управления) [2].

Для *шасси* должны быть прописаны габаритные размеры рабочей области, посадочные места для крепления рабочих органов, механические и электрические характеристики приводов. Для *универсального модуля управления* должны быть стандартизованы:

- электрические соединители, позволяющие подключать к нему шасси и вспомогательные блоки;

- сигналы (протоколы), с помощью которых осуществляется управление;
- внутреннее и внешнее представление управляющей программы;
- параметры и протокол связи с персональным компьютером.

Для *рабочего органа*, т.е. сопрягаемого с шасси и модулем управления устройства, которое определяет назначение оборудования, должны быть стандартизованы:

- максимальные габаритные размеры;
- посадочные места, а также способ сопряжения с модулем управления.

Рабочий орган — наиболее сложная часть всей концепции, поэтому он требует наиболее полного описания и стандартизации. На конструкцию рабочего органа должны быть наложены определенные ограничения [3], позволяющие точно сказать, что спроектированный на его основе модуль сможет беспрепятственно быть интегрирован с шасси и модулем управления. К таким ограничениям можно отнести, например, максимальную массу, напряжение питания, количество используемых шаговых или серводвигателей и их мощность.

Система управления, т.е. *совокупность программного обеспечения*, необходима для подготовки управляющих программ на языке ISO-7bit\* и программного обеспечения микроконтроллера универсального модуля управления (т.н. „прошивка“).

Ключевой особенностью проекта ADAPTEQ является адаптивность, поэтому система управления также должна быть очень гибкой и обеспечивать качественную работу оборудования в различных условиях. Такой подход реализуется за счет формирования модульной системы управления и использования универсальных интерфейсов взаимодействия. Для обеспечения большой гибкости в использовании ADAPTEQ эта система должна работать как непосредственно с пользователем, так и в тесной интеграции с другим технологическим оборудованием. Таким образом, модуль взаимодействия ADAPTEQ с внешней средой должен быть достаточно универсальным. Так как задача разработки подобного модуля очень важна для современного производства и является ключевой для любых киберфизических систем [4—6], в рамках ADAPTEQ был сформирован соответствующий внутренний проект. Этот проект важен как для ADAPTEQ, так и для других видов современного технологического оборудования, поэтому он получил название “Глобальный Унифицированный Машинный Интерфейс” (Global Unified Machine Interface, GUMI). Проект GUMI может функционировать как в рамках ADAPTEQ, так и вне его, что обеспечивается унификацией используемых подходов и методов разработки. На пользовательском уровне GUMI представляет собой человеко-машинный интерфейс взаимодействия, однако в глобальном смысле реализуется машинно-машинное взаимодействие.

На рис. 1 приведены общая схема GUMI (а) и структура технологического оборудования применительно к использованию GUMI (б).

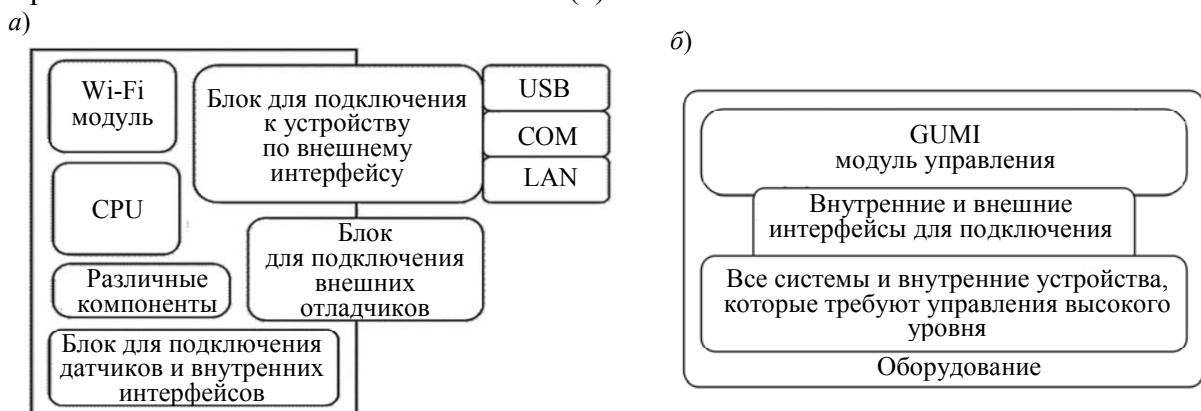


Рис. 1

\* ГОСТ 20999-83. Устройства числового программного управления для металлообрабатывающего оборудования. Кодирование информации управляющих программ; Введ. 28.03.83. М.: Изд-во стандартов, 1983. 28 с.

На основе GUMI формируется клиент-серверная архитектура взаимодействия, которая доступна пользователям с различных устройств, включая мобильные. В результате существенно упрощаются взаимодействие с оборудованием, его мониторинг или формирования задания и управления. Так как web-сервис должен полностью отвечать функционалу ADAPTEQ, он также строится по модульному принципу и предоставляет тот инструментарий, который нужен пользователю в конкретной задаче [7]. На рис. 2 приведены общая схема конфигурирования ADAPTEQ и ее системы управления для решения конкретных задач различных типов пользователей.

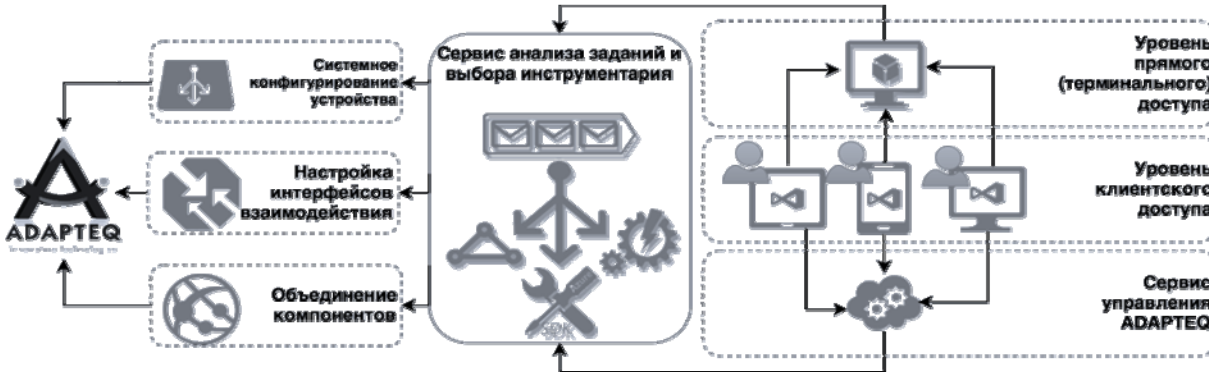


Рис. 2

Система управления состоит из набора модулей, реализующих взаимодействие с компонентами ADAPTEQ, контроллеров для преобразования пользовательских запросов и графических модулей для визуализации системы управления.

В свою очередь, графический модуль строится на основе широко распространенных web-технологий и может быть достаточно просто создан или адаптирован из имеющихся под любую новую задачу в рамках проекта ADAPTEQ.

Для реализации межмашинного взаимодействия отлично подходит методология проекта Smart-M3, реализующего семантический web [8]. Этот проект относится к типу “open source”, что позволяет беспрепятственно использовать его в самых передовых разработках [9]. Реализация такого подхода с использованием GUMI обеспечивается формированием виртуальной „доски объявлений“, которая включает как визуальную информацию для пользователей, так и метаданные „запросов“, „предложений“ и „процессов“.

Метаданные „запросов“ могут содержать как данные о сломанном инструменте, который нужно заменить, так и информацию о недостаточном объеме доступного материала, который может закончиться в течение выполнения текущей задачи или в начале следующей. Такие метаданные регулярно собираются агентом — почтальоном — и переносятся на виртуальную доску в рамках единого информационного пространства (ЕИП), где, в соответствии с их контекстом, собираются другими агентами и передаются по назначению для обеспечения качественного протекания всего процесса [10, 11]. В условиях унифицированного взаимодействия для метаданных „запросов“ находятся соответствующие метаданные „предложения“, которые позволяют удовлетворить заданным условиям.

Метаданные „предложений“ представляют собой низкоуровневые задачи, которые могут быть реализованы с использованием рабочего узла. Задания формируются в зависимости от доступных функций. После формирования списка заданий они сортируются в порядке снижения эффективности их выполнения, что позволяет определить, каким способом узел может быть использован и как это сделать лучше всего [12]. Например, три узла ADAPTEQ потенциально могут произвести трехмерную печать, но на первом узле сейчас установлена фрезерная головка, на втором узле стоит головка для трехмерной печати, но он находится в режиме ожидания, а третий узел только что закончил трехмерную печать, поэтому головка прогрета и готова к быстрому старту новых заданий.

В метаданные „процессов“ могут производить запись все агенты в едином информационном пространстве. Такие „процессы“ демонстрируют потребности, которые возникают в рамках ЕИП. „Процесс“ может быть обработан внешними или внутренними агентами узла, он обычно состоит из нескольких задач и требует комплексного анализа [13]. „Процесс“, состоящий из одной задачи, вырождается в „запрос“, для которого подбирается „предложение“.

На основе набора задач в „процессе“ и доступных „предложений“ проводится „аукцион“ среди узлов ЕИП, победителем которого назначается узел, который предложил лучшую „цену“ за выполнение задачи (эквивалентную минимальному времени, затратам материала или другим критериям) [14]. Предпочтения отдаются тем узлам, которые предлагают реализацию более комплексных частей „процесса“, об участии в „аукционе“ и „победе“ в нем узел сигнализирует пользователю с использованием web-интерфейса. Пользователь может запретить узлу участвовать в „аукционе“, в том числе заблаговременно, путем указания сроков и причин такого решения.

Проведенные исследования показали, что для унификации функций целесообразно выделять основные и параметризуемые элементы технологического оборудования, которые можно заменять и настраивать в зависимости от текущих потребностей. В рамках концепции ADAPTEQ осуществляется разработка трехкоординатного шасси порталной конструкции, универсального модуля управления, а также набора требований для проектирования рабочих органов, определяющих основное назначение оборудования, создаваемого на базе концепции. В результате анализа способов организации систем управления выработан подход, определяющий, каким образом пользователи будут контролировать оборудование и как будет осуществляться межмашинное взаимодействие в рамках концепции. Предложенный подход обеспечивает гибкое управление в условиях прямого контроля оборудования, а также при автономной работе в качестве узла единой сети.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев М. Я., Грибовский А. А.* Концепция адаптивной платформы технологического оборудования // Изв. вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58, № 4. С. 268—272.
2. *Wang Y. et al.* The research of CNC machine appearance design based on evolution theory // IEEE Intern. Conf. on Management of Innovation and Technology (ICMIT). 2010. P. 875—879.
3. *Liang R. Y. et al.* The Design of IPC Chassis Structure Based on CNC System // Advanced Materials Research. 2013. Vol. 819. P. 277—280.
4. *Giese H., Rumpe B., Schätz B., and Sztipanovits J.* Science and Engineering of Cyber-Physical Systems (Dagstuhl Seminar 11441) // Dagstuhl Reports. 2012. Vol. 1, N 11. P. 1—22.
5. *Alippi C.* Intelligence for Embedded Systems. Springer Verlag, 2014. 283 p. ISBN 978-3-319-05278-6.
6. *Huang J. et al.* Toward a smart cyber-physical space: a context-sensitive resource-explicit service model // COMPSAC. 2009. Vol. 2. P. 122—127.
7. *Hoang D. D., Paik H.-Y., and Kim C.-K.* Service-oriented middleware architectures for cyber-physical systems // Intern. J. of Computer Science and Network Security. 2012. Vol. 12, N 1.
8. *Liuha P., Lappeteläinen A., and Soininen J.-P.* Smart Objects for Intelligent Applications — first results made open // ARTEMIS Magazine. 2009. October. N 5. P. 27—29.
9. *Афанасьев М. Я., Грибовский А. А.* Open Source подход к программному обеспечению в приборостроении // Сб. тез. докл. конгресса молодых ученых. СПб: НИУ ИТМО, 2013. Вып. 2. С. 281—282.
10. *Smirnov A., Kashevnik A., Shilov N., Oliver I., Lappeteläinen A., Boldyrev S.* Anonymous Agent Coordination in Smart Spaces: State-of-the-Art // Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking (ruSmart 2009). LNCS. 2009. Vol. 5764. P. 42—51.
11. *Lin J. et al.* Modeling cyber-physical systems with semantic agents // COMPSACW. IEEE. 2010. P. 13—18.

12. Singh V. et al. Situation based control for cyber-physical environments // Military Communications Conf. IEEE. 2009. P. 1—7.
13. Wang Y. et al. Cyber-physical systems in industrial process control // ACM SIGBED Review. 2008. Vol. 5, N 1. P. 1—2.
14. Eidson J. et al. A time-centric model for cyber-physical applications // ACES-MB. 2010. P. 21—35.

**Сведения об авторах**

- Андрей Александрович Грибовский** — канд. техн. наук; Университет ИТМО; кафедра технологии приборостроения; E-mail: griandrey@yandex.ru
- Ксения Павловна Ивашкова** — студентка; Университет ИТМО; кафедра технологии приборостроения
- Наталья Александровна Демкович** — аспирант; Университет ИТМО; кафедра технологии приборостроения

Рекомендована кафедрой  
технологии приборостроения

Поступила в редакцию  
11.11.16 г.

**Ссылка для цитирования:** Грибовский А. А., Ивашкова К. П., Демкович Н. А. Использование адаптивной платформы технологического оборудования в условиях межмашинного взаимодействия // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 6. С. 560—564.

**THE USE OF ADAPTIVE PLATFORM FOR TECHNOLOGICAL EQUIPMENT  
IN MACHINE-TO-MACHINE INTERACTION CONDITIONS**

**A. A. Gribovsky, K. P. Ivashkova, N. A. Demkovich**

*ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia  
E-mail: griandrey@yandex.ru*

The main provisions of the concept of adaptive platform for technological equipment ADAPTEQ are cited. The list of problems that need to be addressed to implement ADAPTEQ, are formulated. The logic is described and the main aspects of web-oriented system management platform are presented. Peculiarities of application of the hardware interface to enable machine-to-machine interaction are discussed. The logic of joint work of various production units in the frames of Smart-M3 approach is demonstrated.

**Keywords:** numerical control system, unified equipment, cyber physical systems, cloud technologies, Smart-M3

**Data on authors**

- Andrey A. Gribovsky** — PhD; ITMO University, Department of Instrumentation Technologies; E-mail: griandrey@yandex.ru
- Ksenia P. Ivashkova** — Student; ITMO University, Department of Instrumentation Technologies
- Natalia A. Demkovich** — Post-Graduate Student; ITMO University, Department of Instrumentation Technologies

**For citation:** Gribovsky A. A., Ivashkova K. P., Demkovich N. A. The use of adaptive platform for technological equipment in machine-to-machine interaction conditions. *Journal of Instrument Engineering*. 2017. Vol. 60, N 6. P. 560—564 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-6-560-564