УДК 681.5

DOI: 10.35211/1990-5297-2021-3-250-41-43

*Е. М. Фролов, А. В. Рогачев***ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕРИЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
С ЧПУ В КАЧЕСТВЕ ОСНОВЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ
ЦИФРОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКОВ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: eltar1983@yandex.ru

Статья посвящена проблеме построения киберфизических систем управления процессами механической обработки металлов на базе серийно производимых систем числового программного управления (ЧПУ) станками. В ней проведен обзор возможностей интеграции стороннего программного обеспечения в распространенные УЧПУ. В ходе проведенного анализа выявлен наиболее универсальный способ интеграции и предложена принципиальная схема киберфизической системы механической обработки.

Ключевые слова: киберфизические системы, УЧПУ, термоЭДС, оптимизация механической обработки.

*Е. М. Frolov, A. V. Rogachev***POSSIBILITIES OF USING SERIAL CNC EQUIPMENT AS A
BASIS FOR BUILDING DIGITAL PRODUCTION SITES****Volgograd State Technical University**

The article addresses the problem of building cyber-physical control systems of metal machining based on commercial computer numerical machine control systems (CNC). The article provides an overview of possibilities of integrating third-party software into common CNC units. The analysis has revealed a universal way of integration and resulted in a diagram of the cyber-physical machining system.

Keywords: cyber-physical systems, CNC, thermoEMF, optimization of machining.

С тех пор, как Германия в рамках развития промышленности своей страны сформулировала в 2011 году концепцию «Индустрия 4.0», все больше стран принимают аналогичные документы, включаясь в этот, ставший всемирным, процесс. В России с 2014 года прорабатывается Национальная Технологическая Инициатива (НТИ), среди рынков которой напрямую машиностроения касаются Технет и Энерджинет. Как известно, «Индустрия 4.0» процесс комплексный, движущийся по многим направлениям. Одним из основных принято считать развитие Цифровых фабрик, в которых производственные процессы управляются электроникой в автоматическом режиме, как кросс-рыночное и кросс-отраслевое направление, обеспечивающее технологическую поддержку развития рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности. В машиностроении внедрение подобного подхода к производству встречает серьезные трудности в связи со сложностью физической природы производственных процессов, в частности процесса механической обработки сталей и сплавов. Не малую проблему представляет также тот факт, что подавляющее большинство предприятий имеют устоявшийся парк оборудования, изначально не предназначенного для

автоматизации уровня «безлюдного производства», а высокая его стоимость не позволяет провести модернизацию путем замены. Обозначенные выше проблемы требуют скорейшего решения для недопущения провала рынка Технет НТИ и технологического отставания России от остальных стран.

Сложность физических процессов в первую очередь встает на пути организации Цифровых фабрик машиностроения. Процесс механической обработки сталей и сплавов, кроме того, что имеет сложную трудно анализируемую природу, сосредоточен в так называемой «зоне резания», из которой сложно получить информацию, а затем адекватно ее оценить. В настоящее время существует множество методик анализа процесса резания, основанных на сигналах различной физической природы [5, 6]. Здесь следует уточнить, что методики, доведенные до промышленной реализации, позволяют фиксировать момент выхода в аварийные режимы, что имеет важное для надежности автоматизированного производства значение. Но если мы говорим о цифровых фабриках, то на первое место выходит необходимость предсказывать поведение процесса резания для планирования производства и его работы в автоматическом режиме.

Рассмотрим возможности серийных УЧПУ для интеграции систем управления режимами обработки на основе информации из зоны резания. Все современные системы управления станком типа PCNC построены на ядре, имеющим закрытую архитектуру. Однако многие производители оставляют за потребителем возможность самостоятельно расширять возможности их продукта в той или иной степени. Проанализируем предлагаемые наиболее распространенными CNC системами решения в порядке возрастания возможностей интеграции пользовательских алгоритмов. УЧПУ CNC8070 (Fagor Automatio, Испания) позволяет получать всю основную информацию о работе системы из ядра ЧПУ сторонними приложениями. Программирование интегрируемых компонентов осуществляется с помощью специализированных Visual Basic скриптов. УЧПУ серии Indra Motion MTX (Bosch Rexroth, Германия) для расширения возможностей управления обеспечивают встраивание внешних приложений посредством стандартизированных интерфейсов (OPC, XML, ActiveX, .NET). Также при помощи инструментария Open Core Engineering имеется возможность получить доступ к ядру системы. УЧПУ TX 1270 (Beckhoff, Германия) посредством программной шины ADS (Automation Device Specification) позволяет получить доступ из написанных на языках платформы .NET прикладных программ пользователя к переменным и адресному пространству программируемого логического контроллера реального времени. УЧПУ iTNC 530 (HEIDENHAIN, Германия) может поставляться с программной коммуникационной платформой Heidenhain DNC, позволяющей реализовывать взаимодействие с внешними приложениями, способными анализировать информацию из ЧПУ и влиять на производственный процесс. УЧПУ Sinumerik 840D sI (Siemens, Германия) для дополнения функционала или

изменения сценариев работы ядра предлагает использование механизма Compile Cycles (компилируемые циклы). Он позволяет определять точки останова (breakout-points) в процессы работы ядра, называемые событиями (events). По возникновению событий инициируются фрагменты кода, реализованные пользователем на языке C++, обеспечивающие доступ к системным данным и функциям. УЧПУ OSP-P300L (Okuma, Япония) позволяет осуществить информационный обмен со сторонним программным обеспечением и измерительными датчиками через переменные, доступ к которым может быть получен через интерфейс RS-232C. Возможность обращения к этим переменным из программ обработки позволяет вести управление процессом резания в режиме реального времени. Данный способ интеграции ядра УЧПУ со сторонними приложениями и измерительными устройствами представляется наиболее удобным, так как не требует приобретения дополнительного программного обеспечения и предлагает стандартизированный открытый интерфейс информационного обмена.

Принципиальная схема киберфизической системы механической обработки на базе серийного УЧПУ OSP-P300L представлена на рисунке. Согласно изображенной схеме, за получение и обработку информации о процессе резания отвечают два блока: датчики для фиксации параметров протекания процесса и программируемый логический контроллер (ПЛК). Выполнение расчетов на базе ПЛК позволяет обеспечить гибкость разрабатываемой системы, то есть дает возможность интегрировать ее с другими УЧПУ без внесения принципиальных изменений в архитектуру. В качестве аппаратной платформы может быть использовано любое устройство, отвечающее требованиям, предъявляемым к устройствам, работающим в производственных условиях.

Принципиальная схема киберфизической системы на базе УЧПУ OSP-P300L

В качестве алгоритмической базы киберфизической системы предлагается метод оптимизации режимов резания механической обработки, называемый методом пробного прохода [1, 3, 4]. Он основывается на измерении величины термоЭДС пары инструмент (твердосплавный) – обрабатываемая деталь и использовании ее в качестве интегрального показателя условий протекания процесса резания. Расчетный блок системы использует метод параметрической оптимизации режимов резания методом линейного программирования. В качестве расчетного алгоритма применяется симплекс-метод [7]. Целевые функции могут быть различными и выбираются исходя из целей управления процессом обработки [2]. Например, производительность может быть использована в качестве оценочной функции на стадии черновой обработки. На стадии получистовой/чистой токарной обработки в качестве целевой функции следует принимать минимальную погрешность формы и расположения поверхностей. В случае отделочной обработки за оценочную функцию целесообразно принять величину получаемой шероховатости.

В представленной статье приведен пример построения киберфизической системы механической обработки. Предложена принципиальная схема описанной системы на базе серийно выпускаемого УЧПУ OSP-P300L производства фирмы Okuma. Осуществлен выбор основного сигнала обратной связи из зоны резания, предложены алгоритмы оптимизации режимов обработки на его основе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2063307 Российская Федерация, МКИ 6 В 23 В 25/06. Способ определения допустимой скорости резания

при механической обработке детали твердосплавным инструментом / А. Л. Плотников ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». – № 94010673/08 ; заявл. 29.03.1994 ; опубл. 10.07.1996, Бюл. № 19.

2. Свид. о. гос. регистрации № 2009615674 от 12.10.2009 РФ. Оптимизация режимов резания трех стадий токарной обработки : программа для ЭВМ / Е. М. Фролов, А. Л. Плотников ; ВолгГТУ. – 2009.

3. Фролов, Е. М. Адаптация метода управления режимами резания к промышленным условиям / Е. М. Фролов, Э. А. Корзун, Ж. С. Тихонова // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 2 (212) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2018. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 53–55.

4. Сергеев, А. С. Method for measuring thermo-EMF of a «tool-workpiece» natural thermocouple in chip forming machining [Электронный ресурс] / А. С. Сергеев, Ж. С. Тихонова, Т. В. Уварова // MATEC Web of Conferences. Vol. 129 : International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017) (Sevastopol, Russia, September 11-15, 2017) / eds.: S. Bratan [et al.] ; Sevastopol State University, National University of Science and Technology «MISIS», Polzunov Altai State Technical University, Inlink Ltd. and International Union of Machine Builders. – [Publisher: EDP Sciences], 2017. – 5 p. – URL : https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/43/matec-conf_icmtmte2017_01044.pdf.

5. The reliability improvement of CNC machining centers due to on-line diagnostics of the cutting process [Электронный ресурс] / Д.В. Крайнев, А.С. Сергеев, Ж.С. Тихонова, Куанг Чонг Нго // 2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM) (St. Petersburg, Russia, 24-26 May 2017) : Conference Proceeding / ed. by S. Shaposhnikov. – [Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (IEEE)], 2017. – P. 627-629. – DOI: 10.1109/SCM.2017.7970670.

6. Оперативная диагностика как средство повышения надежности функционирования систем ЧПУ / Д. В. Крайнев, Ж. С. Тихонова, А. А. Кожевникова, Д. С. Дубовова // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 12 (207) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2017. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 18–20.

7. Formulating CAD/CAM modules for calculating the cutting conditions in machining / А. Л. Плотников, Ю. Л. Чигиринский, Е. М. Фролов, Е. Г. Крылов // Russian Engineering Research. – 2009. – Vol. 29, № 5. – С. 512–517.