

УДК 62-52

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

© 2019 Б.М. Горшков, Н.С. Самохина, Н.М. Бобровский, Ю.В. Полянсков,
Л.В. Худобин, А.В. Савельев, В.В. Епифанов, А.Ф. Денисенко

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти

Статья поступила в редакцию 10.10.2019

Проведен анализ технических решений и методов обеспечения надежности существующих производственных систем. Выявлены основные недостатки производственных систем в современном многономенклатурном производстве. Проанализированы технические решения реконфигурируемых и переконфигурируемых рабочих позиций и пути дальнейшего развития. Показана необходимость исследования вопросов надежности переконфигурируемых рабочих позиций для повышения эффективности выполняемых технологических процессов.

Ключевые слова реконфигурируемая производственная система, надежность производственных систем.

1. ВВЕДЕНИЕ

В мировой практике развития машиностроения и, в частности, станкостроения существует тенденция преобразования гибких производственных систем (ГПС) и перевод их на более высокий качественный уровень развития в направлении создания так называемых реконфигурируемых производственных систем (РПС) [1]. Данное направление получает развитие существенно позднее, чем начатые в 80х годах двадцатого столетия научные исследования в области переконфигурируемых производственных систем (ППС).

Реконфигурируемые производственные системы обладают возможностью адаптации пространственно-временной организации ар-

хитектуры и взаимного перемещения узлов производственной системы без ручной смены узлов для применения в условиях изменения требований рынка машиностроительной продукции (при частой переналадке).

Развиваемая за рубежом концепция РПС рассматривается как альтернатива гибким производственным системам. Ее реализация началась за рубежом в 90-х г. в США и затем в Германии, Японии (Koren Y., Ulsoy A.G., Mehrabi M.G.) С этой целью был создан и активно действует научно-исследовательский центр в составе Мичиганского университета, который является национальным центром развития и реализации концепции РПС в США. Развитие РПС вписано в концепцию национального развития машиностроительного производства США до 2020 года, как одно из основных научно-исследовательских направлений по созданию реконфигурируемых машиностроительных производств и предприятий. При данном центре образован и действует экспериментальный завод для проведения и реализации исследований [2].

Концепция создания реконфигурируемых производственных систем подразумевает следующие свойства разрабатываемых производственных систем: выполнение производственных заказов различной номенклатуры во время эксплуатации системы; модульность; возможность обработки на базе одной РПС нескольких деталей; возможность изменения производительности в соответствии со спросом на производимую продукцию; развитая система наблюдения за работой и диагностированием оборудования, высокая надежность.

Проблема надежности производственных систем – это проблема создания высокопроизводительных автоматических систем машин с малыми потерями производительности, с ми-

Горшков Борис Михайлович, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Сервис технических и технологических систем» ПВГУС.

Самохина Наталья Станиславовна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Информационный и электронный сервис», ПВГУС.

Бобровский Николай Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства» ТГУ.

E-mail: bobri@yandex.ru

Полянсков Юрий Вячеславович, доктор технических наук, президент УлГУ, заведующий кафедрой математического моделирования технических систем УлГУ.

Худобин Леонид Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» УлГУ.

Савельев Александр Викторович, аспирант кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства» ТГУ.

Епифанов Вячеслав Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры автомобиля УлГУ.

Денисенко Александр Федорович доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные станочные и инструментальные системы» СамГТУ.

нимальным количеством обслуживающих и ремонтных рабочих [3-12]. Несмотря на массу исследовательских работ и результатов, посвященных проблеме надежности производственных систем, вопросы концепции надежности производственных систем продолжают развиваться. При создании более совершенных производственных систем и их компоновочных узлов возрастают требования обеспечения надежности при разработке современного оборудования. Это связано с конструктивным усложнением современных производственных систем, с расширением их функционального назначения, и увеличением интенсивности работы в условиях эксплуатации [3, 13, 14]

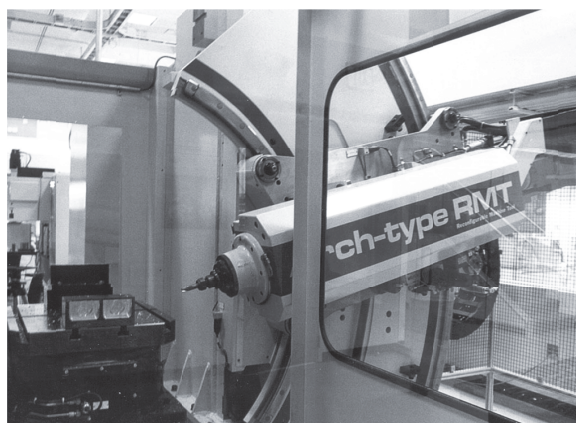
2. ИССЛЕДОВАНИЯ В США

В результате проведения теоретических и экспериментальных исследований, были разработаны несколько опытно-экспериментальных образцов, например, в Мичиганском ис-

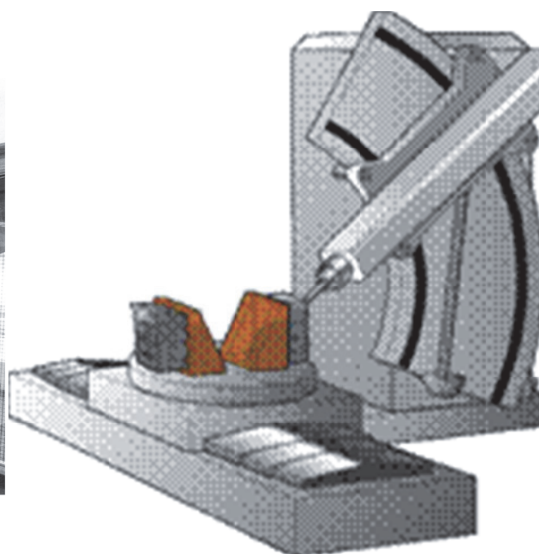
следовательском центре (г. Арбор) до 2008 года были сконструированы реконфигурируемые станки (Рисунок 1 [15]). Однако, критерии реконфигурируемых и перекомпоновочных производственных систем существенно различаются. Реконфигурируемые производственные системы характеризуются развитием концепции создания ГПС с дополнительными технологическими возможностями, но, по сути, остаются системами жесткой стационарной компоновки и, как следует из литературных источников [15, 16], не обладают способностью автоматического изменения компоновки.

3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛОГАБАРИТНОГО РЕКОНФИГУРИРУЕМОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА ATRON

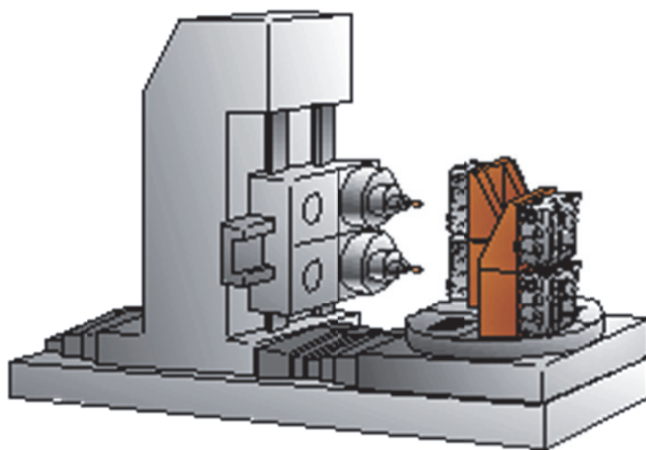
Одними из перспективных технических решений является проведение научных исследований перекомпоновочных и реконфигурируемых



а)



б)



в)

Рис. 1. Опытно-экспериментальные образцы реконфигурируемых производственных систем, созданных в Мичиганском исследовательском центре

промышленных роботов и реконфигурируемых робототехнических систем, проводимые в Дании (The Maersk Institute for Production Technology University of Southern Denmark). К числу реконфигурируемых промышленных роботов можно отнести модульный робот ATRON (рисунок 2) [1]. ATRON – это система, состоящая из определенного количества полностью автономных модулей, каждый из которых имеет собственные вычислительные мощности, источники питания, датчики и исполнительные механизмы. Конструкция модуля ATRON представляет собой две полусферы в виде полушарий, вращающиеся друг относительно друга. Модули ATRON объединяются в мета-модули, которые, в зависимости от количества включенных в них отдельных модулей, имеют большую подвижность и функциональность.

Основная идея ATRON заложена в следующих положениях:

1. иметь возможность производить соединения с группой отдельных модулей, создавая реконфигурируемую систему;
2. осуществлять кинематическую связь и управление с соседними модулями;
3. обеспечивать многофункциональность использования разъемов электрических связей управления;

4. осуществлять относительные перемещения механизмов модулей в единой системе управления процессами перемещения.

К каждому отдельному модулю одновременно может быть подключено несколько модулей-соседей. В системе ATRON за счет изменения положения модулей и связей друг относительно друга может происходить самостоятельная реконфигурация, которая предполагает использование в различных сферах, например, в новой производственной линии сортировки изделий, на сборочной линии, использоваться в труднодоступных или опасных для человека местах.

Механическая конструкция ATRON состоит из двух частей, имеющих форму четырехгранной пирамиды связанных между собой приводом. Основная часть конструкции сделана из алюминия (силовая рама), из латуни (зубчатые передачи), из стали (элементы, задействованные в соединительном процессе, подшипник в центре). Реорганизация модулей будет включать в себя операции вращения, осуществляется обмен информацией и электроэнергией между полушариями.

Соединение модулей происходит при помощи механизмов сцепления – трех зацепов, приводимых в действие через двигатель постоянного тока и червячный механизм. Заце-

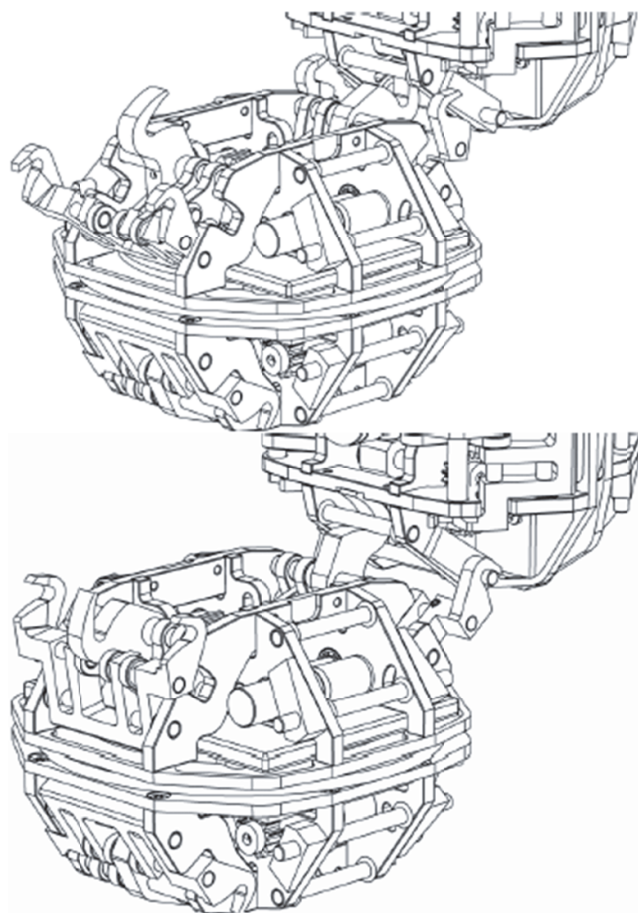


Рис. 2. Два модуля ATRON в соединенном и разъединенном состоянии

пы, расположенные на одном модуле, вводятся в соответствующие пазы соседнего модуля, тем самым образуя кинематическую связь типа 3 точки – 3 точки. Но так как связь происходит по трем точкам, то происходит имитация связи плоскость – плоскость, что обеспечивает достаточную жесткость и точность соединения.

Для того чтобы осуществлять обмен информацией в системе ATRON, каждый модуль должен иметь возможность обмениваться информацией с соседними. Для реализации этой связи каждое полушарие имеет четыре комплекта инфракрасных диодов: четыре для отправки и четыре для получения данных. Каждый комплект располагается непосредственно рядом с зоной соединения и направлен к центру модуля. Полушарие в состоянии получать одновременно четыре независимых сигнала. Сигналы объединяются и обрабатываются при помощи мультиплексора. Каждый модуль имеет датчики для внешнего зондирования и 2-х осевой акселерометр для измерения наклона. Для дальнейшего внешнего зондирования, модуль ATRON может использовать свои инфракрасные порты и связи. Используется инфракрасные диоды и в качестве датчиков расстояния. Зондирование предлагает всю информацию, необходимую для того, чтобы определить нерабочие модули, внешние препятствия или модули, пригодные для подключения. Вес отдельного модуля составляет 0.850 кг и имеет диаметр 110 мм. Один модуль имеет силу, чтобы обеспечить поворот двух других модулей.

Несмотря на то, что модуль кажется перспективным, имеются вопросы, требующие его совершенствования: отсутствие соединений типа плоскость – плоскость, а только точка – точка, которая делает конструкцию их соединения сложной; усовершенствование электронных сетей управления; улучшение стабильности работы механизмов модуля; улучшение контроля работы двигателей и обратной связи управления; повышение информативности и дальности расстояния зондирования; невозможность выполнения задач вне лабораторных условиях.

4. ВЫВОДЫ

Реконфигурируемые производственные системы являются более гибкими, адаптивными, удобными и простыми в применении, но как любая сложная система они требуют непрерывного повышения эксплуатационной надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Christensen D.J., Ostergaard E.H., Lund H.H.* Metamodule control for the ATRON self-reconfigurable robotic system // In: Proceedings of the The 8th Conference on Intelligent Autonomous

- Systems (IAS-8). Amsterdam, 2004. P. 685–692.
2. *Царев А.М.* Перекомпоновываемые производственные системы – перспективное направление развития машиностроения – Тольятти: ТГУ, 2007. – 156 с.
3. *Волчкевич Л.И.* Надежность автоматических линий - М.: Машиностроение, 1969. - 309 с.
4. *Пестрецов С.И., Борцев В.Я., Долгунин В.Н.* Надежность технологического оборудования: лабораторные работы. - Тамбов: Изд-во Тамб. Гос. Ун-та, 2005. - 36 с.
5. *Суслов А.Г., Говоров И.В.* Организационно-технологическое обеспечение оптимальной долговечности изделий машиностроения // СТИН. 2010. - № 3. - С. 4-8.
6. *Суслов А.Г.* Обеспечение конкурентоспособности и качества изделий машиностроения // Научные технологии в машиностроении - 2013. - № 2. - С. 3-6.
7. *Хазов Б.Ф., Дидусев Б.А.* Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
8. *Хазов Б.Ф., Моисеев Ж.Ю.* Надежность системы: изготавливаемое изделие: Учебное пособие /. – Тольятти: ТолПИ, 1996 - 28 с.
9. *Хазов Б.Ф.* Надежность технологических систем и машин: Учебное пособие. – Тольятти : ТолПИ, 1995. – 110 с.
10. *Хазов Б.Ф.* Управление надежностью машин и технологических систем на этапах их жизненного цикла. Ч. 1. Этапы разработки технологического задания, технологического предложения, технического проекта: учеб. пособие. - М.: Машиностроение-1, 2007. – 184 с.
11. *Шишмарев В.Ю.* Надежность технических систем: учебник для студ. Высш. Учеб. Заведений. - М.: Издательский центр Академия, 2010 – 304 с.
12. *Юрин В.Н.* Повышение технологической надежности станков. - М.: Машиностроение, 1981 - 78 с.
13. *Байхельт Ф., Франкен П.* Надежность и техническое обслуживание. - М.: Радио и связь, 1988 - 392 с.
14. *Власов С.Н., Черпаков Б.И.* Справочник наладчика агрегатных станков и автоматических линий. - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа: Академия, 1999 – 384 с.
15. *Y. Koren, U. Heisel, F. Jovane, T. Moriwaki, G. Pritchow, H. Van Brussel, A.G. Ulsoy,* Reconfigurable manufacturing systems // CIRP Annals, 1999. - Vol.48. - No.2.
16. *Koren Y., Ulsoy A.G.* Vision, principles and impact of Reconfigurable manufacturing systems// Powertrain International, 2002. - P. 14-21.
17. *Маслова А.В., Токарев Д.Г., Туров Р.А., Шевцов А.А.* Система управления пневматическим манипулятором МП-11 на базе микроконтроллера ARDUINO // Мехатроника, автоматика и робототехника, 2018. - №2. - С. 86-89.
18. *Горшков Б.М., Токарев Д.Г., Маршанская О.В.* Разработка и исследование динамической модели вертикального координатно-расточного станка // Вестник Самарского государственного технического университета. 2008. - №2. - С. 127-132.
19. Патент РФ 2003103750/02, 07.02.2003. Устройство управления подвижным узлом станка // Патент России № 2280543. 2003 / *Горшков Б.М., Галицков С.Я., Денисенко А.Ф.* [и др.]

**ANALYSIS OF RESEARCH IN THE FIELD
OF AUTOMATIC RECOMPOSED PRODUCTION**

© 2019 B.M. Gorshkov, N.S. Samokhina, N.M. Bobrovsky, Yu.V. Polyanskov,
L.V. Khudobin, A.V. Saveliev, V.V. Epifanov, A.F. Denisenko

Volga Region State University of Service, Togliatti

The analysis of technical solutions and methods to ensure the reliability of existing production systems. The main shortcomings of production systems in modern multi-nomenclature production are revealed. The technical solutions of reconfigurable and reconfigurable working positions and ways of further development are analyzed. The necessity of researching the reliability issues of reconfigurable work positions to increase the efficiency of technological processes is shown.

Keywords: reconfigurable production system, reliability of production systems.

Boris Gorshkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical and Technological Systems Service, Volga Region State University of Service.

Natalya Samokhina, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Information and Electronic Service, Volga Region State University of Service.

Nikolai Bobrovsky, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Equipment and Technologies of Engineering Production, TSU. E-mail: bobri@yandex.ru

Yuri Polyanskov, Doctor of Technical Sciences, Professor, President of ULSU, Head of the Department of Mathematical Modeling of Technical Systems of ULSU.

Leonid Khudobin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Engineering Technology, UlSTU.

Alexander Saveliev, Graduate Student of the Department «Equipment and Technologies of Engineering Production» TSU.

Vyacheslav Epifanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automobiles, UlSTU.

Alexander Denisenko Doctor of Technical Sciences, professor of the department «Automated Machine and Tool Systems of Samara State Technical University.