

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

BRIEF PAPERS

doi: 10.17586/2226-1494-2021-21-1-143-146

УДК 621.83; 621.941

Обеспечение гибкости роботизированных технологических систем для сборки малогабаритных изделий

Виктор Михайлович Медунецкий^{1✉}, Виталий Викторович Медунецкий²,
 Антон Романович Соляник³, Екатерина Павловна Ярышева⁴

^{1,3,4} Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

² ООО «Феррум», Санкт-Петербург, 192177, Российская Федерация

³ АО «Звезда-Редуктор», Санкт-Петербург, 192012, Российская Федерация

⁴ АО «Эврика», Санкт-Петербург, 196084, Российская Федерация

¹ vm57med@yandex.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0002-8498-9594>

² medunetzkiy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6121-6396>

³ antonsolyanick@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0906-1868>

⁴ martijancatherine@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7991-3408>

Аннотация

Выполнен анализ особенности роботизированных технологических сборочных линий и методов их организации. Повышение гибкости сборочных роботизированных технологических линий в настоящее время обеспечивается преимущественно блочно-модульной организацией технологических линий, а также различными способами перемещения технологического оборудования и конструктивного преобразования звеньев манипуляторов. Для осуществления сборки изделий или их узлов из деталей сложной конфигурации с различными массогабаритными характеристиками рекомендовано применять захватные устройства манипуляторов, конструкция которых позволяет адаптировать усилия схватывания в зависимости от веса и габаритов захватываемой детали. Повышение технологической гибкости можно обеспечить за счет организационно-технических и конструктивных возможностей с использованием специального технологического сборочного модуля карусельного типа, основными узлами которого являются два поворотных стола, один из которых предназначен для сборочных операций. Приведен пример технологического сборочного модуля с тремя роботами, взаимодействие которых осуществляется с помощью компьютерного управления. В таком модуле роботы расположены по окружности и детали для сборки перемещаются по дуге окружности.

Ключевые слова

роботизированные сборочные линии, гибкость технологических систем, манипуляторы роботов, сборочный технологический модуль

Ссылка для цитирования: Медунецкий В.М., Медунецкий В.В., Соляник А.Р., Ярышева Е.П. Обеспечение гибкости роботизированных технологических систем для сборки малогабаритных изделий // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21, № 1. С. 143–146.
 doi: 10.17586/2226-1494-2021-21-1-143-146

Flexibility insurance of robotic technology systems for assembling of small-sized products

Viktor M. Medunetskiy^{1✉}, Vitaly V. Medunetskiy², Anton R. Solyanik³, Ekaterina P. Iarysheva⁴

^{1,2,3} ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

² LLC Ferrum, Saint Petersburg, 192177, Russian Federation

³ AO Zvezda-Reducer, Saint Petersburg, 192012, Russian Federation

⁴ AO Evrica, Saint Petersburg, 196084, Russian Federation

¹ vm57med@yandex.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0002-8498-9594>

² medunetzkiy@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6121-6396>

³ antonsolyanick@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0906-1868>

⁴ martijancatherine@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7991-3408>

© Медунецкий В.М., Медунецкий В.В., Соляник А.Р., Ярышева Е.П., 2021

Abstract

The paper presents analysis of the features of robotic technological assembly lines and methods of their organization. The flexibility increasing of assembly robotic technological lines is currently provided mainly by the block-modular organization of technological lines and by various methods of technological equipment movement and structural transformation of manipulator links. For the assembly of products or their components from parts of complex configuration with various weight and size characteristics, it is recommended to use gripping devices of manipulators, which design gives the possibility to adapt the setting forces depending on the weight and dimensions of the gripped part. The growth of technological flexibility can be achieved through organizational, technical and design capabilities using a special technological assembly module of the carousel type, which main nodes are two turntables. The one turntable is designed for assembly operations. An example of a technological assembly module with three robots is given. Their interaction is carried out using computer control. In such a module, robots are arranged in a circle and the parts to be assembled are moved along a circle arc.

Keywords

robotic assembly lines, technological systems flexibility, robot manipulators, assembly technology module

For citation: Medunetskiy V.M., Medunetskiy V.V., Solyanik A.R., Iarysheva E.P. Flexibility insurance of robotic technology systems for assembling of small-sized products. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 143–146 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2021-21-1-143-146

Современное производство характеризуется широкой номенклатурой выпускаемых изделий при сохранении устойчивой тенденции повышения качества при снижении их себестоимости.

Анализ производственных систем показывает, что это достигается за счет использования роботизированных систем, которые постоянно совершенствуются как в целом [1, 2], так и в организационном плане, а также по отдельным компонентам [3].

При этом важно отметить, что появилась необходимость в выпуске различных модификаций того или иного изделия, в том числе и небольшими партиями. Из практики известно, что сборочные операции существенно влияют на технико-экономические показатели выпускаемых изделий. В этой связи возникла потребность в повышении технологической гибкости, прежде всего на сборочных роботизированных линиях, на которых осуществляют в основном сборку малогабаритных многономенклатурных партий изделий [4, 5]. Как известно, под технологической гибкостью общепринято понимать способность перехода с изготовления одного вида изделия на другой с минимальными изменениями технической производственной базы.

Сейчас принято выделять в основном три типа гибкости технологических линий, такие как машинный, технологический и структурно-оперативный [6].

Известно, что повышение гибкости сборочных роботизированных технологических линий обеспечивается блочно-модульной компоновкой, различными способами смещения технологического оборудования, а также методами конструктивного преобразования звеньев манипулятора. В целом из анализа технологических систем видно, что их гибкость обеспечивается как изменением параметров технологического оборудования и деталей для сборки в пространстве (в рабочей зоне манипуляторов), так и функциональными возможностями конкретного технологического оборудования [7].

Для того чтобы осуществлять сборку изделий или их узлов из деталей, в том числе и со сложной конфигурацией, а также с различными массогабаритными характеристиками, целесообразно применять захватные устройства манипуляторов, конструкция которых позволяет адаптировать усилия схватывания от веса и

габаритов захватываемой детали [8, 9]. В частности, из работы [10] известно, что имеются конструктивные решения, которые позволяют обеспечивать такие функции в достаточно широком диапазоне.

Однако можно отметить, что не все возможности использованы для повышения гибкости технологических систем для сборочных операций. Имеются организационно-технические и конструктивные возможности с использованием определенного для этого оборудования, в частности специального технологического сборочного модуля, который представлен схематично на рисунке с тремя манипуляционными роботами в качестве примера.

На рисунке показаны объемные рабочие зоны манипуляторов, которые наиболее востребованы на практике по своим характеристикам (к примеру — надежности в сочетании со стоимостью) и которые ограничены углами α и β , а также дугами окружностей с радиусами r_1 и r_2 относительно рабочего стола.

Исходя из «компактного» расположения сборочного технологического процесса при производственной необходимости в некоторых вариантах работы целесообразно расположить по окружности. В этом случае осуществлять подачу деталей на сборку следует по дуге окружности для эффективного и рационального использования объемной рабочей зоны манипуляторов. Модели роботов рекомендуется выбирать в зависимости от особенностей собираемых изделий по различным параметрам, в частности, таких как массогабаритные характеристики, их конфигурация, применяемые материалы и т. д. Диаметры столов (прежде всего, верхнего рабочего стола) зависят от количества используемых в технологическом процессе роботов и их конкретных моделей.

Для осуществления сборочных операций верхний круговой поворотный стол сборочного модуля имеет возможность вращения в оба направления. На главном виде приведенного рисунка линия $a-a$ и высота h_1 определяют уровень плоскости верхнего кругового рабочего стола для манипуляторов конкретных моделей роботов.

Данный круговой рабочий стол имеет ряд отверстий (окон) для доступа захватных устройств манипуляторов ко второму нижнему столу, на котором также по окружности размещаются контейнеры с деталями для

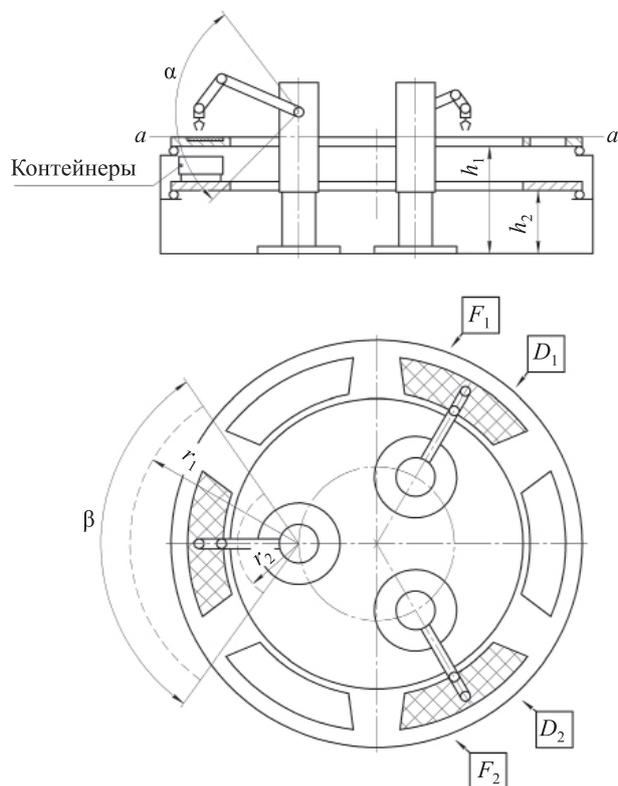


Рисунок. Схема технологического сборочного модуля
Figure. Scheme of the technological assembly module

сборки, сменные элементы захватов манипуляторов и собранные изделия. Нижний стол, высота которого h_2 , также является поворотным как по часовой стрелке, так и против.

Вращение верхнего и нижнего столов осуществляется двигателями D_1 и D_2 , которые условно показаны на представленном рисунке, и координируются неподвижно в требуемом положении относительно манипуляторов с помощью фиксаторов F_1 и F_2 .

Детали и собираемые узлы изделия перемещаются по дуге окружности в рабочую зону манипулятора для осуществления конкретной сборочной операции. Нижний поворотный стол обеспечивает в основном подачу необходимых компонентов в рабочую зону конкретного манипулятора робота.

В результате получаем технологический сборочный модуль, который представляет собой компактную транспортно-распределительную систему карусельного типа и является аналогом известных классических технологических сборочных линий. Функциональное взаимодействие роботов и поворотных рабочих столов осуществляется с помощью компьютерного управления.

Организация сборки изделий на предлагаемом технологическом модуле карусельного типа позволит эффективно осуществить переход от изготовления одного изделия к другому, повысить гибкость технологического сборочного процесса и возможность одновременной сборки двух-трех модификаций базового изделия.

Литература

1. Makris S., Michalos G., Chryssolouris G. RFID driven robotic assembly for random mix manufacturing // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2012. V. 28. N 3. P. 359–365. doi: 10.1016/j.rcim.2011.10.007
2. Papakostas N., Michalos G., Makris S., Zouzas G., Chryssolouris D. Industrial applications with cooperating robots for the flexible assembly // *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 2011. V. 24. N 7. P. 650–660. doi: 10.1080/0951192X.2011.570790
3. Makris S., Michalos G., Eytan A., Chryssolouris G. Cooperating robots for reconfigurable assembly operations: Review and challenges // *Procedia CIRP*. 2012. V. 3. N 1. P. 346–351. doi: 10.1016/j.procir.2012.07.060
4. Бондарева Н.Н. Состояние и перспективы развития роботизации: в мире и России // *МИР (Модернизация. Инновации. Развитие)*. 2016. Т. 7. № 3. С. 49–57. doi: 10.18184/2079-4665.2016.7.3.49.57
5. Козырев Ю.Г. Гибкие производственные системы. Справочник: справочное издание. М.: КНОРУС, 2017. 364 с.
6. Medunetskiy V.M., Nikolaev V.V. The way to expand the operation area for robot manipulators to increase flexibility of process lines // *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. V. 1210. N 1. P. 012093. doi: 10.1088/1742-6596/1210/1/012093
7. Медунецкий В.М., Николаев В.В. Метод расширения рабочей зоны манипулятора робота и повышения гибкости технологических линий // *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*. 2018. Т. 61. № 4. С. 377–379. doi: 10.17586/0021-3454-2018-61-4-377-379
8. Колпашников С.Н., Челпанов И.Б. Принципы проектирования захватных устройств для промышленных роботов, предназначенных для работы в гибких автоматизированных производственных системах. *Промышленные роботы для гибких автоматизированных производств*. Куйбышев: Изд-во КПИ, 1985.
9. Медунецкий В.М., Падун Б.С., Николаев В.В. Особенности проектирования захватных устройств для повышения гибкости автоматизированных и роботизированных технологических линий приборостроительных производств // *Научно-технический вестник*

References

1. Makris S., Michalos G., Chryssolouris G. RFID driven robotic assembly for random mix manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2012, no. 28, no. 3, pp. 359–365. doi: 10.1016/j.rcim.2011.10.007
2. Papakostas N., Michalos G., Makris S., Zouzas G., Chryssolouris D. Industrial applications with cooperating robots for the flexible assembly. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2011, vol. 24, no. 7, pp. 650–660. doi: 10.1080/0951192X.2011.570790
3. Makris S., Michalos G., Eytan A., Chryssolouris G. Cooperating robots for reconfigurable assembly operations: Review and challenges. *Procedia CIRP*, 2012, vol. 3, no. 1, pp. 346–351. doi: 10.1016/j.procir.2012.07.060
4. Bondareva N.N. The current state and the perspectives of robotics development: in the globe and Russia. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*, 2016, vol. 7, no. 3, pp. 49–57. (in Russian). doi: 10.18184/2079-4665.2016.7.3.49.57
5. Kozyrev Yu.G. *Flexible Manufacturing Systems. Handbook*. Moscow, KNORUS Publ., 2017, 364 p. (in Russian)
6. Medunetskiy V.M., Nikolaev V.V. The way to expand the operation area for robot manipulators to increase flexibility of process lines. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1210, no. 1, pp. 012093. doi: 10.1088/1742-6596/1210/1/012093
7. Medunetskiy V.M., Nikolaev V.V. Method of expansion of the working zone of the robot manipulator and increasing the flexibility of technological lines. *Journal of Instrument Engineering*, 2018, vol. 61, no. 4, pp. 377–379. (in Russian). doi: 10.17586/0021-3454-2018-61-4-377-379
8. Kolpashnikov S.N., Chelpanov I.B. *Design principles for gripping devices for industrial robots designed to work in flexible automated manufacturing systems. Industrial robots for flexible automated manufacturing*. Kuybyshev, KPI Publ., 1985. (in Russian)
9. Medunetskiy V.M., Padun B.S., Nikolaev V.V. Special design aspects of gripping devices for increasing the flexibility of automated and

- ник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 6. С. 1123–1132. doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-6-1123-1132
10. Николаев В.В. Повышение гибкости роботизированных сборочных линий многономенклатурного производства оптических приборов: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО. СПб., 2018 [Электронный ресурс]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_008700118/, свободный. Яз. рус. (дата обращения: 26.11.2020).

Авторы

Медунецкий Виктор Михайлович — доктор технических наук, профессор, профессор, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, vm57med@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8498-9594>

Медунецкий Виталий Викторович — кандидат технических наук, генеральный директор, ООО «Феррум», Санкт-Петербург, 192177, Российская Федерация, meduneczki@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6121-6396>

Соляник Антон Романович — аспирант, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация; инженер-технолог, АО «Звезда-Редуктор», Санкт-Петербург, 192012, Российская Федерация, antonsolyanick@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0906-1868>

Ярышева Екатерина Павловна — студент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация; инженер-конструктор, АО «Эврика», Санкт-Петербург, 196084, Российская Федерация, martijancatherine@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7991-3408>

Статья поступила в редакцию 21.12.2020

Одобрена после рецензирования 17.01.2021

Принята к печати 29.01.2021

robotic manufacturing lines at instrument manufacturing facilities. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2017, vol. 17, no. 6, pp. 1123–1132. (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-6-1123-1132

10. Nikolaev V.V. *Increase the flexibility of robotic assembly lines for diversified optical production*. Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences. St. Petersburg, ITMO University, 2018. Available at: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_008700118/ (accessed: 26.11.2020). (in Russian)

Authors

Viktor M. Medunetskiy — D.Sc., Full Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, vm57med@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8498-9594>

Vitaly V. Medunetskiy — PhD, Chief Officer, LLC Ferrum, Saint Petersburg, 192177, Russian Federation, meduneczki@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6121-6396>

Anton R. Solyanik — Postgraduate, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation; Process Engineer, AO Zvezda-Reducer, Saint Petersburg, 192012, Russian Federation, antonsolyanick@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0906-1868>

Ekaterina P. Iarysheva — Student, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation; Engineer, AO Evrica, Saint Petersburg, 196084, Russian Federation, martijancatherine@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7991-3408>

Received 21.12.2020

Approved after reviewing 17.01.2021

Accepted 29.01.2021



Работа доступна по лицензии
Creative Commons
«Attribution-NonCommercial»