



СЕРТИФИКАТ

участника XVII Всероссийской научно-практической конференции
«СОВРЕМЕННЫЕ ПАРАДИГМЫ ОБРАЗОВАНИЯ:
ДОСТИЖЕНИЯ, ИННОВАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС»

Организаторы: издательство «ПРИОРИТЕТ» и Южный университет (ИУБиП)

Костин

(фамилия)

Сергей

(имя)

Владимирович

Директор издательства «ПРИОРИТЕТ»



М. П.

Ж.С. Тихонова





ИЗДАТЕЛЬСТВО ООО
«ПРИОРИТЕТ»,
СОВМЕСТНО С ЮЖНЫМ
УНИВЕРСИТЕТОМ
(ИУБиП)

**СОВРЕМЕННЫЕ ПАРАДИГМЫ
ОБРАЗОВАНИЯ:
ДОСТИЖЕНИЯ, ИННОВАЦИИ,
ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

4 Февраля 2019

Часть 1

г. Ростов-на-Дону

*Настоящий сборник статей XVII Всероссийской научно-практической конференции «**СОВРЕМЕННЫЕ ПАРАДИГМЫ ОБРАЗОВАНИЯ:ДОСТИЖЕНИЯ, ИННОВАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС**» содержит статьи студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых, преподавателей, а также всех желающих опубликовать научные труды. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут непосредственно авторы публикуемых материалов. Статьи публикуются в авторской редакции.*

СОВРЕМЕННЫЕ ПАРАДИГМЫ ОБРАЗОВАНИЯ:ДОСТИЖЕНИЯ, ИННОВАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС: материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции (4 Февраля 2019г.): в 3-х ч. Ч 1. – Ростов-на-Дону: изд-во Южного университета ИУБиП, 2018. – 230 с.

ISBN 978_5_6042683_3_9

Подписано в печать 10.04.2019, 250 экз.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ДЕЛЬТА-РОБОТОВ В ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ

Костин Сергей Владимирович

*Аспирант, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный
исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»),*

E-mail: 1334425@bsu.edu.ru

В статье проведен анализ существующих решений в области отдельного класса промышленных роботов – параллельных дельта-роботов. Рассмотрены подходы к составлению математического описания таких роботов. Проанализированы возможности использования роботов данного класса для повышения эффективности переработки отходов. Предложена концепция производственной линии сортировки отходов, оснащённой роботами данного типа.

Ключевые слова: *дельта-робот, промышленный манипулятор, робототехника, сортировка, переработка отходов, экология, автоматизация технологических процессов.*

В современной промышленности широко используются всевозможные средства автоматизации производственных процессов. В связи с тем, что к производительности и безотказности технологических линий постоянно растут требования, необходимо повышать уровень автоматизации. Промышленные роботы, или манипуляторы значительно увеличивают скорость работы. Отдельную нишу занимают промышленные роботы различных типов. Наиболее распространены два класса манипуляторов – последовательные (рис. 1а), звенья которых соединены шарнирами, декартовы (рис. 1б), имеющие три звена, которые двигаются по осям декартовой системы координат, и параллельные (рис. 1в), основание и рабочий орган находятся в параллельных плоскостях.

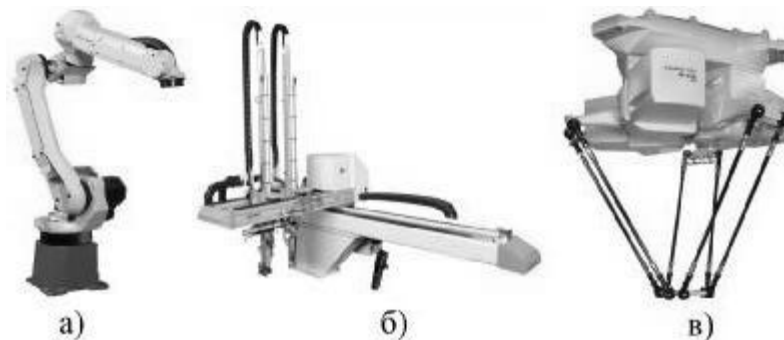


Рисунок 1 – промышленные роботы: а) последовательный, б) декартов, в) параллельный (дельта)

Параллельный дельта-робот был разработан в 80-х годах прошлого века [1]. Основной задачей разработки являлось создание робота, который мог бы с большой скоростью работать с небольшими грузами, благодаря малому весу звеньев. В связи с этим роботы такого типа используют для решения задач сортировки [2] или упаковки. Однако, дельта-робот имеет более сложную математическую модель, позволяющую решать прямую (ПЗК) и обратную задачи кинематики (ОЗК). Тем не менее, немало исследований посвящено этой проблеме.

Так в работе [3] предлагается способ решения задач кинематики для робота с деформируемыми звеньями. Классически, робот имеет жёсткие звенья, однако для ряда задач требуется использовать гибкие. В некоторых случаях это позволяет достичь желаемого результата с лучшим качеством и меньшими затратами. Для обычного дельта-робота также разрабатываются методы решения задач кинематики [4]. Надо отметить, что алгоритмы для робота каждого вида составляются индивидуально [5]. В связи с этим, желательно иметь универсальную схему решения задач кинематики для отдельного класса дельта-роботов, скажем, с жёсткими связями. В последствии её можно распространить и на более широкий спектр роботов, что позволит при разработке систем управления минимизировать время на синтез алгоритма управления. В настоящее время тема поиска решения задач кинематики довольно распространена [6 – 8]. Ряд исследований посвящен роботам нестандартного вида, например, состоящим из вращательных пар [9], призматических актуаторов [10], значительное внимание уделяется роботам, способным деформировать себя для достижения нужного положения рабочего органа [11], актуальны исследования, посвященные изучению роботов с полимерными мускулами (микро-аппарат для точных задач) [12], мульти-платформенных дельта-роботов [13] и роботов на базе кривошипно-шатунных механизмов [14, 15]. Обобщая ранее сказанное, можно сделать вывод, что проектирование роботов особой структуры для решения специфических задач является актуальным и важным направлением исследований, особенно в эру быстрого развития цифровых технологий.

В силу своих конструктивных особенностей, а именно малого веса звеньев, высокой скорости, малого размера рабочей зоны и, как следствие, высокой точности, области применения параллельных роботов весьма разнообразны – в медицине [16, 17, 18], в аддитивных технологиях (для 3D печати) [19], в производстве для задач сортировки [2] и других задачах. Сортировка является неотъемлемым этапом в любом непрерывном технологическом процессах (ТП). В качестве примера применения роботов рассмотрим процесс сортировки отходов в мусороперерабатывающем центре.

Первичный анализ существующих решений показал, что чаще всего этот процесс производится вручную (рис. 2).



Рисунок 2 – участок первичной сортировки отходов

Такая ситуация не может называться нормальной, так как условия труда тяжёлые. Использование робототехнического комплекса, оснащённого техническим зрением, для выполнения этих операций существенно облегчит условия. Благодаря конструктивным особенностям дельта-роботов повысится скорость работы линии в целом. Кроме того, проблема переработки мусора в настоящее время является очень актуальной [20, 21]. О ней говорят экологи всех стран. Огромное количество отходов никуда не вывозится, образуя свалки. В связи с этим, использование параллельных дельта-роботов на линиях сортировки отходов является актуальным и перспективным.

Технологическая линия первичной сортировки состоит из следующих участков (рис. 3). Отходы выгружаются из грузовых автомобилей (1) в приёмный бункер (2), откуда с помощью скребкового конвейера (3) подаются на участок сортировки, который работает следующим образом. Горизонтальный ленточный конвейер (4) перемещает отходы через несколько дельта-роботов (5), каждый из которых настроен на обнаружение определённого типа отходов, пластик, дерево, металл и т.д. Каждый робот, распознав в потоке мусора «свой», осуществляет его перегрузку на транспортёр (6), перемещающий отходы на соответствующие участки переработки или перегружающий мусор в контейнеры (7) для дальнейшей транспортировки.

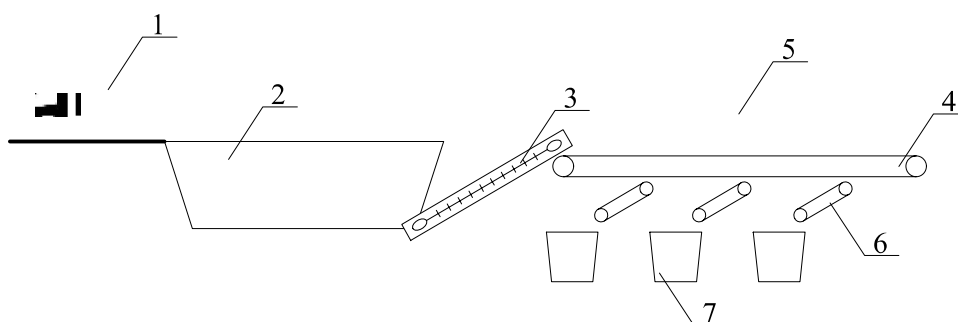


Рисунок 3 – концепция линии сортировки отходов, оснащённая дельта-роботами

Управление технологической линией осуществляется современным программируемым логическим контроллером (ПЛК), что позволяет решить

задачи отказоустойчивости, безопасности обслуживающего персонала, а также масштабируемости, то есть, простого увеличения производительности линии путём установки дополнительных исполнительных устройств. Однако, важно учесть тот факт, что технологические решения в области управления конвейерами достаточно отработаны, а научный интерес представляет именно алгоритм работы отдельно взятого дельта робота. Важными требованиями к роботу являются его отказоустойчивость, гибкость применения (простая перенастройка на другой тип отходов или на другой, смежный тип выполняемых операций). Обеспечить такие характеристики может алгоритм, который, в свою очередь, обладает свойством универсальности, то есть не требует переработки для использования на дельта-роботах различной грузоподъёмности, назначения и типа.

Приведём типовой алгоритм работы робототехнического комплекса в линии сортировки отходов. При получении команды к действию, которая выдаётся при обнаружении мусора заданного типа, дельта-робот перемещает рабочий орган к заданным координатам. Эти координаты рассчитываются системой управления на основании скорости движения ленточного транспортёра. Следующим этапом осуществляется захват мусора, который далее перегружается на ленточный транспортёр и движется дальше по производственному циклу.

Итак, предложенная концепция технологической линии сортировки отходов, оснащённая дельта-роботами, позволяет решить не только задачу научную, состоящую из разработки математического описания дельта-робота и алгоритмов его функционирования, но и ряд других: техническую, связанную с разработкой механики, а также немаловажную в современном мире задачу экологическую, которая заключается в снижении количества не переработанных отходов. Таким образом, рассмотренное направление научной деятельности, а именно управление дельта-роботами в сфере переработки отходов, является актуальным и перспективным, так как охватывает широкий спектр проблем, большая часть которых ещё не решена.

Список использованных источников

1. Clavel, R. Conception d'un robot parallèle rapide à 4 degrés de liberté. Ph.D. Thesis, EPFL / R. Clavel // Lausanne, Switzerland. – 1991. – 146 p.
2. An Application of Vision Technology on Intelligent Sorting System by Delta Robot / S. Wang, R. Gai, H. Lin, Y. Sun // 19th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom) IEEE. – 2017. – P. 1 – 6.
3. Merlet, J.-P. A New Generic Approach for the Inverse Kinematics of Cable-Driven Parallel Robot with 6 Deformable Cables / J.-P. Merlet // Springer International Publishing AG. – 2018. – P. 209 – 216.
4. Gharahsofloo, A. An Efficient Algorithm for Workspace Generation of Delta Robot / A. Gharahsofloo, A. Rahmani // International Journal of Robotics. – 2015. – Vol. 5, №2. – P. 48 – 53.
5. Лапиков, А. Л. Алгоритм решения прямой задачи кинематики многосекционного манипулятора параллельной структуры / А. Л. Лапиков, В. Н. Пашенко // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2014. – №12. С. 128 – 136.
6. Жавнер, В.Л. Исследование параметров обслуживаемой зоны робота параллельной структуры / В.Л. Жавнер, К.В. Никитина // Международный Научно-Исследовательский Журнал. – 2016. – Часть 2, №4 (46). – С. 91 – 97.
7. Князев, И. В. Решение прямой задачи кинематики для дельта-параллельного робота / И. В. Князев, Г. Б. Масальский // Международная

конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспектива Свободный-2016», посвящённая Году образования в Содружестве Независимых Государств: сборник материалов. – Красноярск, 2016. – С.17 – 19.

8. Рыбак, Л.А. Построение обратной динамической модели параллельных роботов методами структурной декомпозиции / Л.А. Рыбак, Е.В. Гапоненко, А.В. Чичварин // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – №11. – С. 1358 – 1362.

9. Иоффе, М.Л. Кинематика параллельного механизма, состоящего из вращательных пар / М.Л. Иоффе // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. – 2015. – №12 (669). С. 11 – 16.

10. Zhang, D. Dynamics analysis of the 3-dof parallel robot with prismatic actuators / D. Zhang, Şt. Staicu // *U.P.B. Sci. Bull., Series D*. – 2007. – Vol. 69, №1. – P. 3 – 14.

11. Zhixiong, Y. Continuum Delta Robot: a Novel Translational Parallel Robot with Continuum Joints / Y. Zhixiong, Z. Xiangyang, X. Kai // *Proceedings of the 2018 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, Auckland, New Zealand. – 2018. – P. 748 – 755.

12. Development of a novel soft parallel robot equipped with polymeric artificial muscles / A. Moghadam¹, A. Kouzani¹, K. Torabi, A. Kaynak M. Shahinpoor // *Smart Materials and Structures*. 2015. – №24. – P. 1 – 8.

13. Guanglei, W. Conceptual Design and Analysis of a 6-Axis Double Delta Robot Towards High Acceleration / W. Guanglei // *Springer Nature Singapore Pte Ltd*. 2017. – P. 389 – 401.

14. Романов, А. В. Решение обратной задачи кинематики для манипулятора параллельной структуры с тремя степенями свободы на базе кривошипно-шатунного механизма / А. В. Романов, В. Н. Пащенко // *Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн.* – 2015. – № 09. С. 53 – 68.

15. Пащенко, В. Н. Решение прямой задачи кинематики для трехстепенного манипулятора параллельной структуры на базе кривошипно-шатунного механизма / В. Н. Пащенко, А. В. Романов, А. В. Артемьев, С. Ю. Орехов // *Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн.* – 2015. – № 11. С. 136 – 152.

16. An Adaptive Wearable Parallel Robot for the Treatment of Ankle Injuries / P. K. Jamwal, S. Q. Xie, S. Hussain, J. G. Parsons // *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*. 2014. – №1. P. 64 – 75.

17. Cheng, C. Distributed Torque Based Independent Joint Tracking Control of a Redundantly Actuated Parallel Robot with Two Higher Kinematic Pairs / C. Cheng, W. Xu, J. Shang // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2016. – №63 (2). P. 1062 – 1070.

18. Evolutionary Approach to Optimal Design of 3 DOF Translation Exoskeleton and Medical Parallel Robots / S.-D. Stan, M. Manic, V. Mătieu, R. Balan // *HSI 2008 Conference Paper*. P. 720 – 725.

19. Allen, R.J.A. An experimental demonstration of effective Curved Layer Fused Filament Fabrication utilising a parallel deposition robot / R. J.A. Allen, R. S. Trask // *Additive Manufacturing*. 2015. – №8. P. 78 – 87.

20. Алимкулов, С. О. Отходы – глобальная экологическая проблема. Современные методы утилизации отходов / С.О. Алимкулов, У.И. Алматова, И.Б. Эгамбердиев // *Молодой учёный*. 2014. – №21 (80). С. 66 – 70.

21. Картамышева, Е. С. Новые технологии переработки отходов производства в современном мире / Е. С. Картамышева, Д. С. Иванченко // *Молодой учёный*. 2017. – №51 (185). С. 115 – 118.

PROSPECTS FOR THE USE OF PARALLEL DELTA ROBOTS IN WASTE TREATMENT

The article analyzes the existing solutions in a separate class of industrial robots - parallel delta robots. Approaches to the compilation of a mathematical description of such robots are considered. Analyzed the possibility of using robots of this class to improve the efficiency of waste processing. The concept of a waste recycling production line equipped with robots of this type has been proposed.

Keywords: delta robot, industrial manipulator, robotics, waste sorting, recycling, ecology, automation of technological processes.

Костин Сергей Владимирович, 2019

ISSN 2308-4804

SCIENCE AND WORLD

International scientific journal

№ 11 (75), 2019, Vol. I

Founder and publisher: Publishing House «Scientific survey»

The journal is founded in 2013 (September)

Volgograd, 2019

UDC 53:51+57+67.02+631+93:902+101+32
LBC 72

SCIENCE AND WORLD

International scientific journal, № 11 (75), 2019, Vol. I

The journal is founded in 2013 (September)
ISSN 2308-4804

The journal is issued 12 times a year

The journal is registered by Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Communications.

Registration Certificate: ПИ № ФС 77 – 53534, 04 April 2013

Impact factor of the journal «Science and world» – 0.325 (Global Impact Factor 2013, Australia)

EDITORIAL STAFF:

Head editor: Musienko Sergey Aleksandrovich

Executive editor: Malysheva Zhanna Alexandrovna

Lukienko Leonid Viktorovich, Doctor of Technical Science

Borovik Vitaly Vitalyevich, Candidate of Technical Sciences

Dmitrieva Elizaveta Igorevna, Candidate of Philological Sciences

Valouev Anton Vadimovich, Candidate of Historical Sciences

Kislyakov Valery Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences

Rzaeva Aliye Bayram, Candidate of Chemistry

Matvienko Evgeniy Vladimirovich, Candidate of Biological Sciences

Kondrashihin Andrey Borisovich, Doctor of Economic Sciences, Candidate of Technical Sciences

Authors have responsibility for credibility of information set out in the articles.

Editorial opinion can be out of phase with opinion of the authors.

Address: Russia, Volgograd, ave. Metallurgov, 29

E-mail: info@scienceph.ru

Website: www.scienceph.ru

Founder and publisher: Publishing House «Scientific survey»

УДК 53:51+57+67.02+631+93:902+101+32
ББК 72

НАУКА И МИР

Международный научный журнал, № 11 (75), 2019, Том 1

Журнал основан в 2013 г. (сентябрь)
ISSN 2308-4804

Журнал выходит 12 раз в год

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС 77 – 53534 от 04 апреля 2013 г.**

Импакт-фактор журнала «Наука и Мир» – 0.325 (Global Impact Factor 2013, Австралия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Мусиенко Сергей Александрович
Ответственный редактор: Малышева Жанна Александровна

Лукиенко Леонид Викторович, доктор технических наук
Боровик Виталий Витальевич, кандидат технических наук
Дмитриева Елизавета Игоревна, кандидат филологических наук
Валуев Антон Вадимович, кандидат исторических наук
Кисляков Валерий Александрович, доктор медицинских наук
Рзаева Алия Байрам, кандидат химических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Кондрашихин Андрей Борисович, доктор экономических наук, кандидат технических наук

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Адрес редакции: Россия, г. Волгоград, пр-кт Metallургов, д. 29
E-mail: info@scienceph.ru
www.scienceph.ru

Учредитель и издатель: Издательство «Научное обозрение»

CONTENTS

Physical and mathematical sciences

- Shaldanbayev A., Shomanbayeva M., Tolendy Z., Makhambet Zh.*
 ON ONE ANTI-PERIODIC BOUNDARY VALUE PROBLEM
 FOR EQUATION OF A PARABOLIC TYPE WITH A DEVIATING ARGUMENT 8

Biological sciences

- Akhaeva A.A., Koshkarov N.B., Abseitov E.T.*
 HYDROCARBON-OXIDIZING MICROORGANISMS
 OF OIL-CONTAMINATED SOILS OF KARAZHANBAS DEPOSITS..... 16
- Karimov H.N., Uzakov Z.Z., Khushmurodov J.P.*
 ANTHROPOGENIC POLLUTION OF IRRIGATED
 MEADOW-GRAY SOILS WITH HEAVY METALS 20
- Shamuratova N.G., Toreniyazova L.Ye.*
 ABIOTIC FACTORS AFFECTING THE ECOLOGY
 OF INSECT SPECIES IN EXTREME CONDITIONS OF KARAKALPAKSTAN..... 24

Technical sciences

- Abzalova D.A., Myrzaliev D.S., Abshenov Kh.A., Zhylkybaeva S.K., Almukhanov M.A.*
 THE INFLUENCE OF AGGRESSIVE ENVIRONMENT ON THE STRENGTH
 AND DESTRUCTION OF PUTTY COMPOSITION OF NON-METALLIC MATERIALS 27
- Abzalova D.A., Myrzaliev D.S., Abshenov Kh.A., Turanov A.A., Almukhanov M.A.*
 PROTECTION OF METALS FROM CORROSION BY LIGNIN RUST MODIFIERS..... 30
- Bekeyeva S.A.*
 WORKING CONDITIONS OF CONSTRUCTION AND INSTALLATION
 ENTERPRISE EMPLOYEES BASED ON THE ANALYSIS OF WORKPLACES 33
- Bekeyeva S.A., Kantarbayeva A.D., Knyazov Ye.Zh.*
 ORGANIZATION OF THE LABOR AND REST MODE
 FOR SPECIAL FORMS OF THE ORGANIZATION OF LABOR
 IN THE MANUFACTURING INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN 36
- Gladkikh T.V., Korobova L.A.*
 EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF TRADE-MARKETING ACTIVITIES..... 39
- Kostin S.V.*
 FEATURES OF APPLICATION OF ROBOTIC COMPLEXES BASED ON DELTA ROBOTS 43
- Savvin Ye.V., Bekeyeva S.A.*
 WORKPLACE HAZARD IDENTIFICATION
 AT THE ENTERPRISE OF REINFORCED CONCRETE PRODUCTS..... 48

Agricultural sciences

<i>Dyussegaliev M.J., Bisenov U.K.</i> HISTOMORPHOLOGICAL STRUCTURE OF THE SKIN OF KAZAKH LAMBS SUR KARAKUL SHEEP	51
<i>Omonova N.M.</i> APPLICATION OF FUNGICIDES AGAINST TOMATO FUNGAL DISEASES	54
<i>Toreniyazov Ye.Sh., Kutlimuratov A.M.</i> PECULIARITIES OF INFLUENCE OF WHITEFLY WINTERING FACTORS IN EXTREME CONDITIONS OF KARAKALPAKSTAN	57
<i>Utepberghenov A.R., Satbayeva R.S.</i> OPTIMAL PROTECTION METHODS OF VEGETABLE AND MELON CROPS FROM APHIDS IN KARAKALPAKSTAN	59

Historical sciences and archeology

<i>Bystrenko V.I.</i> THE UNION STATE OF RUSSIA AND BELARUS: THE RESULTS OF THE 20TH ANNIVERSARY AND PROSPECTS	62
--	----

Philosophical sciences

<i>Sultanov S.Kh.</i> ANTI-CORRUPTION MEASURES IN THE CONTEXT OF GLOBALIZATION	67
---	----

Political sciences

<i>Ziyayev A.A.</i> SAMUEL COLT IS THE MAN WHO REVOLUTIONIZED WEAPONS TECHNOLOGY.....	70
<i>Karakulov U.E.</i> TO THE QUESTION OF THE EDUCATIONAL WORK ORGANIZATION OF THE ARMED FORCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN	73

СОДЕРЖАНИЕ

Физико-математические науки

<i>Шалданбаев А., Шоманбаева М., Толенди З., Махамбет Ж.</i> ОБ ОДНОЙ АНТИПЕРИОДИЧЕСКОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА СОТКЛОНЯЮЩИМСЯ АРГУМЕНТОМ.....	8
--	---

Биологические науки

<i>Ахаева А.А., Кошкаров Н.Б., Абсеитов Е.Т.</i> УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАРАЖАНБАС.....	16
<i>Каримов Х.Н., Узаков З.З., Хушимуродов Ж.П.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	20
<i>Шамуратова Н.Г., Торениязова Л.Е.</i> АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭКОЛОГИЮ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ КАРАКАЛПАКСТАНА	24

Технические науки

<i>Абзалова Д.А., Мырзалиев Д.С., Абшенов Х.А., Жылкыбаева С.К., Альмуханов М.А.</i> ВЛИЯНИЕ АГРЕССИВНЫХ СРЕД НА ПРОЧНОСТЬ И РАЗРУШЕНИЕ ШПАКЛЕВОЧНОГО СОСТАВА ИЗ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	27
<i>Абзалова Д.А., Мырзалиев Д.С., Абшенов Х.А., Туранов А.А., Альмуханов М.А.</i> ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ ЛИГНИНОВЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ РЖАВЧИН	30
<i>Бекеева С.А.</i> УСЛОВИЯ ТРУДА РАБОТНИКОВ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ	33
<i>Бекеева С.А., Кантарбаева А.Д., Князов Е.Ж.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЖИМА ТРУДА И ОТДЫХА ПРИ ОСОБЫХ ФОРМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА НА ТРАВМООПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	36
<i>Гладких Т.В., Коробова Л.А.</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ТРЕЙД-МАРКЕТИНГОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	39
<i>Костин С.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ДЕЛЬТА-РОБОТОВ	43
<i>Саввин Е.В., Бекеева С.А.</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТИ РАБОЧИХ МЕСТ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ	48

Сельскохозяйственные науки

Дюсегалиев М.Ж., Бисенов У.К.

ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОЖИ ЯГНЯТ
КАЗАХСКОГО СУРА КАРАКУЛЬСКИХ ОВЕЦ ПЛАТИНОВЫЙ РАСЦВЕТКИ 51

Омонова Н.М.

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНГИЦИДОВ ПРОТИВ ГРИБКОВЫХ БОЛЕЗНЕЙ ТОМАТА 54

Торениязов Е.Ш., Кутлимуратов А.М.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ПЕРЕЗИМОВКИ
БЕЛОКРЫЛКИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ КАРАКАЛПАКСТАНА 57

Утепбергенов А.Р., Сатбаева Р.С.

ОПТИМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОВОЩНЫХ
И БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР ОТ ТЛИ В УСЛОВИЯХ КАРАКАЛПАКСТАНА 59

Исторические науки и археология

Быстренко В.И.

СОЮЗНОЕ ГОСУДАРСТВО РОССИИ И БЕЛОРУССИИ:
ИТОГИ ДВАДЦАТИЛЕТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ 62

Философские науки

Султанов С.Х.

МЕРЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ПРОТИВ КОРРУПЦИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ 67

Политология

Зияев А.А.

САМУЭЛЬ КОЛЬТ – ЧЕЛОВЕК, КОТОРЫЙ
ПРОИЗВЕЛ РЕВОЛЮЦИЮ В ОРУЖЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ 70

Каракулов У.Э.

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН 73

УДК 621.865.8

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЗЕ ДЕЛЬТА-РОБОТОВ

С.В. Костин, аспирант

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Россия

Аннотация. В статье представлен обзор научных исследований по направлениям: проектирование, разработка, модернизация, оптимизация дельта-роботов различных кинематических схем и сфер их технологического применения. Рассмотрены подходы к синтезу математических моделей и решению задач кинематики и особенности формализованного описания параллельных роботов. Также представлен анализ способов построения систем автоматического управления параллельными дельта-роботами. В заключение рассмотрена возможность применения таких роботов в переработке отходов.

Ключевые слова: дельта-робот, переработка отходов, сортировка, автоматизация технологических процессов.

Промышленность в XXI веке становится всё более автоматизированной. Практически каждое предприятие используют в своих технологических процессах РТК (робототехнические комплексы), выполняющие погрузку, разгрузку, сварку, окраску, складирование, дефектоскопию, обработку деталей и прочее. Помимо обработки деталей для машиностроения, роботы с успехом используются в фармацевтической промышленности, медицине, транспортировке. Наиболее распространены последовательные (рис. 1а), декартовы (рис. 1б), и параллельные (рис. 1в).

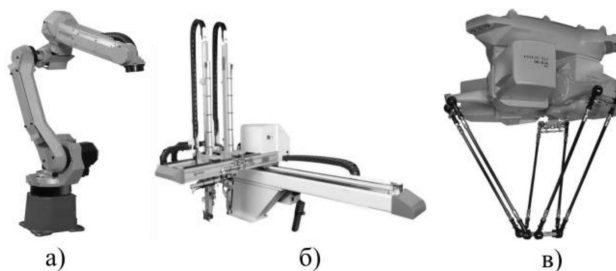


Рисунок 1. Промышленные роботы: а) последовательный, б) декартов, в) параллельный (дельта)

Дельта-робот был изобретен в начале 1980-х годов Реймондом Клавелем (EPFL, Швейцария) [28]. Начиная с этого времени, дельта-роботы распространяются всё шире. Особенностью таких роботов является их высокая скорость работы, некоторые осуществляют до 300 перемещений в минуту. Ключевой особенностью является использование параллелограммов в конструкции манипулятора, что позволяет сохранять пространственную ориентацию исполнительного устройства робота.

Обзор существующих типов параллельных дельта-роботов показал, что постоянно разрабатываются новые и оптимизируются существующие кинематические схемы, начиная от микро-роботов [50, 67]. Спектр задач, решаемых параллельными роботами, охватывает практически все сферы – от медицины [15, 26, 39, 52, 58, 64] до аддитивных технологий [16]. Однако наиболее распространённые – вторичная упаковка и сортировка [63], которые он может решать с большой скоростью и точностью за счёт своих конструктивных особенностей. В настоящее время известны разработки всевозможных дельта-роботов. Исследуются роботы с двумя степенями свободы [46], а также роботы со сложной структурой [25, 35, 38] и различными типами приводов и видами механических связей между звеньями, например, цепными [48], гибкими [45], выдвижными [68], пневматическими [43], вращательными [5]. Также имеют место разработки специфических [6] и планарных роботов для микро-перемещений [54, 57]. Вопрос оптимизации кинематических схем параллельных роботов [29, 44] остаётся актуальным всегда, так как необходимо использовать максимум возможностей любого промышленного робота для повышения производительности технологических линий и точности их работы [22, 42, 65, 66] и расширения рабочей зоны стандартного манипулятора [40, 60]. Как известно, особенностью дельта-роботов, которая обеспечивает им точность и скорость работы, является малая масса подвижных элементов. Тем не менее, задача автоматической калибровки [18, 23, 41, 51] актуальна, так как точность – это одна из ключевых характеристик РТК. Важным аспектом в проектировании параллельных дельта-роботов является исследование механики отдельных узлов [19, 56].

Основной целью синтеза математической модели робота является решение прямой и обратной задач

кинematiki (ПЗК и ОЗК) [2, 3, 11 – 14, 17, 21]. В отличие от роботов последовательной структуры, где существует общее решение для всех видов роботов этого класса, для параллельных манипуляторов, в которые входят дельта-роботы, необходимо решать ПЗК и ОЗК индивидуально для каждой структуры [8, 10, 55]. Тем не менее, исследования, направленные на синтез обобщённого алгоритма решения задач, имеют место [33, 62], в том числе и для серийных промышленных роботов [4, 47]. Особенностью дельта-роботов является малый размер рабочей зоны [37], что накладывает ограничения на их использование. В связи с этим, необходимо иметь чёткое представление о качественной взаимосвязи [20] между строением робота и его рабочей зоной.

Одним из основных этапов в проектировании робота является синтез алгоритма работы. Из-за особенностей конструкции дельта-робот как объект требует специфического подхода к управлению [59], которое в целом сводится к согласованию движения всех исполнительных устройств [53, 36, 61], входящих в его состав. Важность таких исследований обоснована тем, что исполнительные устройства робота обеспечивают точность его позиционирования, которая составляет, например, для промышленных дельта-роботов Omron менее 0,1 мм. Это ключевая характеристика механизма, определяющая возможность его применения в тех или иных задачах. Для научных исследований представляют интерес новые способы управления, отличающиеся от классических на базе ПИД-регуляторов и релейных законов [20] и превосходящие их по производительности и точности [24, 34]. В [27, 49] рассматриваются бездатчиковые системы управления (СУ), работающие на основе косвенных измерений. Положительной стороной такого подхода является уменьшение числа сенсоров и увеличение отказоустойчивости, но с другой стороны появляется риск накопления интегральной ошибки косвенных измерений. Большой класс систем управления составляют СУ, оснащённые техническим зрением [30], которые позволяют решать разнообразные задачи, например, движения по заданной траектории [31], без использования большого числа датчиков. В целях оптимизации [32] скорости вычислений, снижения операций используются различные методы, такие как метод наименьших квадратов.

В качестве примера использования дельта-роботов рассмотрим процесс сортировки твёрдых бытовых отходов (ТБО) в мусороперерабатывающем центре [9]. Проблема переработки мусора в настоящее время является очень актуальной [1, 7]. По данным информационного агентства ТАСС в России каждый год образуется более 60 млн. тонн твёрдых бытовых отходов. При этом лишь 7 – 8 % из них перерабатывается. При этом, по результатам поиска готовых технологических решений, было установлено, что во всём мире более чем в 90 % мусороперерабатывающих комплексов осуществляется ручная сортировка отходов. Использование робототехнического комплекса, оснащённого техническим зрением, для выполнения этих операций может существенно облегчить условия труда. Благодаря конструктивным особенностям дельта-роботов скорость работы линии в целом окажется высокой. В связи с этим, использование параллельных дельта-роботов на линиях сортировки отходов можно считать актуальным и перспективным.

В заключение необходимо отметить, что особенности применения дельта-роботов в широком спектре технологических задач, в том числе и в переработке ТБО, позволяют утверждать, что исследования в области динамики, кинематики и систем управления роботами такого класса являются актуальными и перспективными. А возможность решения экологических проблем с использованием дельта-роботов подтверждает актуальность, так как позволяет решить не только задачу научную, состоящую в разработке математического описания дельта-робота и алгоритмов его функционирования, но и ряд других: техническую, связанную с разработкой механики, а также немаловажную в современном мире задачу – экологическую.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимкулов, С.О. Отходы – глобальная экологическая проблема. Современные методы утилизации отходов / С.О. Алимкулов, У.И. Алматова, И.Б. Эгамбердиев // Молодой учёный. – 2014. – № 21 (80). – С.66–70.
2. Ардентов, А.А. Управление мобильным роботом вдоль эластик Эйлера / А.А. Ардентов, А.В. Смирнов // Программные системы: теория и приложения. – 2017. – № 4 (35). – С. 163–178.
3. Быков, А.И. Решение прямой задачи о положении для механизма параллельной структуры матричным методом / А.И. Быков, В.Н. Пашенко // Научные технологии в приборостроении и развитии инновационной деятельности в вузе. Материалы Региональной научно-технической конференции. – 2016. – Т.4. – С. 226–228.
4. Жавнер, В.Л. Исследование параметров обслуживаемой зоны робота параллельной структуры / В.Л. Жавнер, К.В. Никитина // Международный Научно-Исследовательский Журнал. – 2016. – Ч. 2. – № 4 (46). – С. 91–97.
5. Иоффе, М.Л. Кинематика параллельного механизма, состоящего из вращательных пар / М.Л. Иоффе // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2015. – № 12 (669). – С. 11–16.
6. Карпович, С.Е. Имитационное моделирование кинематики пространственной системы перемещений с интерактивной визуализацией результатов / С.Е. Карпович, В.В. Кузнецов, М.М. Фуртан // Доклады БГУИР. – 2016. – № 4 (98). – С.22–27.
7. Картамышева, Е.С. Новые технологии переработки отходов производства в современном мире / Е.С. Картамышева, Д.С. Иванченко // Молодой учёный. – 2017. – № 51 (185). – С.115–118.
8. Князев, И.В. Решение прямой задачи кинематики для дельта-параллельного робота / И.В. Князев, Г.Б. Масальский. Международная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспектив-2016», посвящённая Году образования в Содружестве Независимых Государств: сборник материалов. Красноярск, 2016. – С. 17–19.
9. Костин, С.В. Перспективы использования параллельных дельта-роботов в переработке отходов / С.В. Костин. Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции: в 3-х ч. Ростов-на-Дону: изд-во Южного университета ИУБП. 2018. – Ч 1. – С. 144–149.

10. Лапиков, А.Л. Алгоритм решения прямой задачи кинематики многосекционного манипулятора параллельной структуры / А.Л. Лапиков, В.Н. Пашенко // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2014. – № 12. – С. 128–136.
11. Пашенко, В.Н. Решение прямой задачи кинематики для трехстепенного манипулятора параллельной структуры на базе кривошипно-шатунного механизма / В.Н. Пашенко, А.В. Романов, А.В. Артемьев и др. // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2015. – № 11. – С. 136–152.
12. Рашоян, Г.В. Структурный синтез роботов параллельной структуры на основе теории винтов и понятия взаимности / Г.В. Рашоян // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12. – С. 771–776.
13. Романов, А.В. Решение обратной задачи кинематики для манипулятора параллельной структуры с тремя степенями свободы на базе кривошипно-шатунного механизма / А.В. Романов, В.Н. Пашенко // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2015. – № 9. – С. 53–68.
14. Рыбак, Л.А. Построение обратной динамической модели параллельных роботов методами структурной декомпозиции / Л.А. Рыбак, Е.В. Гапоненко, А.В. Чичварин // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11. – С. 1358–1362.
15. Abu-Dakk, F.J. Trajectory Adaptation and Learning for Ankle Rehabilitation Using a 3-PRS Parallel Robot / F.J. Abu-Dakk, A. Valera, J.A. Escalera et al. // Intelligent Robotics and Applications. 8th International Conference, ICIRA. 2015. – 2015. – Part 2. – P. 483–494.
16. Allen, R.J.A. An experimental demonstration of effective Curved Layer Fused Filament Fabrication utilising a parallel deposition robot / R.J.A. Allen, R.S. Trask // Additive Manufacturing. – 2015. – № 8. – P. 78–87.
17. Avizzano, C.A. An Optimal Geometric Model for Clavels Delta Robot / C.A. Avizzano, A. Filippeschi, J.M.J. Villegas // 2015 IEEE European Modelling Symposium (EMS). – 2015. – P. 232–237.
18. Bai, P. Kinematic calibration of Delta robot using distance measurements / P. Bai, J. Mei, T. Huang et al. // Mechanical Engineering Science. – 2016. – № 230 (3). – P. 414–424.
19. Borchert G. Analysis of the mass distribution of a functionally extended delta robot / G. Borchert, M. Battistelli, G. Runge et al. // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. – 2015. – № 15. – P. 111–120.
20. Brinker J. Kinematic performance evaluation of high-speed Delta parallel robots based on motion/force transmission indices / J. Brinker, B. Corves, Y. Takeda // Mechanism and Machine Theory. – 2018. – V. 125 (8). – P. 111–125.
21. Brinker J., Corves B., Wahle M. Comparative Study of Inverse Dynamics based on Clavel's Delta robot // Proceedings of the 14th IFToMM World Congress. – 2015. – P. 220–230.
22. Brinker J., Funk N., Ingenlath P., Takeda Y., Corves B. Comparative Study of Serial-Parallel Delta Robots with Full Orientation Capabilities // IEEE Robotics and Automation Letters. – 2017. – № 2. – V. 2. – P. 920–926.
23. Bu F., Fan C. Parallel Stereo Matching Based on Edge-Aware Filter // Intelligent Robotics and Applications. 8th International Conference, ICIRA 2015. – Part 3. – P. 310–321.
24. Castañeda L. A., Luviano-Juárez A., Chairez I. Robust Trajectory Tracking of a Delta Robot Through Adaptive Active Disturbance Rejection Control // IEEE Transactions on Control Systems Technology. – 2015. – № 4. – P. 1387–1398.
25. Chablat D., Baron L., Jha R., Rolland L. The 3-PPPS parallel robot with U-shape Base, a 6-DOF parallel robot with simple kinematics // International Symposium on Advances in Robot Kinematics ARK 2018: Advances in Robot Kinematics – 2018. – P. 195–202.
26. Cheng C., Xu W., Shang J. Distributed Torque Based Independent Joint Tracking Control of a Redundantly Actuated Parallel Robot with Two Higher Kinematic Pairs // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2016. – V. 63 (2). – P. 1062–1070.
27. Cheng H., Jiang H. Sensorless force estimation and control of Delta robot with limited access interface // Industrial Robot: An International Journal. – 2018. – V. 45 (5). – P. 611–622.
28. Clavel R. Conception d'un robot parallèle rapide à 4 degrés de liberté. Ph.D. Thesis, EPFL // Lausanne, Switzerland. 1991. – 146 p.
29. Corinaldi D., Angeles J., Callegari M. Posture Optimization of a Functionally Redundant Parallel Robot // Advanced in Robot Kinematics. – 2016. – № 4. – P. 101–108.
30. Coronado E., Maya M., Cardenas A., Guarneros O., Piovesan D. Vision-based Control of a Delta Parallel Robot via Linear Camera-Space Manipulation // Journal of Intelligent & Robotic Systems. – 2017. – V. 85 (1). – P. 93–106.
31. Dai Z., Sheng X., Hu J., Wang H., Zhang D. Design and Implementation of Bézier Curve Trajectory Planning in DELTA Parallel Robots // Intelligent Robotics and Applications. 8th International Conference, ICIRA 2015. – Part 2. – P. 420–430.
32. Du J., Lou Y. Simplified Dynamic Model for Real-time Control of the Delta Parallel Robot // Proceedings of the IEEE International Conference on Information and Automation. – 2016. – P. 1647–1652.
33. Escobar L., Bolaños E., Bravo X., Comina M., Hidalgo J. L. Kinematic resolution of delta robot using four bar mechanism theory // IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA). – 2015. – P. 881–887.
34. Fabian J., Monterrey C., Canahuire R. Trajectory Tracking Control of a 3 DOF Delta Robot: a PD and LQR Comparison // IEEE XXIII International Congress on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON). 2016.
35. Fu J., Gao F., Chen W., Pan Y., Lin R. Kinematic accuracy research of a novel six-degree-of-freedom parallel robot with three legs // Mechanism and Machine Theory. – 2016. – № 102. – P. 86–102.
36. Gang H., Fugui X., Xin J.L. Optimal Selection of Servo Motor and Reduction Ratio for High-Speed Parallel Robots // Intelligent Robotics and Applications. 8th International Conference, ICIRA 2015. – Part 2. – P. 109–120.
37. Gharahsofloo A., Rahmani A. An Efficient Algorithm for Workspace Generation of Delta Robot // International Journal of Robotics. – 2015. – Vol. 5, – № 2. – P. 48–53.
38. Guanglei W. Conceptual Design and Analysis of a 6-Axis Double Delta Robot Towards High Acceleration // Springer Nature Singapore Pte Ltd. – 2017. – P. 389–401.
39. Jamwal P. K., Xie S. Q., Hussain S., Parsons J. G. An Adaptive Wearable Parallel Robot for the Treatment of Ankle Injuries // IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. – 2014. – № 1. – P. 64–75.
40. Jha R., Chablat D., Rouillier F., Moroz G. Workspace and Singularity analysis of a Delta like family robot // Robotics and Mechatronics. Mechanisms and Machine Science. – 2016. – V. 37. – P. 121–130.

41. Kelaiaia R. Improving the pose accuracy of the Delta robot in machining operations // *Int J Adv Manuf Technol.* – 2017. – № 91. – P. 2205–2215.
42. Khorasani A., Gholami S., Taghirad H.D. Optimization of KNTU Delta Robot for Pick and Place Application // *Proceedings of the 3rd RSI International Conference on Robotics and Mechatronics.* – 2015. – P. 127–132.
43. Kobayashi M., Hirano J., Nakamura T. Development of Delta-Type Parallel-Link Robot Using Pneumatic Artificial Muscles and MR Clutches for Force Feedback Device // *8th International Conference, ICIRA 2015 Portsmouth, UK, Proceedings, Part I.* – 2015. – P.410–420.
44. Kong L., Chen G., Wang H., Zhao Y. An Experimental Comparison for the Accuracy Improvement of a 6-PSS Parallel Manipulator by Choosing Different Sets of Measurement Data // *Intelligent Robotics and Applications. 8th International Conference, ICIRA – 2015.* – Part 2. – P.173–184.
45. Kuo Y.L. Mathematical modeling and analysis of the Delta robot with flexible links // *Computers and Mathematics with Applications.* – 2016. – V. 71 (10). – P. 1973–1989.
46. Liang D., Song Y., Sun T., Dong G., Lian B. Dynamic Modeling and Performance Analysis of a Redundantly Actuated 2-DOF Parallel Manipulator // *Intelligent Robotics and Applications. 8th International Conference, ICIRA 2015.* – Part 2. – P. 408–419.
47. Lu X., Zhao Y., Liu M. Self-Learning Interval Type-2 Fuzzy Neural Network Controllers for Trajectory Control of a Delta Parallel Robot // *Neurocomputing.* – 2018. – № 283. – P. 107–119.
48. Merlet J.-P. A New Generic Approach for the Inverse Kinematics of Cable-Driven Parallel Robot with 6 Deformable Cables // *Advances in Robot Kinematics.* – 2018. – P.209–216.
49. Mitsantisuk C., Stapornchaisit S., Niramitvasu N., Ohishi K. Force Sensorless Control with 3D Workspace Analysis for Haptic Devices based on Delta Robot // *Proceedings of the IECON2015-Yokohama.* – 2015. – P.1747–1752.
50. Moghadam I. A., Kouzani A., Torabi K., Kaynak A., Shahinpoor M. Development of a novel soft parallel robot equipped with polymeric artificial muscles // *Smart Materials and Structures.* – 2015. – № 24. – P. 1–8.
51. Pedersen D.B., Nielsen M.B., Christensen S.K., Nielsen J.S., Norgaard H.H. A Model Of Parallel Kinematics For Machine Calibration // *Proceedings of the 2nd International Conference on Progress in Additive Manufacturing.* – 2016. – P. 507–512.
52. Plitea N., Szilaghyi A., Pisla D. Kinematic analysis of a new 5-DOF modular parallel robot for brachytherapy // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing.* – 2015. – № 31. – P. 70–80.
53. Qing Z., Panfeng W., Jiangping M. Controller Parameter Tuning of Delta Robot Based on Servo Identification // *Chinese journal of mechanical engineering.* – 2015. – № 2. – P. 267–275.
54. Robert L. Williams II, Atul R. J. Planar parallel 3-rpr manipulator // *Proceedings of the Sixth Conference on Applied Mechanisms and Robotics.* – 1999. – P. 5–13.
55. Shen H., Yang L., Zhu X., Li J., Yin H. A Method for Structure Coupling-Reducing of Parallel Mechanisms // *Intelligent Robotics and Applications. 8th International Conference, ICIRA 2015.* – Part 3. – P. 199–210.
56. Simionescu I., Ciupitu L., Ionita L.C. Static balancing with elastic systems of DELTA parallel robots // *Mechanism and Machine Theory.* – 2015. – V. 87. – P. 150–162.
57. Staicu S. Inverse dynamics of the 3-PRR planar parallel robot // *Robotics and Autonomous Systems.* – 2009. – V. 57 (5) – P. 556–563.
58. Stan S.-D., Manic M., Mătieu V., Balan R. Evolutionary Approach to Optimal Design of 3 DOF Translation Exoskeleton and Medical Parallel Robots // *HSI 2008 Conference Paper.* P. 720–725.
59. Stapornchaisit S., Mitsantisuk C., Chayopitak N., Koike Y. Bilateral Control in Delta Robot by using Jacobian matrix // *Proceedings of the 6th International Conference of Information and Communication Technology for Embedded Systems (IC-ICTES).* 2015. P.421 – 428.
60. Stock M., Miller K. Optimal Kinematic Design of Spatial Parallel Manipulators: Application to Linear Delta Robot // *Journal of Mechanical Design.* – 2003. – № 125. – P. 292–301.
61. Thinh Ngo H.Q., Nguyen Q.C., Nguyen T.P. Design and Implementation of the High Performance Motion Controller for 2-D Delta Robot // *Proceedings of the Seventh International Conference on Information Science and Technology Da Nang.* – 2017. – P. 129–134.
62. Tho T., Thinh N.T., Tuan N.T., Nhan M.N.T. Solving Inverse Kinematics of Delta Robot Using Antis // *15th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCA 2015).* – 2015. – P. 790–795.
63. Wang S., Gai R., Lin H., Sun Y. An Application of Vision Technology on Intelligent Sorting System by Delta Robot // *Proceedings of the 19th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (ealthcom) IEEE.* – 2017. – P. 1–6.
64. Wen H., Xu W. Kinematic Model and Analysis of an Actuation Redundant Parallel Robot With Higher Kinematic Pairs for Jaw Movement // *IEEE Transactions On Industrial Electronics.* – 2015. – V.62 (3). – P. 1590–1598.
65. Wu Y., Fu Z., Xu J.N., Yan W.X., Liu W.H., Zhao Y.Z. Kinematic Analysis of 5-DOF Hybrid Parallel Robot // *Intelligent Robotics and Applications. 8th International Conference, ICIRA – 2015.* – Part 2. – P. 153–163.
66. Xie F., Liu X.-J. Design and Development of a High-Speed and High-Rotation Robot With Four Identical Arms and a Single Platform // *Journal of Mechanisms and Robotics.* – 2015. – Vol. 7. – P.1–12.
67. Yang Z., Zhu X., Xu K. Continuum Delta Robot: a Novel Translational Parallel Robot with Continuum Joints // *Proceedings of the 2018 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM).* – 2018. – P. 748–755.
68. Zhang D., Staicu Șt. Dynamics analysis of the 3-dof parallel robot with prismatic actuators // *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering.* – 2007. – № 69 (1). – P. 3–14.

Материал поступил в редакцию 23.10.19

FEATURES OF APPLICATION OF ROBOTIC COMPLEXES BASED ON DELTA ROBOTS

S.V. Kostin, Postgraduate

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Belgorod State University", Russia

***Abstract.** The article presents a review of scientific research in the following areas: design, development, modernization, optimization of Delta robots of various kinematic schemes and spheres of their technological application. Approaches to the synthesis of mathematical models and solving kinematics problems and features of the formalized description of parallel robots are considered. The analysis of ways of construction of systems of automatic control of parallel Delta robots is also presented. In conclusion, the possibility of using such robots in waste processing is considered.*

***Keywords:** delta robot, waste processing, sorting, automation of technological processes.*