

Обзорная статья

УДК 004.896

ББК 32.816

Д 58

DOI: 10.53598/2410-3225-2023-2-321-68-73

**Анализ актуальности использования коллаборативных роботов
для процесса производства компонентов
возобновляемых источников энергии**
(Рецензирована)

Виталий Анатольевич Довгаль¹, Наталья Шумафовна Козлова²

¹ *Майкопский государственный технологический университет, Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия, urmia@mail.ru*

² *Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия, natali20052001@bk.ru*

Аннотация. *Целью данного исследования является обзор и анализ использования устройств, относящихся к коллаборативной робототехнике при производстве компонентов для возобновляемых источников энергии – отрасли, которая находится в тренде мировых энергетических движений. Особое внимание уделено рассмотрению сценариев применения коллаборативных роботов при производстве компонентов возобновляемых источников энергии.*

Ключевые слова: *коллаборативная робототехника, коботы, промышленные роботы, взаимодействие человека и машины, возобновляемые источники энергии, производство компонентов возобновляемых источников энергии*

Review Paper

**Analysis of the relevance of the use of collaborative robots
for the production process of renewable energy components**

Vitaliy A. Dovgal¹, Natalya Sh. Kozlova²

¹ *Maikop State University of Technology, Adyghe State University, Maikop, Russia, urmia@mail.ru*

² *Maikop State University of Technology, Maikop, Russia, natali20052001@bk.ru*

Abstract. *The aim of the study is to review and analyze the use of devices related to collaborative robotics in the production of components for renewable energy sources – an industry that is in the trend of global energy movements. Particular attention is paid to the consideration of the use of collaborative robots in the production of renewable energy components.*

Keywords: *collaborative robotics, robots, industrial robots human-machine interaction, renewable energy sources, production of renewable energy components*

Введение

Коллаборативная робототехника – это новое направление робототехники, все чаще проникающее в промышленное производство и другие направления деятельности человека. Рассматриваемая технология уже стала одним из самых быстрорастущих секторов рынка робототехники: ожидается, что к 2034 году коллаборативные роботы (коботы) составят 2025% всех продаж роботов [1].

В последние годы коллаборативные роботы, или коботы, становятся все более популярными при производстве компонентов для возобновляемых источников энергии.

Отрасль возобновляемой энергетики растет беспрецедентными темпами, причем солнечная энергия и энергия ветра являются двумя наиболее популярными видами возобновляемой энергии. Использование коботов в этой отрасли может помочь повысить эффективность, снизить затраты и повысить безопасность.

Целью данной статьи является анализ использования коботов в процессе производства компонентов для возобновляемых источников энергии как возможной альтернативы использованию автоматизированного труда человека [2].

1. Коллаборативные роботы

Коллаборативные роботы, также известные как коботы, в отличие от традиционных промышленных роботов, которые изолированы в клетках, функционируют при непосредственном взаимодействии с людьми, позволяя последним выполнять общую полезную нагрузку без использования средств защиты. Коботы спроектированы таким образом, чтобы быть безопасными и совместными, позволяя людям и роботам эффективно работать вместе. Как правило, коллаборативность устройств сопровождается малым весом устройств и способностью перемещаться в пространстве – достоинства, способствующие повышению уровня автоматизации производства в любой отрасли, в том числе при производстве компонентов возобновляемых источников энергии.

Существует множество сценариев, в которых коботы могут быть использованы для повышения производительности и безопасности в различных отраслях промышленности [3]. Например, на производстве коботы могут использоваться для подбора и размещения деталей, сборки и контроля качества. В здравоохранении коботы могут помогать в решении таких задач, как уход за пациентами, прием лекарств и физиотерапия. Еще один пример использования коботов – это сельское хозяйство, отрасль, в которой коботы могут помочь с такими задачами, как посадка, сбор урожая и сортировка. В пищевой промышленности коботы могут оказать помощь с приготовлением пищи, упаковкой и инспекцией.

Рассмотрим классификацию коллаборативных роботов, которые могут быть использованы на производстве (рис. 1), и в частности для производства компонентов возобновляемых источников энергии.



Рис. 1. Классификационная схема коллаборативных роботов

Fig. 1. Classification scheme of collaborative robots

1. Декартовы коботы – это роботы, перемещающиеся по трем линейным осям и отличающиеся высокой точностью в своих движениях. Такие коботы могут быть разделены на:

а) собственно декартовы роботы, имеющие три линейные оси движения наряду с вращающимся запястьем, что дает возможность использовать их для различных задач,

таких как сверление, шлифовка и сварка;

б) порталные коботы, использующие подвесную конструкцию, перемещающуюся по направляющей, что позволяет им охватывать большее рабочее пространство (традиционно используются для транспортировки тяжелых грузов или крупногабаритных компонентов).

2. Шарнирно-сочлененные коботы – это роботы, которые имеют множество суставов и могут перемещаться в широком диапазоне движений. Они часто используются в задачах, требующих гибкости и сноровки, таких как обращение с компонентами и их сборка. Такие коботы классифицируются:

- а) грузоподъемностью (низкая, средняя, высокая);
- б) радиусом действия (малый, средний, большой)
- в) количеством степеней свободы (от трех до восьми).

3. Коботы SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm) – это тип шарнирно-сочлененных роботов-манипуляторов с селективным соответствием, которые могут двигаться круговыми движениями. Роботы SCARA выделяются среди роботов-манипуляторов скоростью и устойчивостью. Они часто используются при сборке, требующей высокой точности [4]. Такие коботы могут быть разделены на:

- а) промышленные роботы (манипуляторы и транспортные механизмы);
- б) ЧПУ координатные машины (малогабаритные фрезерные станки, граверы, 3D-принтеры).

4. Мобильные коботы – это роботы, которые могут автономно передвигаться по рабочему пространству и могут использоваться в задачах логистики и погрузочно-разгрузочных работах. Они могут быть специализированы на погрузочно-разгрузочных операциях, для дозирования различных веществ или их перегрузки, выполнять различные специализированные функции (типа сварки деталей, трансфера пациента, упаковки и т.д.). Такие коботы можно разделить на:

- а) гибридные роботы (переключающиеся между автономным режимом и ручным управлением оператором);
- б) уличные роботы (ориентированные для работы на открытом воздухе);
- в) коботы для помещений (закрытых и стесненных пространств).

5. Коботы для совместной работы между человеком и роботом – это рабочие машины, способные безопасно сотрудничать с людьми-работниками, разделяя при этом выполняемые задачи и общее рабочее пространство [5] и часто использующиеся в задачах, требующих взаимодействия человека и робота, таких как сборка, инспекция и упаковка компонентов для возобновляемых источников энергии. Такие коботы классифицируются:

- а) экзоскелеты (носимые роботизированные устройства);
- б) автономные управляемые транспортные средства (AGV, самоуправляемые транспортные средства).

6. Роботы с двумя руками (манипуляторами) – это специализированные и универсальные роботы, которые имеют два исполнительных механизма и могут выполнять задачи, требующие координации их действий для выполнения таких действий, как сварка и покраска, обслуживание станков, механическая обработка и т.п.

7. Дельта-роботы – это роботы, которые имеют уникальную конструкцию с тремя рычагами, соединенными единым основанием. В отличие от шарнирного робота-манипулятора, который является последовательным роботом, дельта-робот является параллельным роботом, что означает наличие более одной кинематической цепи от основания к исполнительному механизму. Такие коботы, разделяемые по грузоподъемности и радиусу действия, часто используются в задачах, требующих высокой скорости и точности, таких как подбор и размещение компонентов, загрузка / выгрузка и

сортировка.

В целом, классификация коллаборативных роботов, используемых при производстве компонентов для возобновляемых источников энергии, разнообразна, и конкретный тип используемого робота будет зависеть от конкретной задачи и области применения.

2. Потенциальные сценарии применения коллаборативных роботов

Рассмотрим несколько потенциальных сценариев использования коллаборативных роботов. Первый, и наиболее частый способ – логистика и складирование. Коботы могут использоваться для помощи в осуществлении таких задач, как выполнение заказов, управление запасами, упаковка и отгрузка, что в перспективе способствует сокращению времени и затрат, связанных с реализацией указанных задач, а также повысить точность и снизить риск травмирования работников.

Другой сценарий использования коботов – область строительства, где коботы могут быть задействованными для выполнения таких задач, как подготовка площадки, погрузочно-разгрузочные работы и сварка. Применение коботов на строительной площадке повышает безопасность и производительность труда строителей, а также снижает потребность в людях-сотрудниках для выполнения физически сложных задач.

В области транспорта коботы могут использоваться для помощи в выполнении таких задач, как погрузка и разгрузка грузов, вождение транспортных средств и навигация по ним, а также выполнение рутинных задач по техническому обслуживанию.

Кроме того, потенциальные области применения коботов обширны и разнообразны, и их использование ограничено только нашим воображением. Например, в сфере образования коботы могут использоваться для оказания помощи учителям в выполнении таких задач, как выставление оценок за работы, мониторинг успеваемости учащихся и оказание дополнительной поддержки учащимся, которые в ней нуждаются.

Даже в сфере развлечений коботы могут использоваться для обеспечения интерактивных впечатлений для аудитории, таких как интерактивные дисплеи, опыт виртуальной реальности и роботизированные представления.

В целом, потенциал коботов для улучшения нашей жизни и упрощения и повышения эффективности нашей работы огромен. Поскольку технологии продолжают развиваться, можно ожидать появления еще более инновационных приложений для коботов в широком спектре отраслей и областей применения.

3. Потенциальные сценарии применения коллаборативных роботов для производства компонентов возобновляемых источников энергии

Коллаборативные роботы могут сыграть значительную роль в производстве компонентов для возобновляемых источников энергии. Например, при производстве солнечных панелей коботы могут использоваться для помощи в выполнении таких задач, как обработка материалов, резка и сборка панелей [6].

Коботы также могут быть использованы при производстве ветряных турбин, решая такие задачи, как механическая обработка, сверление и сварка компонентов, сборка и тестирование турбин.

При производстве аккумуляторов для возобновляемых источников энергии коботы могут использоваться для оказания помощи в обработке материалов, сборке и контроле качества. Также они могут быть использованы для автоматизации таких задач, как сортировка, упаковка и маркировка батареек.

Еще одним преимуществом использования коботов при производстве компонентов для возобновляемых источников энергии является их способность работать во взрывоопасных средах. Например, их можно использовать для обращения с токсичны-

ми или легковоспламеняющимися материалами, снижая риск получения травм или облучения работников, что способствует сокращению времени простоя и повышению общей безопасности производственного процесса.

Также коботы можно использовать в процессе контроля качества произведенных компонентов для возобновляемых источников энергии. Запрограммированные проверки и испытания готовой продукции гарантируют их соответствие требуемым стандартам и спецификациям, что снижает риск возникновения дефектов и подтверждает безопасность и надежность продукции при использовании в системах возобновляемой энергетики.

Стоит также отметить, что коботы могут помочь уменьшить углеродный след отрасли возобновляемой энергетики. Их программирование позволяет оптимизировать потребление энергии и сократить количество отходов, делая производственный процесс более устойчивым. Таким образом, можно создавать экологически чистую энергию при минимизации ее воздействия на окружающую среду, что соответствует цели отрасли.

Заключение

В данной статье рассмотрена концепция использования коботов при производстве компонентов возобновляемых источников энергии, которая может помочь повысить эффективность производства, снизить затраты и повысить его безопасность. Кроме того, внедрение коботов может также помочь удовлетворить растущий спрос на возобновляемые источники энергии, что имеет решающее значение для устойчивого развития и борьбы с изменением климата. Коботы могут работать совместно с людьми для выполнения повторяющихся и физически сложных задач, освобождая работников для выполнения более сложных и квалифицированных задач.

Помимо этого, коботы могут работать в чистых помещениях с высокой точностью, что крайне важно при производстве компонентов для возобновляемых источников энергии. Тем самым снижается риск загрязнения и человеческих ошибок, а также гарантируется соответствие компонентов возобновляемых источников энергии требуемым стандартам и спецификациям.

В целом использование коботов потенциально способно произвести революцию не только в производстве компонентов возобновляемых источников энергии, но во многих других отраслях промышленности за счет повышения эффективности и продуктивности при одновременном снижении риска травм и человеческих ошибок. Коботы также могут помочь решить проблему нехватки рабочей силы, беря на себя повторяющиеся или физически сложные задачи, которые могут быть трудны для выполнения людьми.

Коботы значительно безопаснее крупных промышленных роботов, вокруг которых обычно возводят барьеры, чтобы не допускать персонал в зону, где работает робот. Но в то же время требования безопасности (и даже перестраховки) зачастую ведут к снижению продуктивности кобота, ведь он вынужден значительно замедлять свои движения, когда рядом находится человек, чтобы не подвергать его опасности.

Развитие машинного зрения и искусственного интеллекта сделает коботов не только точнее, но и продуктивнее и безопаснее. Лидары, 3D-камеры, а также технология слияния данных (sensor fusion) позволяют роботам лучше ориентироваться в окружающей среде и различать объекты вокруг. Все это позволит коботам быстро принимать решения, когда возникает препятствие, или реагировать на внезапные и необычные движения сотрудников рядом, не останавливая производство и даже почти не замедляясь. Также отпадет надобность в точном позиционировании предметов.

Примечания

1. 27+ Astonishing Robotics Industry Statistics You Should Know in 2023. URL: <https://techjury.net/blog/robotics-industry-statistics/> (дата обращения: 18.04.2023).

2. Целесообразность применения возобновляемых источников энергии на промышленных предприятиях / М.А. Лебедева, Э.Ф. Идиятуллина, М.С. Чухлатый, А.В. Набоков // ИВД. 2019. № 9 (60). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tselesoobraznost-primeneniya-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii-na-promyshlennyh-predpriyatiyah> (дата обращения: 18.04.2023).

3. Довгаль В.А. Анализ актуальности использования коллаборативных роботов в парадигме Индустрии 4.0 // Системы управления, сложные системы: моделирование, устойчивость, стабилизация, интеллектуальные технологии: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., Елец, 21–22 апреля 2022 года. Елец: Елецкий гос. ун-т им. И.А. Бунина, 2022. С. 303–308. EDN CCFLSC.

4. Роботы CRP SCARA. URL: <https://crp-robot.ru/scara> (дата обращения: 18.04.2023).

5. Батранюк И.А., Шемет Д.В. Взаимодействие коллаборативных роботов при совместной работе с людьми и другими роботами // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню космонавтики, Красноярск, 12–16 апреля 2021 года: в 3 т. Т. 1. Красноярск: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 2021. С. 492–495. EDN FRSRTM.

6. Belokopytov M.D., Avdeyko S.A. Collaborative Robots // Proceedings of Young Scientists and Specialists of Samara University. 2022. No. 2 (21). P. 160–164. EDN PGPTCT.

References

1. 27+ Astonishing Robotics Industry Statistics You Should Know in 2023. URL: <https://techjury.net/blog/robotics-industry-statistics/> (access date: 18.04.2023).

2. Feasibility of using renewable energy in industrial enterprises / M.A. Lebedeva, E.F. Idiyatullina, M.S. Chukhlaty, A.V. Nabokov // IVD. 2019. No. 9 (60). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tselesoobraznost-primeneniya-vozobnovlyaemyh-istochnikov-energii-na-promyshlennyh-predpriyatiyah> (access date: 18.04.2023).

3. Dovgal V.A. Analysis of the relevance of the use of collaborative robots in the Industry 4.0 paradigm // Control systems, complex systems: modeling, stability, stabilization, intelligent technologies: materials of the 8th Intern. scient. and pract. conf., Yelets, April 21–22, 2022. Yelets: Yelets State University named after I.A. Bunin, 2022. P. 303–308. EDN CCFLSC.

4. CRP SCARA robots. URL: <https://crp-robot.ru/scara> (access date: 18.04.2023).

5. Batranyuk I.A., Shemet D.V. Interaction of collaborative robots when working together with humans and other robots // Actual problems of aviation and cosmonautics: coll. of materials of the VII Intern. scient. and pract. conf., dedicated to the Day of Cosmonautics, Krasnoyarsk, April 12–16, 2021: in 3 volumes. Vol. 1. Krasnoyarsk: FGBOU VO Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, 2021. P. 492–495. EDN FRSRTM.

6. Belokopytov M.D., Avdeyko S.A. Collaborative Robots // Proceedings of Young Scientists and Specialists of Samara University. 2022. No. 2 (21). P. 160–164. EDN PGPTCT.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 20.04.2023; одобрена после рецензирования 19.05.2023; принята к публикации 20.05.2023.

The article was submitted 20.04.2023; approved after reviewing 19.05.2023; accepted for publication 20.05.2023.