

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2023)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/ABAC7746>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>к.т.н., доцент (Россия)</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD, доцент</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/QFSQ2222>

***М. В. Ярославцев¹, О. М. Талипов¹, Ж. Б. Исабеков¹,
А. Г. Калтаев⁴, А. Е. Анарбаев⁵**

^{1,2,3,4,5}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

*e-mail: myaroslav54@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ ЗАДАЧ ПАЛЛЕТИЗАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО РЕДАКТОРА СХЕМ УКЛАДКИ

Повышение экономической эффективности применения промышленных роботов требует концентрации максимального объема работы на каждой роботизированной ячейке. Одной из типичных задач, эффективно решаемых в настоящее время при помощи промышленных роботов, является укладка на паллеты (паллетизация) упакованных товаров, поступающих по конвейерной линии. Преимуществами промышленных роботов являются высокое быстродействие, надежность, гибкость переналадки, возможность одновременной работы с разными по массе и габаритам товарами.

Выполнено технико-экономическое сравнение, подтверждающее целесообразность приобретения одного робота-паллетайзера большего типоразмера по сравнению с несколькими, обладающими меньшей грузоподъемностью и радиусом действия. Это может потребовать концентрации на входе в ячейку робота нескольких конвейерных линий. Для обеспечения производительности комплекса необходима предварительная группировка товара, формирование рядов либо слоев.

В таких условиях возникает необходимость быстрой смены схем укладки товаров на паллеты, что сложно реализовать в случае применения жестких программ. Предложено создать графический редактор схем укладки и реализовать программу для робота-манипулятора, выполняющую укладку деталей на паллеты по заданной схеме. Разработана программа – редактор схем укладки, и реализована модель комплекса по паллетизации в среде Fanuc Roboguide.

Ключевые слова: автоматизированное производство, промышленный робот, паллетизация, производительность, графический редактор.

Введение

Увеличение производительности предприятий, рост стоимости труда, повышение требований к качеству выпускаемой продукции и её упаковки, глобализация экономики и широкое внедрение информационных технологий, а также повышение доступности грузового транспорта создают предпосылки для повышения уровня автоматизации производств и перехода к «промышленности 4.0». Повышение производительности транспорта и складов требует объединения грузов, что достигается сегодня укладкой на паллеты. В странах СНГ нашли широкое применение стандартные паллеты по ГОСТ 33757-2016 [1].

Укладка товаров на паллеты при высокой производительности линии является сложной задачей, поскольку требует перемещения груза с 4 степенями свободы, включая поворот вокруг горизонтальной оси. Схемы укладки зависят от геометрических размеров и массы товара, обеспечения читаемости этикетки, возможности и необходимости в одновременной укладке нескольких упаковок.

Существует большое количество технических решений, применяемых для автоматизации укладки товара на паллеты [2–4]. Для решения этой задачи могут применяться как порталные и консольные укладчики, так и специализированные промышленные роботы. Кроме того, в ряде случаев повышение производительности комплекса по паллетизации требует предварительного подбора упаковок в ряд или даже формирование слоя целиком.

Наиболее сложной и не нашедшей до настоящего времени единственного решения проблемой является построение гибкой линии, способной обеспечивать укладку упаковок различного размера с минимальными затратами времени на переналадку.

Материалы и методы

Наибольшую гибкость при реализации различных схем можно получить в случае применения промышленных роботов, что позволяет получить свободу в выборе траектории перемещения груза. Обеспечение возможности простой смены схем укладки требует отказа от жесткого программирования траекторий. Для этого требуется выделить редактирование схем укладки в специализированное приложение, а также реализовать автоматический расчет промежуточных координат траекторий при укладке предметов. Рядом производителей роботов предложены собственные решения по

редактированию схем укладки [5], однако они не учитывают возможность изменения схемы размещения груза на захвате робота.

Эффективным способом повышения производительности робототехнических комплексов по паллетизации товаров является предварительная группировка упаковок либо формирование слоя, что позволяет сократить количество циклов перемещения предметов. Поскольку стоимость робота в 3–5 раз превосходит стоимость формирователей слоя, а стоимость роботов-паллетайзеров различной грузоподъемности в пределах общего модельного ряда отличается, как правило, не более чем в 1,5 раза, в ряде случаев оказывается оправданным создание единичных комплексов паллетизации большой сложности. В таких комплексах робот, обладающий высокой грузоподъемностью и большим радиусом досягаемости, обслуживает одновременно несколько линий по производству товара и ведет одновременную укладку груза на несколько паллет.

По мере усложнения роботизированных систем возрастает важность проблемы оптимизации траекторий перемещения грузов при укладке для сокращения времени рабочего цикла робота и повышения общей производительности комплекса по паллетизации, либо оптимизации траекторий по критерию минимума затрат энергии на перемещение. При переносе деталей на паллет невозможно использовать одну оптимальную траекторию, поскольку каждая упаковка укладывается в различные точки пространства. Кроме того, траектория должна учитывать изменение свободного пространства для перемещения захвата робота по мере увеличения высоты уложенного на паллете груза. Простейшим подходом является изменение промежуточной точки траектории, расположенной над центром паллеты, однако в ряде работ предложены более сложные, но и более эффективные подходы по оптимизации траекторий.

В [6–10] обсуждаются проблемы поиска оптимальных схем укладки, а также оптимизации траекторий движения робота по критериям минимизации времени и затрат энергии на перемещение. Обе задачи требуют решения проблемы поиска кратчайшего пути с учетом текущей конфигурации препятствий.

Результаты и обсуждение

В качестве решения авторами разработана программа – редактор схем укладки грузов на паллет. Программа предполагает применение на роботе многосекционного пневматического захвата с независимо управляемыми присосами. Предложенное решение отличается возможностью реализовать одновременное взятие партии грузов и укладку их на паллет несколькими частями, отключая часть присосов на захвате. Это решение повышает

гибкость системы и позволяет выполнять укладку грузов большим количеством различных схем.

Редактор предлагает пользователю последовательно задать:

- схему расположения присосов на захвате;
- массовые и габаритные характеристики грузов;
- схемы размещения грузов на захвате;
- схемы укладки паллет (рисунок 1);

- расположение точек подачи грузов и паллет для их укладки относительно робота (рисунок 2).

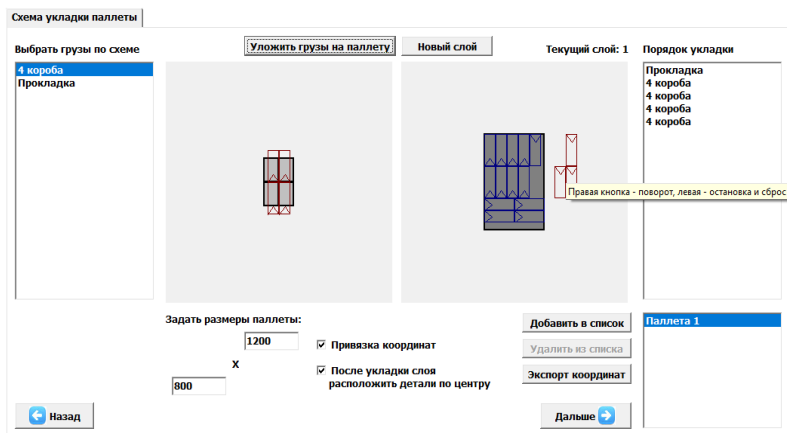


Рисунок 1 – Редактирование схемы укладки грузов на паллету

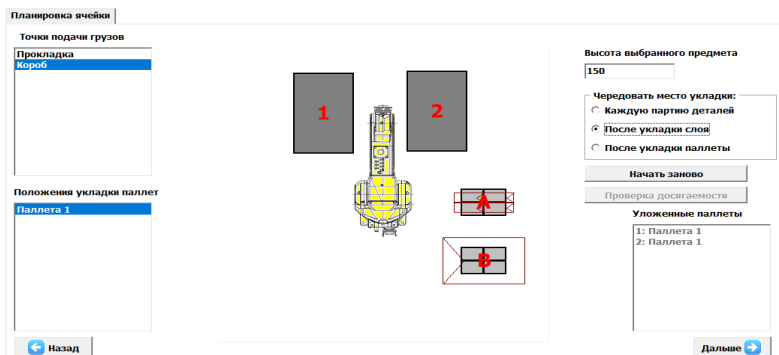


Рисунок 2 – Редактирование плана роботизированной ячейки

При укладке грузов предусмотрена возможность выбора режима укладки. При возможности взятия разных грузов робот может завершить укладку текущего паллета целиком, укладку очередного слоя либо производить переход к укладке груза на следующий паллет после каждого цикла перемещения предметов.

Разработанные программы укладки сохраняются в файлы данных предложенного формата, описывающего последовательность действий робота. Для роботов Fanuc реализована программа на языке Karel, выполняющая чтение данных из файла и поочередно выдающая координаты точек взятия и укладки предметов в основную программу движения.

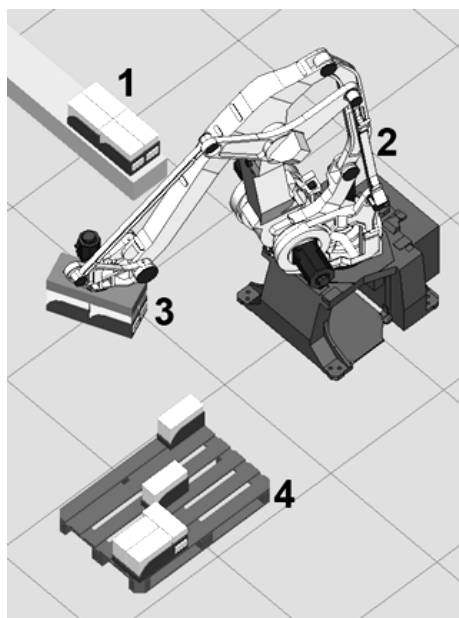


Рисунок 3 – симуляция процесса укладки паллет средствами САПР Fanuc Roboguide: 1 – формирователь рядов коробов, 2 – промышленный робот, 3 – пневматический захват с рядом коробов, 4 – паллета в процессе укладки коробов

Проверка результатов выполнена симуляция процесса укладки паллет в САПР Fanuc Roboguide (Рисунок 3). Подтверждена возможность реализации гибкой системы управления роботизированным комплексом по паллетизации, обеспечивающей возможность смены схем укладки в течение 30 минут для грузов различных массы и габаритов. В то же время, не нашли

окончательного решения проблемы оптимизации траекторий робота по времени на передвижение и затратам энергии, что представляет предмет дальнейших исследований.

Выводы

На основании выполненного обзора показано, что задача укладки роботизированной грузов на паллету представляет сложность в отношении быстрого изменения алгоритма действий робота, а также оптимизации траекторий по критериям минимума времени на перемещение и минимума затрат энергии.

Предложено создать графический редактор схем укладки и реализовать программу для робота-манипулятора, выполняющую укладку деталей на паллеты по заданной схеме. Разработана программа – редактор схем укладки, и реализована модель комплекса по паллетизации в среде Fanuc Roboguide.

Разработанная авторами система обладает повышенной гибкостью за счет обеспечения возможности переноса нескольких деталей и поочередной их укладки в различных положениях захвата. В то же время, предложенное решение является зависимым от человека, не обеспечивая проверки траекторий переноса деталей на оптимальность по критериям быстродействия и затрат энергии на перемещение. Дальнейшей задачей работы является разработка методики оценки затрат энергии на перенос деталей.

Список использованных источников

1 ГОСТ 33757-2016 Поддоны плоские деревянные : технические условия // М. : Стандартинформ, 2019. – 22 с.

2 **Dan, Luo.** Design and Implementation of Control System of Three Axis Palletizing Machine Based on PLC // Academic Journal of Science and Technology. – 2022. – Vol. 3. – P. 188–190. – <https://doi.org/10.54097/ajst.v3i2.2170>.

3 **Yuan, Yang, Lei, Zhang, Ligang, Qiang, Jinbing, Wang, Yong, Zhang, Xudong, Yang.** Research on Palletizing Robot System of Multi - axis Synchronous Control Technology // MATEC Web of Conferences. – 2022. – Article ID: 363(2):01006. – <https://doi.org/10.1051/mateconf/202236301006>.

4 Виды паллетайзеров [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tmipal.com/ru/palletizery-dlya-meshkov-kratkoe-rukovodstvo> (Дата обращения: 14.04.2023).

5 Perfect your palletizing with PalletPRO [Электронный ресурс]. – URL: <https://motioncontrolsrobotics.com/perfect-palletizing-palletpro/> (Дата обращения: 14.04.2023).

6 **Chen, Xiaokang, Zhou, Yin, Yang, Bin, Miao, Xinghua, Li, Yanlin, Zhang, Miaorong.** Designing Control System of Palletizing Robot Based on

RobotStudio // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – Vol. 2402. – Article ID 012039. – <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2402/1/012039>.

7 **Rui Gao, Wei Zhang, Guofu Wang, Xiaohuan Wang.** Experimental Research on Motion Analysis Model and Trajectory Planning of GLT Palletizing Robot // Buildings. – 2023. – Vol. 13. – P. 966. – <https://doi.org/10.3390/buildings13040966>.

8 **Ke, Liu, Xue-Feng, Lv.** Research on Palletizing and Packing Based on Heuristic Algorithm // Journal of Physics: Conference Series. – 2023. – P. 2449. – <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2449/1/012040>.

9 **Peeva, I., Kostadinov, C.** Study of the performance of palletizing equipment // Proc. of University of Ruse, Bulharia. – 2021. – Vol. 60.

10 **Jianqiang, Wang, Yanmin, Zhang, Xintong, Liu.** Control system of 4-DOF palletizing robot based on improved R control multi-objective trajectory planning // Advances in Mechanical Engineering. – 2021. – Vol. 13. – Article ID 168781402110027. – <https://doi.org/10.1177/16878140211002705>.

References

1 GOST 33757-2016 Poddony` ploskie derevyanny`e : texnicheskie usloviya [Flat wooden pallets : technical requirements] [Text]. – Moscow: Standartinform, 2019. – 22 p.

2 **Dan, Luo.** Design and Implementation of Control System of Three Axis Palletizing Machine Based on PLC // Academic Journal of Science and Technology. – 2022. – Vol. 3. – P. 188–190. – <https://doi.org/10.54097/ajst.v3i2.2170>.

3 **Yuan, Yang, Lei, Zhang, Ligang, Qiang, Jinbing, Wang, Yong, Zhang, Xudong, Yang.** Research on Palletizing Robot System of Multi-axis Synchronous Control Technology // MATEC Web of Conferences. – 2022. – Article ID: 363(2):01006. – <https://doi.org/10.1051/mateconf/202236301006>.

4 Vidy` palletajzerov [Palletizer types] [Electronic resource]. – URL: <https://www.tmipal.com/ru/palletizery-dlya-meshkov-kratkoe-rukovodstvo> (Access date 14.04.2023).

5 Perfect your palletizing with PalletPRO [Electronic resource]. – URL: <https://motioncontrolsrobotics.com/perfect-palletizing-palletpro/> (Access date 14.04.2023).

6 **Chen, Xiaokang, Zhou, Yin, Yang, Bin, Miao, Xinghua, Li, Yanlin, Zhang, Miaorong.** Designing Control System of Palletizing Robot Based on RobotStudio // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – Vol. 2402. – Article ID 012039. – <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2402/1/012039>.

7 **Rui Gao, Wei Zhang, Guofu Wang, Xiaohuan Wang.** Experimental Research on Motion Analysis Model and Trajectory Planning of GLT Palletizing Robot // Buildings. – 2023. – Vol. 13. – P. 966. – <https://doi.org/10.3390/buildings13040966>.

8 **Ke, Liu, Xue-Feng, Lv.** Research on Palletizing and Packing Based on Heuristic Algorithm // Journal of Physics: Conference Series. – 2023. – P. 2449. – <https://doi.org/012040.10.1088/1742-6596/2449/1/012040>.

9 **Peeva, I., Kostadinov, C.** Study of the performance of palletizing equipment // Proc. of University of Ruse, Bulharia. – 2021. – Vol. 60.

10 **Jianqiang, Wang, Yanmin, Zhang, Xintong, Liu.** Control system of 4-DOF palletizing robot based on improved R control multi-objective trajectory planning // Advances in Mechanical Engineering. – 2021. – Vol. 13. – Article ID 168781402110027. – <https://doi.org/10.1177/16878140211002705>.

Материал поступил в редакцию 20.06.23.

М. В. Ярославцев¹, О. М. Талипов², Ж. Б. Исабеков³,

А. Г. Калтаев⁴, А. Е. Анарбаев⁵

^{1,2,3,4,5}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 20.06.23 баспаға түсті.

АРНАЛАНДЫРЫЛҒАН СТЕКТЕРДІҢ РЕДАКТОРЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН ПАЛЛЕТТЕУ ТАПСЫРМАЛАРЫНА РОБОТ- МАНИПУЛЯТОРЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Өнеркәсіптік роботтарды пайдаланудың экономикалық тиімділігін арттыру әрбір роботты ұяшыққа максималды жұмыс көлемін шоғырландыруды талап етеді. Қазіргі уақытта өнеркәсіптік роботтардың көмегімен тиімді шешімді типтік міндеттердің бірі конвейер желісі бойынша келетін оралған тауарларды паллеттеу болып табылады. Өнеркәсіптік роботтардың артықшылығы – жоғары жылдамдық, сенімділік, қайта реттеу икемділігі, әртүрлі салмақ пен өлшемдегі тауарлармен бір уақытта жұмыс істеу мүмкіндігі.

Жүк сыйымдылығы мен әрекет ету радиусы төмен бірнеше роботтармен салыстырғанда үлкенірек стандартты өлшемдегі бір робот паллетизаторды сатып алудың орындылығын растайтын техникалық-экономикалық негіздеме жүргізілді. Бұл робот ұяшығына кіре берісте бірнеше конвейер желілерінің шоғырлануын талап етуі мүмкін. Кешеннің өнімділігін қамтамасыз ету үшін тауарларды алдын ала топтастыру, қатарларды немесе қабаттарды қалыптастыру қажет.

Мұндай жағдайларда тауарларды паллеттерге қою схемаларын жылдам өзгерту қажет болады, бұл қатаң бағдарламалар жағдайында жүзеге асыру қиын. Схемаларды жинақтау үшін

графикалық редакторды құру және берілген схема бойынша бөліктерді паллеттерге жинақтайтын роботтық қолдың бағдарламасын жүзеге асыру ұсынылады. Бағдарлама әзірленді – схемаларды жинақтау үшін редактор және Fanuc Roboguide ортасында паллеттеу кешенінің үлгісі жүзеге асырылды.

Кілтті сөздер: автоматтандырылған өндіріс, өнеркәсіптік робот, паллетизация, өнімділік, графикалық редактор

M. V. Yaroslavtsev¹, O. M. Talipov², Z. B. Isabekov³,

A. G. Kaltayev⁴, A. E. Anarbayev⁵

^{1,2,3,4,5}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 20.06.23.

INCREASING THE EFFICIENCY OF PALLETIZING ROBOTS WITH SPETIALIZED LAYING SCHEMES EDITOR

Increasing the efficiency of industrial robot application requires to concentrate maximum available amount of work at each robot workcell. One of the typical tasks effectively solved today by industrial robots is palletizing different packed goods supplied by conveyors. Application of robots for that task provides such benefits as high performance, reliability, changeover flexibility and ability to lay simultaneously packages of different size and weight.

In the article the expediency of application one large robot compared with two ones having less dimensions is shown. It requires one robot to serve two or more supplying lines at the same time. To ensure the required performance a preliminary grouping of packages or forming the pallet layers may be needed.

In this conditions fast changing the package laying schemes may become difficult if fixed programs are being used. A special graphic editor of laying schemes enable to save laying schemes to files is proposed in the article. The editor is implemented with a reader program for robot. The proposed solution is tested using a simulation model in Fanuc Roboguide CAD system.

Keywords: automated manufacturing, industrial robot, palletizing, performance, graphic editor.

Теруге 20.06.2023 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2023 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

17,5 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,67. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4103

Сдано в набор 20.06 2023 г. Подписано в печать 30.06 2023 г.

Электронное издание

17,5 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,67. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 4103

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz