

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

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., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

Акишев К. М., Тулегулов А. Д., Байжарикова М., Аманкул Т., Ергеш М.
Электр энергиясын тұтынуды бақылау, есепке алу және деректерді жинау бойынша міндеттерді шешу үшін NB-IoT технологиясының мүмкіндіктері12

Андреева О. А., Гоненко Т. В., Любецкая М. А., Азаматов М. Т.
Жылу алмасу аппараттарын басқарудың интеллектуалды жүйесін қолдану25

Әмірхан М. Н., Искакова К. А.
Күн панеліне арналған трекер жүйесі36

Балтин А. Т., Ахметбаев Д. С., Таткеева Г. Г., Асаинов Г. Ж.
Қазақстан Республикасында 20 кВ арату желілерінің сенімділігін49

Барукин А. С., Мащрапов Б. Е., Клецель М. Я.
2п қайталама орамдарымен және 2п түзеткіштерімен трансформаторы бар түрлендіргіш қондырғылардың ресурс үнемдейтін дифференциалды қорғанысы61

Волгин М. Е., Волгина Е. М., Кислов А. П.
Реактивті қуатты оңтайлы басқару арқылы өнеркәсіптік кәсіпорындардың 6–10 кВ электр желілерінің тиімділігін арттыру72

Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю., Генбач Н. А.
Энергия жабдығының түтік-кеуекті құрылымдарында жылу алмасуын көрсету85

Глуценко Т. И., Бедыч Т. В., Фёдорова М. Л., Исабекова Б. Б., Бижанов Н. У.
Автономды энергиямен қамтамасыз ету үшін балама технологиялар94

Жалмагамбетова У., Турсын М.
Тұзды алудың технологиялық процесінің автоматтандырылған жүйесін жаңғырту106

Жумагулов М. Г., Баубек А. А., Грибков А. М., Глазырин С. А., Долгов М. В.
Төмендетуді зерттеу және оларды арттыру әдістері 118

Исабеков Д. Д., Бобров В. Я., Марковский В. П.
Электрқондырғылардың ресурс үнемдейтін ток қорғаныстары130

Исенов С. С., Шерьязов С. Қ.
Жаңартылатын көздер базасында электрмен жабдықтау жүйелерінің жай-күйі мен дамуын талдау140

Испулов Н. А., Султанова М. Ж., Оспанова Ж. Ж., Джусупова Э. М.
Микроконтроллерге негізделген ауаны жылытуды басқару жүйесі153

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

Кисабекова А. А., Красников А. С., Алпысова Г. К. Түрлендіргіш люминофоры бар жарықдиод үшін потенциалды материал $\text{LuNbO}_4:\text{Bi}$, Eu ниобат спектроскопиясы.....	166
Қасым Р. Т., Толгенова А. С., Соболева Л. А., Болатбеков З. А., Сериков Т. Г. Интерфейстер арасындағы ақпаратты ультра кең жолақты көп антенналы сымсыз тасымалдаудың моделі	178
Митрофанов А. В., Абдуллина Г. Г., Дюсова Р. М., Ахмедьянова Г. К., Айгожина Д. Г. Қайнаған қабаты бар аппараттан бөлшектерді тасымалдаудың математикалық моделі	186
Мусагажинов М. Ж., Мехтиев А. Д. Телекоммуникация жүйелерін дамытудың әлемдік үрдісін ескере отырып, ТОБЖ жүйесінің техникалық жай-күйін мониторингтеу жүйелерінің қазіргі жай-күйіне шолу және оларды дамыту	193
Мустафина Р. М., Мускенова Г. О., Уразалимова Д. С. 2020–2021 жылдарындағы энергетикалық трилемманың талаптарын Қазақстанда орындалуы.....	204
Муталова Ж. С., Қасымова А. Х., Сулейменова Р. З., Абдығаликова Г. А., Исакова Г. О. Ашық кодты DSpace, KoHa және Evergreen кітапхана жүйелеріне салыстырмалы талдау	212
Никифоров А. С., Кучербаев М. С., Хамитов М. С. Кокс пештерінің температуралық әсерлерді есептеудің кейбір аспектілері	224
Ноғай А. С., Ноғай А. А., Өскенбаев Д. Е., Ноғай Е. А., Дүйсенғазина Н. Н. Натрий-иондық аккумуляторлардағы $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$ поликристалына негізделген катодтың құрылымы мен электрохимиялық қасиеттері	234
Онгар Б., Смагулова Г. К., Сарсенбаев Е. А., Нурмадиева Э. А., Сеитбек Е. Е. Стационарлық режимдерді есептеуде электр желілерінің режимдерін модельдеу және оңтайландыру	247
Орынбаев С. А., Токмолдаев А. Б., Абдлахатова Н. Ш., Рибейро Л. Ф., Жүсіп Т. С. Жамбыл облысы мысалында, Оңтүстік Қазақстанның геотермалды көздерімен, ауылдық жерлердегі тұтынушыларды жылумен жабдықтау.....	260
Оспанова Н. Н., Мукушев М. А., Аканова А. С. Павлодар облысының техногендік қалдықтарын пайдаланатын құрылыс материалдарының сипаттамаларын таңдаудың ақпараттық жүйесін әзірлеу	271

Рахадилев Б. К., Даутбеков М. К., Журерова Л. Г., Степанова О. А., Акаев А. М. Жылу электр станцияларының энергетикалық жабдықтарының бөліктеріне детонациялық бурку арқылы жабындарды алу технологиясы.....	282
Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н., Колесников Е. Н., Жуматаев Н. Ш., Новожилов Т. А. Магниттік ток түрлендіргіштерінің құрылымдық ерекшеліктері	295
Сыдыкова Г. К. Импульстік озонатордың жұмысын талдау	306
Талипов С. Н. QR кодтарын қолдана отырып, студенттердің сабаққа қатысу анализаторын жасау	317
Чныбаева Д. М., Цыба Ю. А. Сымсыз цифрлық технология құралдарымен магистральдық құбырдың технологиялық және техникалық мониторингі	326
Ярославцев М. В., Талипов О. М., Исабеков Ж. Б., Калтаев А. Г., Анарбаев А. Е. Арналандырылған стектердің редакторының көмегімен паллеттеу тапсырмаларына робот-манипуляторларды қолдану тиімділігін арттыру.....	343
Авторлар туралы ақпарат	352
Авторларға арналған ережелер.....	381
Жарияланым этикасы.....	392

СОДЕРЖАНИЕ

Акишев К. М., Тулегулов А. Д., Байжарикова М., Аманкул Т., Ергеш М. Возможности технологии NB-IoT для решения задач по контролю, учету и сбору данных потребления электроэнергии.....	12
Андреева О. А., Гоненко Т. В., Любецкая М. А., Азаматов М. Т. Применение интеллектуальной системы управления теплообменными аппаратами	25
Әмірхан М. Н., Искакова К. А. Трекерная система для солнечной батареи	36
Балтин А. Т., Ахметбаев Д. С., Таткеева Г. Г., Асаинов Г. Ж. Исследование снижения надежности распределительных сетей 20 кВ в Республике Казахстан и методы их повышения.....	49
Барукин А. С., Машрапов Б. Е., Клецель М. Я. Ресурсосберегающая дифференциальная защита преобразовательных установок с трансформатором с 2n вторичными обмотками и 2n выпрямителями	61
Волгин М. Е., Волгина Е. М., Кислов А. П. Повышение эффективности электрических сетей 6–10 кВ промышленных предприятий путём оптимального управления реактивной мощностью	72
Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю., Генбач Н. А. Визуализация теплообмена в капиллярно-пористых структурах энергооборудования	85
Глуценко Т. И., Бедыч Т. В., Фёдорова М. Л., Исабекова Б. Б., Бижанов Н. У. Альтернативные технологии для автономного энергообеспечения	94
Жалмагамбетова У., Турсын М. Модернизация автоматизированной системы технологического процесса извлечения соли.....	106
Жумагулов М. Г., Баубек А. А., Грибков А. М., Глазырин С. А., Долгов М. В. Использование водомазутной эмульсии в вихревых горелочных устройствах	118
Исабеков Д. Д., Бобров В. Я., Марковский В. П. Ресурсосберегающие токовые защиты электроустановок.....	130
Исенов С. С., Шерьязов С. Қ. Анализ состояния и развития систем электроснабжения на базе возобновляемых источников	140

Испулов Н. А., Султанова М. Ж., Оспанова Ж. Дж., Джусупова Э. М. Система управления нагрева воздуха на основе микроконтроллера	153
Кисабекова А. А., Красников А. С., Алпысова Г. К. Спектроскопия ниобата $\text{LuNbO}_4:\text{Bi}, \text{Eu}$ – потенциального материала для светодиодов с преобразующим люминофором	166
Қасым Р. Т., Толегенова А. С., Соболева Л. А. Болатбеков З. А., Сериков Т. Г. Модель сверхширокополосной многоантенной беспроводной передачи информации между интерфейсами.....	178
Митрофанов А. В., Абдуллина Г. Г., Дюсова Р. М., Ахмедьянова Г. К., Айгожина Д. Г. Математическая модель уноса частиц из аппарата с кипящим слоем	186
Мусагажинов М. Ж., Мехтеев А. Д. Обзор современного состояния и развития систем мониторинга технического состояния системы ВОЛС	193
Мустафина Р. М., Мусекенова Г. О., Уразалимова Д. С. Выполнение требований энергетической трилеммы в Казахстане в 2020–2021 годах.....	204
Муталова Ж. С., Қасымова А. Х., Сулейменова Р. З., Абдығаликова Г. А., Исакова Г. О. Сравнительный анализ библиотечных систем с открытым кодом DSpace, Koha и Evergreen.....	212
Никифоров А. С., Кучербаев М. С., Хамитов М. С. Некоторые аспекты расчета печей прокалики кокса на температурные воздействия.....	224
Ногай А. С., Ногай А. А., Ускенбаев Д. Е., Ногай Э. А., Дюсенгазина Н. Н. Структура и электрохимические свойства катода на основе поликристалла $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$ в натрий ионных аккумуляторах	234
Онгар Б., Смагулова Г. К., Сарсенбаев Е. А., Нурмадиева Е. А., Сейтбек Э. Э. Моделирование и оптимизация режимов электросети в расчетах на стационарный режим.....	247
Орынбаев С. А., Токмолдаев А. Б., Абдлахатова Н. Ш., Рибейро Л. Ф., Жүсіп Т. С. Потенциал геотермальных источников Южного Казахстана, на примере Жамбылской области, для теплоснабжения потребителей сельской местности.....	260
Оспанова Н. Н., Мукушев М. А., Аканова А. С. Разработка информационной системы выбора характеристик строительных материалов с использованием техногенных отходов Павлодарской области	271

**Рахадиллов Б. К., Даутбеков М. К., Журерова Л. Г.,
Степанова О. А., Акаев А. М.**

Технология получения покрытий методом детонационного
напыления на деталях энергетического оборудования
тепловых станций282

**Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н., Колесников Е. Н.,
Жуматаев Н. Ш., Новожилов Т. А.**

Конструкционные особенности магнитных преобразователей тока.....295

Сыдыкова Г. К.
Анализ работы импульсного озонатора306

Талипов С. Н.
Разработка анализатора посещаемости студентов
с использованием QR-кодов317

Чныбаева Д. М., Цыба Ю. А.
Технологический и технический мониторинг магистрального
трубопровода средствами беспроводной цифровой технологии326

**Ярославцев М. В., Талипов О. М., Исабеков Ж. Б.,
Калтаев А. Г., Анарбаев А. Е.**

Повышение эффективности применения роботов-манипуляторов
для задач паллетизации при помощи специализированного
редактора схем укладки343

Сведения о авторах352

Правила для авторов381

Публикационная этика392

Публикационная этика392

Публикационная этика392

Публикационная этика392

Публикационная этика392

Публикационная этика392

Публикационная этика392

Публикационная этика392

Публикационная этика392

Публикационная этика392

Публикационная этика392

Публикационная этика392

CONTENT

**Akisev K. M., Tulegulov A. D., Baizharikova M.,
Amankul T., Yergesh M.**

Capabilities of NB-IoT technology for solving tasks of monitoring,
accounting and collecting data on electricity consumption12

Andreyeva O., Gonenko T., Lyubetskaya M., Azamatov M.
Application of an intelligent control system for heat exchangers25

Amirkhan M. N., Iskakova K. A.
Tracker system for solar battery36

Baltin A. T., Akhmetbayev D. S., Tatkeeva G. G., Asainov G. Zh.
Study of reliability reduction of 20 kV distribution networks
in the Republic of Kazakhstan and methods of their improvement49

Barukin A. S., Mashrapov B. E., Kletsel M. Ya.
Resource-saving differential protection of converter installation
with a transformer with 2n secondary windings and 2n rectifiers61

Volgin M. E., Volgina E. M., Kislov A. P.
Improving the efficiency of 6–10 kV power grids of industrial
enterprises through optimal reactive power control72

Genbach A. A., Bondartsev D. Yu., Genbach N. A.
Visualization of heat exchange in capillary porous structures
of power equipment85

**Glushchenko T. I., Bedych T. V., Fyodorova M. L.,
Issabekova B. B., Bizhanov N. U.**

Alternative technologies for autonomous power supply94

Zhalmagambetova U., Tursyn M.
Modernization of the automated system
technological process of salt extraction106

**Zhumagulov M. G., Baubek A. A., Gribkov A. M.,
Glazyrin S. A., Dolgov M. V.**

Use of oil-water emulsion in swirl burners118

Issabekov D. D., Bobrov V. Ya., Markovskiy V. P.
Resource-saving current protections for electrical installations130

Issenov S. S., Sheryazov S. K.
Analysis of the state and development of electricity supply
systems based on renewable sources140

**Ispulov N. A., Sultanova M. Zh., Ospanova Zh. Dzh.,
Jussupova E. M.**

Air heating control system based on microcontroller153

Kissabekova A. A., Krasnikov A. S., Alpyssova G. K.
Spectroscopy of niobate LuNbO₄:Bi, Eu – potential material
for leds with a conversion luminophore166

Spectroscopy of niobate LuNbO₄:Bi, Eu – potential material
for leds with a conversion luminophore166

Spectroscopy of niobate LuNbO₄:Bi, Eu – potential material
for leds with a conversion luminophore166

Spectroscopy of niobate LuNbO₄:Bi, Eu – potential material
for leds with a conversion luminophore166

Spectroscopy of niobate LuNbO₄:Bi, Eu – potential material
for leds with a conversion luminophore166

Kassym R. T., Tolegenova A. S., Soboleva L. A., Bolatbekov A., Serikov T. G. A model of ultra-wideband multi-antenna wireless transmission of information between interfaces.....	178
Mitrofanov V., Abdullina G. G., Dyusova R. M., Ahmedyanova G. K., Aigozhina D. G. Mathematical model of particle entrainment from a fluidized bed	186
Musagazhinov M. Zh., Mekhtiev A. D. Overview of the current state and development of monitoring systems for the technical condition of the fiber optic system, taking into account the global trend in the development of telecommunications systems.....	193
Mustafina R. M., Mussekenova G. O., Urazalimova D. S. Meeting the requirements of the energy trilemma in Kazakhstan in 2020–2021	204
Mutalova Zh., Kasymova A., Suleimenova R., Abdylgalikova G., Issakova G. Comparative analysis of open source library systems DSpace, Koha and Evergreen.....	212
Nikiforov A. S., Kucherbayev M. S., Khamitov M. S. Some aspects of the calculation of coke furnaces for temperature effects	224
Nogai A. S., Nogai A. A., Uskenbaev D. E., Nogay E. A., Dyusengazina N. N. Structure and electrochemical properties of a cathode based on Na ₂ FePO ₄ F polycrystal in sodium-ion batteries.....	234
Ongar B., Smagulova G. K., Sarsenbaev Ye. A., Nurmadiyeva E. A., Seitbek Ye. Ye. Modeling and optimization of power network modes in stationary mode calculations	247
Orynbayev S. A., Tokmoldaev A. B., Abdlakhatova N. Sh., Ribeiro I. F., Zhusup T. S. The potential of geothermal sources in southern Kazakhstan for heat supply to rural consumers, the case of the Zhambyl region.....	260
Ospanova N. N., Mukushev M. A., Akanova A. S. Development of the information system for the selection of characteristics of building materials using man-made waste of Pavlodar region	271
Rakhadilov B. K., Dautbekov M. K., Zhurerova L. G., Stepanova O. A., Akaev A. M. Technology of obtaining coatings by detonation coating on parts of power equipment of thermal power plants.....	282
Rakhimberdinova D. M., Novozhilov A. N., Kolesnikov E. N., Zhumataev N. Sh., Novozhilov T. A. Design features of magnetic current converters.....	295

Sydykova G. K. Analysis of the operation of the pulse ozonator.....	306
Talipov S. N. Development of a student attendance analyzer using QR codes	317
Chnybayeva D. M., Tsyba Yu. A. Technological and technical monitoring of the main pipeline by means of wireless digital technology	326
Yaroslavtsev M. V., Talipov O. M., Isabekov Z. B., Kaltayev A. G., Anarbayev A. E. Increasing the efficiency of palletizing robots with specialized laying schemes editor	343
Information about the authors.....	352
Rules for authors	381
Publication ethics	392

changes in the technological parameters of gas pressure and temperature in MG in order to optimize them.

Keywords: main gas pipeline, compressor station, gas pumping unit, electric drive, frequency converter, asynchronous motor, technological monitoring.

МРНТИ 50.47.31

<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}Торайғыров 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 Fatuc 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 решенной до настоящего времени единственным решением проблемы 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 работе 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).

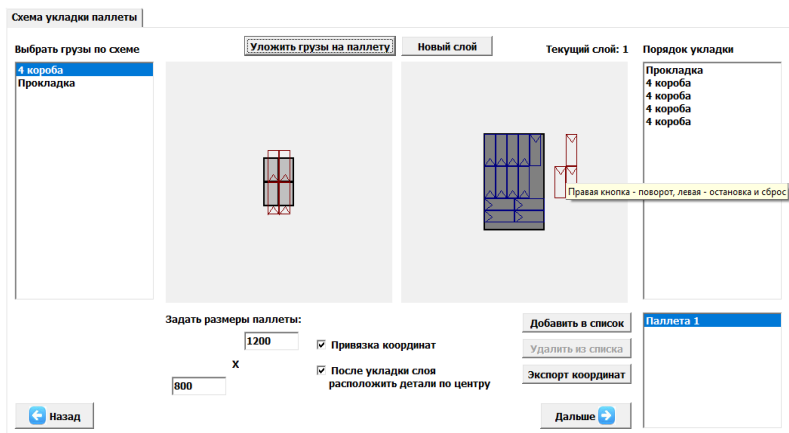


Рисунок 1 – Редактирование схемы укладки грузов на паллету

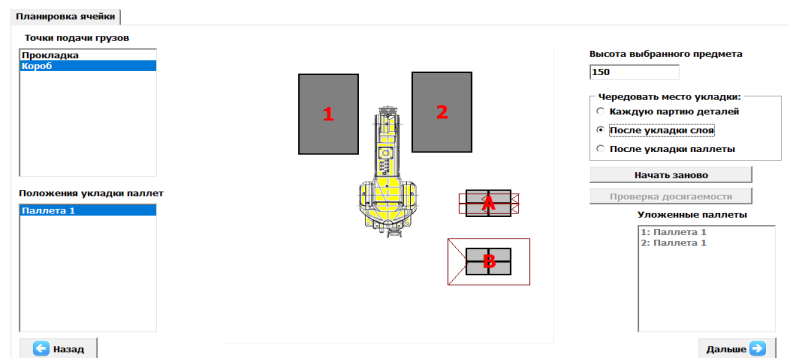


Рисунок 2 – Редактирование плана роботизированной ячейки

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.

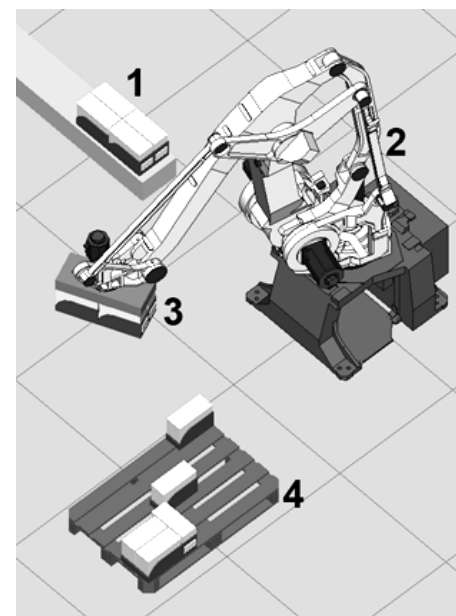


Рисунок 3 – симуляция процесса укладки паллет средствами САПР Fanuc Roboguide: 1 – формирователь рядов коробов, 2 – промышленный робот, 3 – пневматический захват с рядом коробов, 4 – паллета в процессе укладки коробов

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, Bulgaria. – 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, Bulgaria. – 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 шешілетін 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 бөлшектерді 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

М. 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.