

## ДОДАТОК А

Лістинг програми моделювання циклічного технологічного процесу  
виробництва друкованих плат

```
import random
import simpy

class Equipment:
    def __init__(self, env, name, process_time, delta_time):
        self.env = env
        self.name = name
        self.process_time = process_time
        self.delta_time = delta_time
        self.queue = 0
        self.total_process_time = 0
        self.jobs_processed = 0
        self.max_queue = 0
        self.resource = simpy.Resource(env, capacity=1)

    def process(self, pcb):
        start = self.env.now
        processing_time = random.uniform(self.process_time - self.delta_time,
self.process_time + self.delta_time)
        yield self.env.timeout(processing_time)
        self.total_process_time += self.env.now - start
        self.jobs_processed += 1
        if self.queue > self.max_queue:
            self.max_queue = self.queue
```

```

self.queue -= 1

def pcb_process(env, pcbs, equipments):
    for pcb in range(pcbs):
        for equipment in equipments:
            with equipment.resource.request() as request:
                equipment.queue += 1
                yield request
                yield env.process(equipment.process(pcb))

def run_simulation(pcbs, total_time, equipment_params):
    env = simpy.Environment()
    equipments = [Equipment(env, name, time, delta) for name, time, delta in
equipment_params]
    env.process(pcb_process(env, pcbs, equipments))
    env.run(until=total_time)

    print("Simulation results:")
    for equipment in equipments:
        avg_process_time = equipment.total_process_time /
equipment.jobs_processed if equipment.jobs_processed > 0 else 0
        print(f'{equipment.name}:')
        print(f' Total processed jobs: {equipment.jobs_processed}')
        print(f' Max queue length: {equipment.max_queue}')
        print(f' Avg process time: {avg_process_time:.2f}')

# Введения даних
pcb_count = int(input("Enter the number of PCBs: "))
simulation_time = int(input("Enter the total simulation time: "))

```

```
equipment_data = [  
    ("Schmoll Maschinen MODUL 200", 10, 2),  
    ("FlexLink Modular Conveyor System", 5, 1),  
    ("Orbotech Nuvogo 1000 DI", 8, 1),  
    ("Koh Young Zenith Alpha AOI", 7, 1),  
    ("Hitachi DR300 PCB Drilling Machine", 12, 2),  
    ("Atotech Uniplate InPulse 2", 10, 2),  
    ("MEC Solder Mask Coating Line", 9, 1),  
    ("Yamaha YSM20R Pick and Place Machine", 15, 3),  
    ("Rehm V8 Reflow Soldering System", 11, 2),  
    ("Takaya APT-1400F Flying Probe Tester", 13, 2)  
]
```

```
run_simulation(pcb_count, simulation_time, equipment_data)
```

## ДОДАТОК Б

### Апробація результатів наукових досліджень

Міністерство освіти і науки України



**NURE**

Харківський національний університет  
радіоелектроніки

## ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2024**

(Випуск 1)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



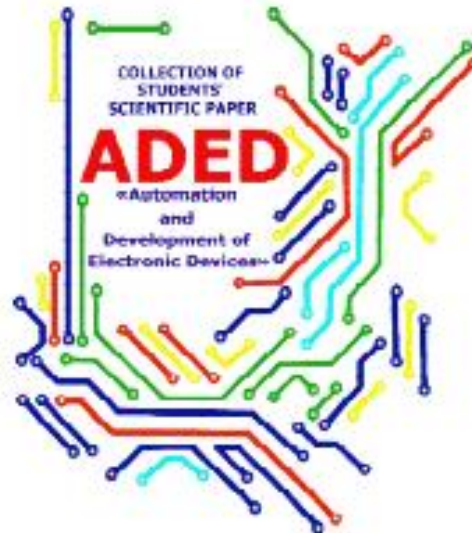
<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2024

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки  
(КІТАР)



## **ЗБІРНИК**

**студентських наукових статей**

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

**ADED-2024**

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2024

- Головний редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Філіпенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Цимбал Олександр Михайлович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Андрусевич Анатолій Олександрович**, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету
- Косенко Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».
- Замірець Микола Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.
- Свищ Володимир Митрофанович**, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».
- Фомовська Олена Владиславівна**, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.
- Кухаренко Дмитро Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
- Демська Наталія Павлівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Фурманова Наталія Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2024) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2024. – Вип. 1. – 207с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2024 Part 1 (Key infrastructure 2024) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2024. – 207p with.

Рекомендовано рішенням  
Науково-технічної ради  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради  
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
протокол № 10 від 20.05.2024

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка; 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2024 рік

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ ТП З ВИКОРИСТАННЯМ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

**I.V. Остапенко**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: [ihor.ostapenko@nure.ua](mailto:ihor.ostapenko@nure.ua)

**Анотація:** В статті розроблена класифікація методів керування, яка включає в себе програмне, сенсорне, активне та пасивне керування, з урахуванням їх використання у виробничому середовищі. Також наведена таблиця порівняння цих методів, що дозволяє визначити їх переваги та недоліки. Результати дослідження можуть бути використані для підвищення ефективності технічних процесів у виробництві та адаптації їх до вимог Industry 5.0.

**Ключові слова:** Industry 5.0, кібер-фізичні виробничі системи, робототехнічне виробництво, методи керування.

## STUDY OF METHODS FOR CONTROLLING VEHICLES USING ROBOTIC MEANS

**I.Ostapenko**

Kharkiv National University of radio electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, 14 Nauki Ave

E-mail: [ihor.ostapenko@nure.ua](mailto:ihor.ostapenko@nure.ua)

**Annotations:** The article develops a classification of control methods, which includes software, sensor, active and passive control, taking into account their use in the production environment. A comparison table of these methods is also presented, which allows to determine their advantages and disadvantages. The results of the study can be used to improve the efficiency of technical processes in production and adapt them to the requirements of Industry 5.0.

**Key words:** Industry 5.0, cyber-physical production systems, robotics production, methods of management.

В контексті Industry 5.0, що характеризується поєднанням цифрових та фізичних систем у виробництві, дослідження методів керування технічними процесами (ТП) з використанням робототехнічних засобів набуває особливої актуальності. Ключовим аспектом є розробка та впровадження кібер-фізичних систем виробництва, які поєднують у собі елементи штучного інтелекту, аналітики даних та автоматизації. Робототехнічні системи стають невід'ємною частиною цього нового підходу до виробництва, забезпечуючи високу точність та ефективність в процесах виробництва. Дослідження у цій області спрямоване на розвиток нових методів керування, що дозволяють оптимізувати виробничі процеси та підвищити їхню продуктивність [1,2]. Важливою задачею є інтеграція робототехнічних систем з існуючими виробничими процесами для створення єдиної системи управління виробництвом. Продовження досліджень у цій області сприятиме створенню більш гнучких та ефективних систем виробництва, що відповідають вимогам Industry 5.0. Такі дослідження також сприятимуть розвитку новітніх методів керування, що враховують специфіку робототехнічних систем у виробничому середовищі. Узагальнюючи, дослідження методів керування ТП з використанням робототехнічних засобів є ключовим напрямом у розвитку сучасних кібер-фізичних систем виробництва та сприяє побудові ефективних та інноваційних виробничих процесів [3-5].

Керування технічними процесами (ТП) з використанням робототехнічних засобів може бути класифіковане за декількома критеріями. Основні методи можна розглядати з точки зору



типу керування (програмне, сенсорне), типу взаємодії з об'єктом керування (активне, пасивне) та ступеня автоматизації [6-7]. В рамках даних досліджень, розроблена класифікація методів керування за наступними критеріями, яка представлена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Класифікація методів керування технічними процесами (ТП) з використанням робототехнічних засобів

Програмне керування, робот виконує певну програму, яка містить послідовність команд для виконання конкретних операцій. Цей метод використовується для вирішення завдань, де потрібно точне повторення операцій або рухів [8].

Сенсорне керування, де робот взаємодіє з оточуючим середовищем за допомогою сенсорів, що дозволяє реагувати на зміни у середовищі. Цей метод використовується для роботи в змінних умовах або для виконання завдань, де потрібна адаптація до змін.

Активне керування, робот виконує активні дії для зміни стану об'єкта керування (наприклад, переміщення предметів). Цей метод використовується для вирішення завдань, що потребують фізичної взаємодії з оточуючим середовищем [9,10].

Пасивне керування, де робот не виконує активних дій, а лише спостерігає за об'єктом керування або надає інформацію для інших систем. Цей метод використовується для моніторингу та контролю стану об'єктів без їх активного впливу.

Ступінь автоматизації, можна розглядати методи керування за ступенем автоматизації, від повного автоматичного керування до напівавтоматичного або ручного [11].

Проведемо порівняння методів керування технічними процесами (ТП) з використанням робототехнічних засобів, та отримані результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння методів керування технічними процесами (ТП) з використанням робототехнічних засобів

Метод керування	Переваги	Недоліки
1	2	3
Програмне керування	Висока точність виконання дій, оскільки кожен крок чітко програмується. Гнучкість, а саме можливість змінювати програму для адаптації до зміни умов. Простота реалізації та використання	Відсутність можливості адаптації до змін у середовищі без переробки програми. Потреба в точному знанні умов та алгоритму виконання дій
Сенсорне керування	Здатність адаптуватися до змін у середовищі завдяки отриманню та аналізу інформації від сенсорів. Можливість реалізації автоматичних реакцій на події у середовищі. Підвищення безпеки та ефективності дій за рахунок збору інформації	Потреба в складній системі сенсорів та їхньому обробленні. Можливість помилок у роботі через неточність або перешкоди для сенсорів
Активне керування	Можливість фізичного впливу на об'єкт керування, що розширює можливості виконання завдань. Здатність до прямого втручання в процес виробництва для досягнення бажаного результату	Потреба у високій точності координації та контролі за діями робототехнічної системи. Можливість пошкодження об'єктів або оточуючого середовища при необережному впливі
Пасивне керування	Можливість моніторингу та контролю стану об'єктів без їх активного впливу. Ефективне використання в умовах, коли необхідно лише спостерігати за об'єктами	Відсутність можливості безпосередньо впливати на об'єкти. Обмежені можливості вирішення завдань, що потребують активного втручання

Порівняння методів керування технічними процесами (ТП) з використанням робототехнічних засобів, які представлені у таблиці 1 показує, що кожен метод керування технічними процесами (ТП) з використанням робототехнічних засобів має свої переваги та недоліки, які слід враховувати при виборі оптимального методу для конкретного завдання [12]. Програмне керування відзначається високою точністю та гнучкістю, але вимагає точного програмування та не здатне адаптуватися до змін у середовищі. Сенсорне керування є більш гнучким за рахунок адаптації до змін, але може бути складним у реалізації та вразливим до помилок. Активне керування дозволяє фізично впливати на об'єкт, але вимагає високої точності та може бути небезпечним. Пасивне керування ефективно для моніторингу, але не може безпосередньо впливати на об'єкти. Таким чином, вибір методу керування повинен базуватися на специфіці завдання та умов його виконання, а також на балансі між точністю, гнучкістю та безпекою виконання [13].

**ВИСНОВКИ.** Дослідження методів керування технічними процесами (ТП) з використанням робототехнічних засобів є перспективним та актуальним напрямком розвитку, особливо в контексті Industry 5.0. Використання робототехнічних систем у ТП дозволяє підвищити продуктивність, якість та безпеку процесів виробництва. Програмне керування забезпечує високу точність та гнучкість, а сенсорне керування – адаптацію до змін у середовищі. Активне керування дозволяє фізично впливати на об'єкти, а пасивне – моніторити їх стан. Кожен метод має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного методу повинен базуватися на специфіці завдання та умов його виконання. Дослідження у цій області сприятиме розвитку більш ефективних та інноваційних систем управління виробництвом, що відповідатимуть вимогам сучасної промисловості.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Gorkavyy, M. A., Tyurina, Y. A., Ivanov, Y. S., & Grabar, D. M. (2023, May). Human factor modelling in the collaborative robotic process control system. In 2023 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) (pp. 954-960). IEEE.
2. Attar, H., & et al. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
3. Khalid, M. S., Yevsiciev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70.1, 139-145.
4. Lyashenko, V., Abu-Jassar, A.T., Yevsiciev, V., Maksymova, S. Automated Monitoring and Visualization System in Production, *Int. Res. J. Multidiscip. Technovation*, 5(6) 2023 09-18. <https://doi.org/10.54392/irjmt2362>
5. Al-Sharo, Y., Abu-Jassar, A., Lyashenko, V., Yevsiciev, V., Maksymova, S. A Robo-hand prototype design gripping device within the framework of sustainable development, *Indian Journal of Engineering*, 20 2023 e37ije1673. <https://doi.org/10.54905/diss.v20i54.e37ije1673>
6. Conveyor Belt Object Identification: Mathematical, Algorithmic, and Software Support / V. V. Yevsiciev, I. S. Nevliudov, S. S. Maksymova, M. A. O. Omarov, O. M. Klymenkoю // *Appl. Math. Inf. Sci.* 17, No. 6. - P. 1073-1088.
7. Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. *Advances in Dynamical Systems and Applications*, 16(2), 441-455.
8. Vladyslav Yevsiciev, Samariddin, S. M., Nikolay Starodubtsev, & Amer Abu-Jassar. (2024). ACTIVE CONTOURS METHOD IMPLEMENTATION FOR OBJECTS SELECTION IN THE MOBILE ROBOT'S WORKSPACE. *Journal of Universal Science Research*, 2(2), 135–145.
9. Yevsiciev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsiciev, D. Gurin // In the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. Chicago, USA. P.92-94
10. Yevsiciev V. Some aspects of the development of the BEAM robot control scheme / V. Yevsiciev // In IV International Scientific and Theoretical Conference, Singapore, Republic of Singapore. - P. 79-81.
11. Моделі та методи кіберфізичних виробничих систем в концепції Industry 4.0: монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, А. О. Андрусевич, С. С. Максимова ; – Oktan Print – Prague. 2023. – 321 с.
12. Невлюдов І. Ш. BEAM робототехніка : навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, С. С. Максимова ; Харків. нац. ун-т радіоелектроніки, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР). – Кривий Ріг : Видавець Чернявський Д. О., 2024. – 276 с. – ISBN 978-617-8045-79-1
13. Vladyslav Yevsiciev, Svitlana Maksymova, & Nataliia Demska. (2024). Using Contouring Algorithms to Select Objects in the Robots' Workspace. *TECHNICAL SCIENCE RESEARCH IN UZBEKISTAN*, 2(2), 32–42.

**ДОДАТОК В**  
Демонстраційний матеріал

