

література



Навчально-методична

*МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя*

*Кафедра автоматизації
технологічних процесів і
виробництв*

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторної роботи № 2
«Визначення базових точок та траєкторії
промислового робота»
з курсу *“Гнучкі комп’ютеризовані системи та*
робототехніка”
для студентів спеціальності
151 *«Автоматизація та комп’ютерно-*
інтегровані технології»

Тернопіль
2019

«Визначення базових точок та траєкторії промислового робота» методичні вказівки до лабораторної роботи №2 з курсу “Гнучкі комп'ютеризовані системи та робототехніка” для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укл. Р.І. Михайлишин, В.Б. Савків. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – 17 с.

Рецензент: д.т.н., професор Стухляк П.Д.

Методичні вказівки розглянуто і схвалено на засіданні кафедри автоматизації технологічних процесів та виробництв.

Схвалено і рекомендовано до друку Науково-методичною радою факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії.

Зміст

Правила техніки безпеки	4
Лабораторна робота № 2. Визначення базових точок та траєкторій промислового робота	5
1. Базові точки промислового робота.....	5
2. Хід роботи.....	13
3. Порядок оформлення звіту	14
4. Контрольні запитання	14
Рекомендована література	14

Правила техніки безпеки

До лабораторних робіт студенти допускаються тільки з дозволу викладача в його присутності або інженера.

При виконанні роботи студенти повинні виконувати наступні вимоги з техніки безпеки.

1. Перед початком роботи:

1.1. Привести в порядок одяг: застібнути рукави, заправити одяг так, щоб не було звисаючих кінців.

1.2. Оглянути робоче місце, впевнитися у відсутності можливих перешкод на шляху рухомих вузлів.

1.3. Переконайтесь у правильності і надійності під'єднання з'єднуючих кабелів.

1.4. Перевірити надійність заземлення.

2. Під час роботи:

2.1. Виконувати роботу у суворій відповідності з отриманим завданням.

2.2. Забороняється:

- залишати включене обладнання без нагляду;
- проводити самостійно ремонт обладнання;
- безконтрольно маніпулювати клавіатурою.

2.3. Не брати і не передавати через установку будь-які предмети.

2.4. Після вводу тексту керуючої програми перевірити правильність її роботи в покроковому режимі.

2.5. При виникненні в процесі роботи збоїв роботу потрібно негайно припинити.

3. Після закінчення роботи:

3.1. Виключити електрообладнання.

3.2. Привести в порядок робоче місце.

3.3. Повідомити викладачу про всі виявлені недоліки у роботі обладнання.

Лабораторна робота № 2. Визначення базових точок та траєкторій промислового робота

Мета роботи: отримання студентами навичок створення та визначення базових точок робота, створення траєкторії з існуючими базовими точками і вибір типу руху. Крім цього, отримання навичок вибору і встановлення конфігурацій робота в кожній базовій точці, імітації операції, яку виконуватиме робот після певної траєкторії, та збереження робототехнічної комірки, щоб використовувати її на іншій робочій станції.

1. Базові точки промислового робота

Для того щоб зробити певний рух робота у RobotStudio®, по-перше, повинні бути відомі точки, які повинні бути досягнуті промисловим роботом. Точки, які повинні бути досягнуті, називаються базовими точками. На наступних етапах ви дізнаєтеся, як визначити базові точки. Ці точки являють собою основу для траєкторії (шляху) робота.

Ви можете створити нову базову точку вручну, ввівши позицію для базової точки у діалоговому вікні "Create Target" або натиснувши у вікні. Цільовий об'єкт буде створено в активному об'єкті.

Робочий об'єкт (workobject) – це система координат, яка використовується для опису положення виробу. Робочий об'єкт складається з двох кадрів: кадру користувача і кадру об'єкта. Всі запрограмовані позиції будуть пов'язані з кадром об'єкта, який пов'язаний з кадром користувача, а той, у свою чергу, пов'язаний зі світовою системою координат.

Траєкторія (шлях) – це послідовність базових точок з інструкціями переміщення, за якими робот виконує рух. У активному завданні буде створено порожня траєкторія.

Створимо Workobject (визначення робочого об'єкта), як показано на Рис.1.

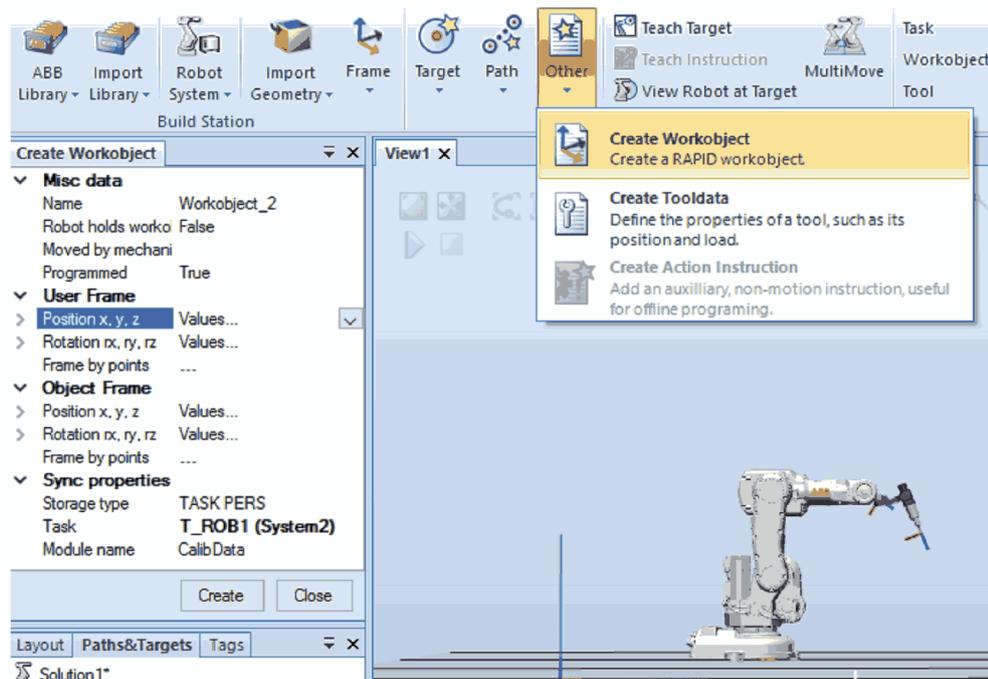


Рис. 1. RobotStudio® – Створення робочого об'єкта

На практиці, створення Workobject – це ще й важливий калібрувальний процес між віртуальним і реальним оточенням до цього робота. Зазвичай розташування робочого об'єкта – це точка, яку легко описати / визначити, наприклад, кут стола.

За замовчуванням, створений робочий об'єкт з іменем workobject_1 з wobj0, розташований в основі робота. Припустимо, що ми хочемо щоб він розташовувався на рівні підлоги (уявімо, що підлога на 400 мм нижче основи робота), тоді ми повинні визначити його по осі Z на -400 мм.

Для цього при створенні у вкладці Create Workobject потрібно натиснути на Position x, y, z (User Frame), в полі Z записати -400 і натиснути на кнопку Create. Результат буде виглядати, як на Рис. 2.

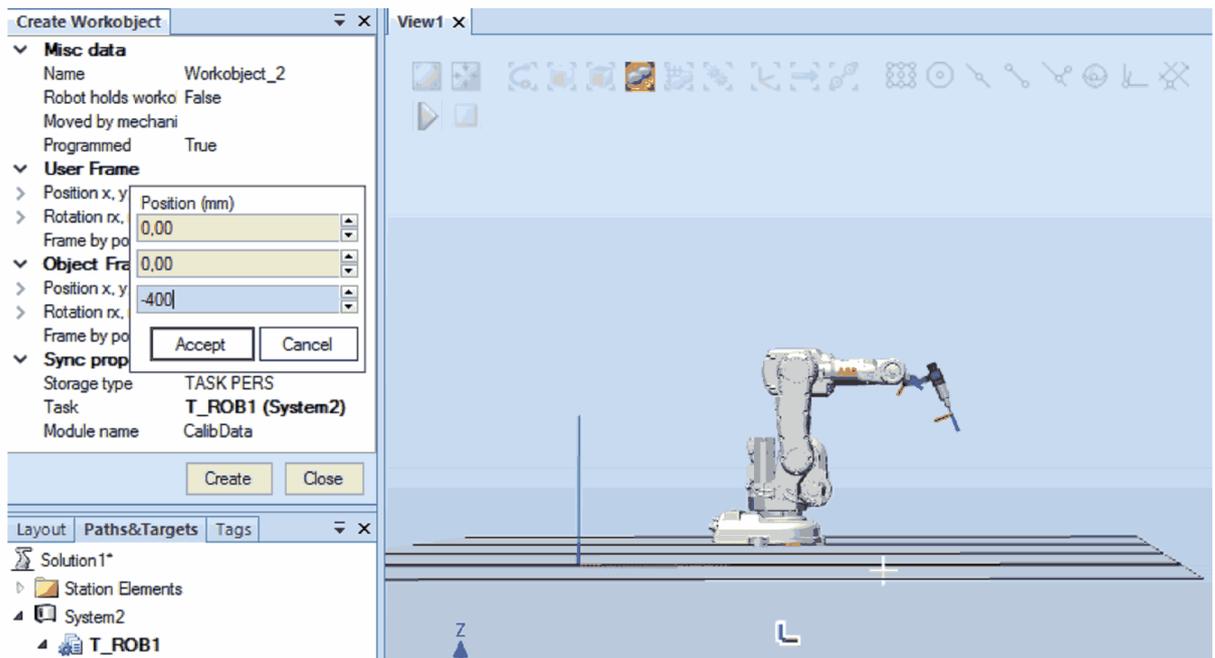


Рис. 2 Налаштування робочого об'єкта

Тепер додамо до нашого проекту точки, які послужать підставою для створення траєкторії руху робота. Для цього виберемо Create Target, як показано на Рис. 3.

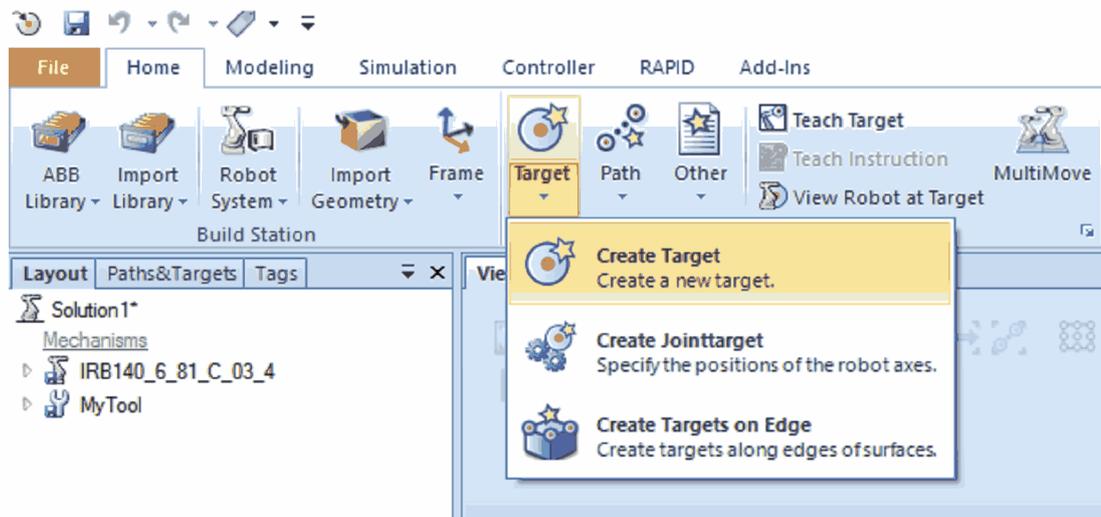


Рис. 3 Створення базової точки

Потім в околицях робота натиснемо чотири рази лівою кнопкою миші (ЛКМ), щоб вийшло приблизно, як на Рис. 4. І останньою дією натиснемо кнопку Create.

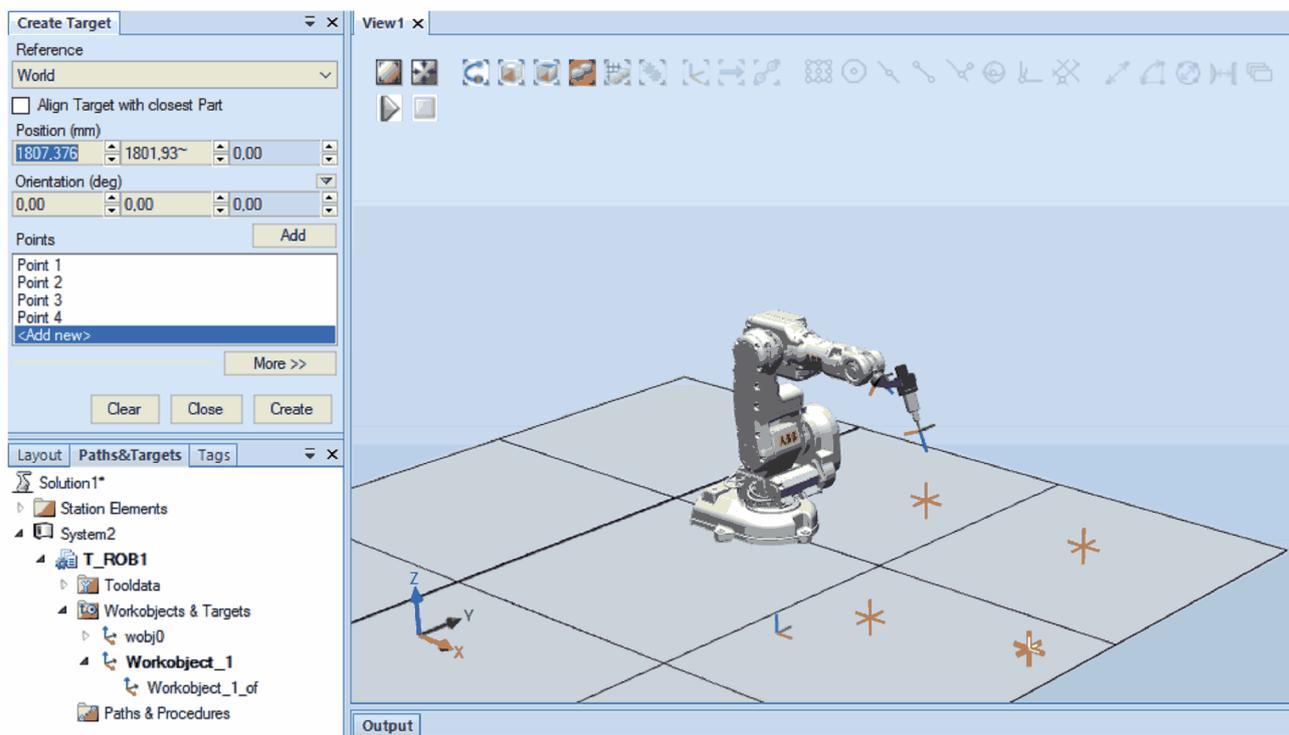


Рис. 4 Після створення чотирьох точок

У нашому випадку створені точки належать до `workobject_1`. Зараз стало легко переміщатися між асоційованими точками. На даний момент ми не знаємо чи зможе робот досягти цих точок.

У будь-якому випадку, в більшості додатках для роботів зазвичай визначається стартова позиція робота, пов'язана з його основою. Зараз це `wobj0`.

Натиснемо праву кнопку миші (ПКМ) на моделі робота, на вкладці `Layout` вибираємо опцію `Jump Home`, далі вибираємо в якості робочого об'єкта (`Workobject`) `wobj0` і потім натиснемо на кнопку `Teach Target` (Рис. 5).

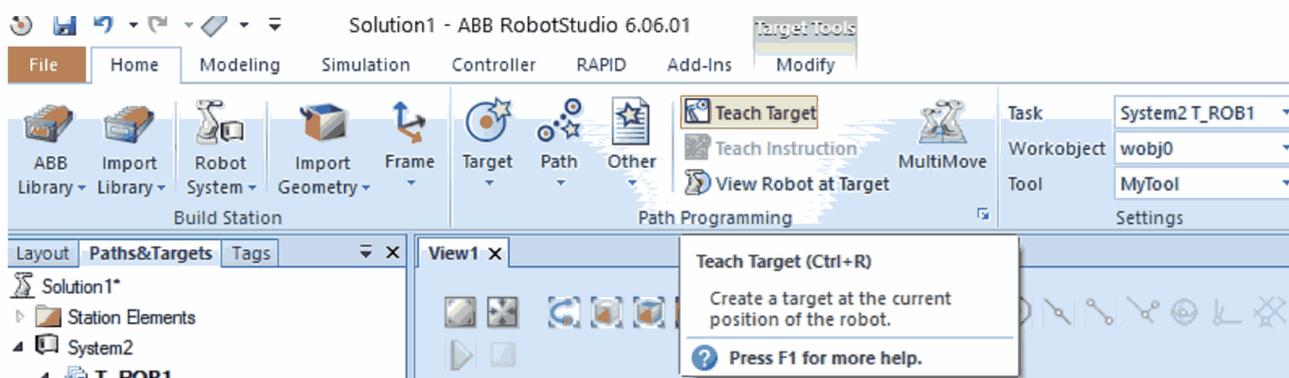


Рис. 5 Створення стартової позиції ПР

У вікні, що з'явилося (Default 'wobj0' is about to be used it is recommended to change the value. Do you want to continue with the operation? – За замовчуванням рекомендоване значення 'wobj0' змінюється. Бажаєте продовжити операцію?),

натискаємо Yes. Тим самим буде створена точка, асоційована з положенням промислового робота (ПР) в даний момент. Вона відображена у вкладці Paths & Targets для wobj0 як Target_50.

Після цього ми перевіримо чи досягає промисловий робот створені точки. Почнемо з інструменту (Рис. 6): ПКМ по будь якій отриманій точці, натискаємо «View Tool at Target» (Огляд інструменту в точці) і вибираємо наш інструмент «MyTool». Має вийти, як на Рисунку 7.

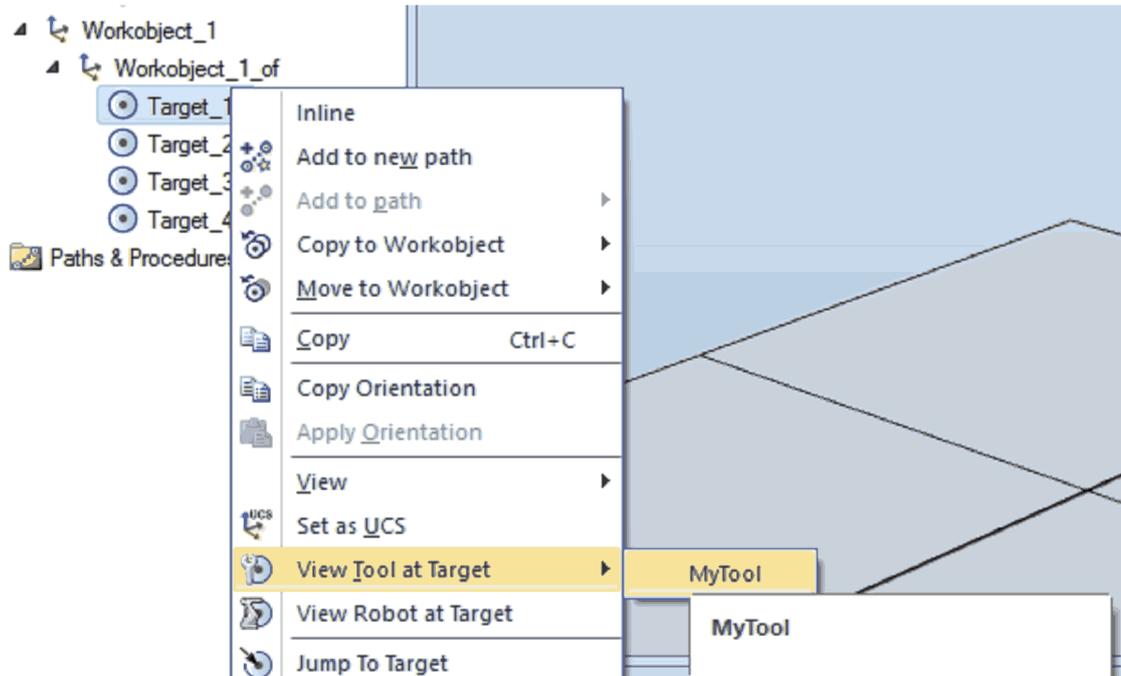


Рис. 6 Операція з переміщення до базової точки

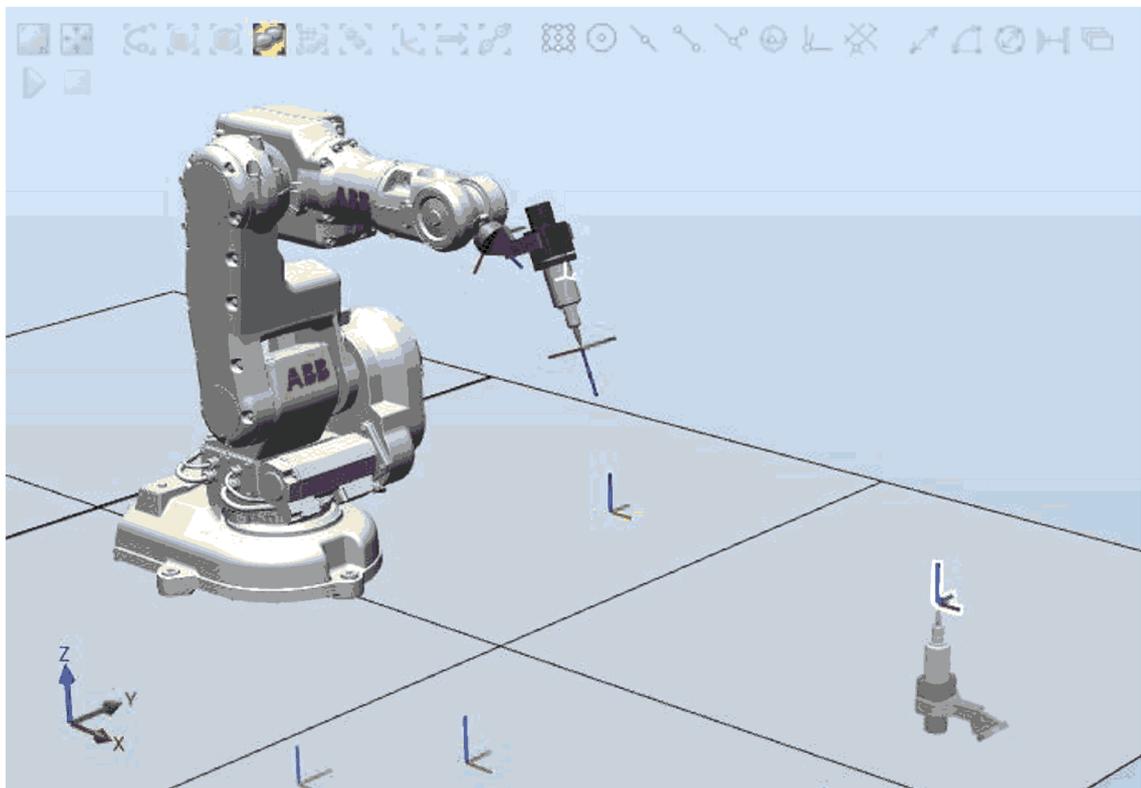


Рис. 7 Вид інструменту в точці

Ми можемо спостерігати, що інструмент знаходиться в неправильній орієнтації, але все одно ми можемо спробувати подивитися на те як робот підійде до цієї точки. Для цього знову ПКМ по точці і натискаємо «View Robot at Target» (Огляд робота в точці).

Може нічого не статися через те, що робот не зміг досягти кінцевої точки. У нижньому полі «Output» з'явиться з цього приводу повідомлення:

 Target Target_10 is out of reach.

Переорієнтуємо інструмент: знову натискаємо ПКМ по точці і вибираємо «Modify Target» → «Rotate» (Рис. 8). У меню (Rotate: Target_10) вибираємо обертання навколо осі Y на 180 градусів і натискаємо «Apply» (Рис. 9).

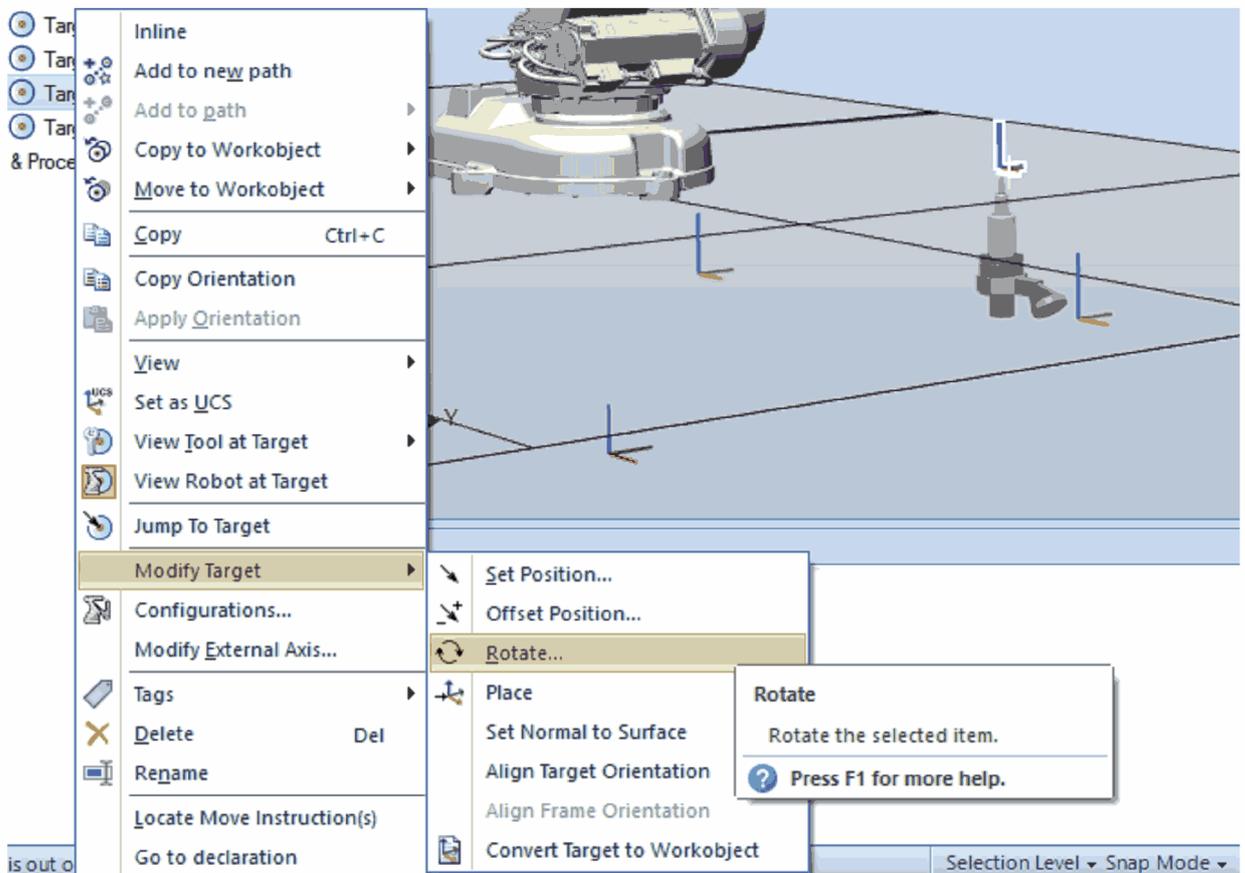


Рис. 8 Модифікація інструменту в точці

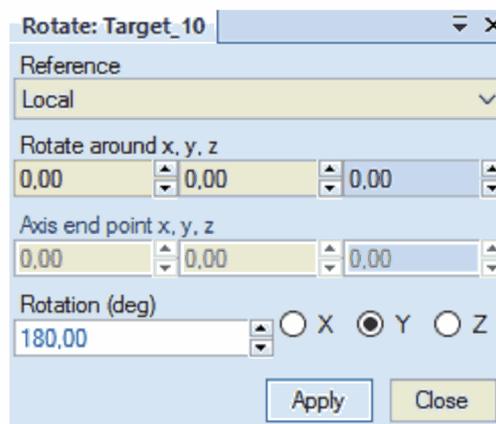


Рис. 9 Налаштування модифікації

Має вийти, як на Рис. 10. Це зроблено для одної точки, і так як у інших точок така ж проблема, то можна скопіювати положення першої точки та скопіювати для інших: ПКМ по точці, вибираємо «Copy Orientation», виділяємо інші точки, ПКМ по будь-якій з них і вибираємо «Apply Orientation».

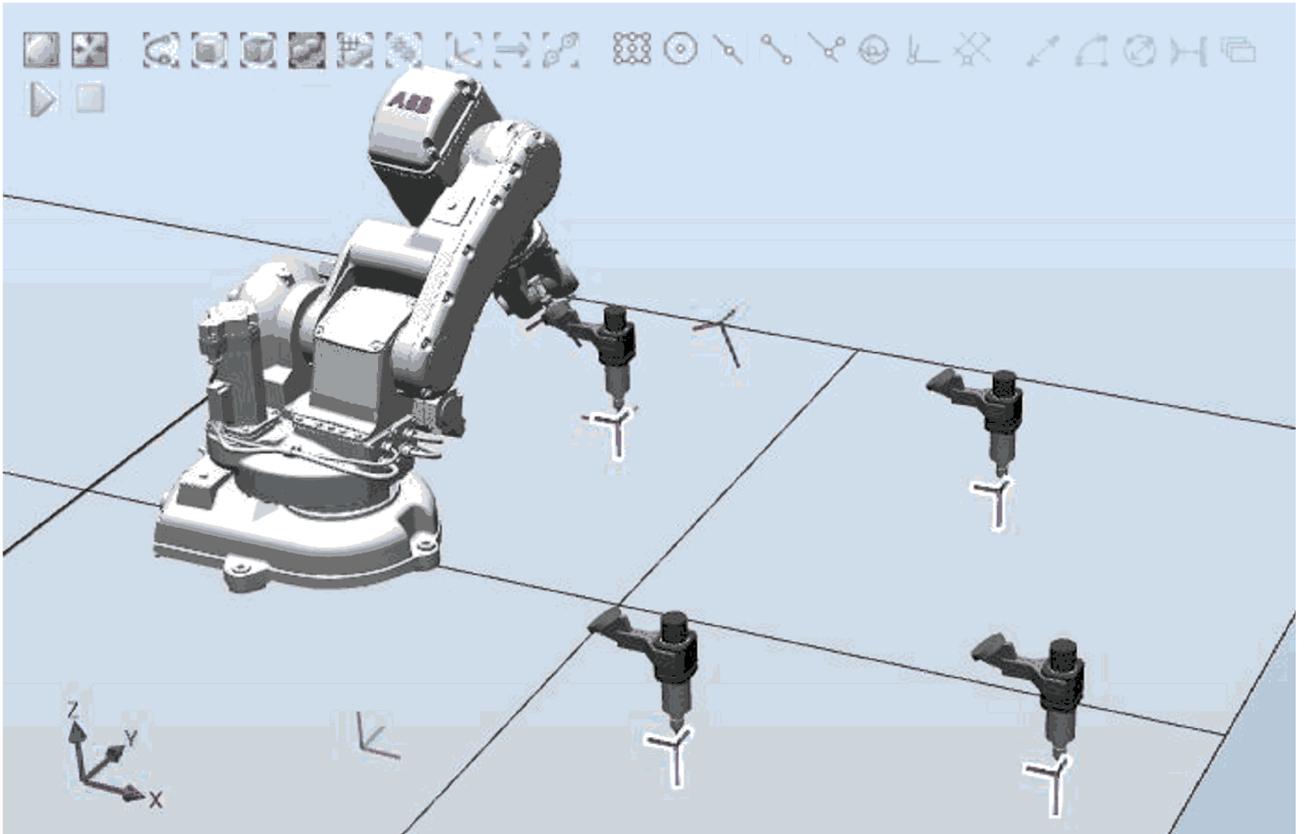


Рис. 10 Результат переорієнтації

Натискаючи на точки, можна дізнатися досягає робот їх, чи ні. У разі негативного результату слід змінити точку, наприклад, її координати наблизити до робота за допомогою команди «Set Position».

Для наступного кроку слід мати 5 зорієнтованих точок для «workobject_1», близьких до робочої зони робота – для створення траєкторії натискаємо «Empty Path» (Рис. 11).

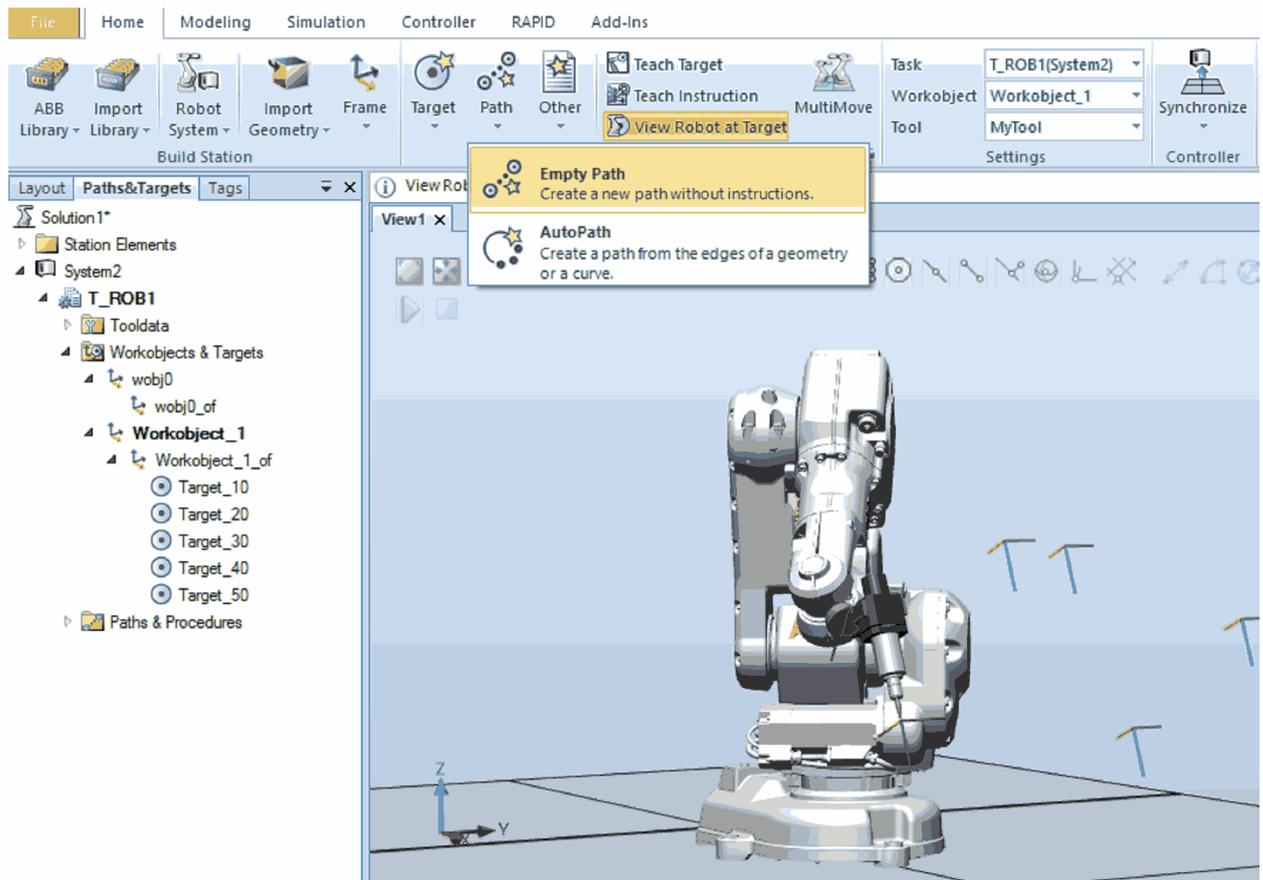


Рис. 11 Підготовка до створення траєкторії

В результаті у вкладці «Paths & Targets» з'явиться траєкторія «Path_10» (папка Paths & Procedures). Тепер слід перетягнути створені 5 точок в бажаному порядку. Як видно у вкладці траєкторії за замовчуванням вони приймають вигляд: «MoveL Target_10», що означає: робот переміститься з поточної точки в точку «Target_10» по прямій лінії (Move – рух, L – Line – лінія). Є ще спосіб пересування від точки до точки: «MoveJ» (J – jump – стрибок), за її допомогою робот переміститься по «зручній», оптимальній для нього траєкторії. Цю опцію слід змінювати до того, як використаєте точку для створення траєкторії через нижню панель (Рис. 12). На цій же панелі можна змінити швидкість переміщення v1000 (1000 мм/с), точність переміщення в точку, або не доходячи до неї, заокруглення траєкторії z100 (100 мм – радіус заокруглення).

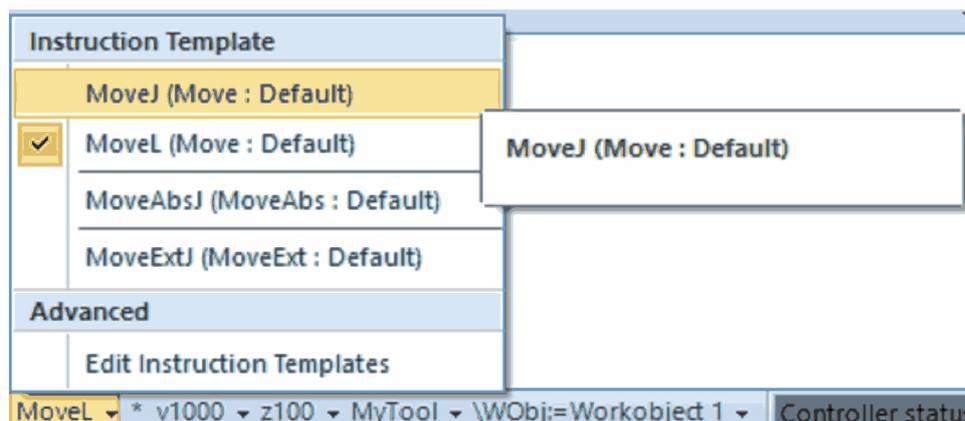


Рис. 12 Налаштування переміщення

Наші точки з'єднані в траєкторію, але можуть виникнути попередження, тоді доведеться змінювати конфігурацію для кожного переміщення. Як можна бачити з Рис. 13, існують різні шляхи досягнення інструментом позиції і його орієнтації.

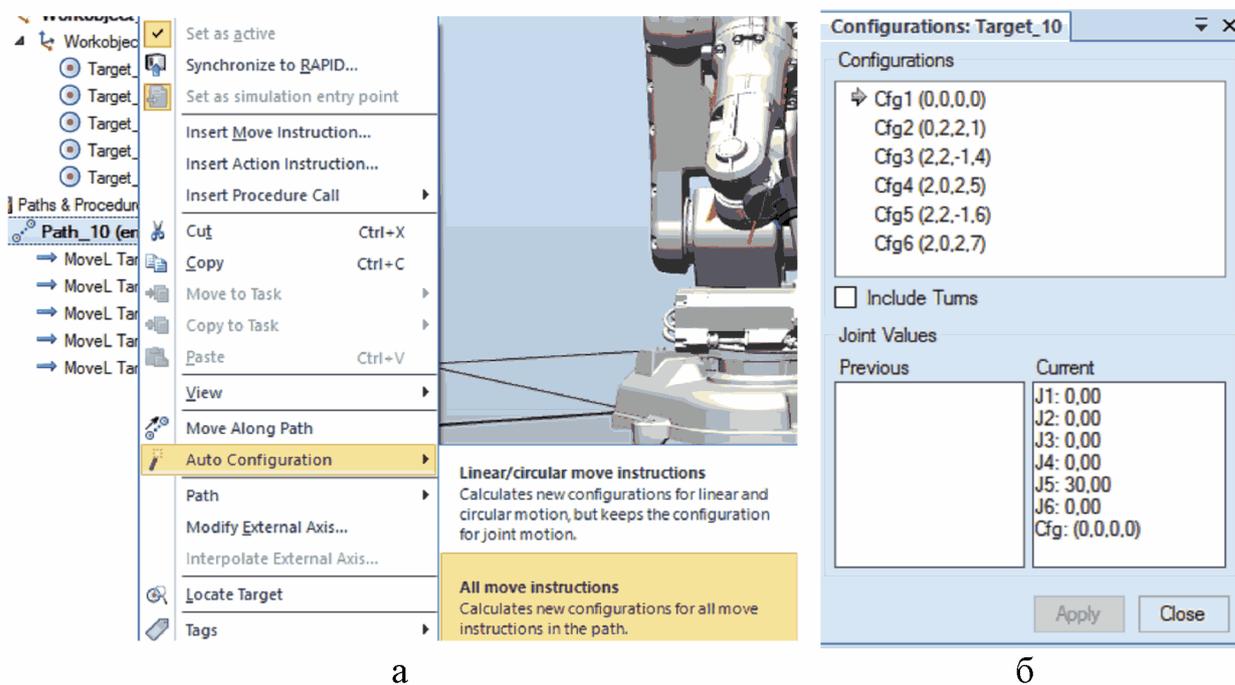


Рис. 13 Конфігурація ланок робота

Програмне забезпечення дозволяє провести конфігурацію автоматично (Рис. 13 а) або вручну, натиснувши ПКМ по «Target». Саме по ньому, тому що ми конфігуруємо положення інструменту в точці. Зараз ми запустимо нашого робота на симуляцію виконання руху по заданій траєкторії.

Для початку синхронізуємося (Рис. 14) з контролером (пошлемо всі наявні дані йому). У вікні натиснемо «ОК».

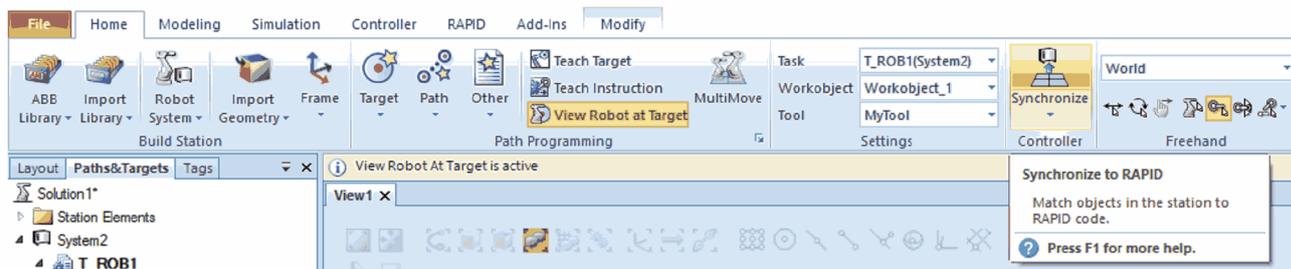


Рис. 14 Синхронізація

Потім перейдемо на вкладку «Simulation» і виберемо опцію «Simulation Setup» (Рис. 16). У вікні (Рис. 2.15) вибираємо нашу траєкторію, натискаємо кнопку «Close» і на панелі «Simulation» натискаємо на клавішу «Play».

Після симуляції, якщо потрібно щось змінити, наприклад, одну з точок, то слід натиснути по ній ПКМ і вибрати «Modify Target» → «Set Position». Але після цього потрібно ще раз синхронізуватися.

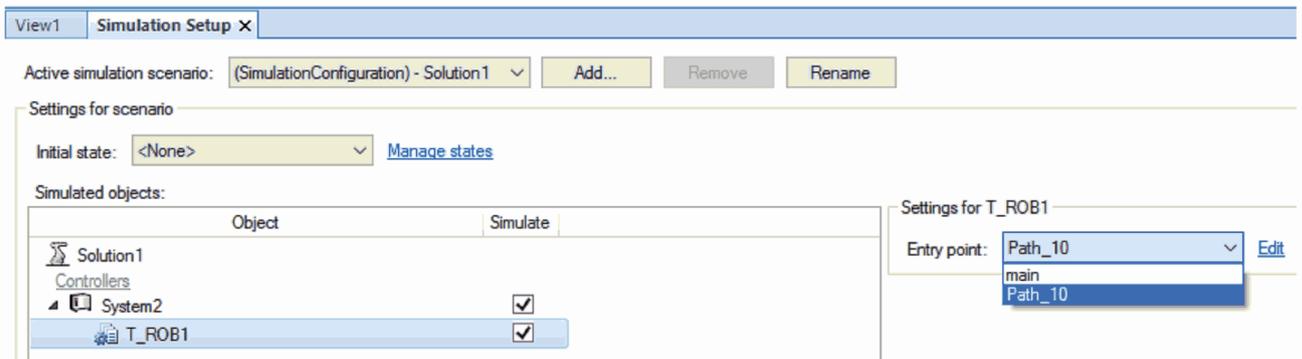


Рис. 15 Вибір траєкторії для симуляції

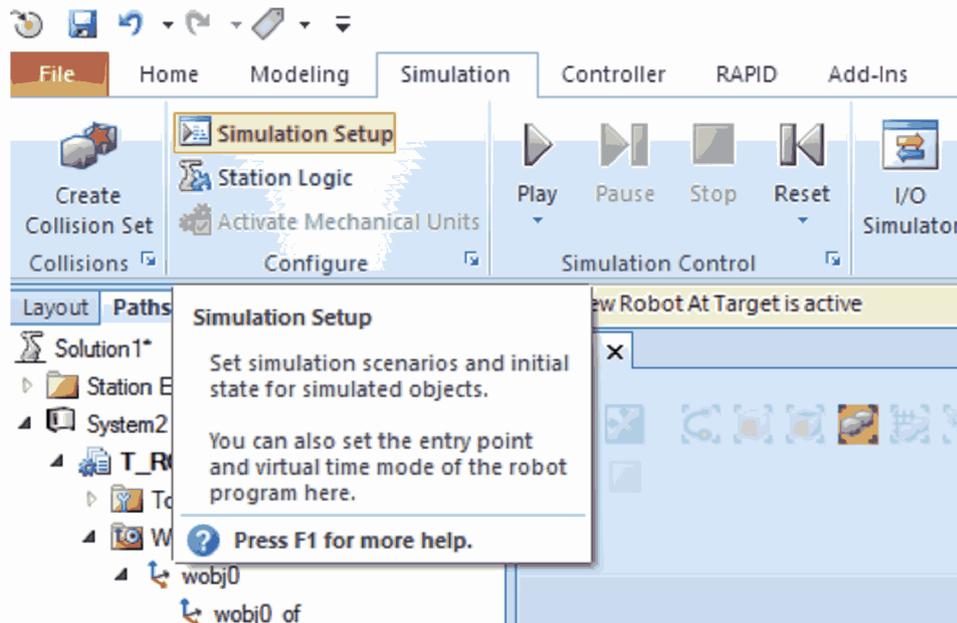


Рис. 16 Симуляція

2. Хід роботи

1. Ознаомитися з теоретичним матеріалом, визначеннями, інтерфейсом програмного середовища RobotStudio®.
2. Запустити робочу станцію в RobotStudio®, створенну в лабораторній роботі № 1.
3. Отримати індивідуальний варіант розміщення базових точок таректорії від викладача.
4. Створити та визначити базові точки промислового робота.
5. Створити траєкторію з існуючими базовими точками і вибрати тип руху згідно варіанту.
6. Вибрати і встановити конфігурації промислового робота в кожній базовій точці траєкторії.
7. Продемонструвати викладачу імітацію операції в програмному середовищі, яку виконуватиме робот після певної траєкторії.
8. Після завершення виконання лабораторної роботи слід показати викладачу виконане завдання та оформити звіт.

3. Порядок оформлення звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Тему і мету.
2. Теоретичні відомості.
3. Результати виконання індивідуального завдання та послідовна інструкція його виконання за допомогою збережених зображень екрану.
4. Висновки.

4. Контрольні запитання

1. Дайте визначення робочого об'єкта.
2. Дайте визначення шляху (траєкторії).
3. Послідовність створення нового робочого об'єкта.
4. Послідовність створення базових точок.
5. Яким чином відбувається калібрування орієнтації в базових точках траєкторії?
6. Як перевірити можливість інструменту дотягнутися до базової точки промислового робота.
7. Що таке автоконфігурація та як вона впливає на виконання роботом рухів?

Рекомендована література

1. International Federation of Robotics: ISO 8373 «Industrial robots - definition and classification»
https://ifr.org/img/office/Industrial_Robots_2016_Chapter_1_2.pdf
2. RobotStudio® Simulation of industrial automation processes and offline programming of ABBs robots - Practical guide for students - / Mocan B., Timoftei S., Stan A., Fulea M. // CLUJ-NAPOCA, 2017. – P. 140.
3. ABB, Technical reference manual RAPID Instructions, Functions and Data type, 3HAC 16581-1, 2017.
4. ABB, Operating Manual RoboStudio 6.05, 3HAC032104-001 Revision: T, 2017.
5. Energy efficiency analysis of the manipulation process by the industrial objects with the use of Bernoulli gripping devices / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mikhailishin // Journal of Electrical Engineering. – 2017. – № 68 (6). – P. 496 – 502. – DOI: 10.1515/jee-2017-0087.
6. Chatraei A. Optimal Control of Robot Manipulators. / A. Chatraei, D.M.I.V. ZAda. – 2011.
7. Siciliano B. Springer Handbook of Robotics / B. Siciliano, O. Khatib. – Berlin : Springer, 2008. – P. 1631.

8. Михайлишин Р. І. Optimization of bernoulli gripping device's orientation under the process of manipulations along direct trajectory / Р.І. Михайлишин, Я. І. Проць, В.Б. Савків // Вісник ТНТУ. – Тернопіль, 2016. – Том 81. – №1. – С. 107 – 117.
9. Orientation Modeling of Bernoulli Gripper Device with Off-Centered Masses of the Manipulating Object / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, O. Fendo, M. Mykhailyshyn // Procedia Engineering. – 2017. – №187, P. 264 – 271.
10. Justification of Design and Parameters of Bernoulli-Vacuum Gripping Device / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, O. Fendo // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2017. – № 14(6), DOI: 1729881417741740.
11. Experimental Research of the Manipulation Process by the Objects Using Bernoulli Gripping Devices / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, M. Mikhalishin, F. Duchon // In Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering, International IEEE Conference. – Lviv, 2017. – P. 8 – 11.
12. Механізація та автоматизація навантажувально-розвантажувальних робіт: Навчальний посібник, Ч.1: Транспортні та навантажувально-розвантажувальні засоби / За заг. ред. С.Л. Литвиненка .-К.: Кондор, 2016 .- 208 с.
13. Modeling of Bernoulli gripping device orientation when manipulating objects along the arc. / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, M. Mikhalishin, F. Duchon // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2018. – № 15(2), DOI: 1729881418762670.
14. Substantiation of Bernoulli Grippers Parameters at Non-Contact Transportation of Objects with a Displaced Center of Mass / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, F. Duchon, P. Maruschak, O. Prentkovskis // 22nd International Scientific Conference Transport Means 2018. – Klaipeda, 2018. – P. 1370 – 1375.
15. Gasdynamic analysis of the Bernoulli grippers interaction with the surface of flat objects with displacement of the center of mass / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon // Vacuum. – 2019. – № 159, P. 524 – 533. – DOI: 10.1016/j.vacuum.2018.11.005.
16. Murray R.M. A mathematical introduction to robotic manipulation / R.M. Murray, Z. Li, S.S. Sastry // CRC press. – 1994. – P. 456.
17. Зенкевич С.Л. Основы управления манипуляционными роботами / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко // Основы управления манипуляционными роботами. 2-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 480 с.
18. Investigation of the energy consumption on performance of handling operations taking into account parameters of the grasping system / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, F. Duchon, V. Koloskov, I. Diahovchenko // 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS) – IEEE, 2018. – P. 295 – 300. – DOI: 10.1109/ieps.2018.8559586.
19. Analysis of frontal resistance force influence during manipulation of dimensional objects / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, F. Duchon, V. Koloskov, I. Diahovchenko // 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy

- and Power Systems (IEPS) – IEEE, 2018. – P. 301 – 305. – DOI: 10.1109/ieps.2018.8559527.
20. Козырев Ю.Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов / Ю. Г. Козырев. – Москва: КНОРУС, 2010. – 312 с.
21. Проць Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів: навчальний посібник / Я.І. Проць – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, 2008. – 232 с.
22. Михайлишин Р.І. Обґрунтування параметрів та орієнтації струминного захоплювача маніпулятора для автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.05 “Піднімально-транспортні машини” / Р.І. Михайлишин. – Тернопіль, 2018. – 21 с.
23. Михайлишин Р. І. Аналіз методів планування траєкторій маніпуляторів / Р.І. Михайлишин, В.Б. Савків // Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади» Луцький НТУ. – Луцьк, 2016. – №8 (1). – С. 61 – 69.
24. Justification of the object of manipulation parameters influence on the optimal orientation and lifting characteristics of Bernoulli gripping device / В.Б. Савків, Р.І. Михайлишин, Ф. Духон, М.С. Михайлишин // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон, 2017. – № 2 (61). – С. 98 – 104.
25. The analysis of influence of a nozzle form of the Bernoulli gripping devices on its energy efficiency / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, P. Maruschak, F. Duchon, L. Chovanec // Proceedings of ICCPT 2019, May 28-29, 2019. – Tern. : TNTU, Scientific Publishing House “SciView”, 2019. – P. 66–74. – DOI: 10.5281/zenodo.3387275.
26. Justification of Influence of the Form of Nozzle and Active Surface of Bernoulli Gripping Devices on Its Operational Characteristics / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, P. Maruschak, F. Duchon // TRANSBALTICA XI: Transportation Science and Technology. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. – Springer, 2020. — P. 263–272. – DOI: 10.1007/978-3-030-38666-5_28.
27. Rogowsky coil applications for power measurement under non-sinusoidal field conditions / I. Diahovchenko, R. Mykhailyshyn, D. Danylchenko, S. Shevchenko // Energetika. – 2019. – 65(1), P. 14 – 20. – DOI: 10.6001/energetika.v65i1.3972.
28. Analysis of Operational Characteristics of Pneumatic Device of Industrial Robot for Gripping and Control of Parameters of Objects of Manipulation / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, P. Maruschak, F. Duchon, O. Prentkovskis, I. Diahovchenko // TRANSBALTICA XI: Transportation Science and Technology. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. – Springer, 2020. — P. 504–510. – DOI: 10.1007/978-3-030-38666-5_53.
29. Optimization of design parameters of Bernoulli gripper with an annular nozzle / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, P. Maruschak, L. Chovanec, E. Prada, I.

Virgala, O. Prentkovskis // Transport Means - Proceedings of the International Conference. – 2019. – P. 423-428.

30. Control of a small quadrotor for swarm operation / A. Trizuljak, F. Duchoň, J. Rodina, A. Babinec, M. Dekan, R. Mykhailyshyn // Journal of Electrical Engineering. – 70(1). – 2019. – P. 3-15. – DOI: 10.2478/jee-2019-0001.

31. Protection of Digital Power Meters Under the Influence of Strong Magnetic Fields / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, I. Diahovchenko, R. Olsen, D. Danylchenko // 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering UKRCON-2019 – IEEE, 2019. – P. 314 – 320. – DOI: 10.1109/UKRCON.2019.8879985.

32. Research of Energy Efficiency of Manipulation of Dimensional Objects With the Use of Pneumatic Gripping Devices / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, I. Diahovchenko, F. Duchon, R. Trembach // 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering UKRCON-2019 – IEEE, 2019. – P. 527 – 532. – DOI: 10.1109/UKRCON.2019.8879957.