

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 № 6
«Розробка механізму конвеєра та
програмування операцій MultiMove в
програмному середовищі RobotStudio»
з курсу «Гнучкі комп'ютеризовані системи та
робототехніка»
для студентів спеціальності
151 «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»

Тернопіль
2019

«Розробка механізму конвеєра та програмування операцій MultiMove в програмному середовищі RobotStudio» методичні вказівки до лабораторної роботи № 6 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. – 39 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 № 6. Розробка механізму конвеєра та програмування операцій MultiMove в програмному середовищі RobotStudio	5
1. Створення механізму конвеєра у RobotStudio	5
2. Програмування / налаштування / тестування систем MultiMove	7
2.1 Програмування систем MultiMove	7
2.2 Налаштування систем MultiMove	8
2.3 Тестування систем MultiMove	8
3. Створення робочої станції на основі конвеєра	9
4. Хід роботи	35
5. Порядок оформлення звіту	35
6. Контрольні запитання	36
Рекомендована література	36

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. Переконатись 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 самотійно 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 № 6. Розробка механізму конвеєра та програмування операцій MultiMove в програмному середовищі RobotStudio

Мета роботи: отримання студентами навичок створення геометрії конвеєра та інших 3D-геометрій. Крім цього, студент здобуде навички створення та визначення механізму конвеєра з 3D-геометрії в RobotStudio та програмування операцій в режимі MultiMove.

1. Створення механізму конвеєра у RobotStudio

Сьогодні технологія знаходиться на високому рівні. Через це все більше комірок автоматизуються або роботизуються. Час, як ресурс, ще більше оцінюється компаніями, поряд із якістю продукції. Тому компанії повинні управляти цими ресурсами найефективніше.

Робоча зона робота чітко визначена в їхніх технічних характеристиках починаючи з фази їх створення. Тим не менш, для деяких застосувань ця робоча зона занадто мала і, отже, її потрібно розширити. Як розширення робочої зони, так і покращення часу виготовлення можна здійснити за допомогою конвеєрів.

Враховуючи все це, метою цієї лабораторної роботи є створення механізму конвеєра в RobotStudio для завершення віртуального моделювання промислових роботів у різних ситуаціях. У першій частині лабораторної роботи представлена теоретична частина, у другій частині представлений приклад реалізації.

Для визначення механізму конвеєра в RobotStudio необхідно створити порожню станцію. Для цієї вправи конвеєром вважатиметься паралелепіпед. Щоб створити його в меню «Моделювання» скористайтесь опцією «Solid»→«Вох». Паралелепіпед буде мати такі розміри: довжина 5000 мм, ширина 400 мм і висота 100 мм; а положення почнеться з $y = -200$ мм. Після цього натисніть Створити та Закрити меню (Рис. 1).

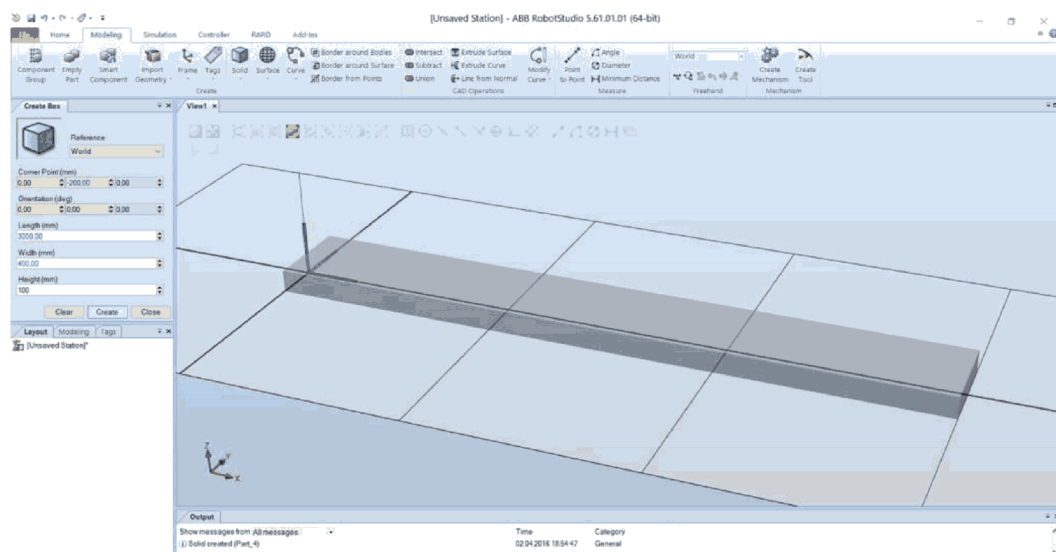


Рис. 1 Створіть паралелепіпеда, який буде вважатися конвеєром

Як і у випадку із інструментом, що визначається, тут також буде створений механізм, але тип механізму буде іншим. У меню «Моделювання» виберіть «Створити механізм». Укажіть певну та інтуїтивно зрозумілу назву механізму та у параметрі Тип механізму виберіть «Conveyor» (Конвеєр) (Рис. 2).

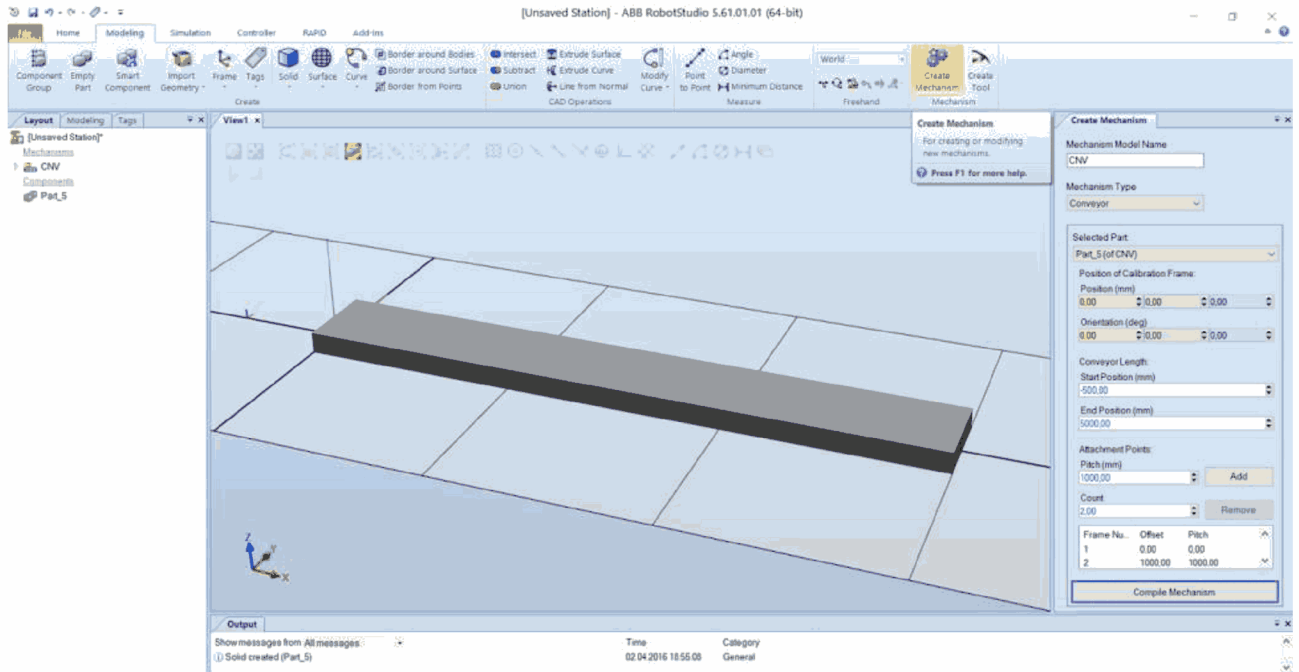


Рис. 2 Визначення механізму транспортера

У «Selected Part» виберіть поле створення, початкове положення та кінцеве положення. Виберіть «Pitch and count» і потім «Add»; дані з початкового положення = -500 мм, кінцеве положення 5000 мм, крок 1000 мм і кількість = 2 (Рис. 2).

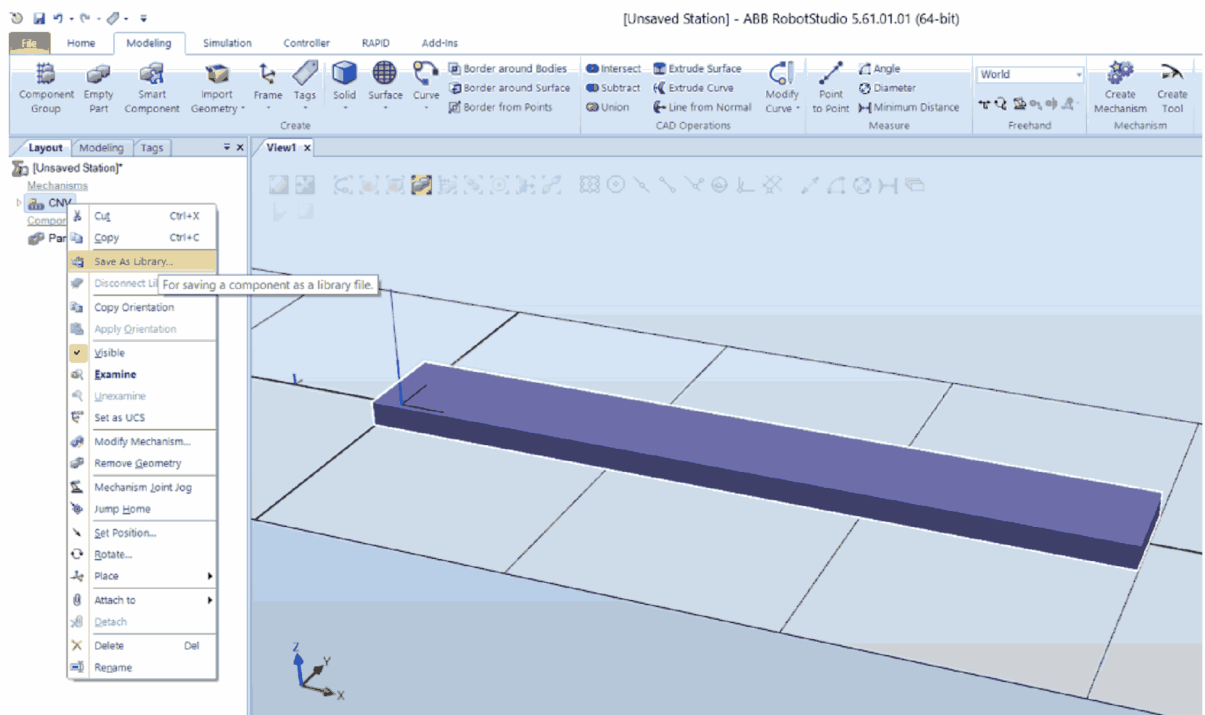


Рис. 3 Збереження конвеєра в бібліотеку

Після того, як всі ці дані будуть введені, натисніть на «Механізм компіляції» і ваш механізм можна знайти у списку зліва на екрані у макеті. Звідти вам потрібно зберегти його за допомогою «Save As Library», де потрібно вибрати ім'я (Рис. 3). Якщо всі кроки виконані правильно, механізм можна знайти в бібліотеці імпорту та бібліотеці користувачів.

2. Програмування / налаштування / тестування систем MultiMove

2.1 Програмування систем MultiMove

Якщо ви хочете розробити або оптимізувати програми для систем «MultiMove», потрібно використовувати функцію «MultiMove». Цей підрозділ детально описує основний робочий процес програмування «MultiMove» систем за допомогою RobotStudio.

Для того, щоб мати можливість використовувати функції «MultiMove», необхідно, щоб було наступне [2]:

- Віртуальний контролер, який може запускати систему «MultiMove».
- Інструменти, які використовує система.
- Усі системи координат.
- Всі траєкторії, за допомогою яких інструмент рухатиметься (ці шляхи будуть створені в робочому об'єкті, що стосується інструмента і досягає до робочого фрагмента).

Якщо ви хочете створити програму «MultiMove», використовуючи функцію «MultiMove», ви повинні виконати кроки, показані в таблиці 1 [2].

Таблиця 1. Типовий та додатковий процес для створення програм «MultiMove»

Типова дія	Опис
Налаштуйте «MultiMove»	Виберіть роботів та траєкторії, які потрібно використовувати в програмі
Протестуйте «MultiMove»	Виконайте інструкції з руху по траєкторії
Налаштуйте переметри руху	Налаштуйте параметри руху, такі як допуски та обмеження руху TCP
Створіть програму	Створіть завдання для роботів
Додаткові дії	Опис
Створення «Tasklists» та «Syncidents»	Завдання та шляхи, які повинні бути синхронізовані між собою.
Додайте та оновіть аргументи ідентифікатора до інструкцій для синхронізації	Додайте та оновіть ідентифікатори для інструкцій у траєкторіях, які вже синхронізовані. Додайте ідентифікатори до інструкцій на траєкторіях, які ще не були синхронізовані

Додайте та відрегулюйте інструкції щодо синхронізації до шляхів.	Додайте інструкції «SyncMoveon / Off» або «WaitSyncTask» до шляхів синхронізації та встановлення їх списку завдань та параметрів «Syncident».
Задайтеся інструкціями «MultiMove»	Можна також пройти шлях всіх роботів до потрібних позицій, а потім задати інструкції новим синхронізованим контурам.

2.2 Налаштування систем MultiMove

Для вибору роботів і шляхів в станції, які будуть використовуватися для програми «MultiMove», обов'язково переконайтесь, що всі роботи та програми «MultiMove» належать до однієї системи. Виконавши цей крок, виконайте пункти 1-10, показані нижче [2]:

1. Вкладка Головна → «MultiMove» → Вкладка настройки «MultiMove» робоча зона.
2. У робочій області натисніть панель конфігурації системи щоб розгорнути розділ конфігурації системи.
3. Виберіть поле «System» → виберіть систему, яка містить роботів для програмування. Роботи вибраної системи тепер відображаються в системній сітці (під полем Вибір системи).
4. Установіть прапорець у стовпці Увімкнути (для кожного робота, який буде використовуватися в програмі).
5. Для кожного робота вкажіть чи несе він інструмент, чи деталь, використовуючи параметри в стовпці «Carrier» (Носій).
6. Клацніть панель «Конфігурації Траєкторії» для розширення розділу конфігурації траєкторії (у робочій області).
7. Установіть прапорець Включити (для робочого інструмента) → натисніть кнопку розширення щоб відобразити траєкторії роботів.
8. Використовуючи стовпець «Ім'я Траєкторії», виберіть порядок шляхів, які слід виконати.
9. Установіть прапорець у стовпці «Увімкнути» для кожної траєкторії, яка буде включена у програму.
10. Продовжуйте тестувати «MultiMove» і, якщо необхідно, налаштовуйте параметри руху.

2.3 Тестування систем MultiMove

У цьому розділі розглядаються інструкції щодо руху вздовж контурів відповідно до поточних налаштувань «MultiMove». В основному це стосується встановлення вихідної позиції робота і випробування його рухів по шляху.

Щоб перевірити траєкторії треба [2]:

- Перемістіть роботів на оптимальну стартову позицію.

- Домашня вкладка → «MultiMove» → Тестова вкладка (внизу робочої області «MultiMove») – відображає тестову область.
- (За бажанням) натисніть прапорець Стоп у кінці (це гарантує, що моделювання зупиниться згодом для руху по траєкторії). Якщо кнопка "Стоп і кінець" не натиснута, моделювання буде тривати по колу, поки не натиснути "Призупинити".
- Для імітації рухів покроково натисніть кнопку «Відтворити». Якщо рухи задовільні, заздалегідь розробляйте «MultiMove» траєкторії. Однак якщо отриманий негативний результат, виберіть одну з наступних дій (табл. 2):

Таблиця 2. Дії щодо коригування рухів [2]

Дія	Опис
Перевірте позиції роботів на предмет критичних цілей	Натисніть кнопку «Пауза» та скористайтеся кнопками зі стрілками для переміщення до однієї цілі
Перемістіть роботів на нові стартові позиції	Причиною змінених рухів є нові стартові позиції. Враховуючи це, будь ласка, уникайте позицій поблизу спільних обмежень роботів
Перейдіть на вкладку «Motion Behavior» та видаліть обмеження	Для властивостей руху параметр за замовчуванням стоїть не обмежений. Якщо це змінилося, можуть існувати обмеження на рухи.

3. Створення робочої станції на основі конвеєра

Починаємо з вибору робота, контролера та інструменту (Рис. 4-5):

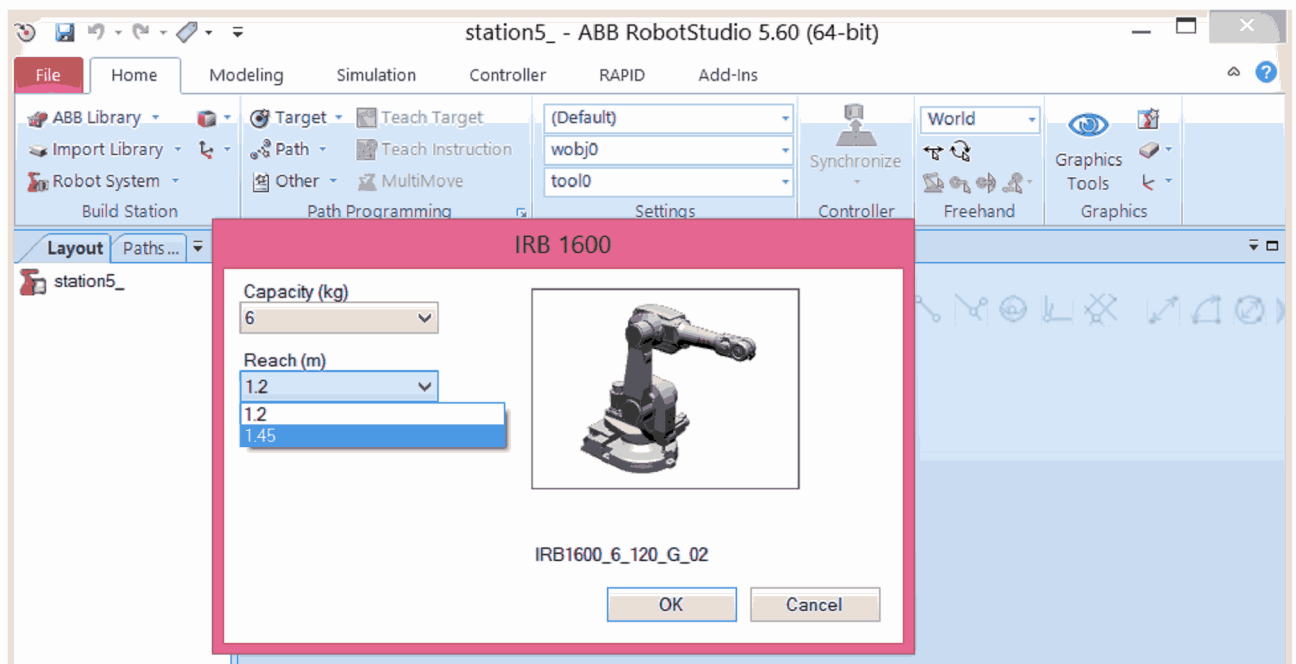


Рис. 4 Імпорт промислового робота

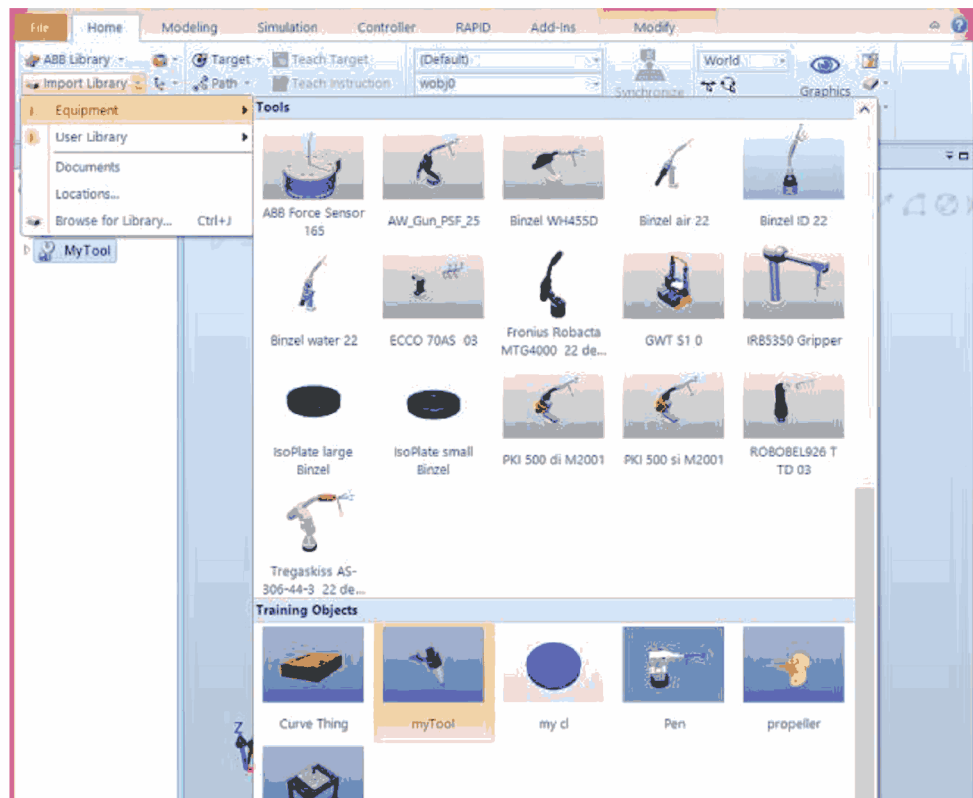


Рис. 5 Імпорт інструмента

Прикріпіть інструмент до робота (Рис. 6.):

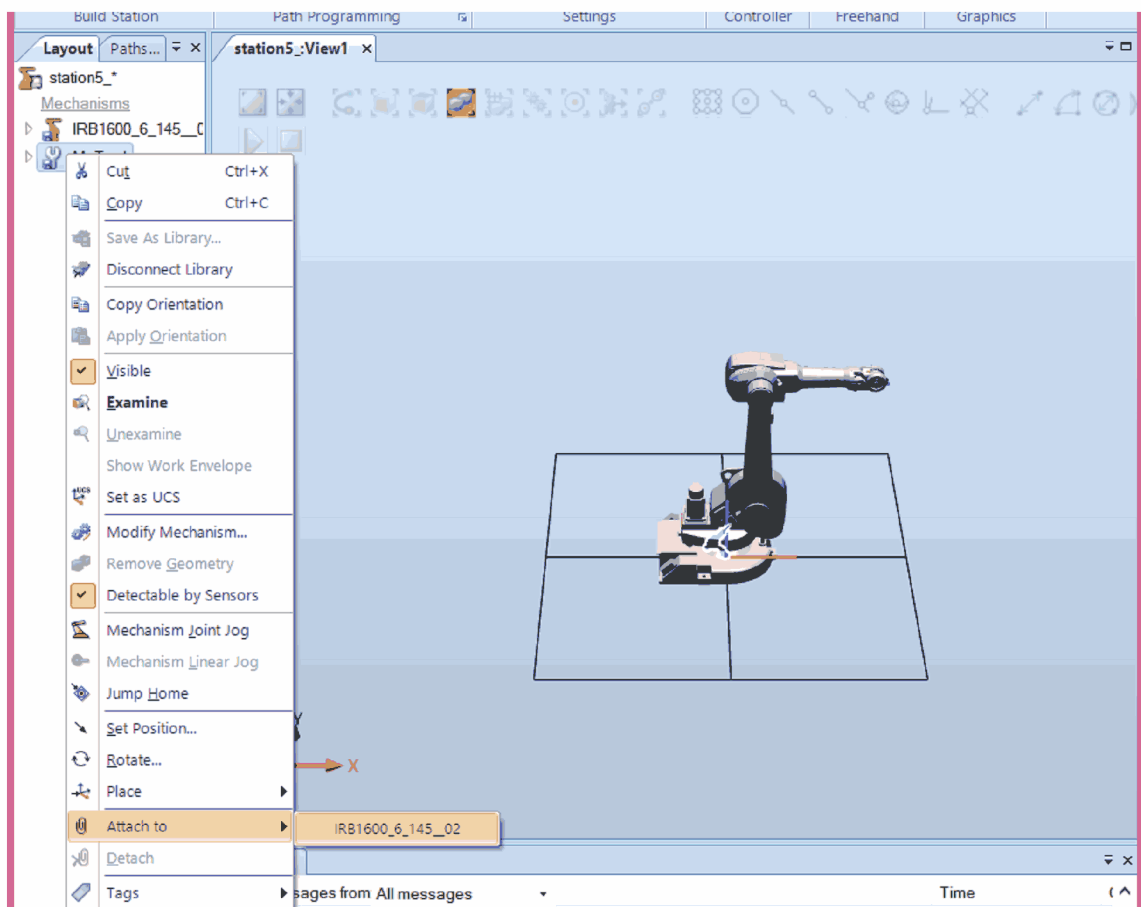


Рис. 6 Прикріплення інструмента до робота

Додати контролер (Рис. 7-8):

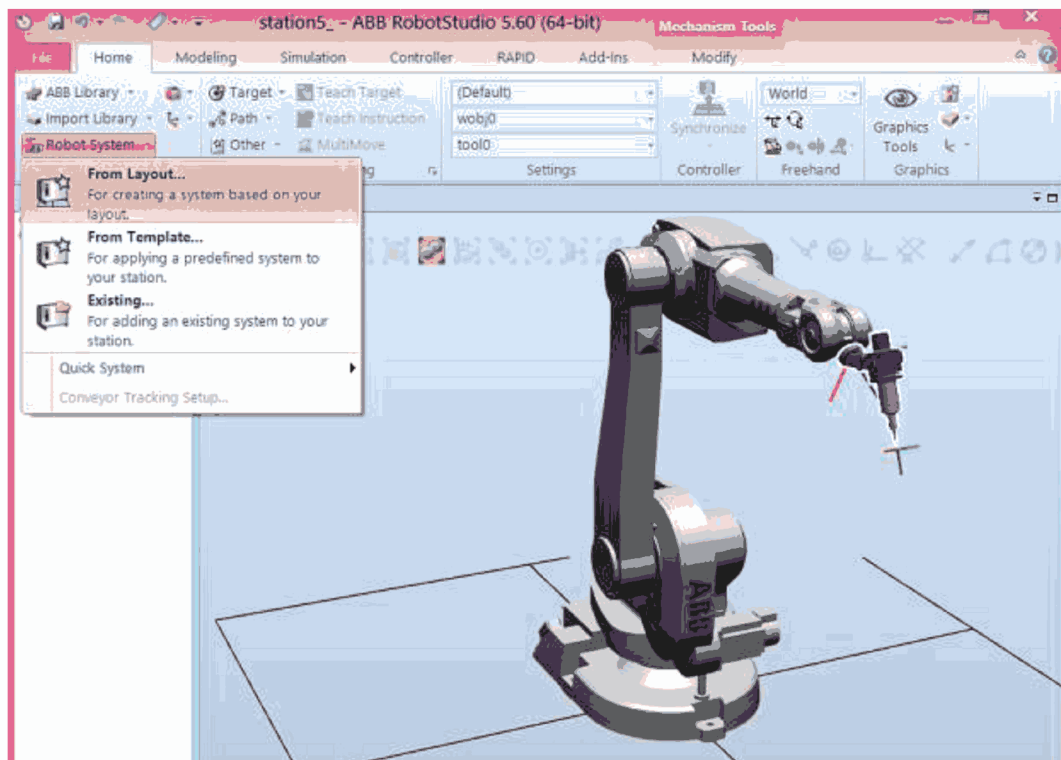


Рис. 7 Додавання контролера (Частина 1)

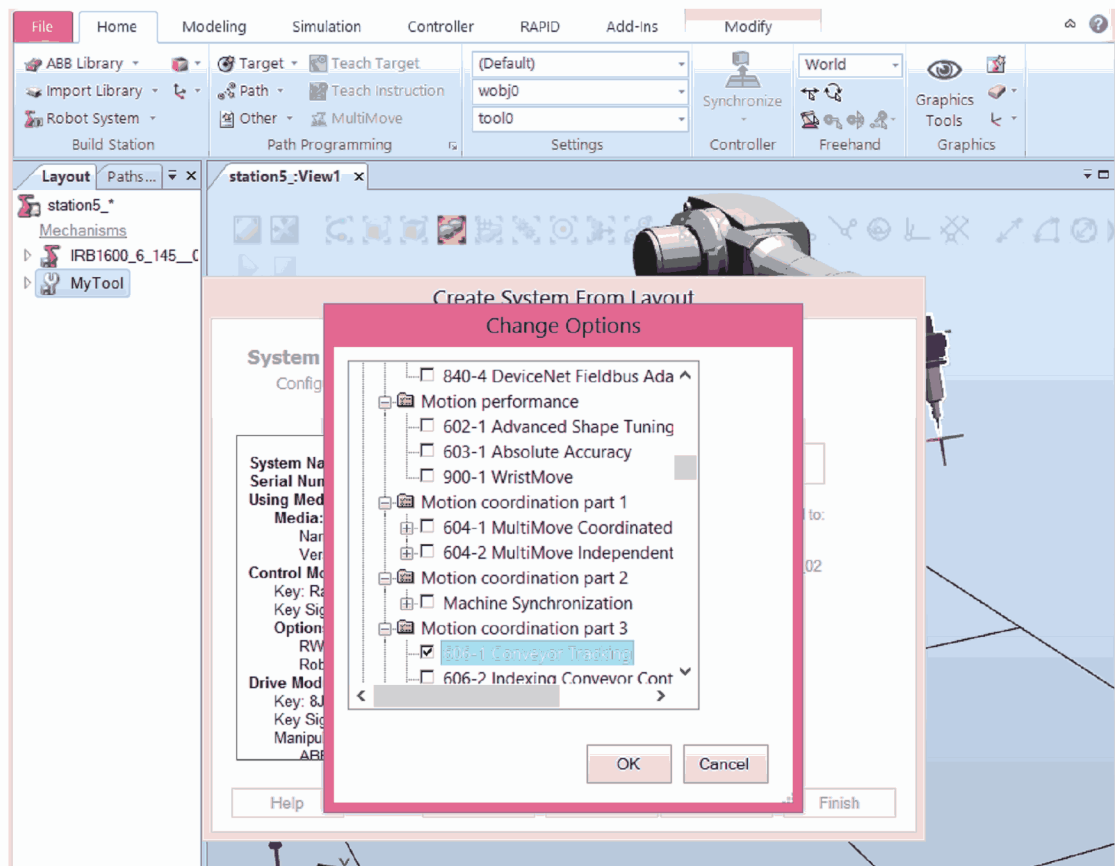


Рис. 8 Додавання контролера (Частина 2)

Імпортуйте конвеєр, натиснувши імпорт з бібліотеки (Рис. 9):

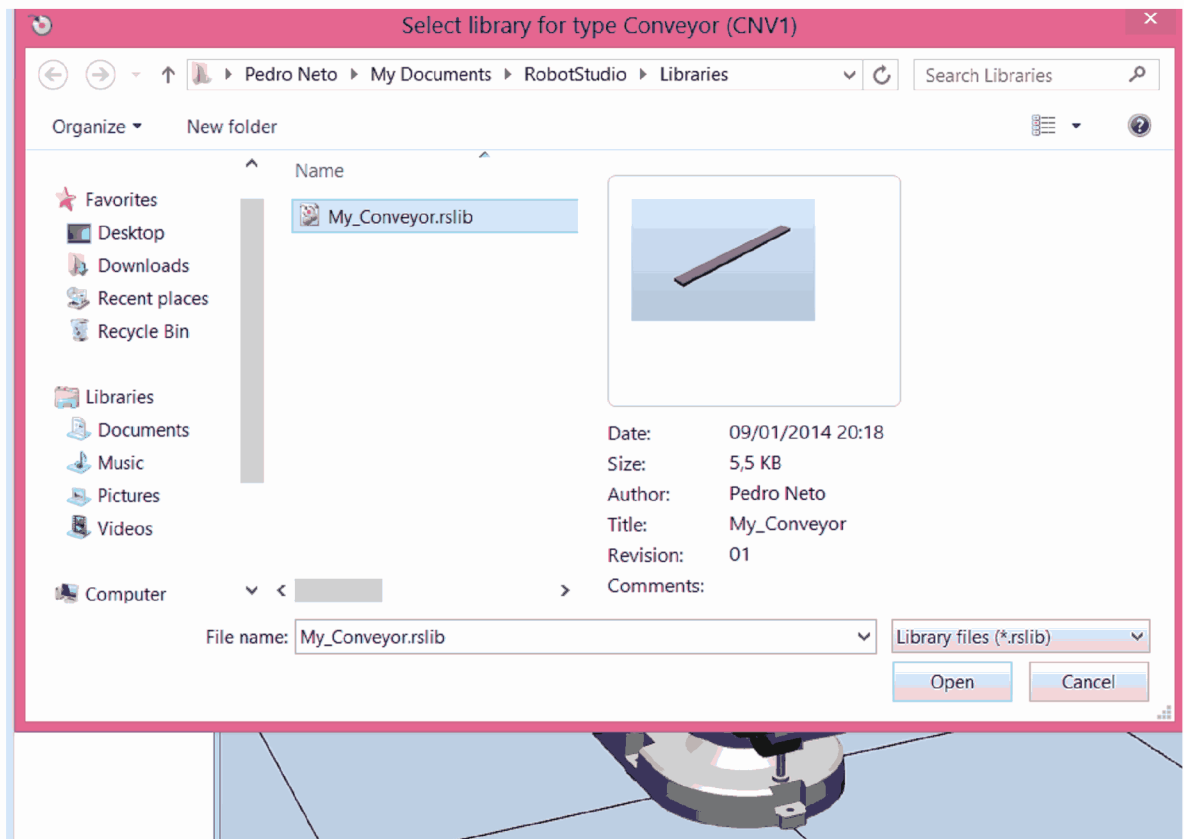


Рис. 9 Імпорт конвеєра

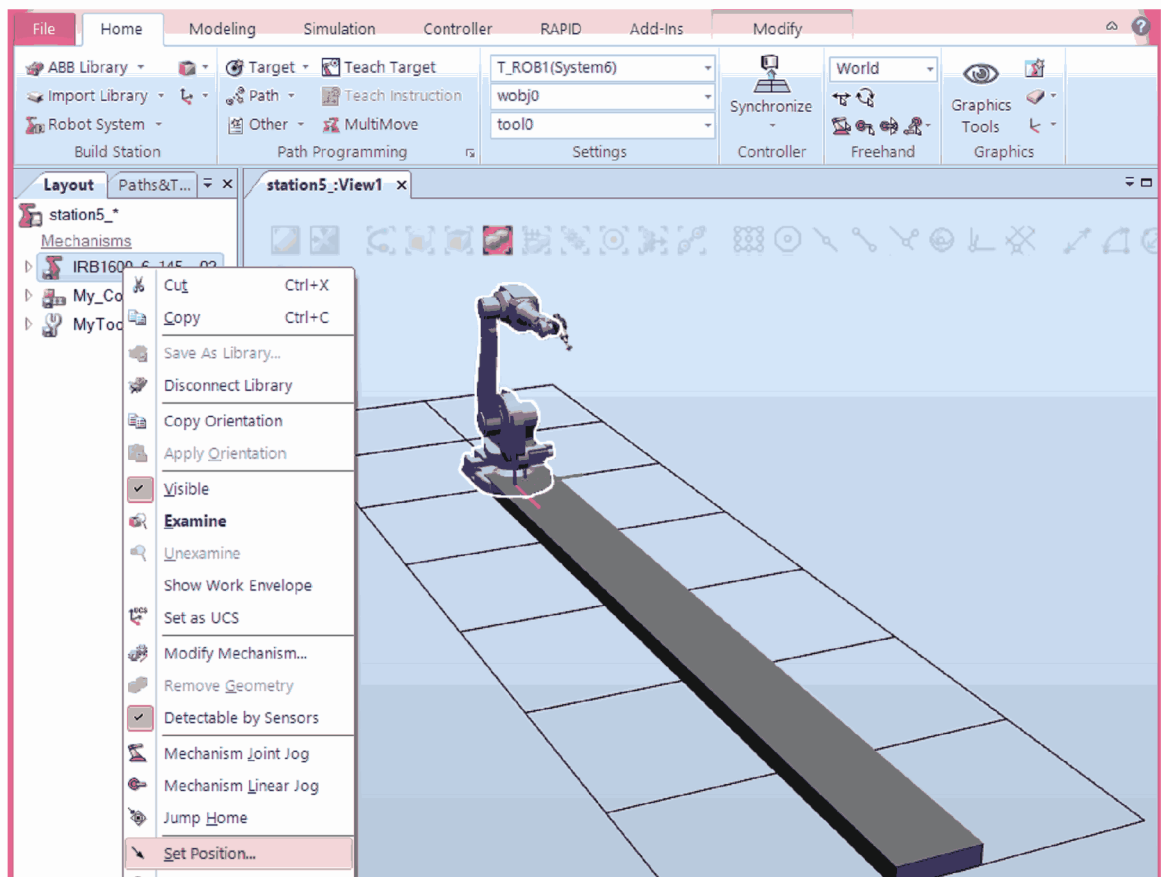


Рис. 10 Зміна позиції промислового робота (Частина 1)

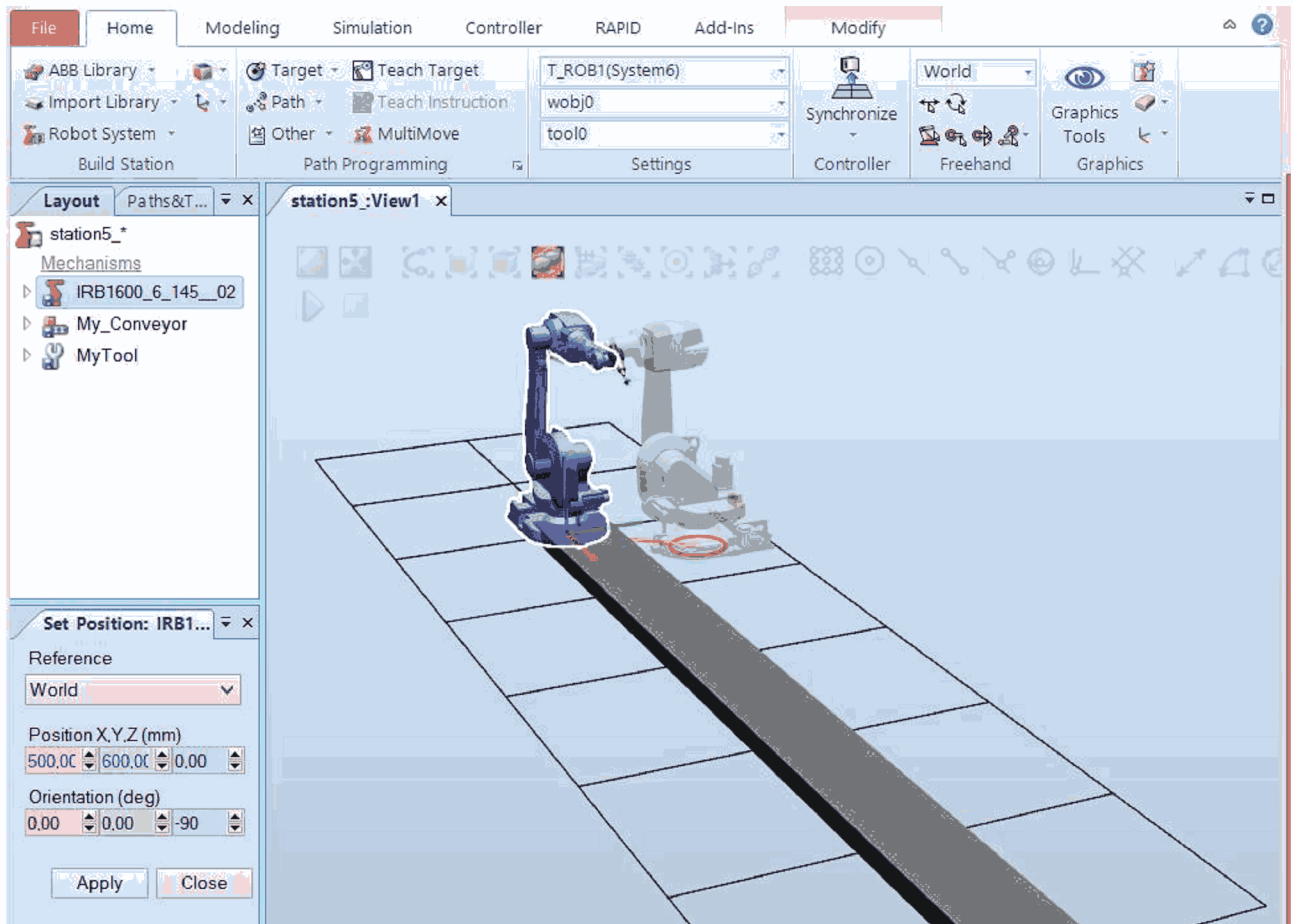


Рис. 11 Змінення позиції промислового робота (Частина 2)

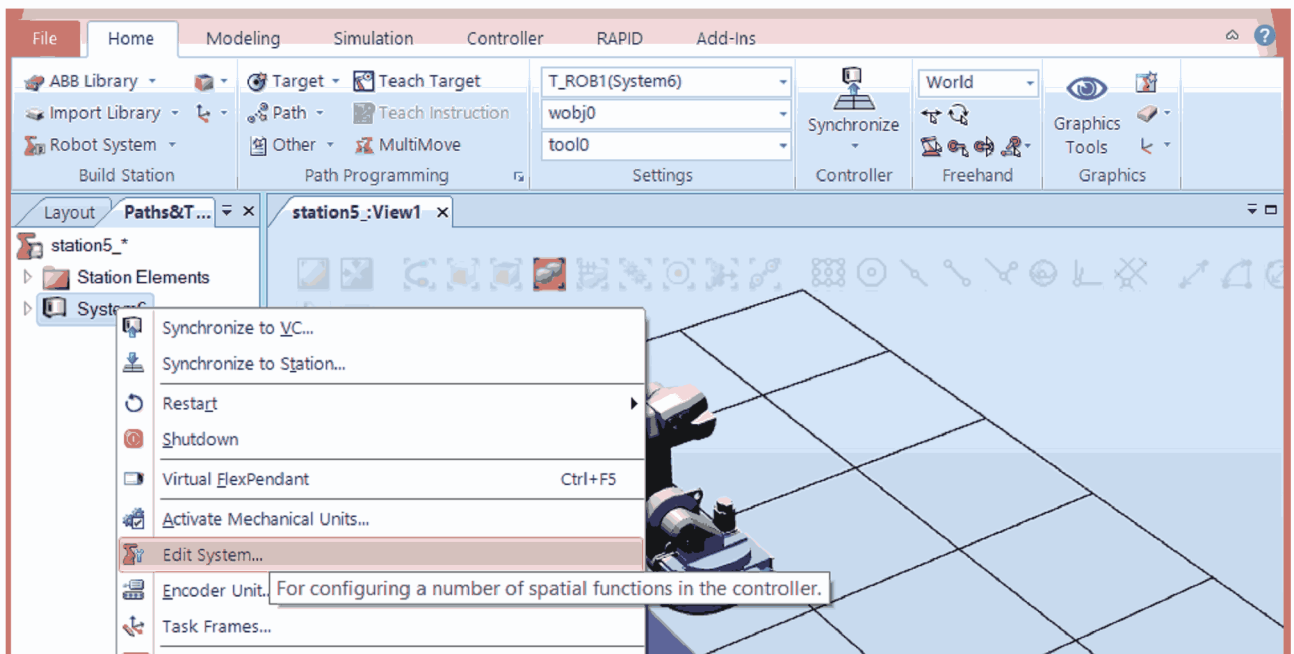


Рис. 12 Редагування значень контролера (Частина 1)

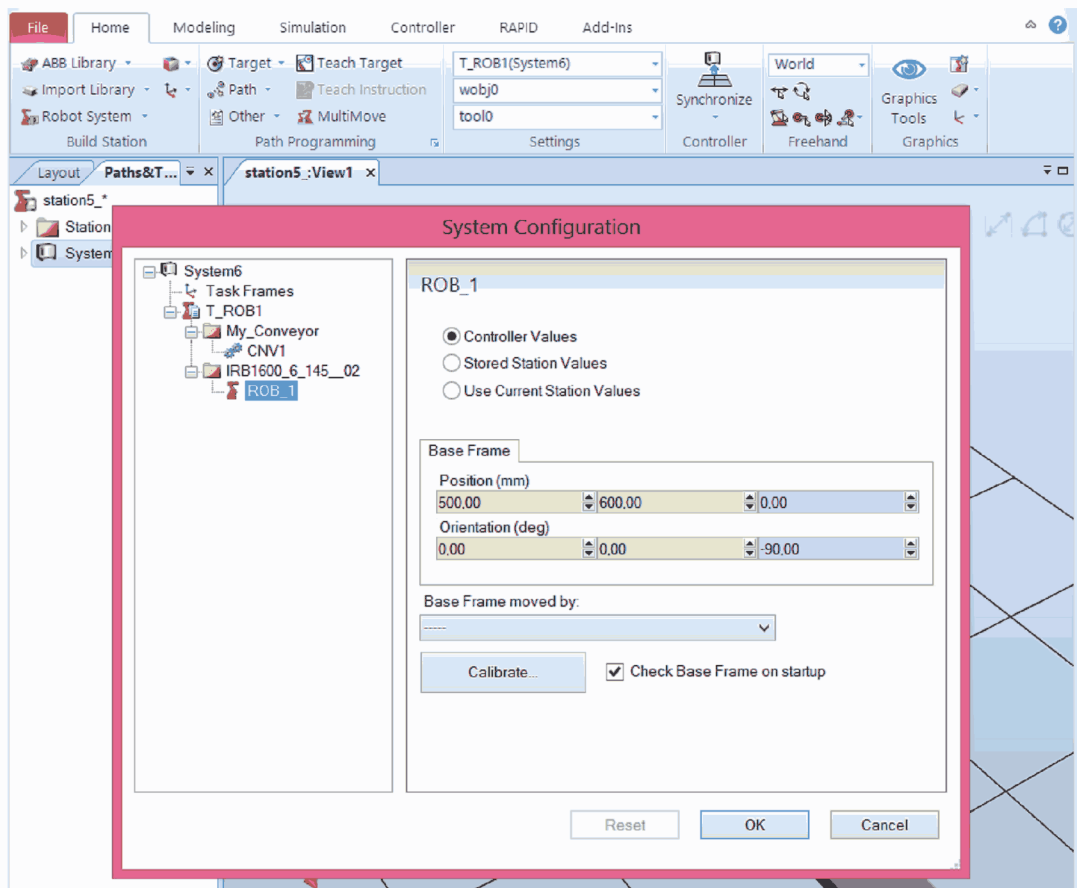


Рис. 13 Редагування значень контролера (Частина 2)

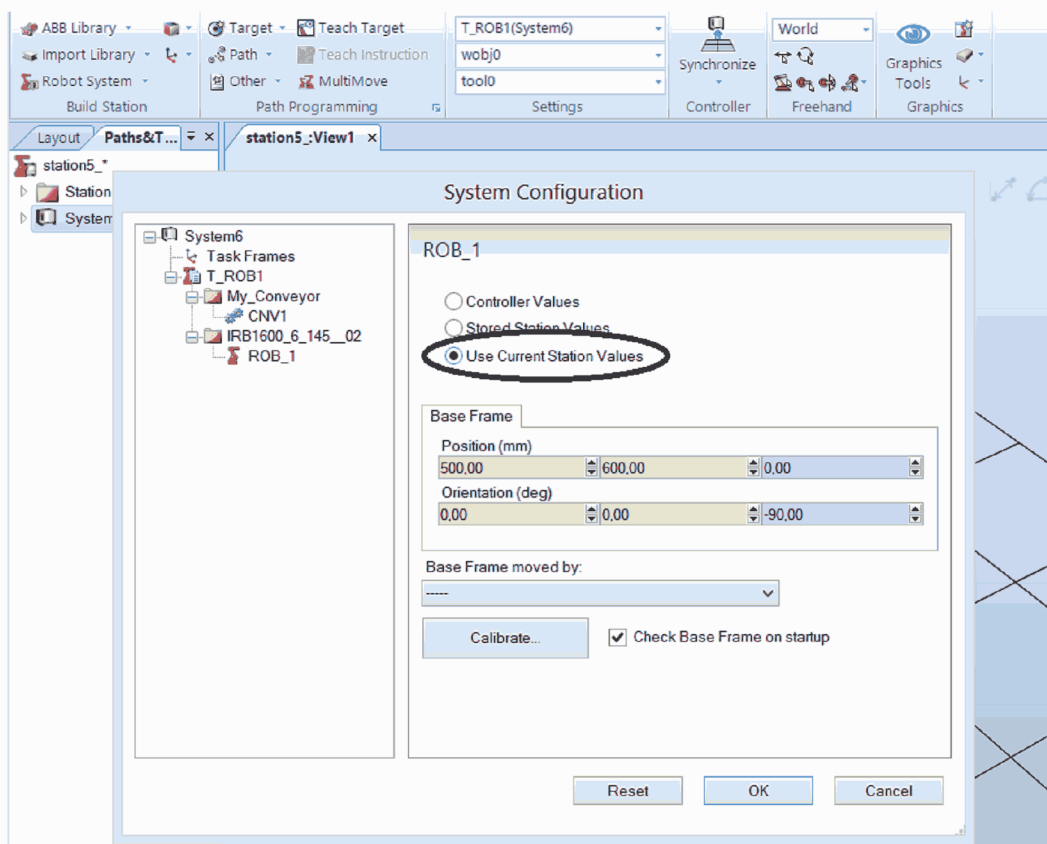


Рис. 14 Редагування значень контролера (Частина 3)

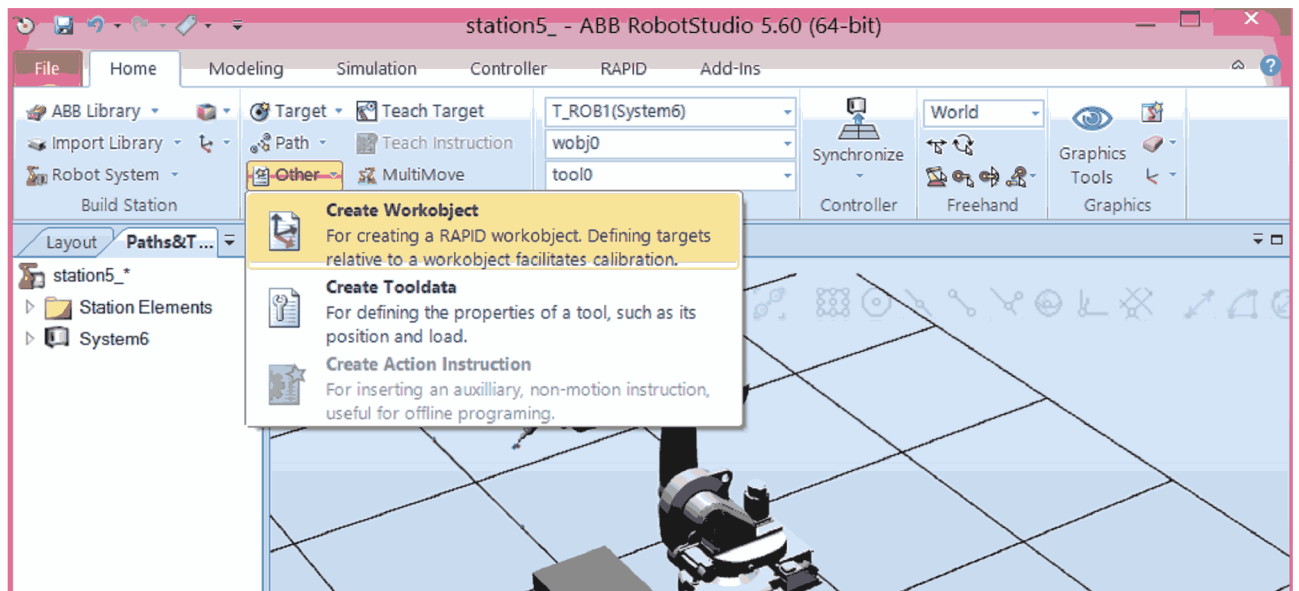


Рис. 15 Створення робочого об'єкта (Частина 1)

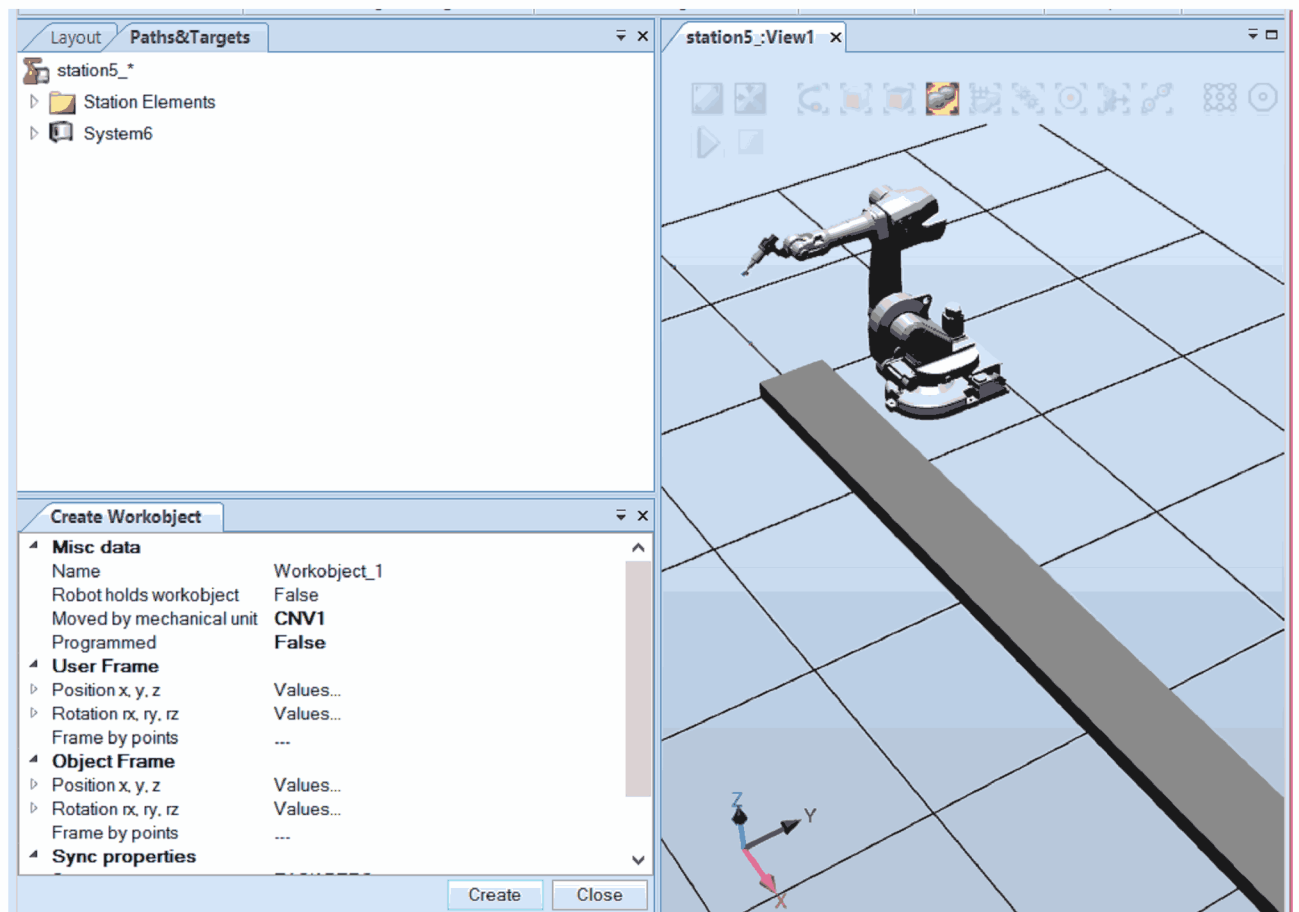


Рис. 16 Створення робочого об'єкта (Частина 2)

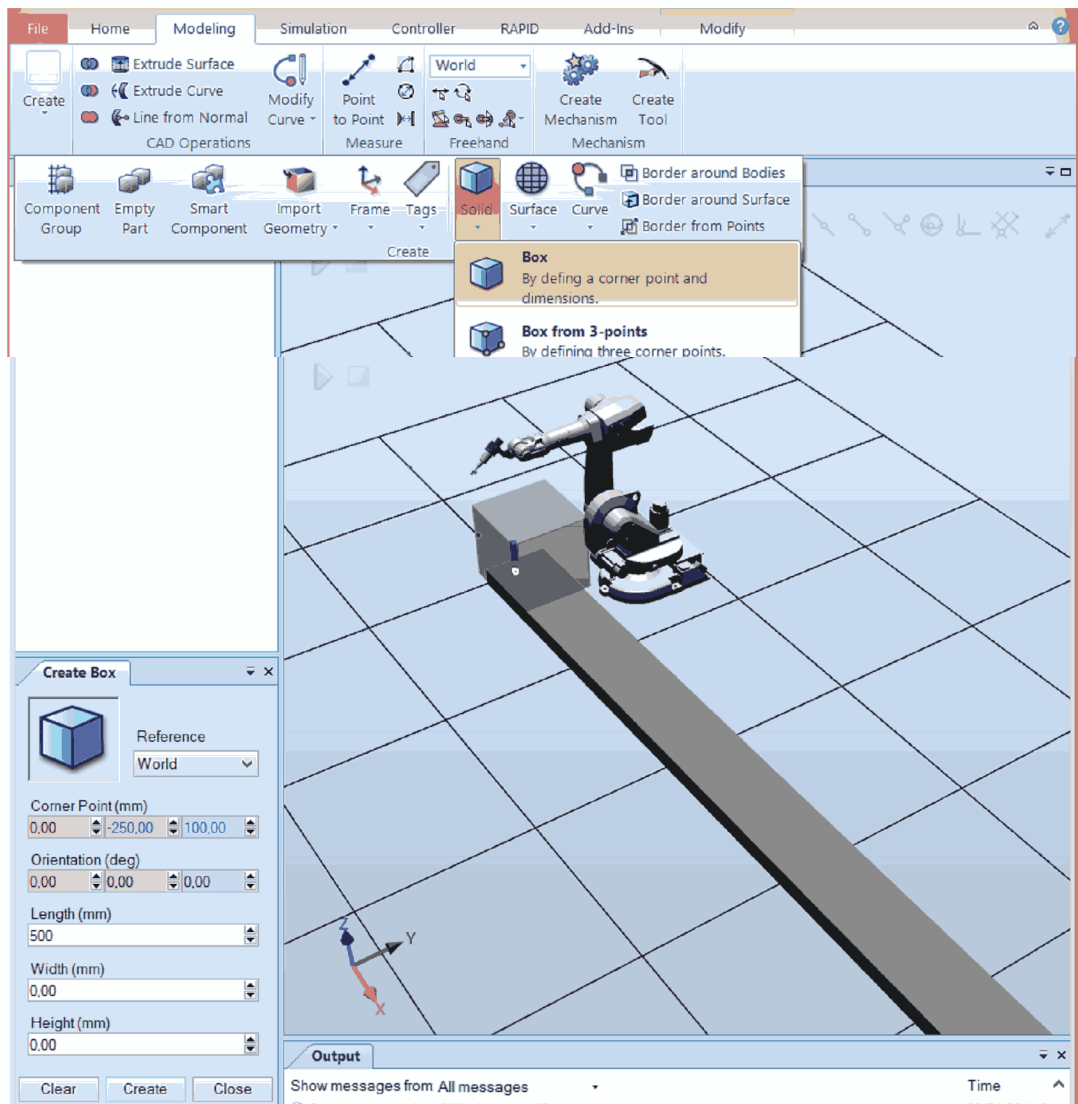


Рис. 17 Створення робочого об'єкта (Частина 3)

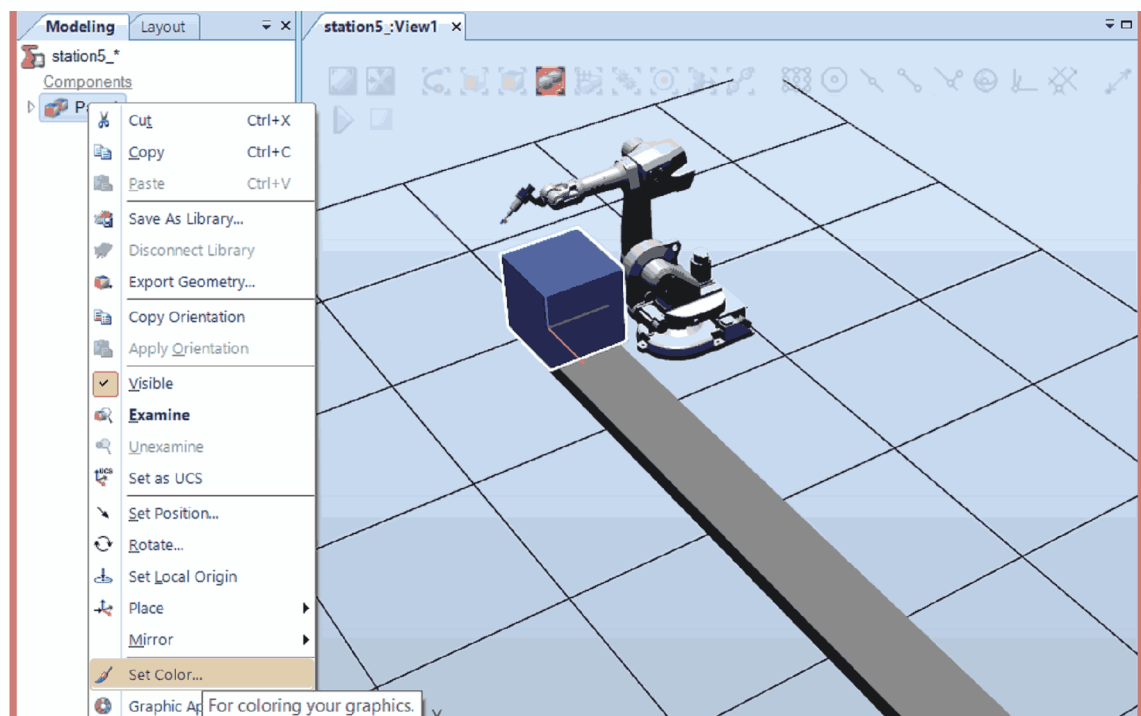


Рис. 18 Зміна кольору робочого об'єкта

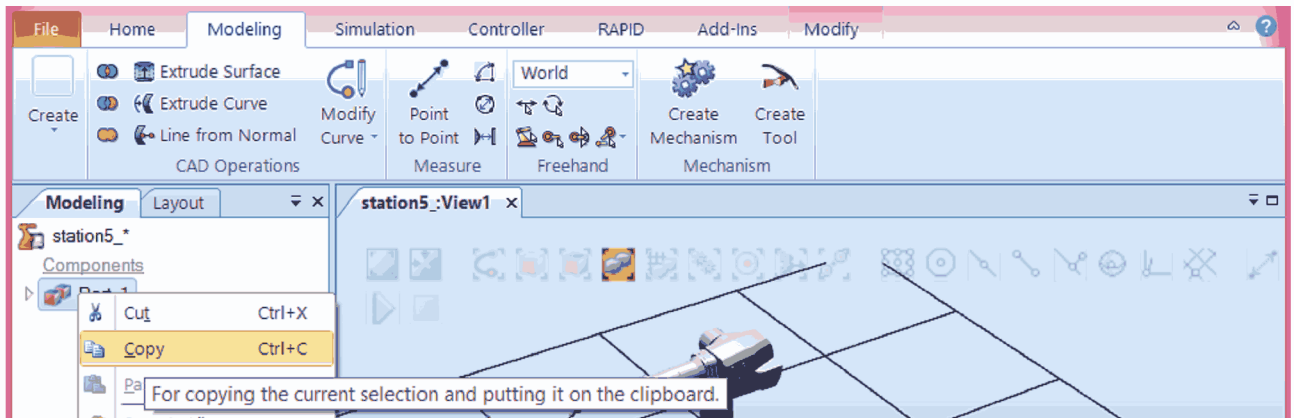


Рис. 19 Копіювання робочого об'єкта

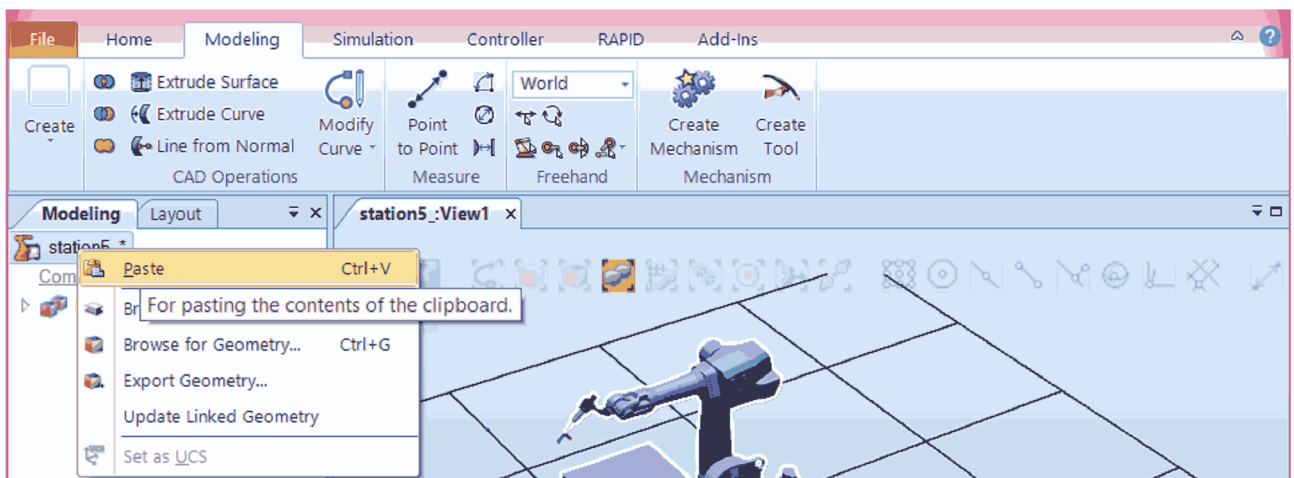


Рис. 20 Вставка робочого об'єкта

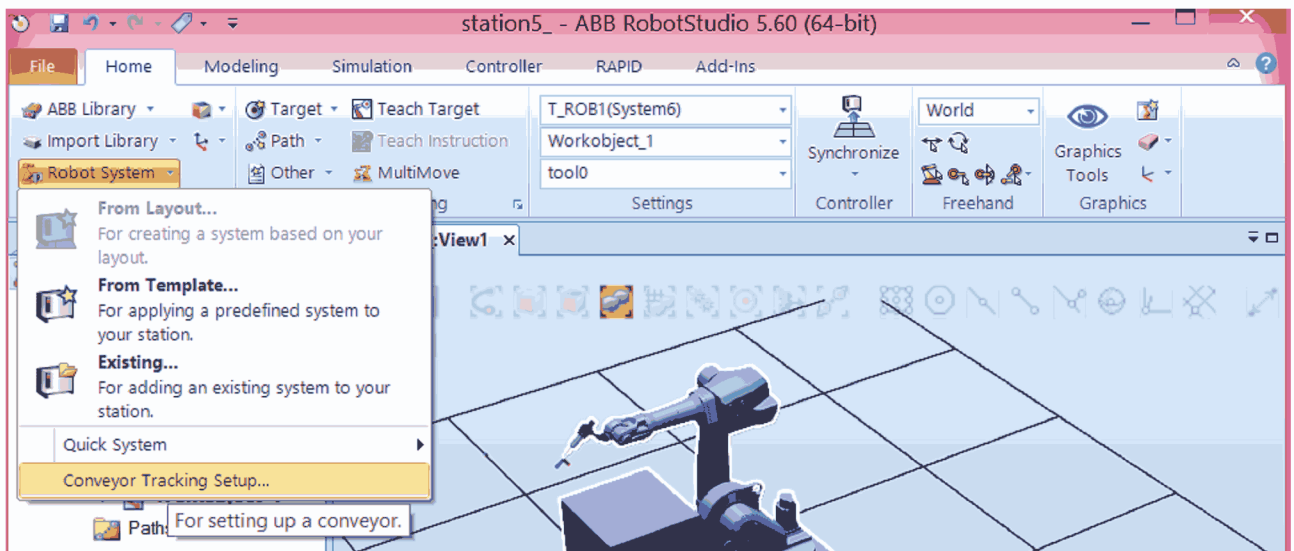


Рис. 21 Вхід в настройки конвеєра

Потрібно перемістити обидва об'єкти праворуч (Рис. 22):

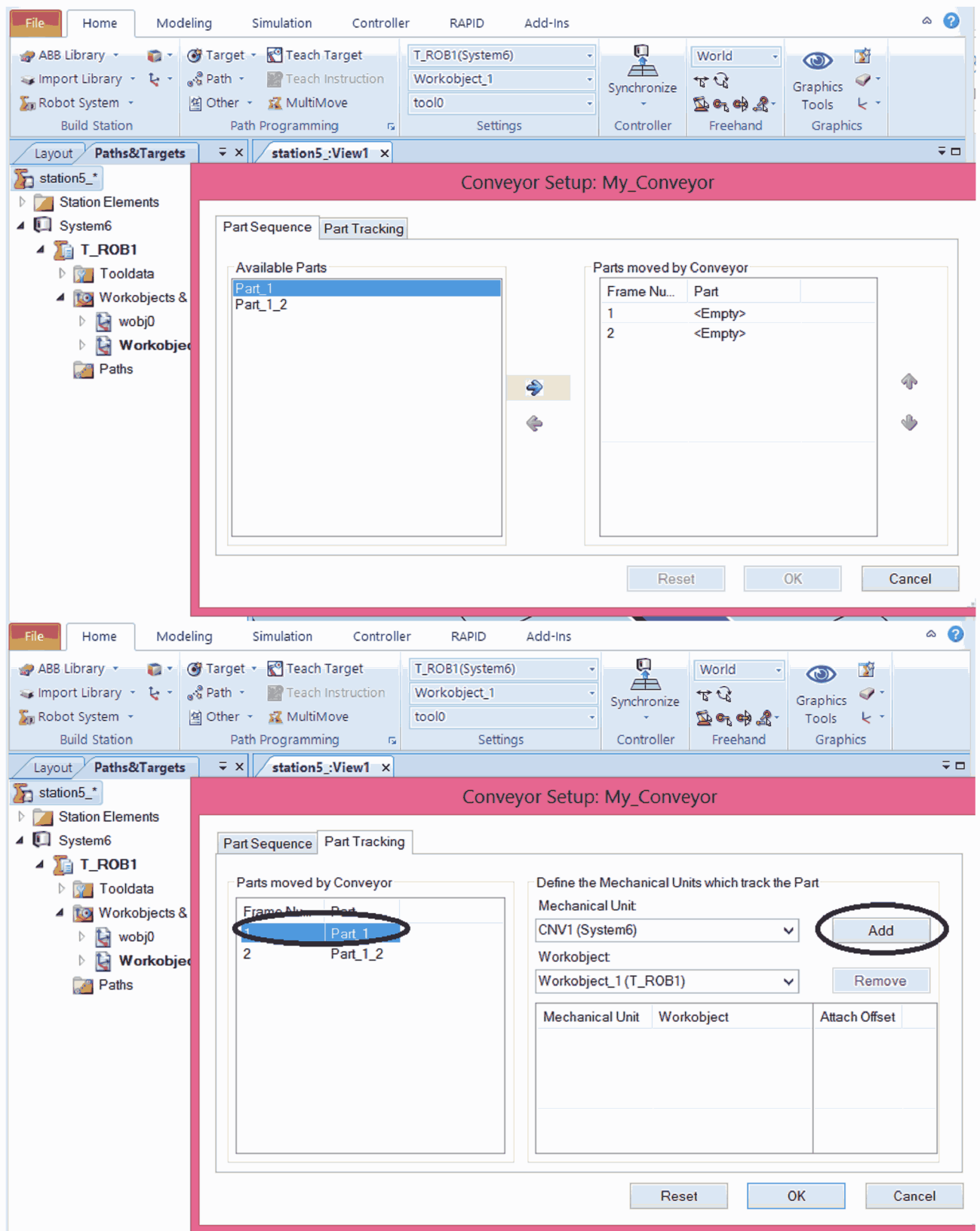


Рис. 22 Додавання об'єктів до конвеєра

Після цього виберіть також «Part_1_2», натисніть кнопку «Додати» і «ОК». Після цього ви можете контактувати з блоком програмування (Рис. 23):

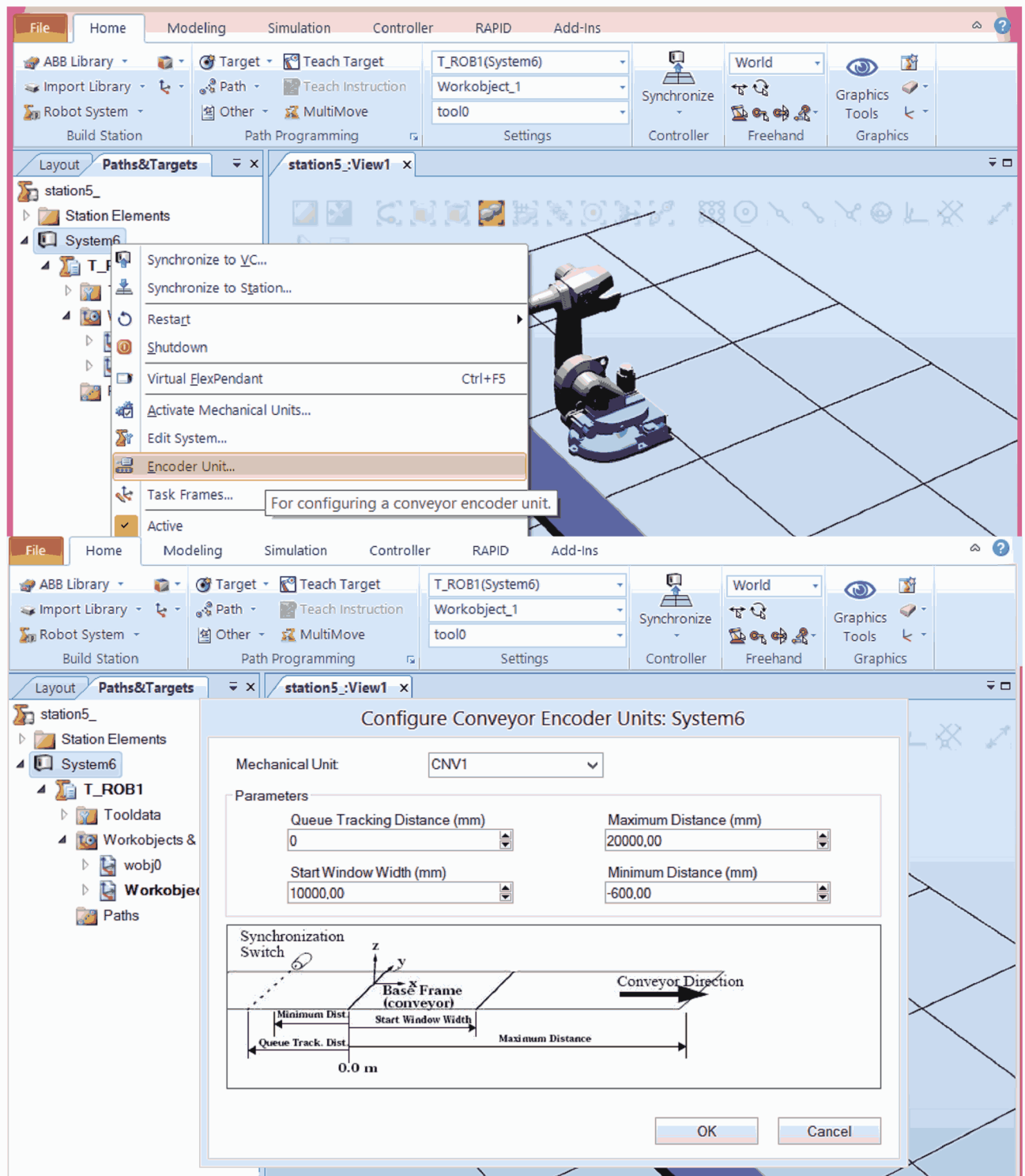


Рис. 23 Програмування конвеєра

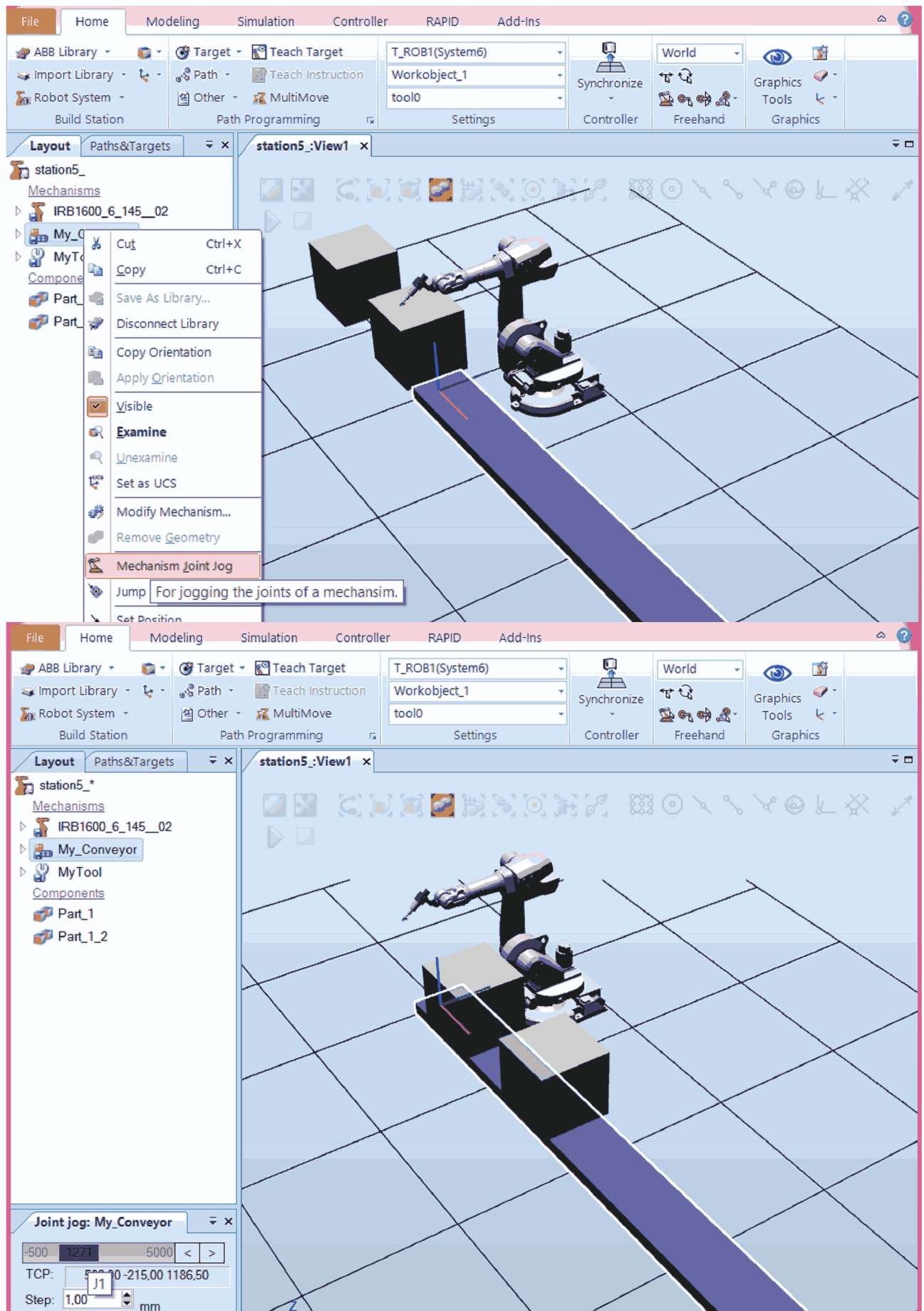


Рис. 24 Програмування початкового положення об'єктів на конвеєрі

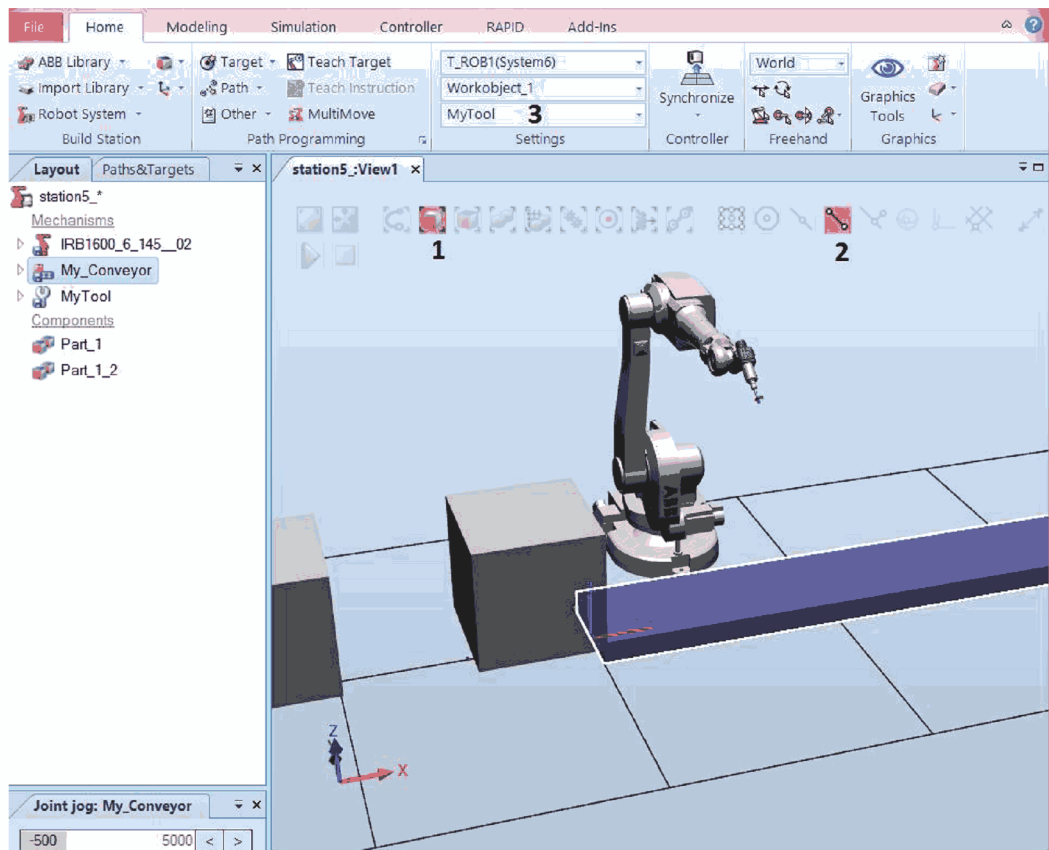


Рис. 25 Вибір налаштувань для задання базових точок для інструменту

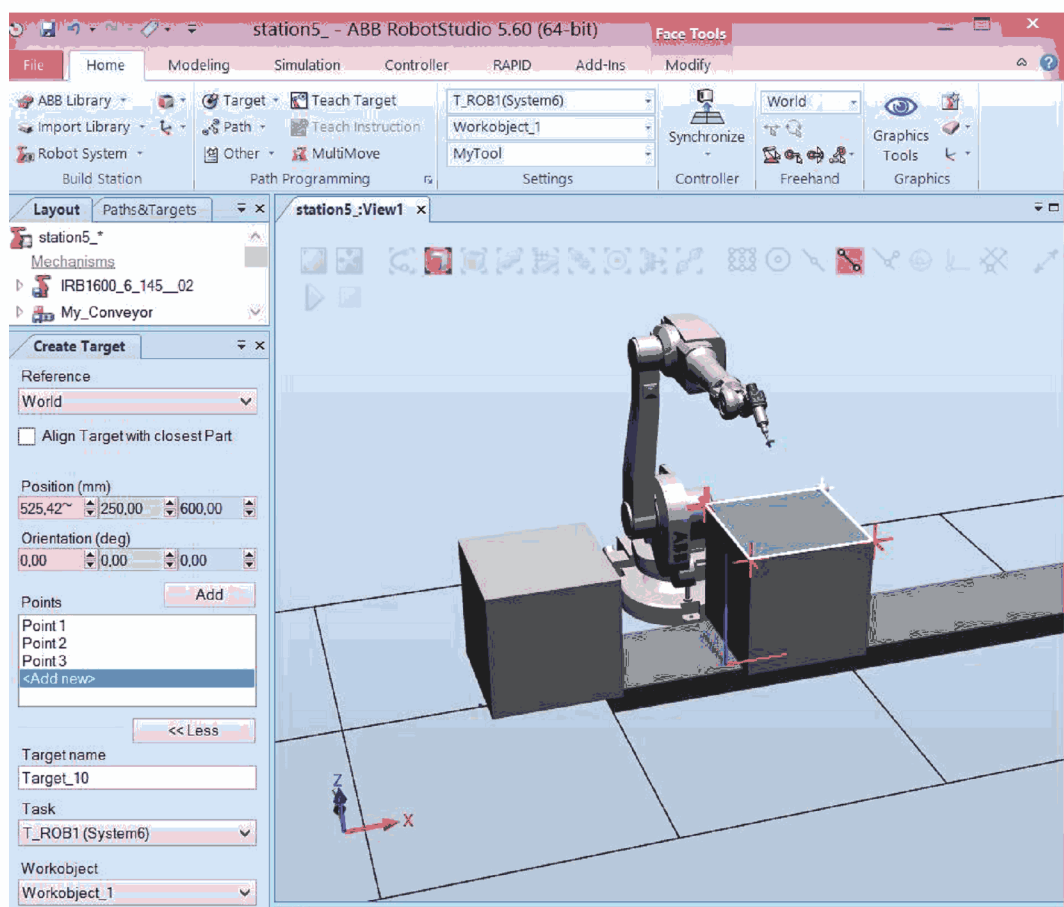


Рис. 26 Задання базових точок

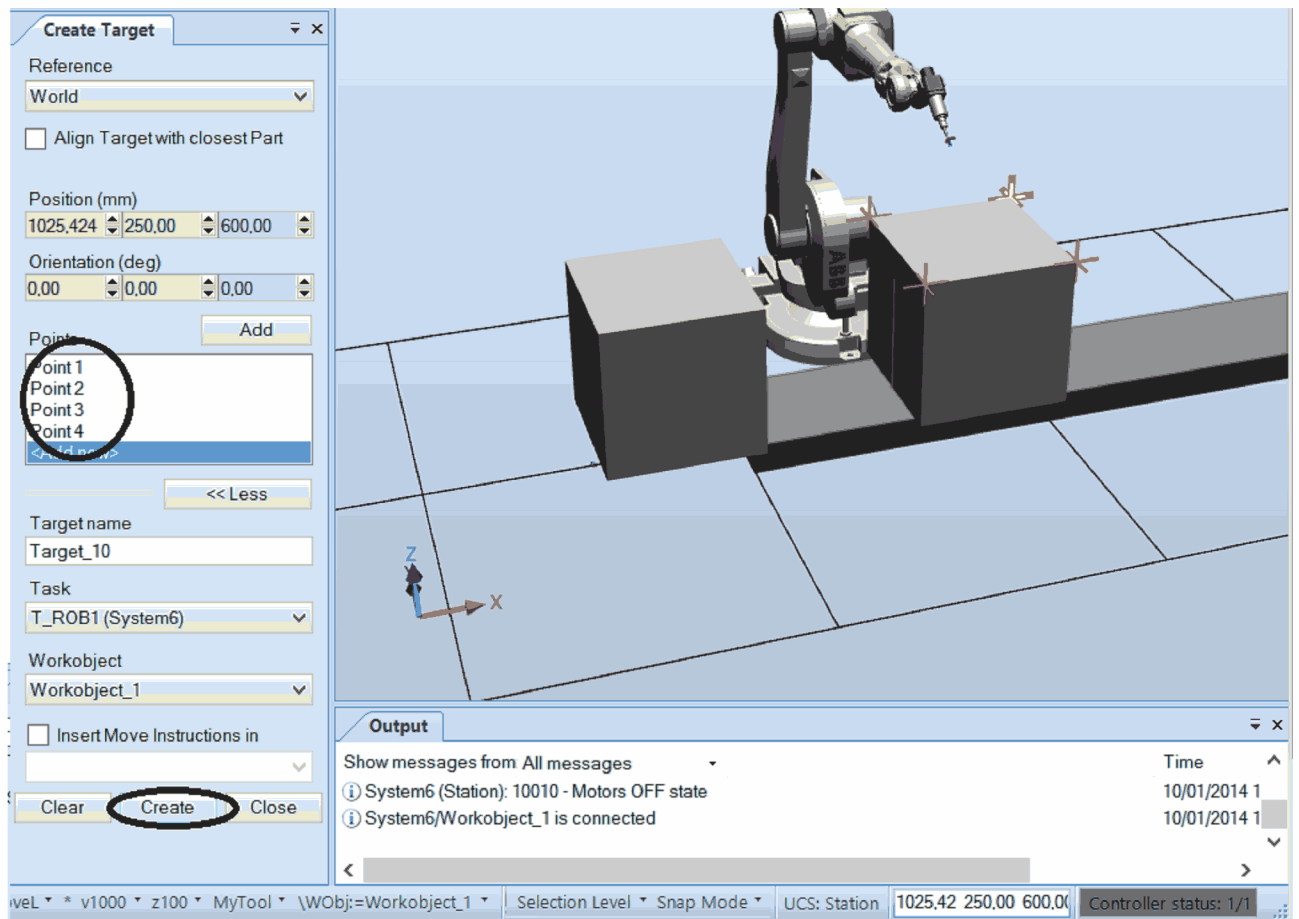


Рис. 27 Створення базових точок

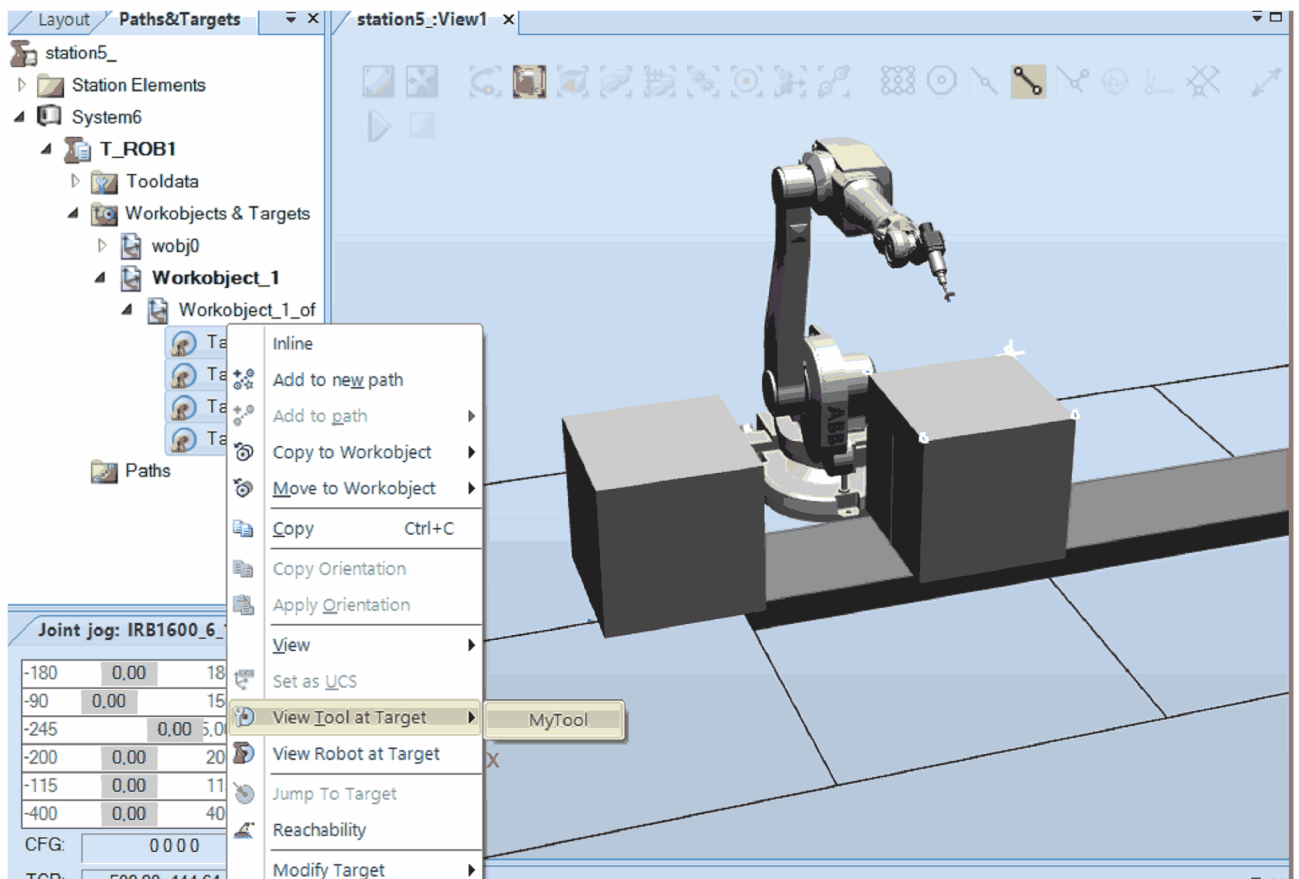


Рис. 28 Перевірка орієнтації інструмента в базових точках

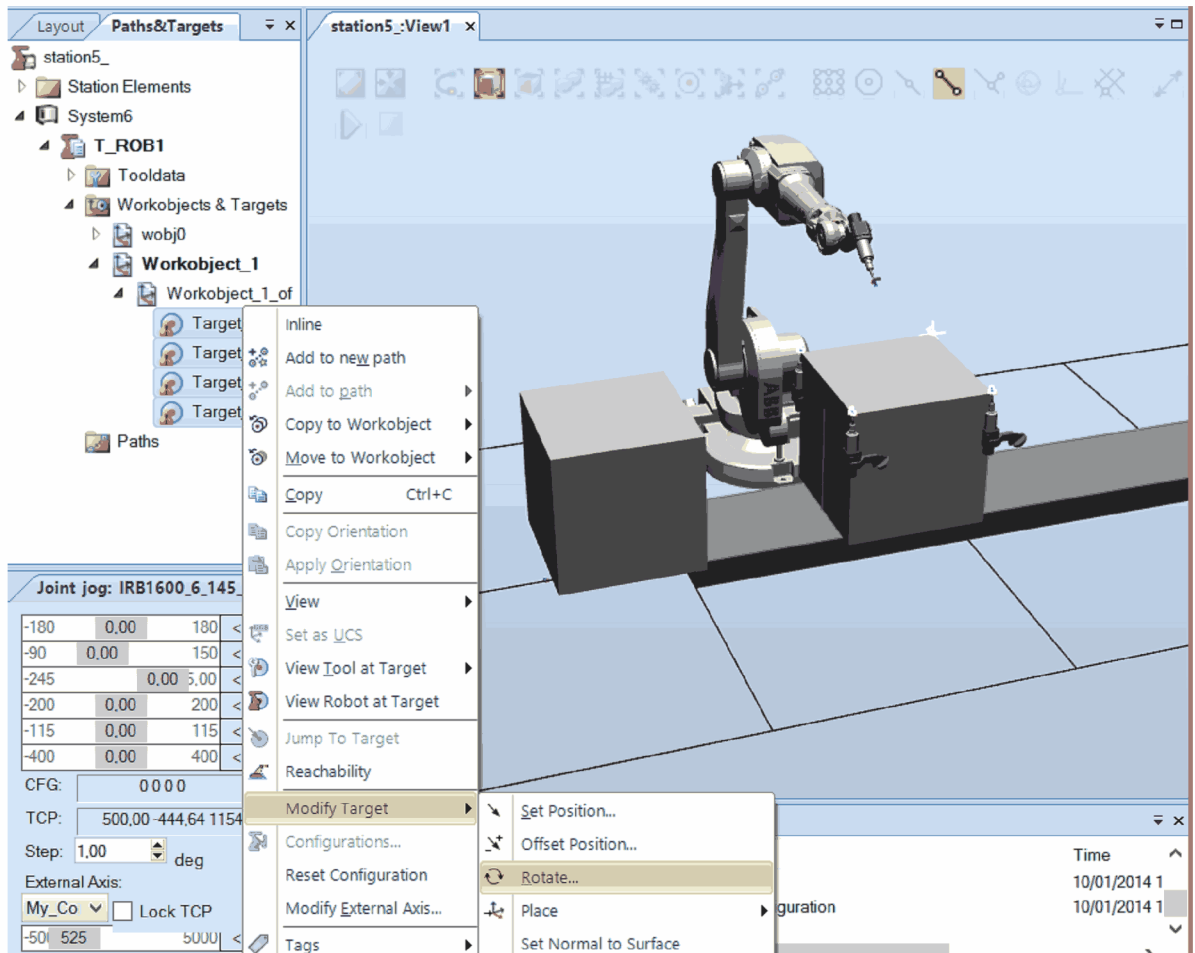


Рис. 29 Переорієнтація в базових точках (Частина 1)

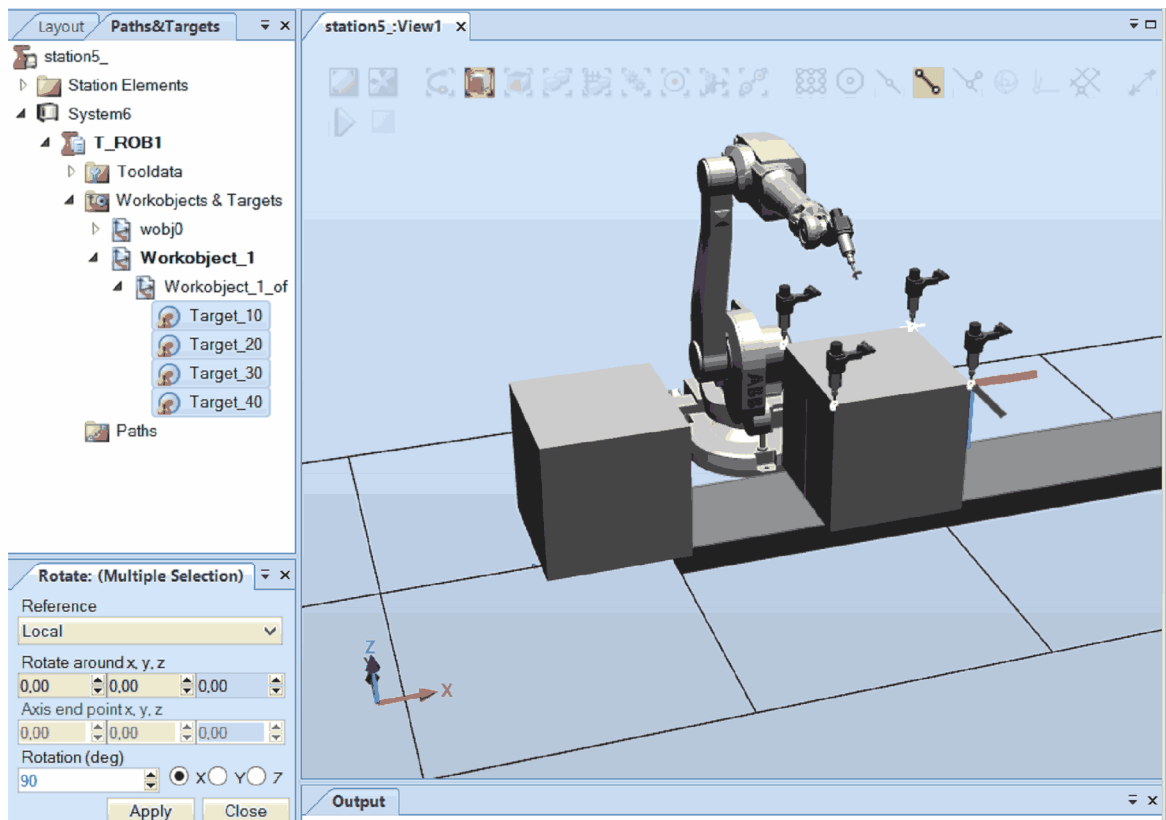


Рис. 30 Переорієнтація в базових точках (Частина 2)

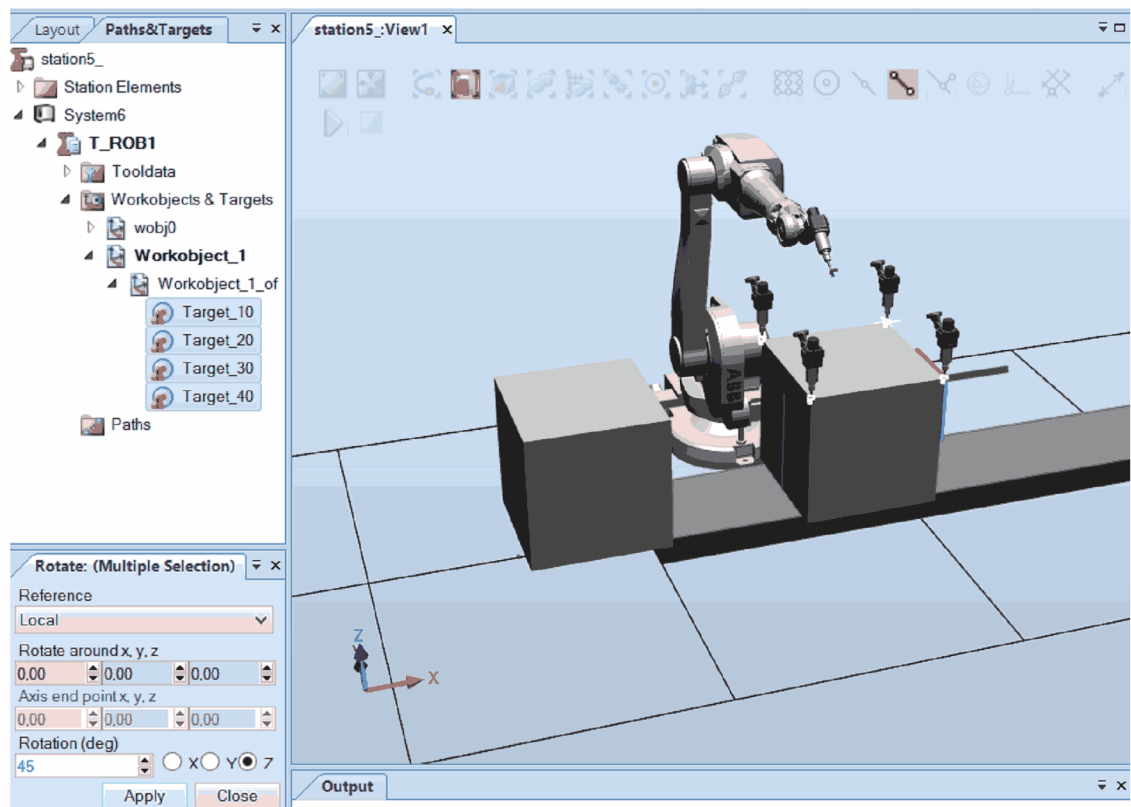


Рис. 31 Переорієнтація в базових точках (Частина 3)

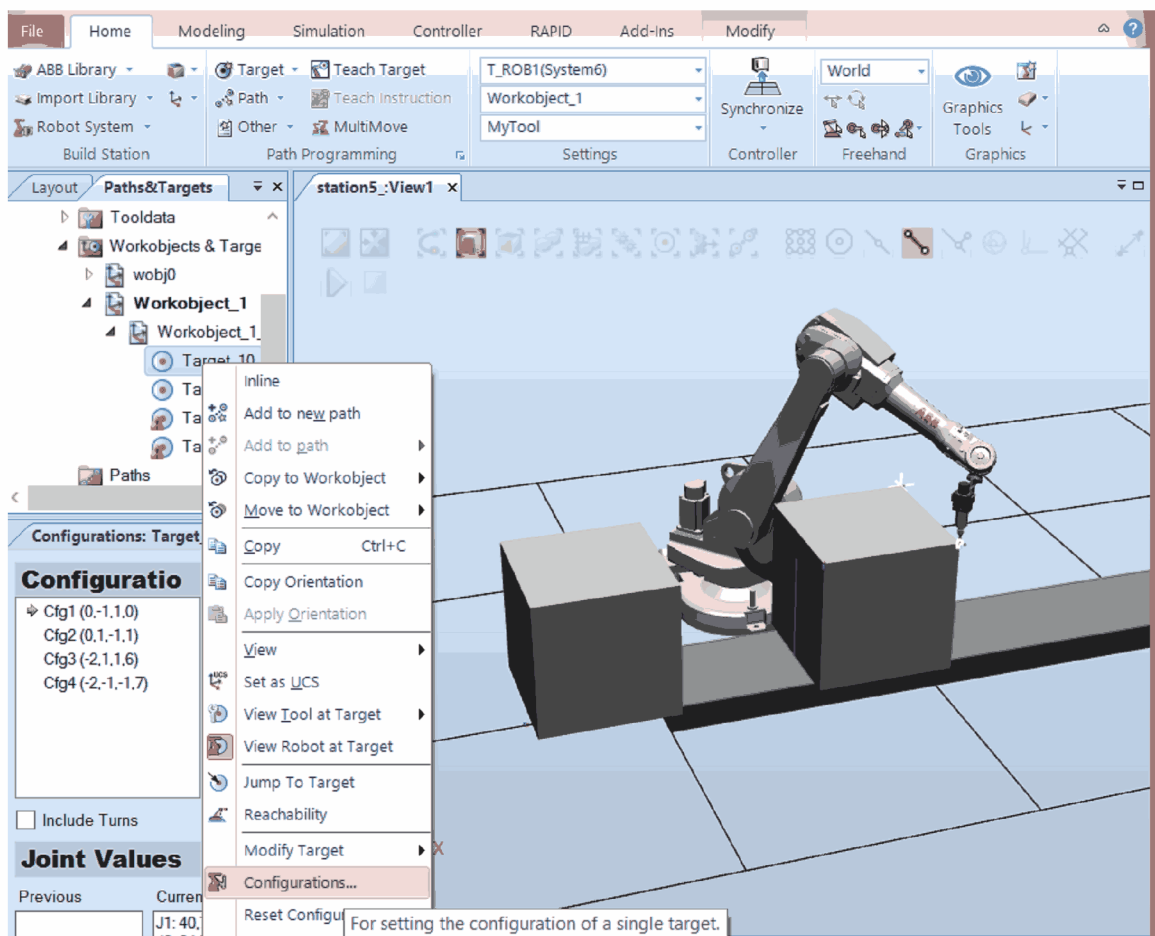


Рис. 32 Задавання положення ланок промислового робота (Частина 1)

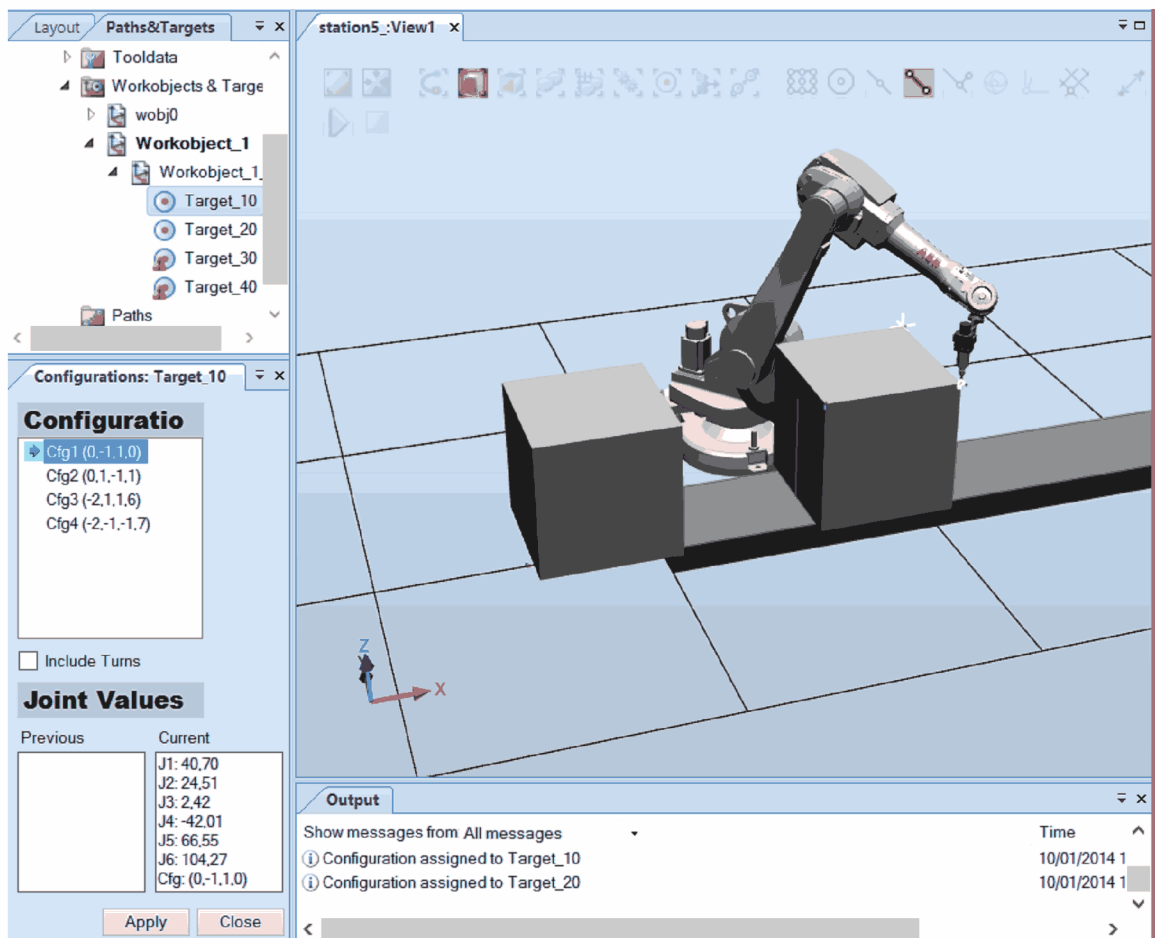


Рис. 33 Задавання положення ланок промислового робота (Частина 2)

Створить домашнє положення для робота:

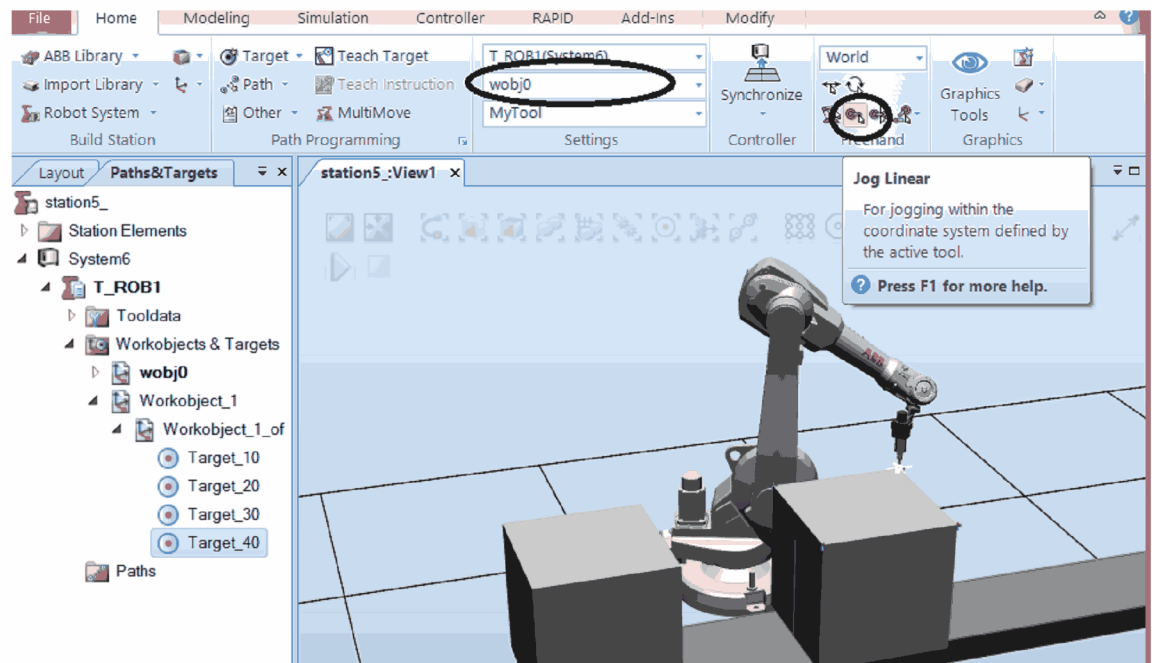


Рис. 34 Створення домашнього положення для робота (Частина 1)

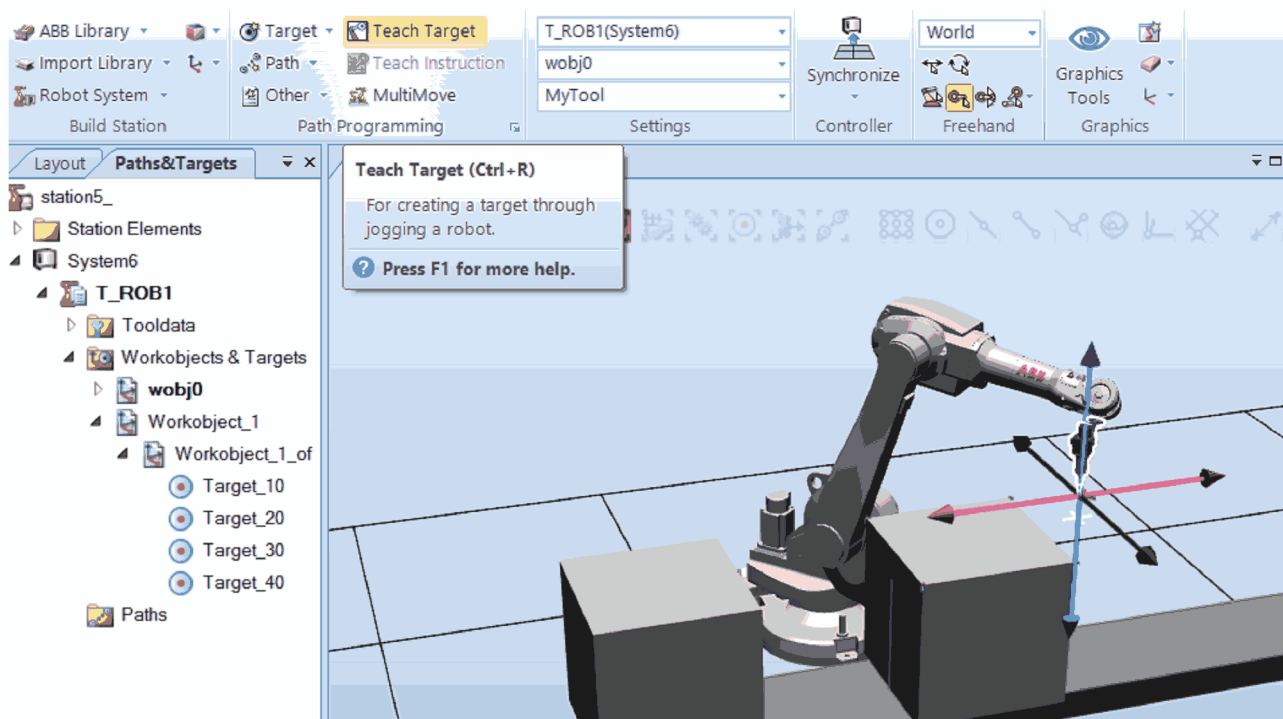


Рис. 35 Створення домашнього положення для робота (Частина 2)

Створіть порожній шлях:

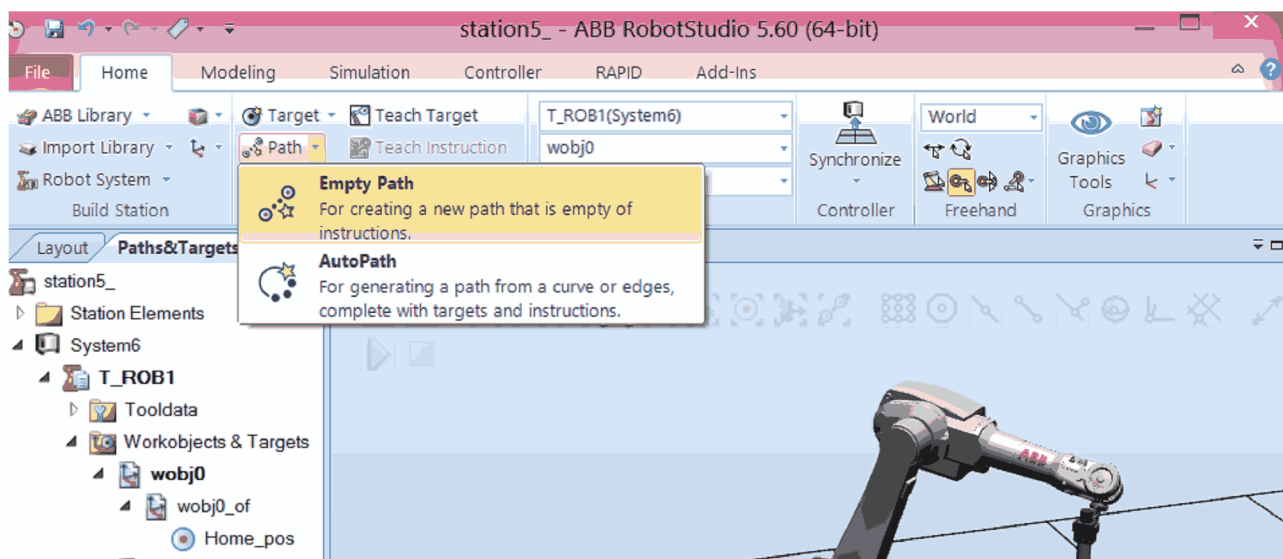


Рис. 36 Створення порожнього шляху

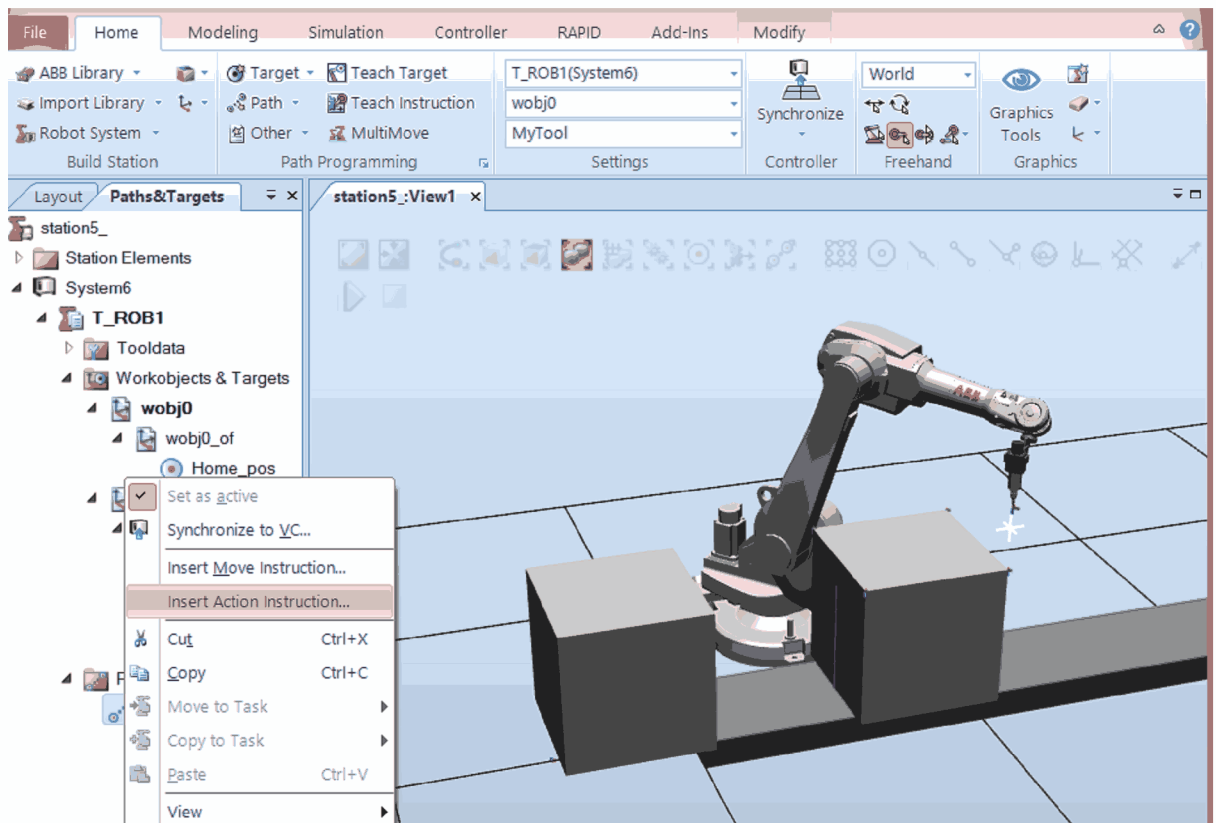


Рис. 37 Встановлення інструкцію дії

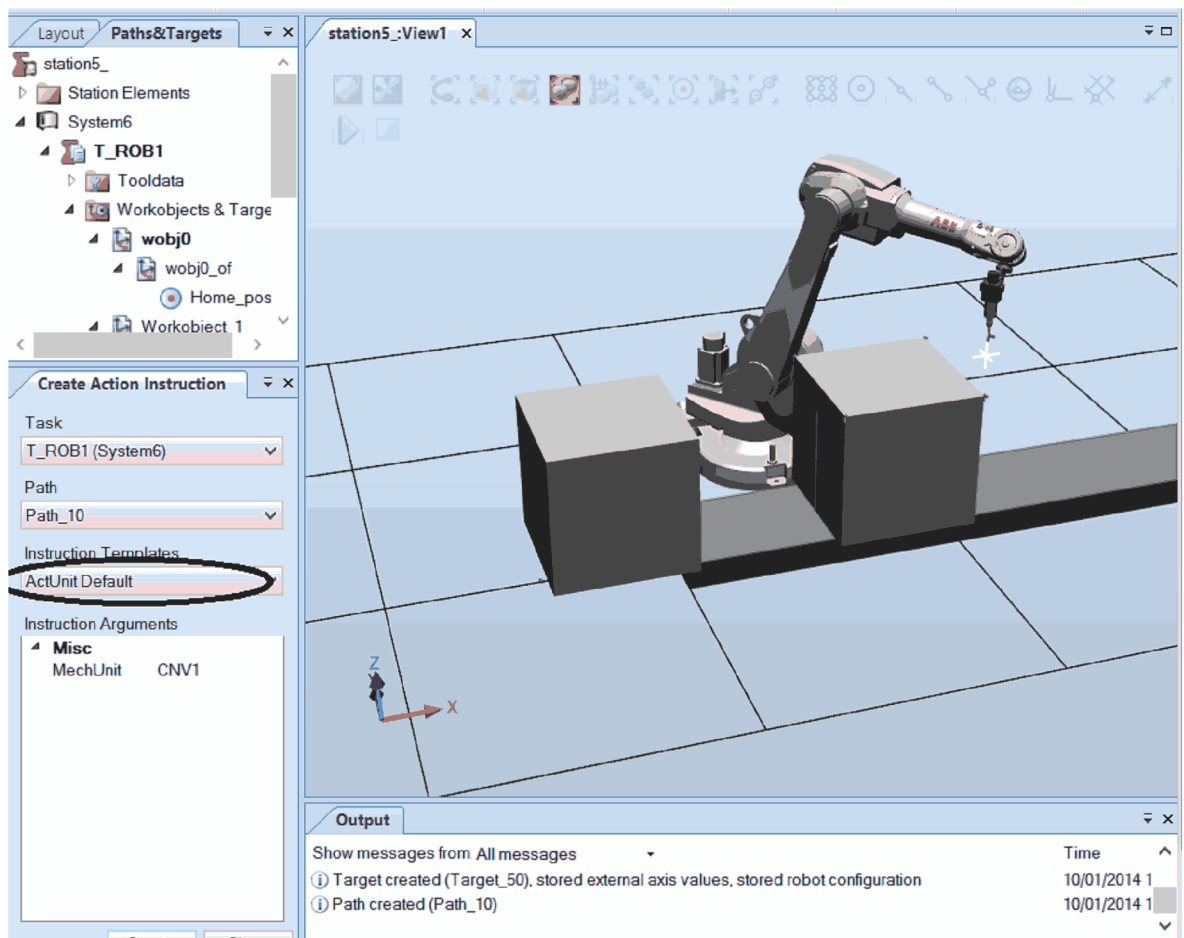


Рис. 38 Створення інструкцію дії

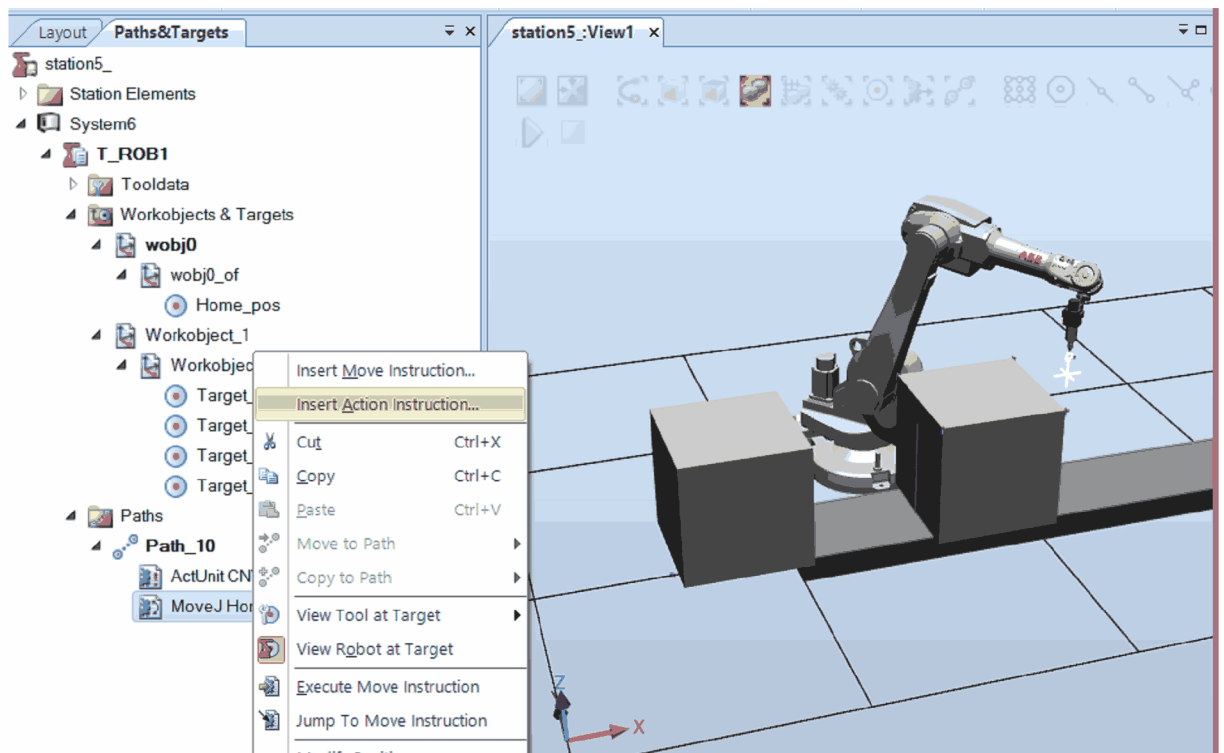


Рис. 39 Додавання інструкцію дії (Частина 1)

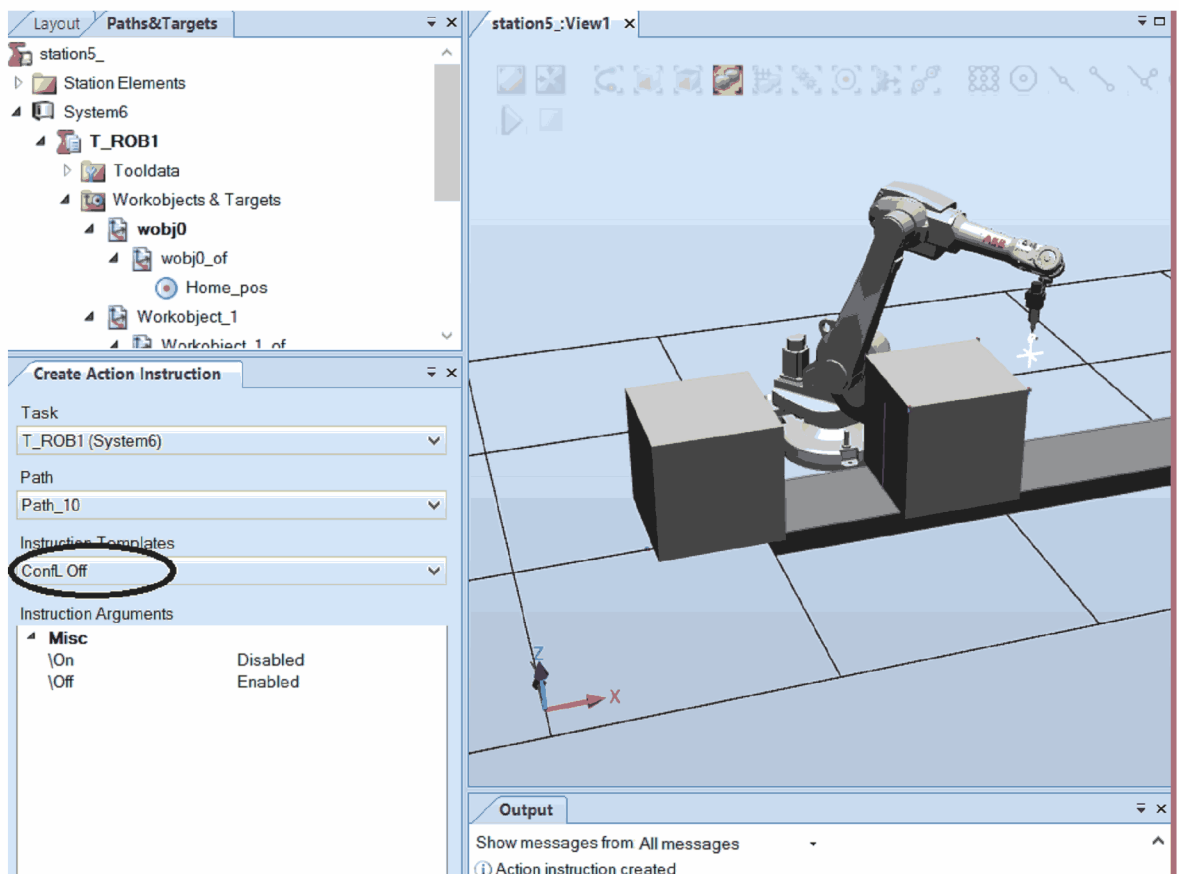


Рис. 40 Додавання інструкцію дії (Частина 2)

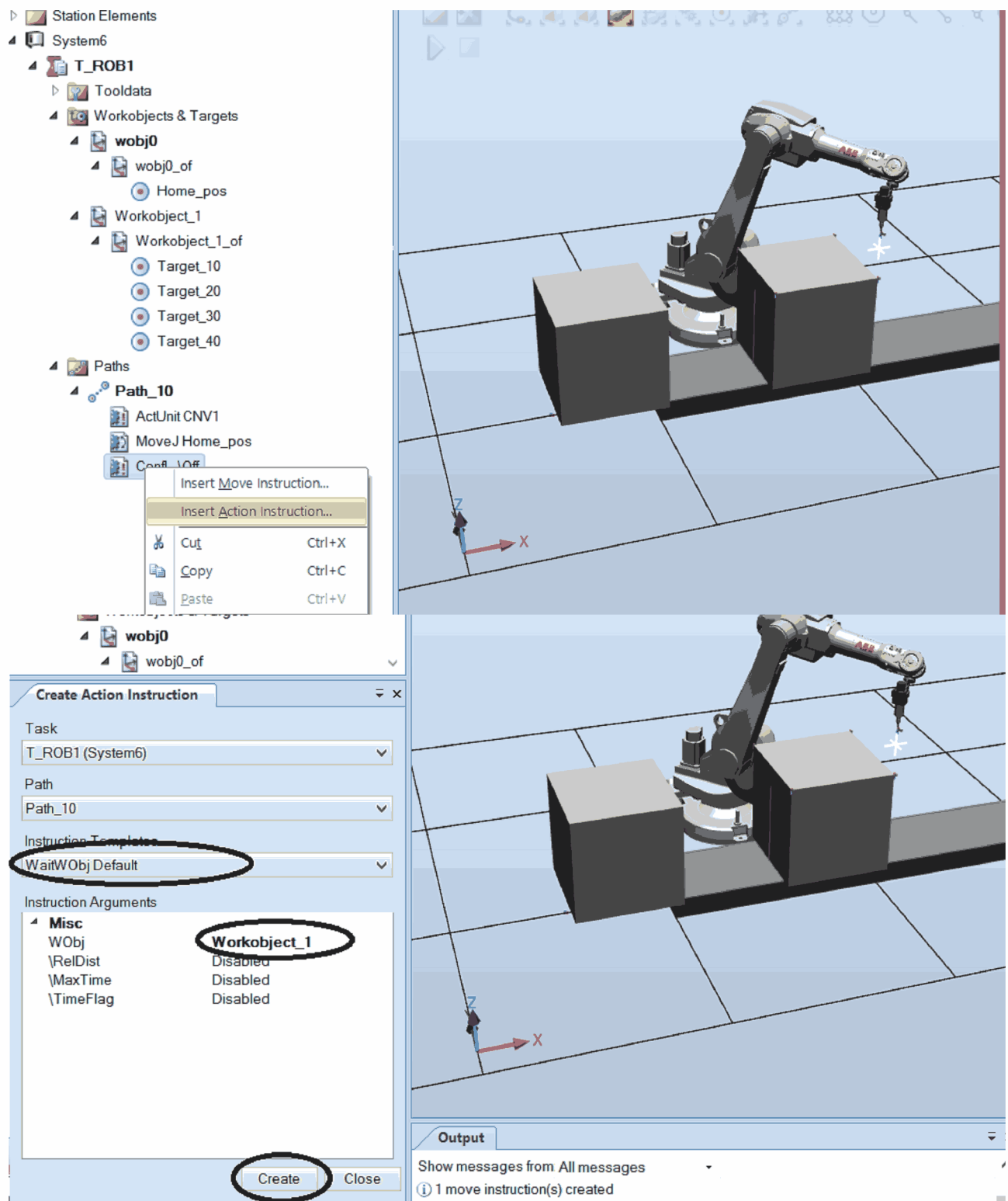


Рис. 41 Додавання інструкції затримки

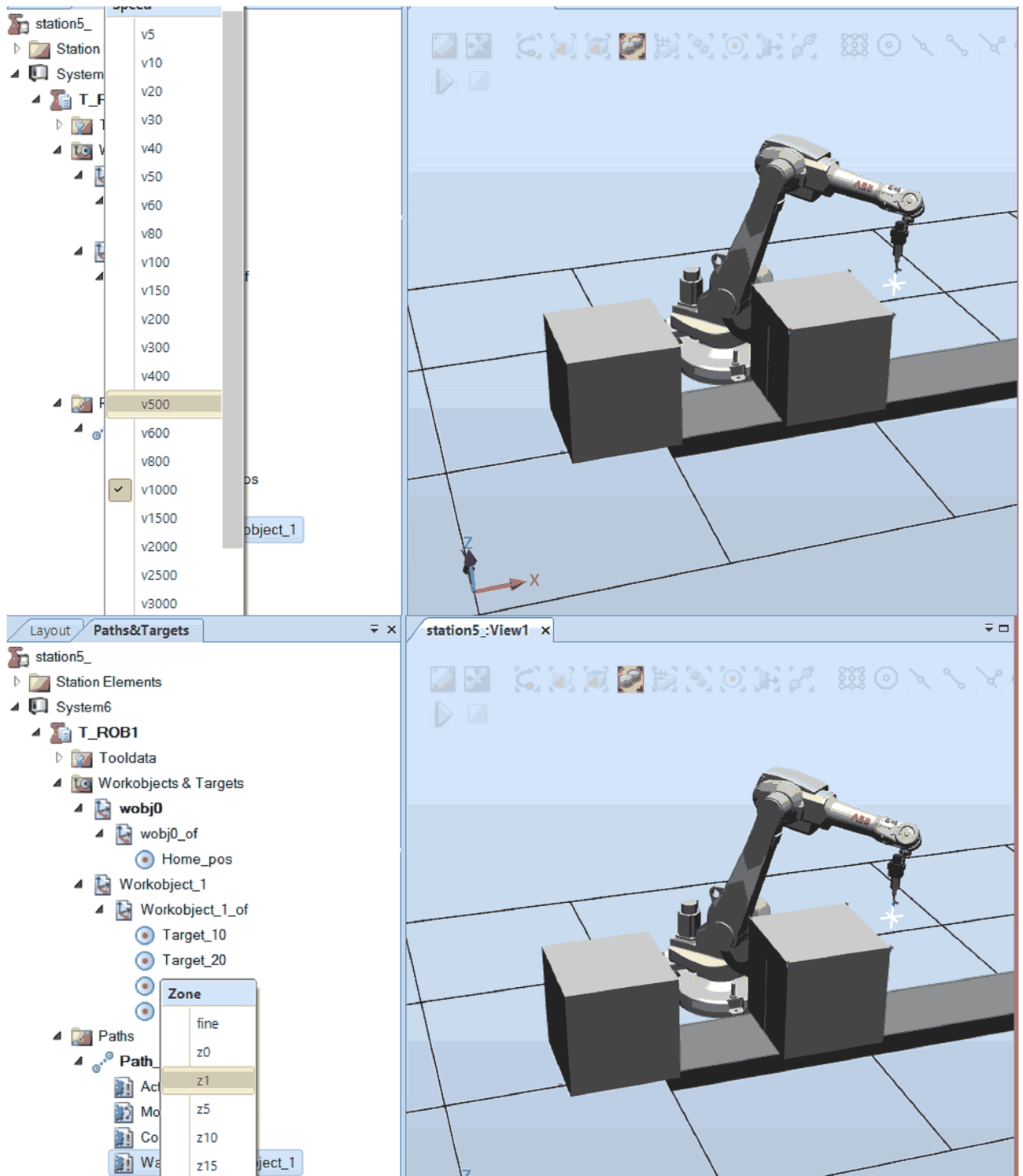


Рис. 42 Редагування параметрів руху інструмента

Перетягніть точки на створену траєкторію «Path_10»:

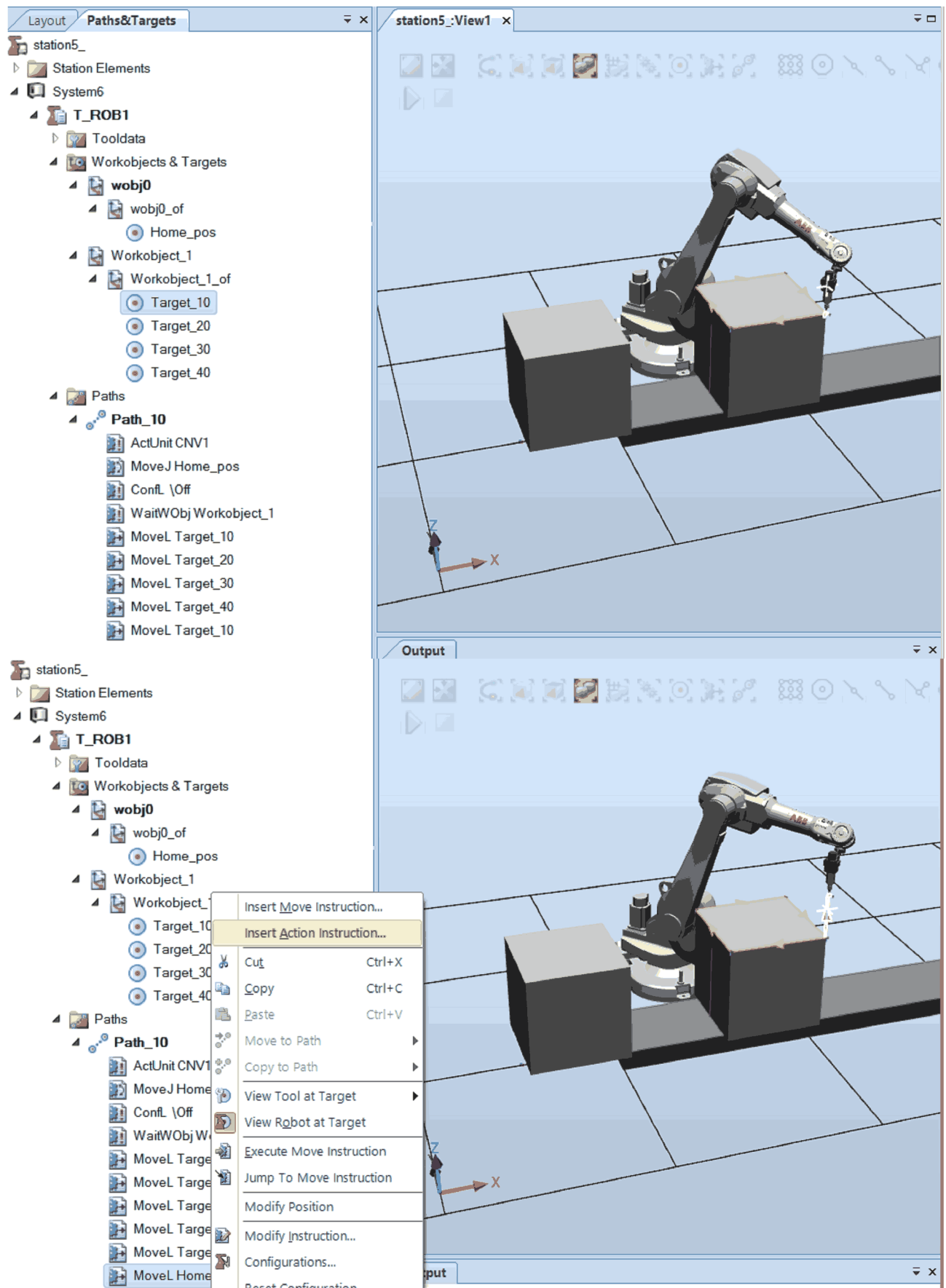


Рис. 43 Створення шляху по заданих точках

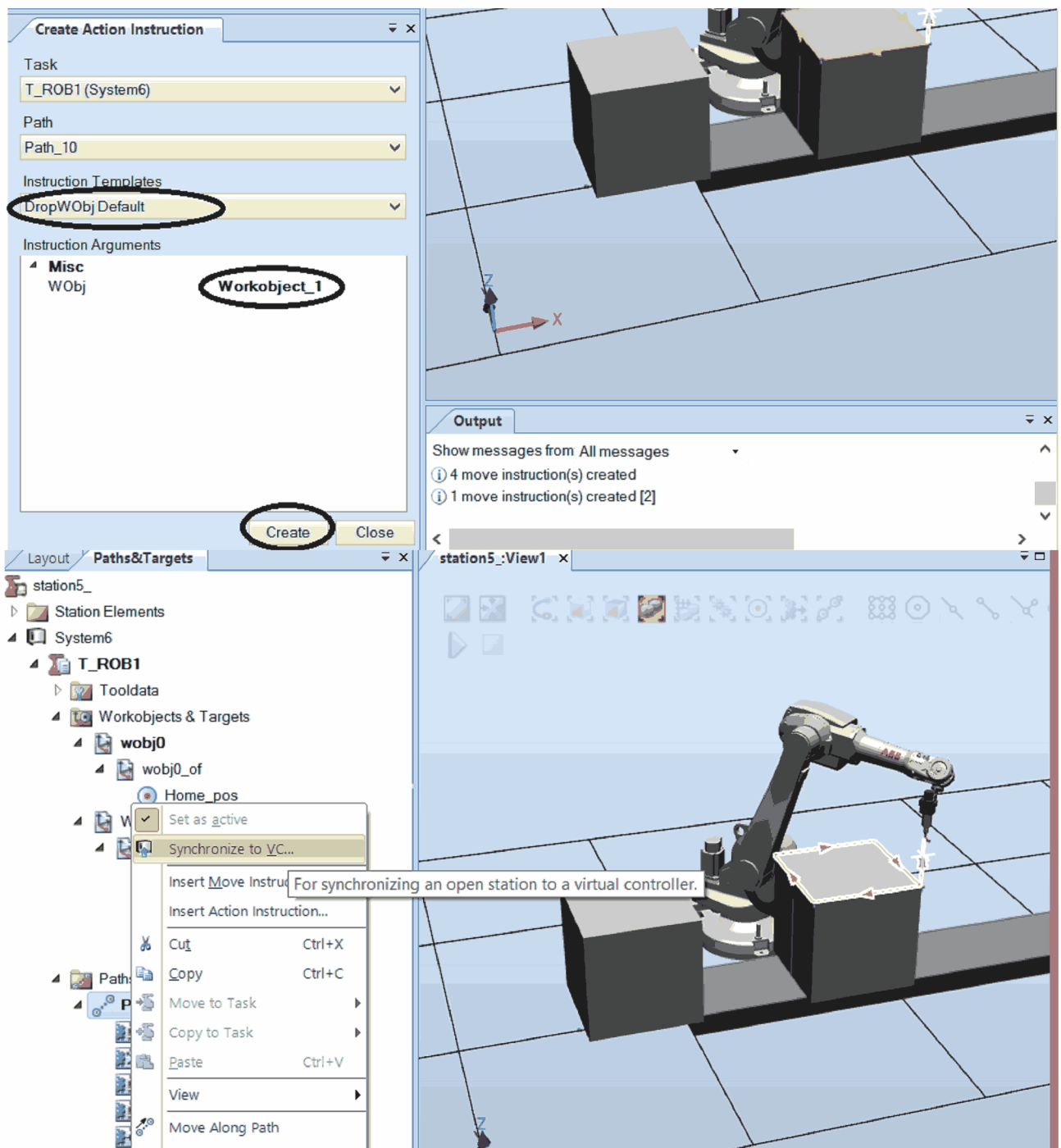


Рис. 44 Створення інструкції та синхронізації програми в віртуальному контролері

Проведіть моделювання:

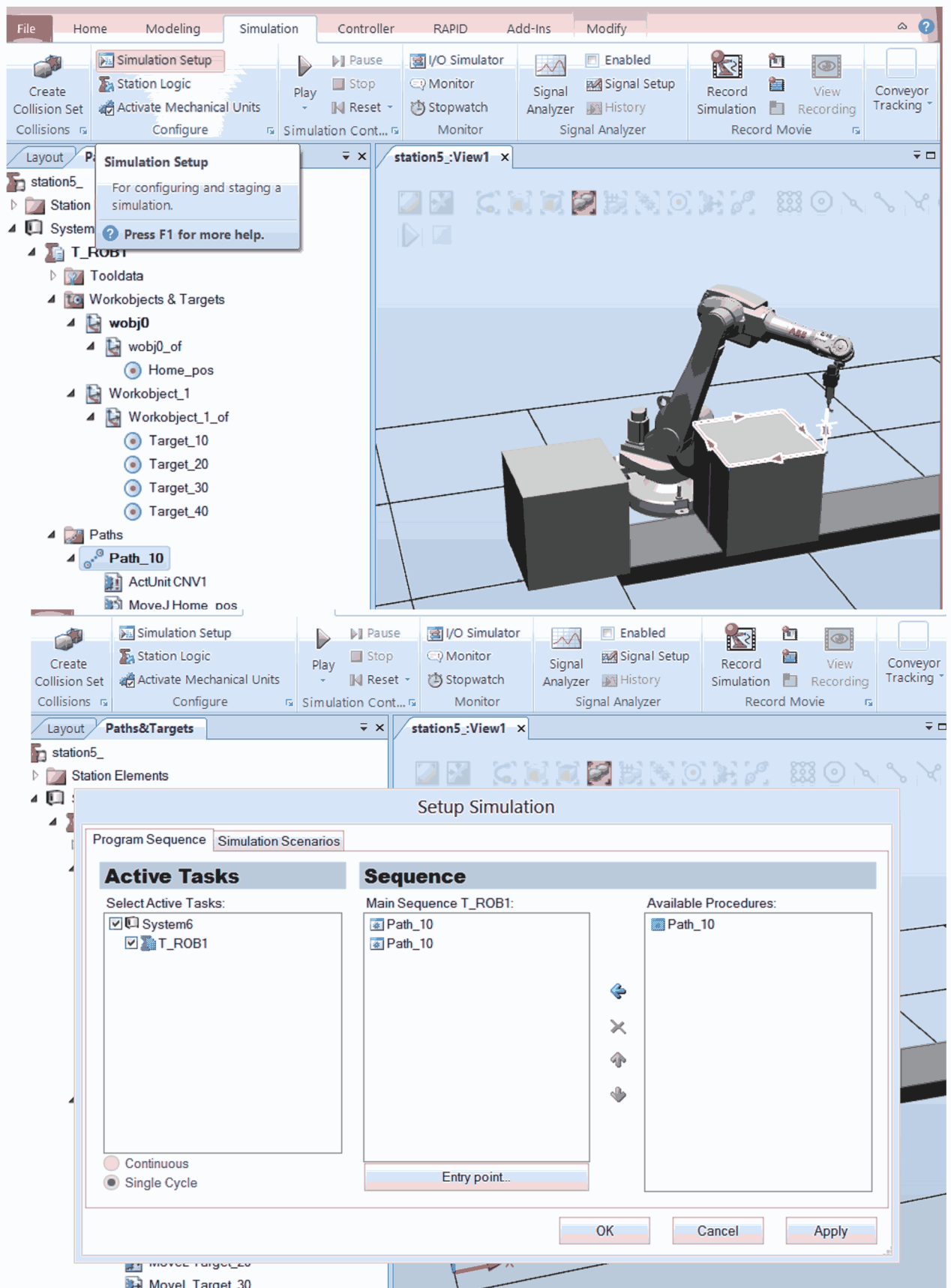


Рис. 45 Запуск моделювання з конвеєром

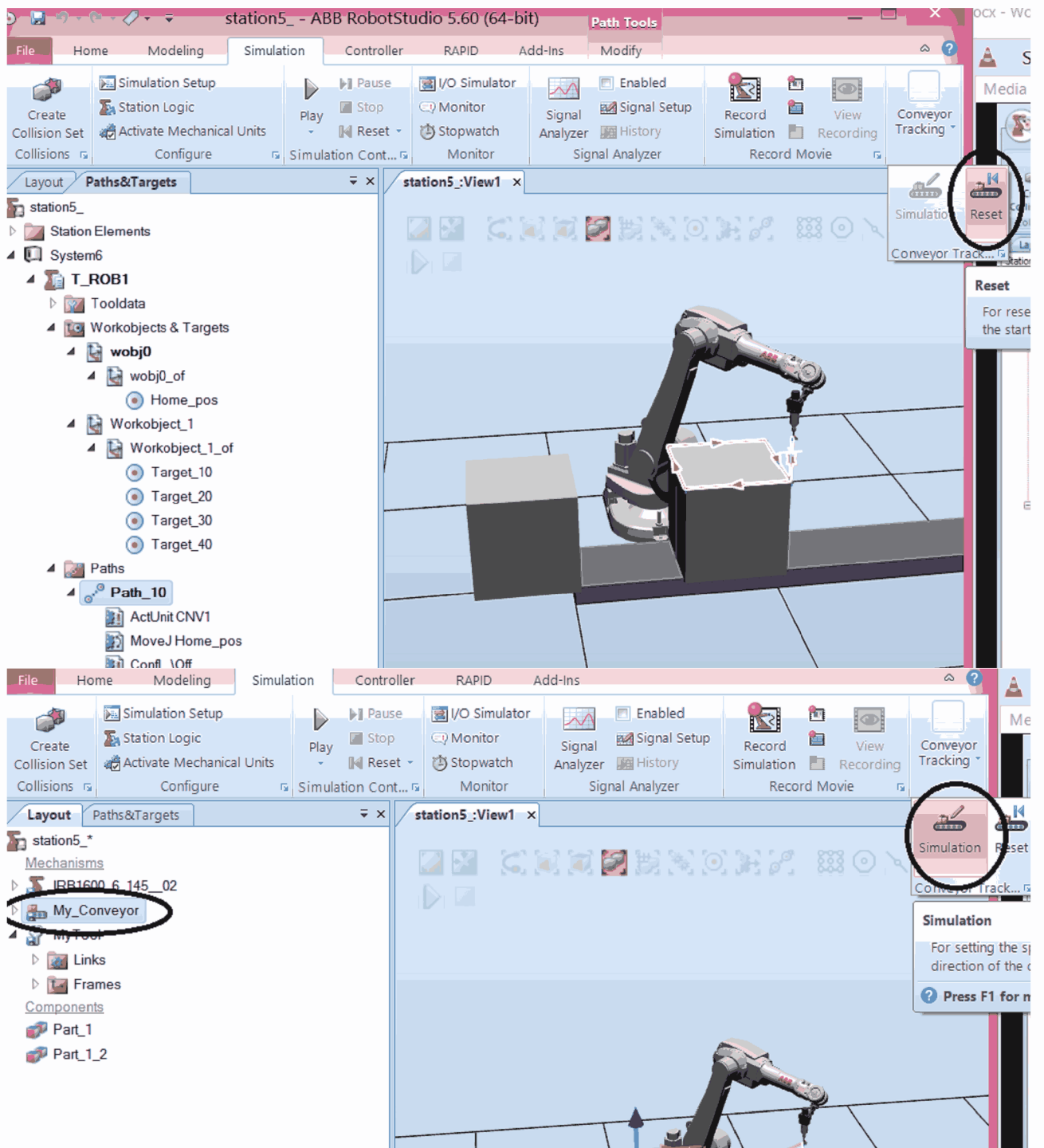


Рис. 46 Режими роботи симуляції

Якщо він не працює, змініть швидкість конвеєра.

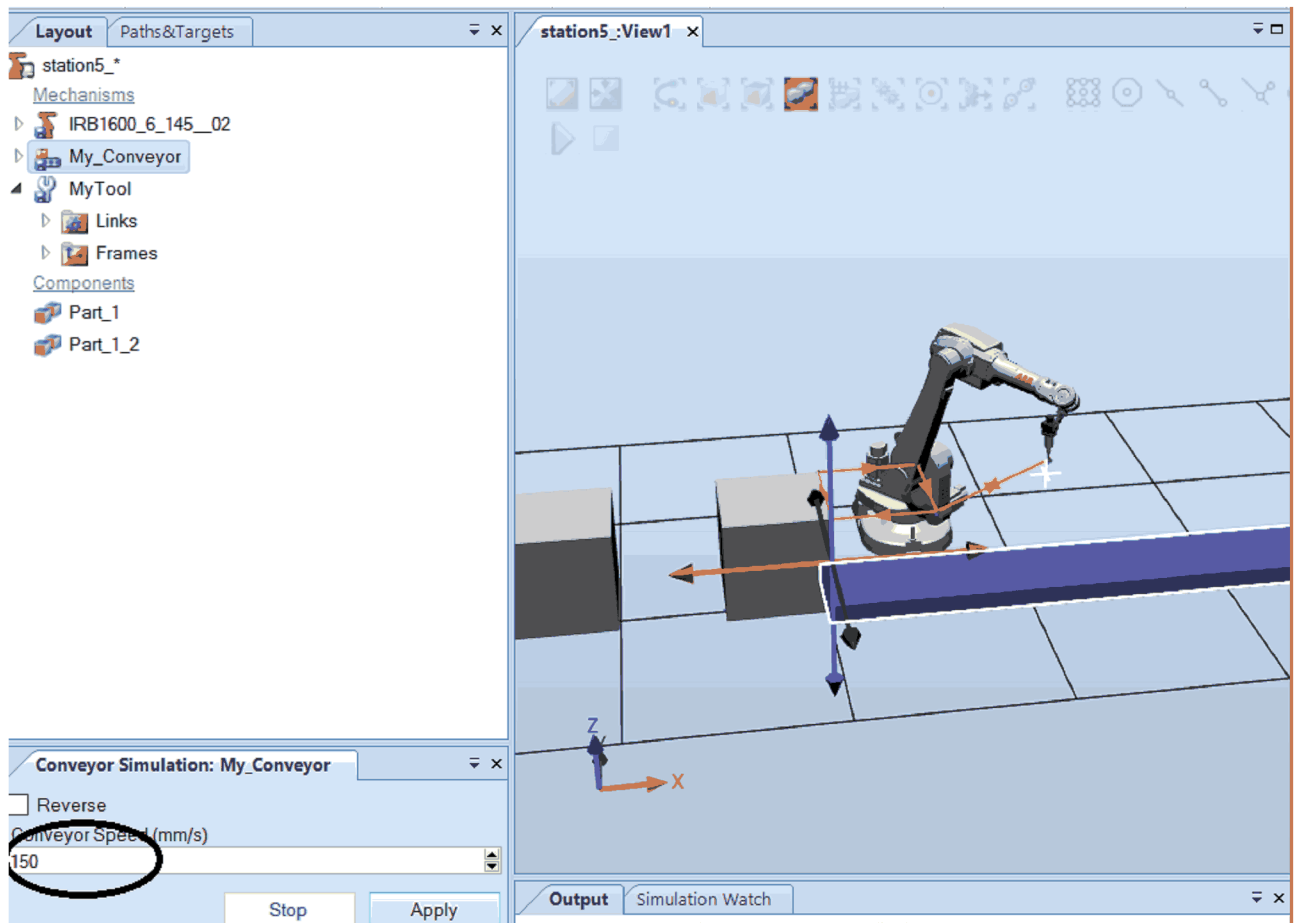


Рис. 47 Зміна швидкості конвеєра

4. Хід роботи

1. Ознайомитися з теоретичним матеріалом з програмування в середовищі RobotStudio.
2. Отримати індивідуальний варіант заготовки, конвеєра, промислового робота та інструмента для виконання ним завдання в програмному середовищі RobotStudio.
3. Створення робочої станції за власним варіантом.
4. Програмування промислового робота із інструментом на виконання технологічної операції над об'єктом, що рухається по конвеєру.
5. Перевірити роботу робототехнічної комірки та симулювати її роботу.
6. Після завершення виконання лабораторної роботи слід показати викладачу виконане завдання та оформити звіт.

5. 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.

6. Контрольні запитання

1. Яке меню відповідає за створення основних елементів конвеєра?
2. Опишіть процес визначення механізму транспортера.
3. Що потрібно зробити із створеним конвеєром щоб можна було його використовувати в інших робочих станціях?
4. Програмування систем MultiMove.
5. Налаштування систем MultiMove.
6. Тестування систем MultiMove.
7. Імпорт конвеєра до станції з контролером.
8. Як редагувати параметри контролера?
9. Створення об'єктів, які будуть рухатися по конвеєру.
10. Як запрограмувати конвеєр?
11. Що таке домашнє положення робота?
12. Створення інструкцій дій (руху).
13. Як можна змінити швидкість конвеєра?

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.