

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра автоматизації технологічних процесів та виробництв
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній рівень)

на тему: Автоматизація процесу складання деталей в робототехнічній
комірці

Виконавці: студенти 4 курсу, групи КАЗс-41

Спеціальність 151

“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

(шифр і назва спеціальності)

Керечан К.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дмитрів О.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Козбур І.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Савків В.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Стухляк П.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

А н о т а ц і я

В дипломній роботі використані такі терміни: промисловий робот, складання, робототехніка, вакуумний захоплювальний пристрій, конвеєр.

Об'єктом дослідження є процес автоматизації складання деталей в робототехнічній комірці.

Мета роботи – є розробка та тестування програми автоматизації складання деталей в робототехнічній комірці.

Сучасна виробнича площадка перевіряє технологічність нових деталей на етапі проектування. При програмуванні роботів в автономному режимі програмування може відбуватися паралельно з побудовою системи. Програмуючи систему одночасно з виробництвом, виробництво може розпочатися раніше, скорочуючи час виходу на ринок. Програмування в режимі офлайн зменшує системний ризик шляхом візуалізації та підтвердження рішень та макетів перед тим, як встановити власне робота, і створює більш високу якість деталей завдяки створенню більш точних шляхів.

У цій роботі представлено, як створювати, програмувати та моделювати робочі комірки та станції за допомогою RobotStudio, а також контролювати, встановлювати, конфігурувати та програмувати справжній контролер робота та робити збірку в Robotstudio за допомогою двох роботів та поворотного конвеєра. Деталі імпортовані з Solidworks.

The following terms are used in the diploma work: industrial robot, assembly, robotics, vacuum gripping device, conveyor.

The object of research is the process of automation of assembly of parts in a robotic cell.

The purpose of the work is to develop and test a program for automation of assembly of parts in a robotic cell.

The modern production site checks the manufacturability of new parts at the design stage. When programming robots in offline mode, programming can occur in parallel with the construction of the system. By programming the system at the same time as production, production can start earlier, reducing time to market. Offline programming reduces systemic risk by visualizing and validating solutions and layouts before installing your own work, and creates higher quality parts by creating more accurate paths.

This paper introduces how to create, program, and model workstations and stations using RobotStudio, as well as control, install, configure, and program a true robot controller and build in Robotstudio using two robots and a rotary conveyor. Parts imported from Solidworks.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Гнучкі робототехнічні системи та їх застосування.....	9
1.2 Роботизований процес складання	21
2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	25
2.1 Постановка завдання	25
2.2 Опис компонентів	26
2.2.1 Редактор RAPID	26
2.2.2 Редагування точок робота	27
2.2.3 Переглядач вводу / виводу	27
2.2.4 Конструктор системи.....	27
2.2.5 Менеджер з встановлення	27
2.2.6 Редактор конфігурацій	27
2.2.7 Резервне копіювання і відновлення	28
2.2.8 Розумні компоненти	28
2.2.9 Віртуальний час.....	28
2.2.10 Моделіст механізму	28
2.2.11 Швидка синхронізація.....	28
2.2.12 Multimove	29
2.2.13 Відстеження конвеєра.....	29
2.2.14 Точки та траєкторії	29
2.2.15 Точки	29
2.2.16 Траєкторія	30
2.2.17 Параметри переміщення.....	30
2.2.18 Інструкції дії	30
2.3 Створення розумного об'єкту в програмному середовищі	30
2.4 Розробка програми складання	43
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	50
3.1 Робота в RobotStudio.....	50
3.1.1 Налагоджування системи	52
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	56
4.1 Значення охорони праці в забезпеченні здорових умов праці	56
4.2 Охорона праці як система заходів щодо гармонізації використання комп'ютерних технологій	56
4.3 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей виробничого середовища	58
4.4 Електромагнітний імпульс ядерного вибуху і захист від нього радіоелектронних засобів.....	63
4.5 Забезпечення нормальних умов праці	65
4.5.1 Вибір приміщення.....	65
4.5.2 Забезпечення нормальних санітарно- гігієнічних умов на робочому місці	66

ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	70

ВСТУП

Зростає конкурентний тиск на промисловий ринок. Для зниження собівартості та підвищення якості необхідна вища ефективність виробництва. Дозволяти програмуванню роботів додавати час до початку виробництва нових продуктів сьогодні неприпустимо, оскільки припиняється поточне виробництво для програмування нових або модифікованих деталей.

Ризикувати виготовленням інструменту та пристосувань без попередньої перевірки охоплення та доступності вже неможливо. Сучасна виробнича площадка перевіряє технологічність нових деталей на етапі проектування. При програмуванні роботів в автономному режимі програмування може відбуватися паралельно з побудовою системи. Програмуючи систему одночасно з виробництвом, виробництво може розпочатися раніше, скорочуючи час виходу на ринок. Програмування в режимі офлайн зменшує системний ризик шляхом візуалізації та підтвердження рішень та макетів перед тим, як встановити власне робота, і створює більш високу якість деталей завдяки створенню більш точних шляхів.

RobotStudio - це інженерний інструмент для конфігурації та програмування роботів ABB, як справжніх роботів у цеху, так і віртуальних роботів у ПК. Для досягнення справжнього офлайн-програмування RobotStudio використовує технологію ABB VirtualRobot™.

У цій роботі представлено, як створювати, програмувати та моделювати робочі комірки та станції за допомогою RobotStudio, а також контролювати, встановлювати, конфігурувати та програмувати справжній контролер робота та робити збірку в Robotstudio за допомогою двох роботів та поворотного конвеєра. Деталі імпортовані з Solidworks.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Гнучкі робототехнічні системи та їх застосування

Кожне видання International Manufacturing Technology Show (IMTS) продовжує висвітлювати все більше і більше застосувань автоматизації до виробничого процесу. Понад 50 років тому на цій виставці була представлена електроніка, яка керує металорізальними верстатами під час простого різання деталей. Сьогодні автоматизація робить набагато більше. Він спрямовує на машинне завантаження та розвантаження деталей, а також на упаковку деталей. Він керує функціями складання, гравіруванням деталей з такою інформацією, як номер деталі та / або номери відстеження, а також складний огляд та тестування деталей.

Цього разу до масштабів виставки додалося партнерство з Deutsche Messe, німецькою виставковою групою, яка організувала частину виставки Industrial Automation North America (IANA). Їхня участь додала багатьох учасників автоматизації, які інакше не перетнули Атлантику для цього шоу. Загальна кількість учасників цього виставки склала близько 1900, що є новим рекордом. Вони привітали 100 000 учасників, щоб побачити останні новинки в області автоматизації в 116 000 м² експонатів.

Компанія Acme Manufacturing розмістила на своєму стенді високошвидкісну подвійну робото-фінішувальну комірку RF 10 / 4G (рис. 1.1). Система включає двох роботів Fanuc, чотири деталі для фінішної обробки, систему завантаження столу з поворотом на чотири піддони, станцію повторного захоплення частини та два завершені конвеєри для відводу. Система може полірувати / допрацьовувати деталі, повністю знижуючи вартість робочої сили. Це також може допомогти забезпечити повторюваність та якість часткових деталей, а також зменшити налаштування та зміну деталей

з часом та забезпечити окупність обладнання протягом одного року або менше.

Для отримання додаткової інформації відвідайте: www.acmemfg.com



Рис. 1.1. Серія RF 10 / 4G, високошвидкісна подвійна робототехніка, що оздоблює деталі.

LiCON MT GmbH виставила свій набір pLiFLEXw з модульних верстатів, які можуть бути організовані в цілі автоматизовані виробничі лінії. Ось лише деякі з багатьох можливих конфігурацій:

- шість обробних центрів з подвійним шпинделем, три верстати з поворотним столом, три роботи, порталні портали та конвеєри для введення та виведення;
- чотири обертові верстати, шайба, різні обробні системи та конвеєри, що забезпечують 57 обробних етапів лише із затисканням однієї деталі; і
- дуплексний фрезерний центр для повної автоматичної обробки корпусу та свердління.

Для отримання додаткової інформації про системи LiCON відвідайте: www.licon.com

Ixmation, світовий постачальник автоматизованих складальних та випробувальних машин, показав свою здатність задовольнити потреби в автоматизації для споживачів, таких як автомобільна промисловість, споживчі товари медичної енергетики, електроніка та інші промислові товари (рис. 1.2). Ixmation приносить кожному додатку великий досвід у технології складання, тестуванні систем. На IMTS вони виставили систему із використанням трьох роботів FANUC, двох роботів у стилі дельта M-1ia та робота 200iC. Для отримання додаткової інформації відвідайте: www.ixmation.com



Рис. 1.2. Роботизована автоматизована система збірки ixmation з двома роботами в стилі дельта та роботом у стилі руки

Kaufman Manufacturing об'єднався з Gozio Transfer SRL, щоб виділити гнучкі рішення для автоматизації для будь-якого обсягу виробництва. Сімейство систем Kaufman має Kaufman fl ex для середнього обсягу та виділені та гібридні системи для великих обсягів. Як агент для Gozio, Kaufman також пропонує їх серії Futra для середнього обсягу деталей робочого куба до 180 мм. Передача Gozio, а також сімейства Billo забезпечує конструкції

горизонтальної та вертикальної осей із робочими станціями та системами передачі для до чотирьохсторонніх деталей, таких як кріплення, клапани та виробництво компонентів насоса. Для отримання додаткової інформації про системи Kaufman та Gozio відвідайте: www.kaufmanmfg.com

Автоматизовані клітини та обладнання (ACE) зосередилися на своєму модулі вибору з керуванням VG710, який є масштабованим рішенням для догляду за машиною. Система, заснована на шестивісному робочому вазі FANUC вагою 70 кг, може вирішувати додатки, які включають напіворганізовані деталі на піддонах або в контейнерах. Інтегрована система зору спрямовує навантаження деталей, а також розвантаження готових деталей.

ACE RoboCart забезпечує недорогу портативну систему, яку можна переміщати від програми до програми та обробляти догляд, маркування деталей або перевірку деталей. Система, встановлена на ролику, включає клітку безпеки, шухляду для деталей та подвійні три захоплені захоплення. Для отримання додаткової інформації про системи ACE відвідайте: www.autocells.com

Bardons & Oliver, давно відомий як будівельний токарний верстат для відрізання труб, показав свої розширені навички як інтегратор систем автоматизації та робототехніки. Тепер вони можуть запропонувати клієнтам повну автоматизовану систему виробництва труб. Особливості включають завантаження машини та розвантаження готових деталей. Розвантаження може легко обробляти великі обсяги коротких деталей або важких довгих деталей. Виокремлення в процесі розвантаження може захистити деталі від пошкодження та усунути будь-який ризик маркування або подряпин високоточних деталей, таких як виготовлені з хромованого бруска.

Вивантаження може також включати комплектування деталей, що дозволяє виробництву тривати безперервно, одночасно стримуючи закінчені деталі, коли відбувається процес комплектування. Алгоритми, розроблені

Bardons & Oliver, визначають будь-які регулювання виробництва, необхідні після автоматичного огляду деталей, тому коригування можна проводити в режимі реального часу за допомогою управління токарним верстатом з ЧПУ. Для отримання додаткової інформації відвідайте: www.bardonsoliver.com

Підведення автоматики до гігантського вертикального поворотного центру було яскравим введенням на стенді Hyundai WIA Machine. Їх новий вертикальний токарний центр типу LV1400 Ram дозволяє переносити навантаження на робочі деталі до 5897 кг на поворотному столі діаметром 1,4 м. Система автоматично змінює інструменти під час виготовлення деталей, використовуючи 12 інструментів для зміни інструментів. Інструменти міцно тримаються при виконанні важких порізів за допомогою криволінійної муфти та гідравлічного двигуна. Для отримання додаткової інформації про машину Hyundai WIA відвідайте: www.hyundai-wiamachine.com

Однією з особливостей стенду MAG IAS було представлення своїх автоматизованих рішень з обробки композиційних матеріалів. MAG є конструктором багатьох типів верстатів, але є одним з лідерів в автоматизованих системах для виробництва композиційних деталей, таких як широко використовувані в літаках.

Композитна виробнича система включає великий стіл, де композитний матеріал розкладений на 3D-столі. Стрічка, що укладає головку, проходить вперед і назад, укладаючи матеріал вниз і притискаючи його на місці за допомогою ролика. Стрічка має ширину до 300 мм. Деталь побудована шляхом точного складання композитної частини шарами стрічки. Інші функції машини включають ультразвукове різання композиційного матеріалу за формою за допомогою різальної станції, інтегрованої в головку для укладання стрічки. Стрічкова головка може також робити ідентифікаційні позначення на композитному матеріалі, використовуючи струменевий маркер, який знаходиться у готовому стані в док-станції. Після завершення процесу укладання стрічки деталі композитного матеріалу затверджуються в печях.

Рішення для обробки композитних матеріалів MAG Systems також доступні з головками для розміщення волокон для намотування волокон. Ці системи ідеально підходять для автоматизованого виробництва менших композитних деталей. Системи обробляють скляні волокна, вуглецеві волокна, стрічки з препрегом (стрічкою з клейким матеріалом, просоченим перед укладанням) або сухими матеріалами. Для отримання додаткової інформації про рішення для обробки композитних матеріалів MAG чи інших верстатів, будь ласка, відвідайте: www.mag-ias.com

На стенді Mazak був представлений вдосконалений багатозадачний верстат. Orbites 20 побудований навколо обробного центру та автоматизованої колекції робочих тримачів, встановлених на піддонах (рисунок 1.3). Він призначений для виконання повного виробництва деталей. Система може співпрацювати з багатозадачною системою PALLETECH, яка включає дві різні операції, токарне та фрезерне, в одну систему. Для подальшого підвищення продуктивності можна додати станції для піддону та завантаження / розвантаження. Orbites була однією з 20 автоматизованих систем, що працюють на стенді Mazak, тому учасникам було що побачити під час їхнього візиту. Для отримання додаткової інформації відвідайте: www.mazakusa.com



Рис. 1.3. Багатозадачний виробничий центр Mazak Orbitec 20 для фрезерування та токарної обробки з транспортером для видалення стружки та автоматичною зміною інструменту

Tornos S.A. провела північноамериканську прем'єру трьох виробничих систем. Нові функції були показані на Delta 20 / 5II, Delta 35/5 та micro 8/4. Delta 20 / 5II відрізняється набагато більшою швидкістю обертання ріжучих інструментів, системою зустрічного шпинделя для вимогливих вторинних операцій та кращою жорсткістю шпинделя. Ці та інші вдосконалення дозволяють виробляти ширший спектр продукції.

Delta 35/5 відрізняється високою автономністю в експлуатації, більшими розмірними можливостями та вищим крутним моментом. Micro 8/4 надає додаткові переваги виробникам годинникових деталей та інших дрібних точних деталей. Система розглядається як великий крок вперед у заміні кулачкових машин у виробництві дрібних деталей. Для отримання додаткової інформації про системи Tornos відвідайте: www.tornos.com

Допомагаючи розкрити максимальний потенціал виробничих систем, EROWA визначив, як можуть допомогти їхні гнучкі системи обробки на базі роботів. Системи постачаються з автоматизованими блоками зберігання піддонів, тому виробничі системи мають під рукою інструменти, тримачі для роботи або будь-які інші виробничі потреби. Навантажувачі EROWA також можуть бути встановлені на гусениці, щоб обслуговувати ряд машин у розширеній виробничій системі. Роботизований обробник рухається туди, де він необхідний, тому виробництво ніколи не чекає. Для отримання додаткової інформації про обробники EROWA відвідайте: www.erowa.com

Автоматизація поширюється не лише на виготовлення деталей, а й на винос стружки, волокон та інших марнотрат, створених під час виробничого процесу. LNS Turbo представила свою автоматизовану систему 3D-дискового конвеєра. Закритий 3D-підхід використовує нескінченний ланцюг із

прикріпленими круглими лопатями для протягування матеріалу через герметичну систему труб. Матеріали збираються в централізованому бункері, а різання та інша рідина відновлюється на найнижчому рівні труби.

Як повністю закрита автоматизована система, вона безпечно обробляє збір відходів протягом усієї виробничої операції. Завдяки автоматизації система позбавляє від необхідності в роботі персональних або ліфтових вантажівок у машинах для збору відходів та навколо них. Системи збірних труб / дисків мають діаметр 10, 15, 20 і 25 см і довжину до 200 м. Для отримання додаткової інформації про системи збору сміття відвідайте: www.lnsamerica.com

Іншим експонентом, орієнтованим на дуже великі автоматизовані системи для виробництва, особливо аерокосмічних частин, була компанія Forest-Line, яка пропонує прокладку стрічок / волокон та обробку великих деталей, а також багато типів периферійного допоміжного обладнання. Для цього шоу більшість машин не вдалося продемонструвати в повному розмірі, оскільки машини більші за типовий стенд виставки. Однак учасники змогли добре відчувати можливості автоматизації компанії від відвідування виставок на стенді. Для отримання додаткової інформації про Forest-Line' відвідайте: www.forest-line.com

Також Шісс Брайтон обслуговував потреби у дуже великих автоматизованих верстатах. Їх одноколонні вертикально-розточувальні фрези обробляють деталі діаметром до 25 м (рис. 1.4). Їх фрезерні верстати з козлового типу доступні з відступом між колонами до 16 м. Автоматизовані верстати для різання зубчастих коліс можуть виготовляти шестерні діаметром від 8 до 16 м. Потужні горизонтальні токарні верстати можуть розгойдувати до 7 м деталей вагою до 500 тонн. Для отримання додаткової інформації про ці машини відвідайте: www.schiessbrighton.com



Рис. 1.4. Вертикальна розточувальна фреза від Schiess Brighton, яка обробляє дуже великі заготовки діаметром до 25 м

Система 3R International представила їх два сімейства систем обробки. WorkMaster, автоматизована станція для зміни піддонів, яка може обробляти великі або малі піддони та обслуговувати потреби автоматизації до чотирьох машин у виробничій камері (рис. 1.5). Він може обробляти піддони вагою до 150 кг кожен. Він пропонує хід по осі X до 1,25 м, хід по осі Z до 1,4 м і обертання до 300°.



Рис. 1.5. Система 3R WorkMaster з робототехнічним важелем, що обслуговує три магазини піддонів для автоматизованого догляду за машиною

System 3R WorkPartner 1 р - це компактний агрегат для обслуговування верстатів для однієї або двох виробничих осередків машини. Він може перевозити один, два або три магазини легкими (до десяти піддонів на до восьми стійок) або важкими (до чотирьох піддонів на п'яти стійках). Він може витримувати вантажопідйомність до 50 кг на важелі вантажу. Для отримання додаткової інформації про WorkPartner або WorkMaster відвідайте: www.system3r.com

Виробнича клітина, що включає автоматизований токарний верстат, систему піддонів та робочу руку, була особливістю на стенді Yama Seikiw. Їх GA-2000CMR включає:

- 20 см гідравлічний патрон з трьома щелепами;
- 12-станційна башта сервоіндексного баштового положення;
- ЧПУ FANUC з кольоровим РК-графічним дисплеєм; .
Автоматичний набір інструментів RENISHAW;
- стружкопровідний конвеєр;
- система піддонів з десятьма наборами лотків, до 20 кг на завантаження лотка;
- рука робота з радіусом дії 0,85 м;
- і багато інших особливостей.

Для отримання додаткової інформації про системи Yama Seiki відвідайте:
www.yamaseiki.com

Представили свою комп'ютерну програму ePLANw для допомоги інтеграторам автоматизації в розробці панелей управління. Він об'єднує всі аспекти дизайну панелі управління в одну платформу. Він документує списки деталей і допомагає інтегрувати системи управління підсистемою автоматизації в загальний дизайн. Він може інтегрувати елементи управління з ЧПУ в конструкцію системи. Потім пакет може створити конструкцію монтажної пластини та шафи, створити плани буріння, вивести вичерпні списки деталей і навіть надати електричні схеми. Детальніше про ePLAN можна дізнатися на веб-сайті www.eplan.de

Щоб зачепитися за великі предмети, BIGKaiser виділив їх робочий пристрій Unilock та їх сімейство захоплювачів Twin-Pin. Робочий тримач Unilock використовує затискну ручку діаметром 40 мм на 40 мм для кріплення робочого тримача до машини. За допомогою повітряного асистема блок, що утримує роботу, може створити силу до 1600 кг. Для безпечного переміщення великих предметів, таких як важкі піддони, BIGKaiser пропонує систему захоплення Twin-Pin. У ньому використовуються два великі циліндри, які ковзають всередині кишень на піддоні або іншому виробі, що підлягає обробці. Потім вставлені шпильки розширюються, щоб міцно утримувати

піддон. Конструкція поруч забезпечує утримуючий малюнок, який тримає піддон горизонтально та запобігає перекиданню незбалансованих навантажень.

На стенді BIGKaiser вони продемонстрували обидва продукти за допомогою робота FANUC, який переміщує піддони до робочої станції та до станції утримання піддонів (Рис. 1.6). Для отримання додаткової інформації про пристрої BIGKaiser відвідайте: www.bigkaiser.com. Щоб переглянути відео з продуктами в дії, відвідайте: http://youtu.be/F_HRBiKV8o



Рис. 1.6. Робочий тримач BIGKaiser UniLock та важкий захоплюючий захоплювач TwinPin у дії на роботі FANUC

1.2 Роботизований процес складання

Сучасна еволюція ринку та постійне зростання конкуренції посилюють тиск на промисловість для завоювання більшої частки ринку [1]. Автомобільна промисловість не може бути виключена з цієї конкуренції. Особливо, оскільки різноманітність продуктів збільшується, парадигма масового налаштування [2] [3] диктує необхідність розробки виробничих систем таким чином, щоб вони відповідали потребам людей [4]. Операції остаточного складання автомобілів вимагають більшої гнучкості та надійності [5]. Для вищих рівнів автоматизації [6] слід дослідити та оптимізувати багато аспектів продуктивності з урахуванням таких показників, як вартість, продуктивність, якість та гнучкість [7].

Автомобільні складальні лінії поділяються на автоматизовані, такі як цех штампування кузовів, лакофарбовий цех та конвеєри, що базуються на людині, такі як кінцеві складальні станції, силова установка тощо, як показано на рис. 1.7. Michalos et al. [8] описують три категорії операцій з монтажу автомобілів: ручні, гнучкі, напівавтоматизовані та фіксовані операції з монтажу.



а



б

Рис. 1.7. (а) Автоматизована складальна лінія; (б) Конвеєрна лінія, що базується на людині.

Особливо людські складальні лінії включають операції, які вимагають спритності, якої можна досягти лише двома руками. Ці операції також відомі як двомануальні [9].

Метою даної роботи є вивчити підвищення рівня автоматизації на складальних лініях, заснованих на людині, із введенням роботів, які можуть запропонувати точність, повторюваність та збільшені показники виробництва, а також спритність наближається до людських характеристик [10] [11] [12] [13]. Натхнення виконанням людських завдань, введення роботів з двома плечами на складальних лініях представляє подвійну новинку [14]. З одного боку, спроба автоматизації традиційної ручної збірної комірки сама по собі є проблемою. З іншого боку, вибір людини, як робот, є важливим для вирішення завдань, що вимагають обмеженого простору та обох рук, які діють у співпраці. Концепція використання кількох взаємодіючих роботів для монтажних операцій вже обговорювалася в численних наукових роботах, таких як [15]. Запровадження таких роботів на конвеєрі здається перспективним, оскільки воно забезпечує багатозадачність, а також економію простору та витрат завдяки усуненню кріплень та затискних пристроїв [16]. І останнє, але не менш важливе: той факт, що роботи з двома плечами нагадують структуру людського тіла [17], спростив і зрозумів дизайн та програмування монтажних операцій.

Робототехнічне обладнання знайшло велике застосування для широкого спектру автоматичних монтажних систем, особливо на складальних лініях автомобільної промисловості, електроніки, гуми / пластмас та металургії / промисловості. Внутрішні характеристики роботів, такі як висока точність, швидкість, повторюваність, міцність та надійність, дозволили виробничим фірмам інвестувати у великомасштабні установки, які можуть працювати цілодобово з мінімальним людським втручанням [18]. Тим не менше, технологічні обмеження накладають внесок у процес людських операторів, надаючи підтримку системі [19].

Розвиток таких складних систем та зміна виробничих умов породжують нові проблеми [20]. Безліч таких проблем детально проаналізовано дослідниками [21] [22] [23] [24] [25], і вони включають конфлікти між плануванням та плануванням процесів, незбалансовані ресурси на виробничій лінії та проблему вибору відповідних ресурсів з щодо даних умов. З точки зору оптимізації, для вирішення цих проблем було запропоновано кілька обчислювальних методів. Новий підхід представлений Папакостасом та співавторами [26] [27] [28], який включає модель даних разом із набором правил для реалізації на основі знань структурованої інформації про процес складання з урахуванням 3D-специфікацій обох роботів маніпулятори та деталі. Xinyu Li [22] експериментально дослідив вплив багатоагентного моделювання на оптимізацію інтегрованого планування та планування процесів (IPPS). Також було проведено подальше дослідження, яке інтегрувало теорію ігор з метою вирішення багатоцільових виробничих проблем, подібних до проблем планування складання [23]. У цьому ж контексті алгоритми оптимізації роя частинок (PSO) були використані Guo et al. [29] [30] [31] для пошуку оптимального рішення як для планування, так і для планування процесів. Алгоритм, заснований на PSO, також був запропонований Papakostas et al [31], де для генерації альтернативних послідовностей враховувались як часові, так і вартісні параметри. Для полегшення інтеграції та оптимізації планування та планування процесів, Li et al., Запропонували моделювання на основі відпалу. [32], у поєднанні з уніфікованою моделлю представлення. Евристика - це ще один підхід до вирішення таких проблем. П'єр де Літ та ін. [33] надав оригінальний генетичний алгоритм впорядкування (OGA), що дозволяє автоматично генерувати та оцінювати дерева збірки продуктів. Подібної практики було дотримано в подальшому дослідженні Carmelo Del Valle та співавт. [34], де їх рішення базувалося на та / або діаграмах. Більш застосований підхід генетичних моделей до складання був зроблений X.F. Жа та співавт. [35], який запропонував та реалізував алгоритм у стандартній моді

моделювання EXPRESS / EXPRESS-G. Більш досконалу версію згаданого алгоритму також запропонував Грег С. Сміт та ін. [36], який представив модифіковану автоматичну генерацію сукупності початкових послідовностей складання. Ефективність роботи штучної імунної системи (AIS), алгоритмів ітераційного жадібного алгоритму (IG) та (AIS-IG) була досліджена щодо проблеми планування роботи магазину в [37]. Мохapatра та ін. [38] оцінювали результативність різних технологічних планів з точки зору мінімізації виробничої тривалості, вартості обробки та простою машин. JR Li та співавт. [39] [40] представив дослідження, що відповідає перевагам алгоритму пошуку Табу та розширеного генетичного алгоритму складання. К. В. Леунг та співавт. [41] представив дослідження, поєднавши модель на основі агента та алгоритми оптимізації колонії мурашок.

Однак вищезазначені дослідження рідко застосовують механізм перепланування та беруть до уваги коливання реальних умов виробничої лінії [25]. З цією метою Абумайзар та Свестка запропонували алгоритм перепланування в робочих майстернях [42]. Експериментальна / імітаційна оцінка підходу до онлайн-планування продемонстрована Chih-Chiang Hsu та співавт. [43] для декількох змішаних паралельних робочих процесів у середовищах сітки. Більш пізні дослідження, проведені Елізабет Гюнтер та співавт. [44] пропонує онлайн-обчислення найближчих до найкращих повноцінних рішень коефіцієнтів, використовуючи схеми наближення конкурентних коефіцієнтів. Тим часом Міхалос та ін. [18] представив більш застосовуваний метод за допомогою використання ієрархічних та алгоритмів прийняття рішень для отримання альтернативних графіків обертання та їх оцінки згідно з кількома критеріями. З подібним етосом, Міхалос та ін. [45] забезпечив веб-платформу в поєднанні з інтелектуальними алгоритмами пошуку для створення графіків ротації завдань. Віера та ін. [46]; Айтуг та ін. [47], Поттс і Струсевич [48] надали всебічний огляд наукових досліджень з різних типів проблем перепланування.

2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Постановка завдання

У цьому проєкті ставиться завдання створити, запрограмувати та промоделювати робочу комірку за допомогою RobotStudio, а також контролювати, встановлювати, конфігурувати та програмувати справжній контролер робота та робити збірку в Robotstudio за допомогою двох роботів та поворотного конвеєра (Рис. 2.1).

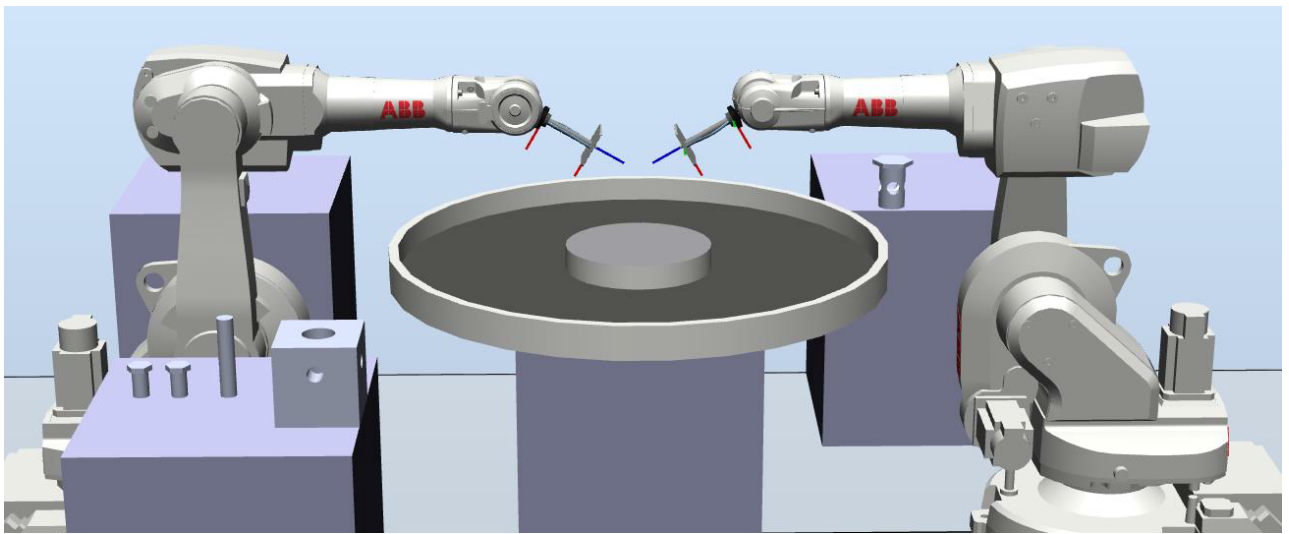


Рис. 2.1. Роботизована комірка яку потрібно розробити

У цьому проєкті ми обираємо двох роботів вагою 6 кг. Два вакуумних захоплювачі та поворотний стіл, імпортовані з Solidworks.

RobotStudio пропонує наступні варіанти встановлення:

- Повна
- Спеціальний, що дозволяє налаштувати користувачеві вміст та шляхи.
- Мінімальний, що працює RobotStudio лише в режимі Інтернет

Функції RobotStudio поділяються на базові та преміум-функції:

Основна функціональність включає необхідні функції для запуску промислового робота ABB IRC5 на цеху та для простого текстового

програмування. Така ж функціональність доступна і для віртуальних контролерів, що працюють на ПК.

Основна функціональність також включає можливість відкривати існуючі станції та файли Pack & Go, запускати симуляцію та спостерігати за результатом у графічному 3D-виді. Крім того, ви можете імпортувати асортимент промислових роботів ABB, запускати їх на віртуальному контролері та використовувати для реального контролера. Функція Go Offline дозволить вам створити віртуальну копію підключеної системи реального контролера робота.

Функціонал Premium включає функції підвищення продуктивності для ефективного введення в експлуатацію та програмування. Табличне редагування даних RAPID та інструмент порівняння для перегляду програмних відмінностей є прикладами функціональності Premium. Налаштування програм увімкнено за допомогою вікна RAPID Watch, точок зупинки RAPID та аналізатора сигналів. Використовуючи Screen Maker, ви можете створювати власні екрани користувачів для підвіски Flex. Крім того, програмування в автономному режимі, моделювання та функції 3D є частиною пакету Premium.

2.2 Опис компонентів

2.2.1 Редактор RAPID

Вбудований редактор RAPID дозволяє переглядати та редагувати програми, завантажені в контролер, як реальні, так і віртуальні. Редактор корисний для редагування всіх завдань робота, крім руху робота. За допомогою редактора RAPID ви можете редагувати RAPID-код програмних модулів та системних модулів. Кожен відкритий модуль відображається у власному вікні редактора, де ви можете додавати або редагувати ШВИДКИЙ код.

Особливості редактора RAPID включають:

- Виділення синтаксису та помилок
- Знайти та замінити операції

- Підказки щодо інформації щодо символів, аргументів, викликів функцій тощо.

- Автоматичне вставлення аргументів
- Контекстна довідка щодо RAPID-коду
- Номери рядків для швидкісних рядків коду
- Редагування модулів RAPID у пам'яті контролера та у файлах

2.2.2 Редагування точок робота

Функція Premium Adjust Robtargets дозволяє виправити програми, запрограмовані з неправильним TCP (tooldata) або робочим об'єктом (wobjdata). Кути з'єднання робота залишаться незмінними.

2.2.3 Переглядач вводу / виводу

Ви можете переглядати та встановлювати вхідні та вихідні сигнали із системи вводу-виводу.

2.2.4 Конструктор системи

За допомогою System Builder ви можете створювати, створювати, модифікувати та копіювати системи RobotWare 5 для роботи на віртуальних та реальних контролерах. Ці системи можна перетворити на завантажувальні носії та завантажити на справжній контролер.

2.2.5 Менеджер з встановлення

Installation Manager - це інструмент для побудови, встановлення та модифікації систем RobotWare 6 на контролері IRC5. Він може використовуватися як для віртуальних, так і для реальних систем.

2.2.6 Редактор конфігурацій

За допомогою редактора конфігурацій ви переглядаєте та редагуєте системні параметри певної теми в контролері. Ви також можете завантажити

попередньо визначені конфігураційні файли на контролер і зберегти поточну конфігурацію у файл.

2.2.7 Резервне копіювання і відновлення

Дані контролера можна створити резервну копію та відновити за допомогою RobotStudio.

2.2.8 Розумні компоненти

Розумні компоненти пропонують спосіб створення імітацій шляхом додавання поведінки до модельованих об'єктів. Це оживляє бібліотеки графічних компонентів завдяки додаванню так званих базових інтелектуальних компонентів для основного руху, логіки сигналів, арифметики, параметричного моделювання, датчиків тощо.

2.2.9 Віртуальний час

RobotStudio використовує віртуальний час для синхронізації віртуальних робіт станції між собою та оточуючим обладнанням під час моделювання у віртуальному середовищі. Щоб заощадити цінний інженерний час, час моделювання може бути прискорений, щоб працювати так швидко, як це дозволяє апаратне забезпечення ПК.

2.2.10 Моделювання механізму

За допомогою Mechanism Modeler ви можете змоделювати власні доріжки, інструменти або захоплення для використання в моделюванні RobotStudio.

2.2.11 Швидка синхронізація

Ви можете працювати з вашою існуючою програмою RAPID від реального робота на цеху, завантаживши її у віртуального робота в RobotStudio та синхронізуючи із станцією, щоб дозволити її переглядати та модифікувати в графічному вигляді. Після завершення програмування ви можете згенерувати

швидкий код, синхронізуючи його з віртуальним роботом. Отриману RAPID-програму можна зберегти у файл та завантажити до справжнього робота.

2.2.12 Multimove

З нескінченної кількості можливих рішень розподілу завдання між кількома роботами в системі MultiMove, RobotStudio може генерувати шлях для кожного робота, що призводить до найкоротшого комбінованого руху суглоба, беручи до уваги такі обмеження, як обмеження швів або обмеження орієнтації інструменту.

2.2.13 Відстеження конвеєра

RobotStudio підтримує програмування та моделювання систем роботів, які оснащені опцією RobotWare Conveyor Tracking. У режимі відстеження конвеєрів робочий центр робочого інструменту (TCP) автоматично слідуватиме за робочим об'єктом, який визначено на рухомому конвеєрі. Один або кілька роботів можуть поєднуватися з одним або декількома рухомими конвеєрами.

2.2.14 Точки та траєкторії

Цілі (позиції) та шляхи (послідовності інструкцій переміщення до цілей) використовуються при програмуванні рухів робота в RobotStudio.

Коли ви синхронізуєте станцію RobotStudio з віртуальним контролером, RAPID-програми створюються із шляхів.

2.2.15 Точки

Точки - це координата, яку повинен досягти робот. Він містить наступне:

Information	Description
Position	The position of the target, defined in a workobject coordinate system,
Orientation	The orientation of the target, relative to the orientation of the workobject. When the robot reaches the target, it will align the TCP's orientation with the target's orientation,
Configuration	Configuration values that specify how the robot shall reach the target.

2.2.16 Траєкторія

Послідовність інструкцій переміщення, шляхи використовуються для того, щоб змусити робота рухатись уздовж послідовності цілей.

Шляхи перетворюються на процедури при синхронізації з віртуальним контролером.

2.2.17 Параметри переміщення

Інструкція про переміщення складається з:

- посилання на ціль
- дані руху, такі як тип руху, швидкість та зона
- посилання на надто дані
- посилання на робочий об'єкт

2.2.18 Інструкції дії

Інструкція до дії - це швидкий рядок, який можна використовувати для встановлення та зміни параметрів.

Інструкції до дії можна вставити до, після або між цілями інструкцій у траєкторії.

2.3 Створення розумного об'єкту в програмному середовищі

Smartcomponent - це інтелектуальний інструмент, який може додавати датчики, таймери, сигнали, маніпулятори та дії, які можуть допомогти роботу виконати завдання бажання.

Для створення вакуумного захоплювача спочатку клацніть правою кнопкою миші піктограму вакуумного захоплювача, яка завантажена з Solidworks, а потім встановлена як роль, а потім ми повинні додати деякий компонент із піктограми додавання компонента, такий як прикріплення, від'єднувач, датчик лінії та логічна засувка SR. Як показано на рисунку 2.2.

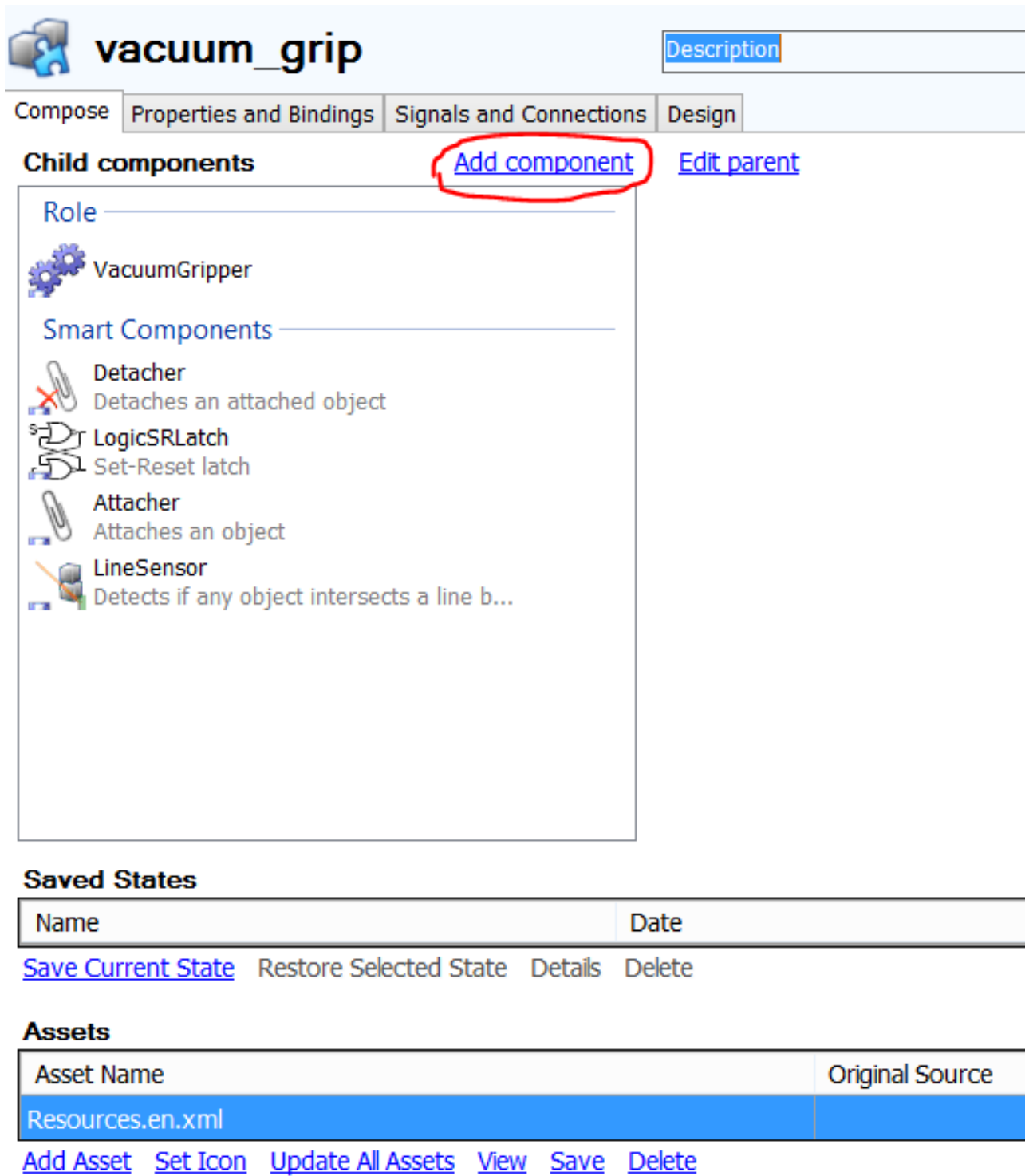


Рис. 2.2. Додавання розумного компоненту

Кріплення для кріплення деталі до вакуумного захоплювача. Деташер повинен зняти деталь із вакуумного захоплювача після завершення завдання робота і поставити його в бажане положення. Лінійний датчик для виявлення деталі, яка буде прикріплена або від'єднана, Логічний набір скидання засувки - це позначення деталі.

З властивостей та прив'язок ми додамо прив'язку. Клацніть на Додати прив'язку, а потім з вихідного об'єкта виберіть датчик рядка та властивість джерела виберіть sensedPart. З цільового об'єкта виберіть вкладник, а з цільової властивості виберіть дочірній матеріал. Ще одна прив'язка між аташером - дитиною та відв'язувачем - дитиною. Як показано на рисунку 2.3.

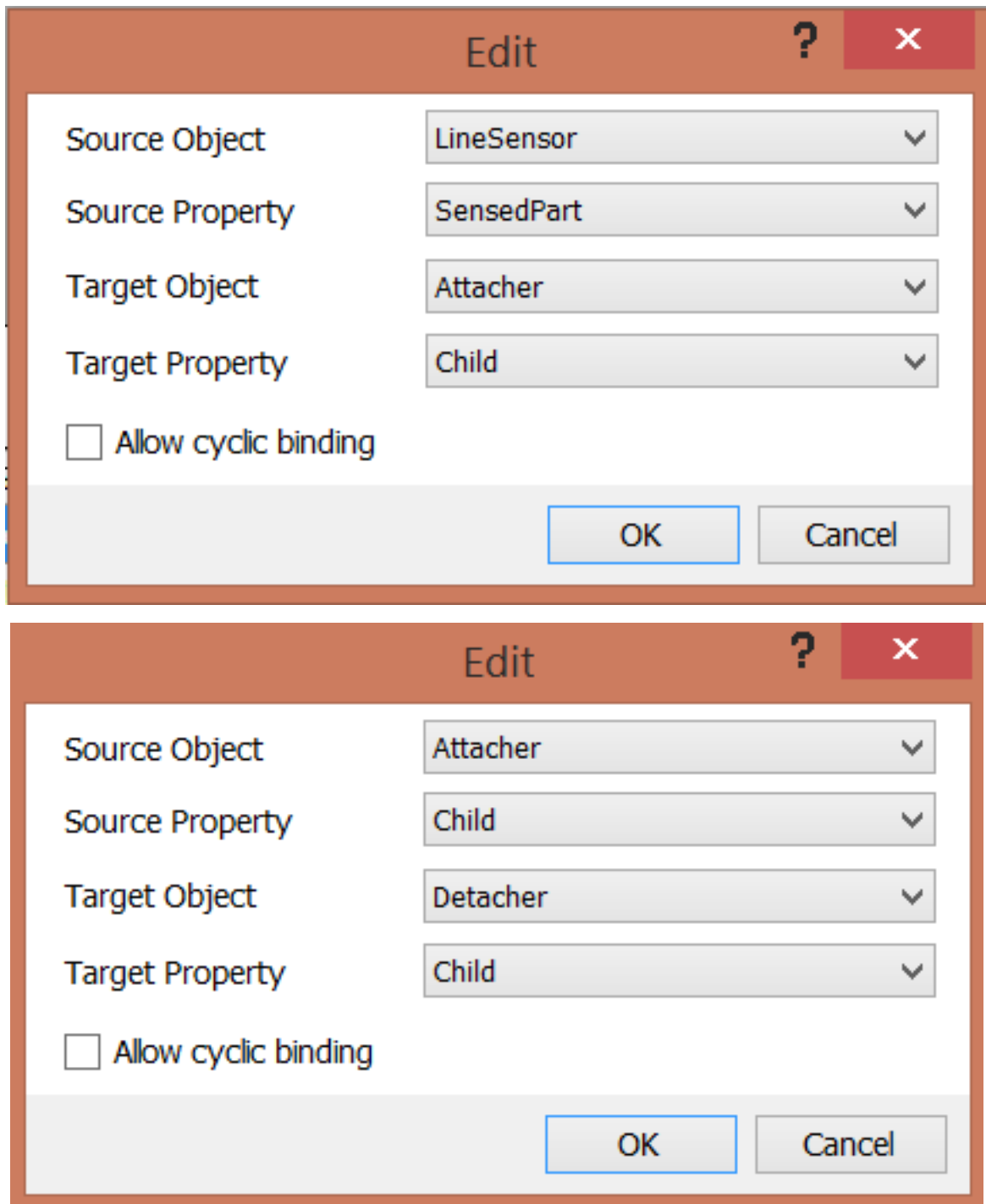


Рис. 2.3. Меню редагування об'єкта

Після відкривається меню компонентів рисунок 2.4.

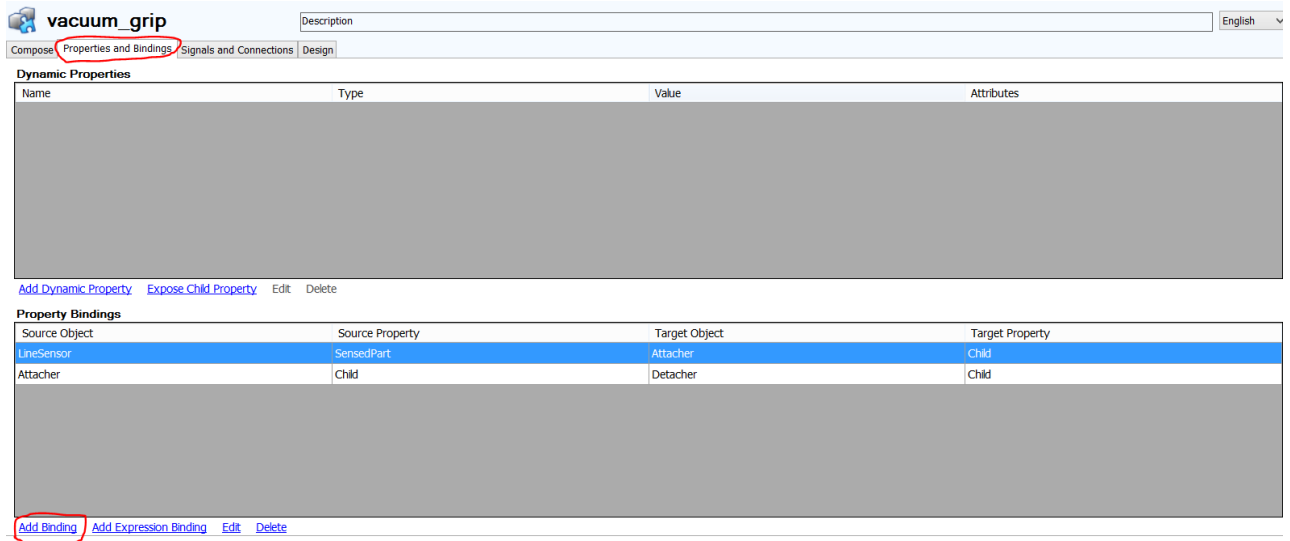


Рис. 2.4. Меню редагування об'єкта

Тоді До сигналів та з'єднань ми додамо чотири сигнали, два вхідні та два вихідні сигнали Рис. 2.5, Рис. 2.6.

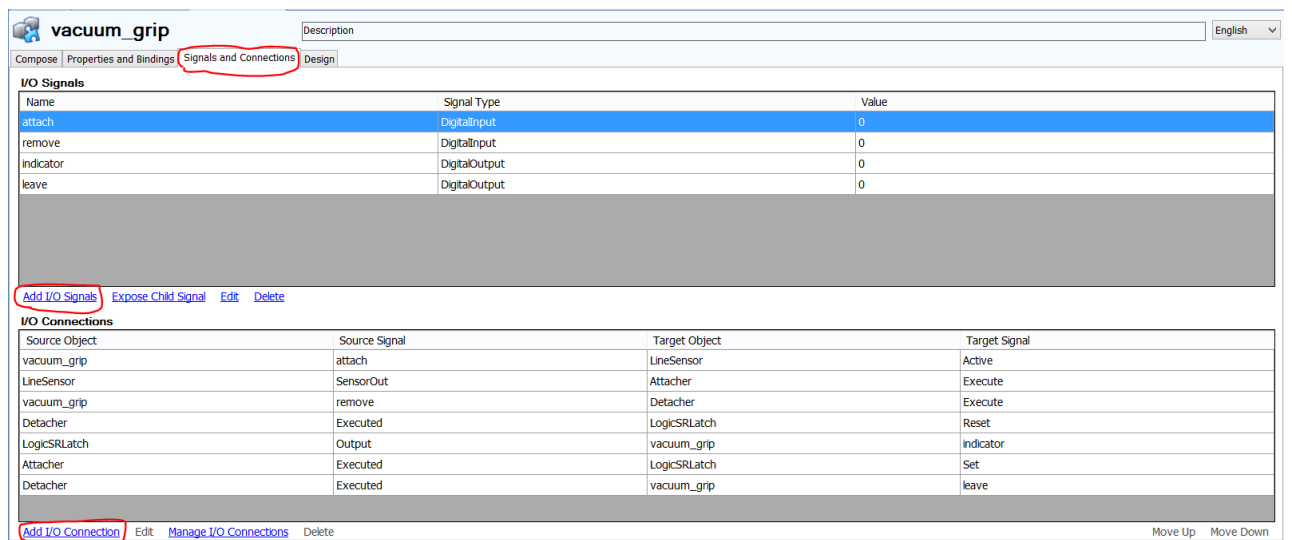


Рис. 2.5. Меню додавання сигналів

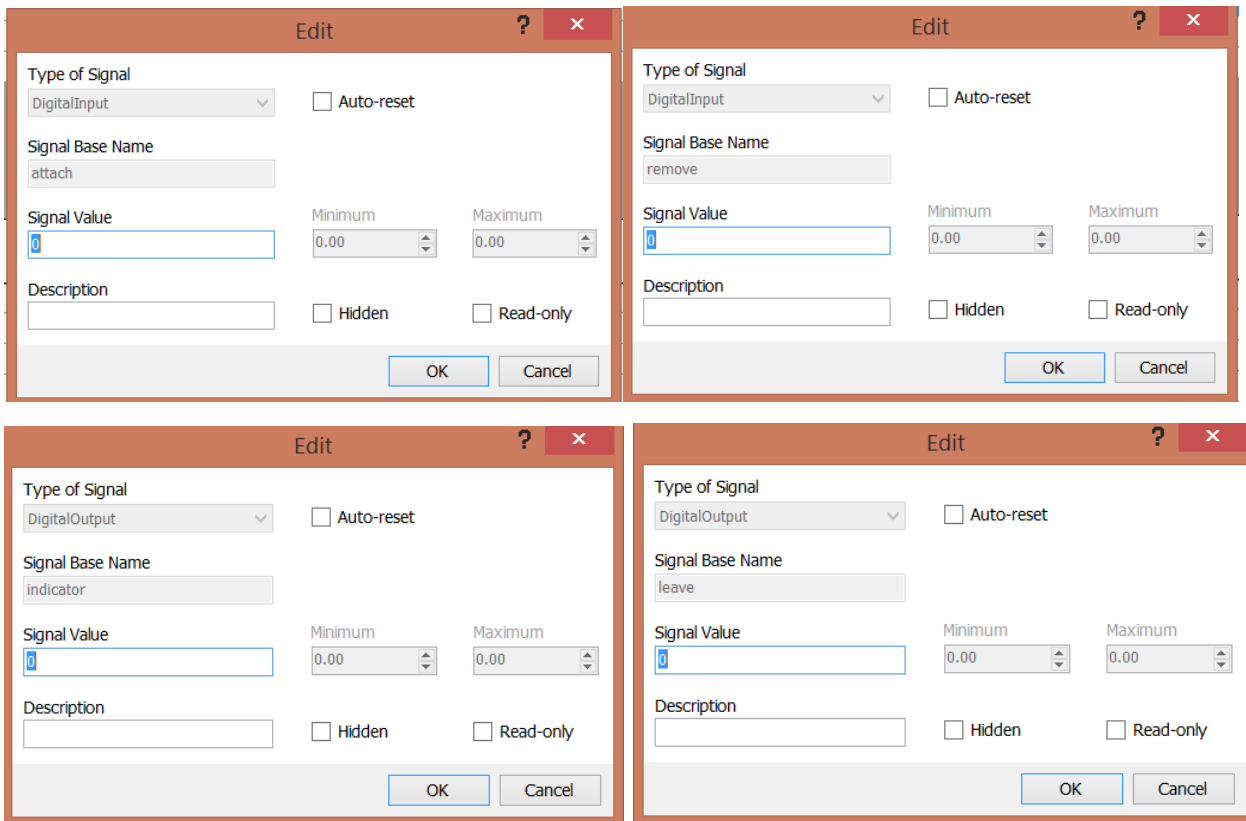


Рис. 2.6. Меню додавання сигналів

З додавання з'єднань вводу-виводу ми додамо з'єднання між наступними:

- вакуумний захоплювач-кріплення до лінійно-активного датчика
- linesensor-sensorout для прикріплення-виконання
- вакуумний захват - витягнути, щоб зняти-виконати
- Detacher виконується до logic srlatch-reset
- logic srlatch-вихід на вакуумний захоплюючий індикатор
- attache, виконане до logic srlatch-set
- detacher, виконаний для вакуумного захоплення

Як показано на рисунку 2.7.

I/O Connections			
Source Object	Source Signal	Target Object	Target Signal
vacuum_grip	attach	LineSensor	Active
LineSensor	SensorOut	Attacher	Execute
vacuum_grip	remove	Detacher	Execute
Detacher	Executed	LogicSRLatch	Reset
LogicSRLatch	Output	vacuum_grip	indicator
Attacher	Executed	LogicSRLatch	Set
Detacher	Executed	vacuum_grip	leave

Рис. 2.7. Додані сигнали

За допомогою значка дизайну ми можемо переглянути систему вакуумного захоплення (Рис. 2.8.).

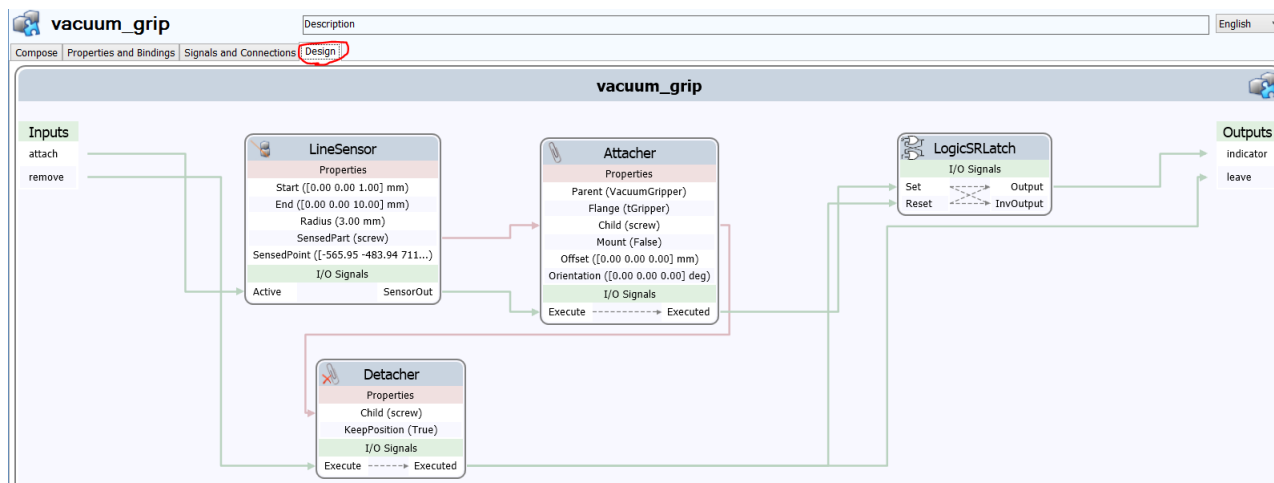


Рис. 2.8. Блок схема роботи датчика

Потім на вкладці макета клацніть правою кнопкою миші на піктограму смарткомпонента вакуумного захоплювача, а потім виберіть зберегти як бібліотеку, що дозволить нам знову використовувати вакуумний захоплювач (Рис. 2.9.).

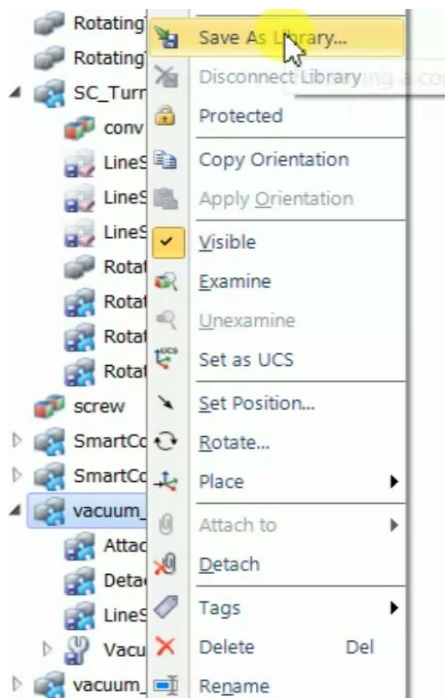


Рис. 2.9. Збереження компонента в бібліотеку

Потім додайте смарт-компонент вакуумного захоплювача із піктограми бібліотеки імпорту, а потім бібліотеку користувача, як показано на рисунку 2.10. Потім прикріпіть його до другого робота.

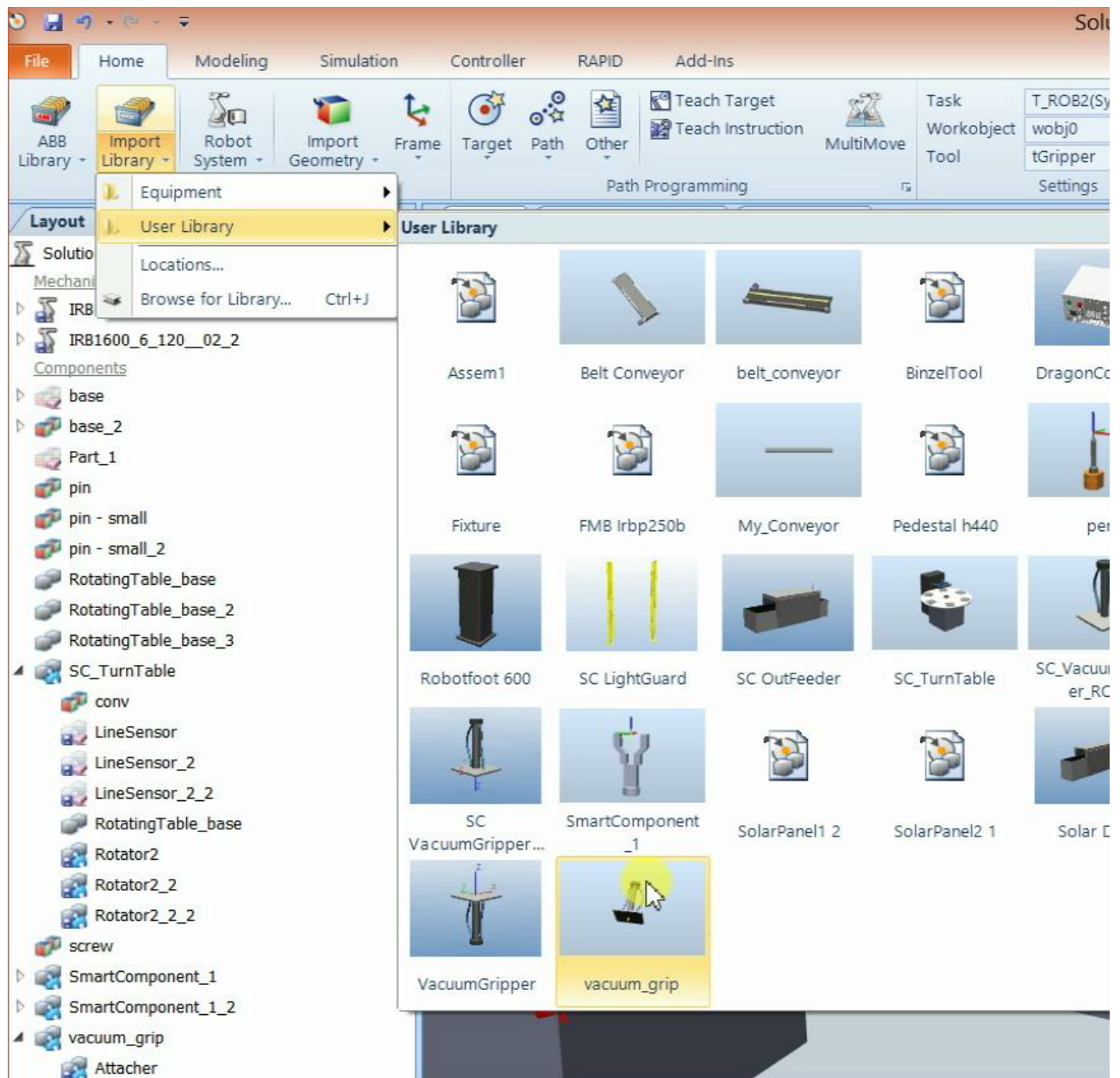


Рис. 2.10. Вибір захоплювача з бібліотеки

Так само, як і раніше, ми почнемо створювати розумний компонент і будемо називати його, наприклад, "SC_turnTable", а потім додавати деякі компоненти з піктограми додавання компонента: 3 ротатора 2 і 3 лінійних датчика, як показано на рисунку 2.11.

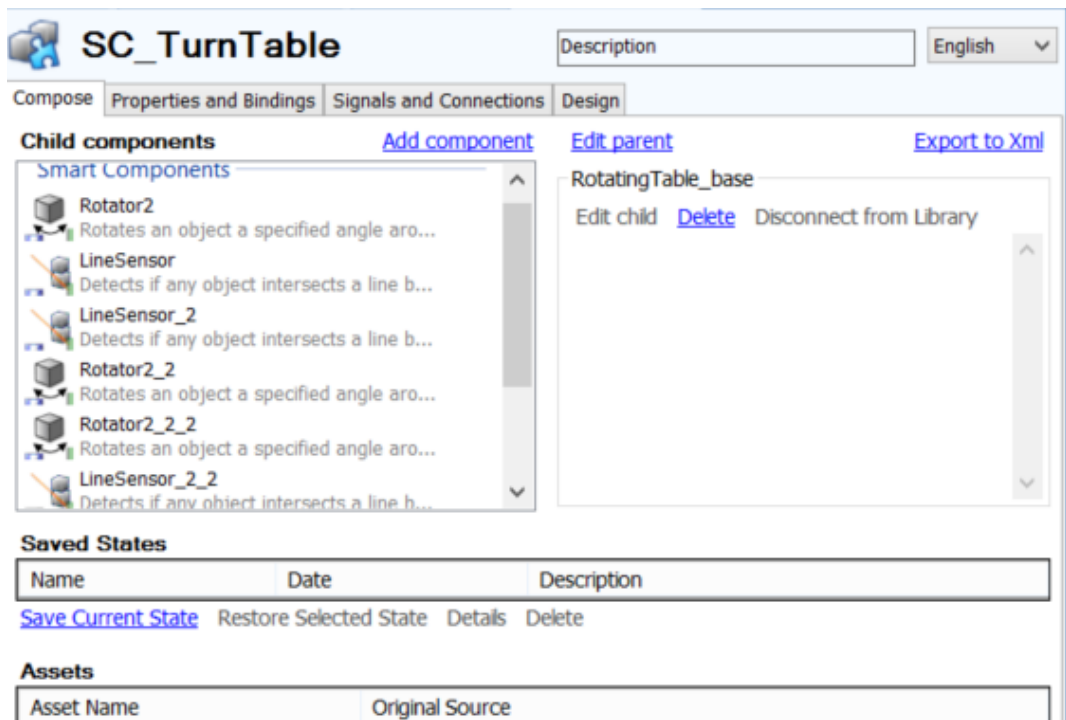


Рис. 2.11. Меню створення розумного компонента (конвеєра)

Потім на вкладці властивостей та прив'язок виберіть значок додавання прив'язки, а потім додайте (Рисунок 2.12):

linesensor-sensorpart до rotor2-object

linesensor_2-sensorpart до rotor2_2-object

linesensor_2_2-sensor до rotor 2_2_2- object

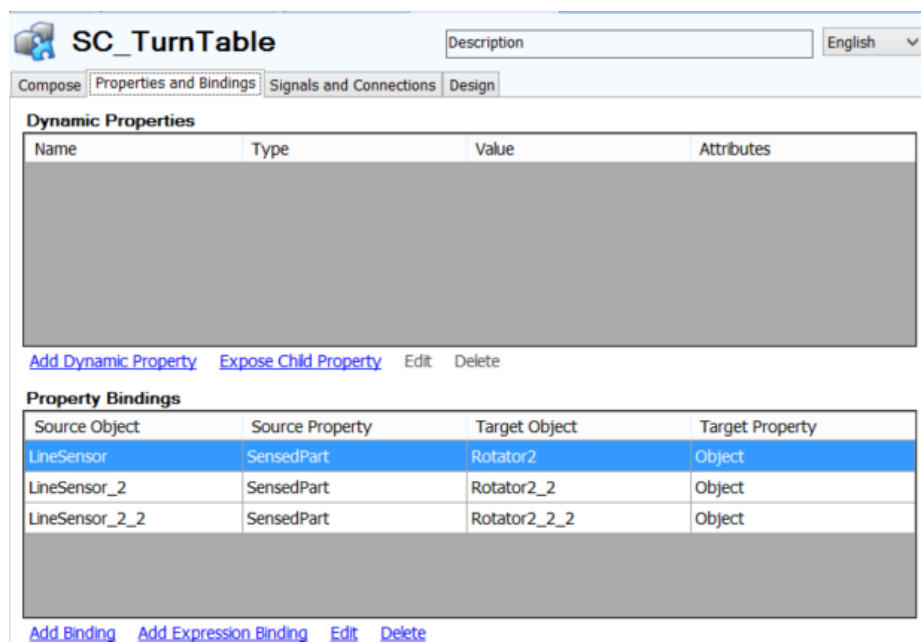


Рис. 2.12. Додані прив'язки

Потім на вкладці сигналів та з'єднань додайте два сигнали вводу-виводу.
А потім додайте з'єднання вводу-виводу, як показано на рисунку 2.13.

The screenshot shows the 'SC_TurnTable' software interface. It has tabs for 'Compose', 'Properties and Bindings', 'Signals and Connections', and 'Design'. The 'Signals and Connections' tab is active, displaying two tables.

I/O Signals

Name	Signal Type	Value
in	DigitalInput	0
in2	DigitalInput	0

I/O Connections

Source Object	Source Signal	Target Object	Target Signal
LineSensor	SensorOut	Rotator2	Execute
SC_TurnTable	in	LineSensor	Active
SC_TurnTable	in2	LineSensor_2	Active
LineSensor_2	SensorOut	Rotator2_2	Execute
LineSensor_2_2	SensorOut	Rotator2_2_2	Execute
SC_TurnTable	in2	LineSensor_2_2	Active

Рис. 2.13. З'єднання вводу-виводу

Потім з огляду конструкції конвеєрна система, як показано на рисунку 2.14.

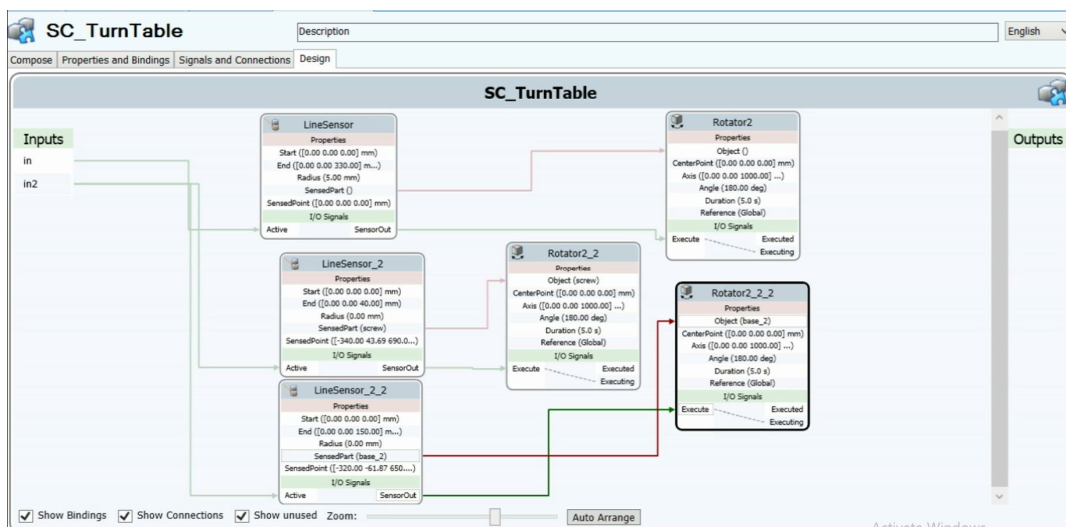


Рис. 2.14. Боксхема зв'язків конвеєра

Створення розумного компонента для збірних деталей, що з'єднуються після того, як робот закінчить своє завдання. Ми почнемо з додавання компонентів, а саме дворядкового датчика, кріплення та логічного входу I. Як показано на рисунку 2.15.

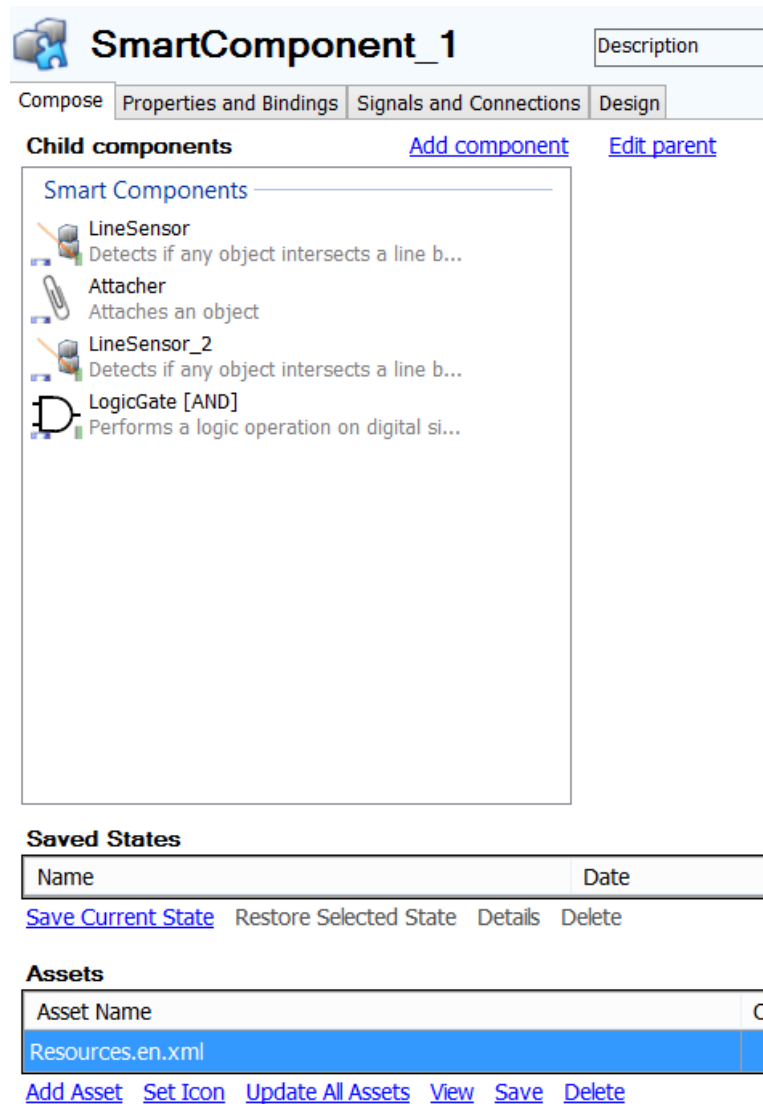


Рис. 2.15. Прикріплення логічного входу

Потім на вкладці властивостей та прив'язок виберіть додавання прив'язки, як показано на рисунку 2.16.

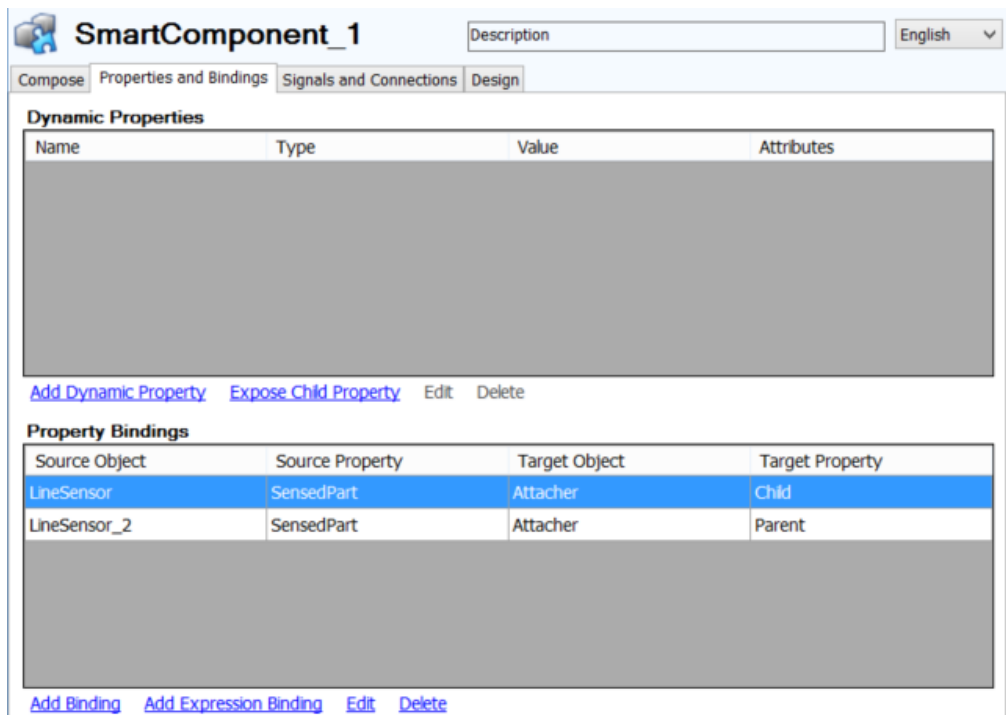


Рис. 2.16. Додавання прив'язок

Потім на вкладці "Сигнали та з'єднання" виберіть "Додати сигнали вводу-виводу", щоб створити два вхідних сигналу, що підключаються та видаляються. Потім додайте з'єднання вводу-виводу, як показано на рисунку 2.17.

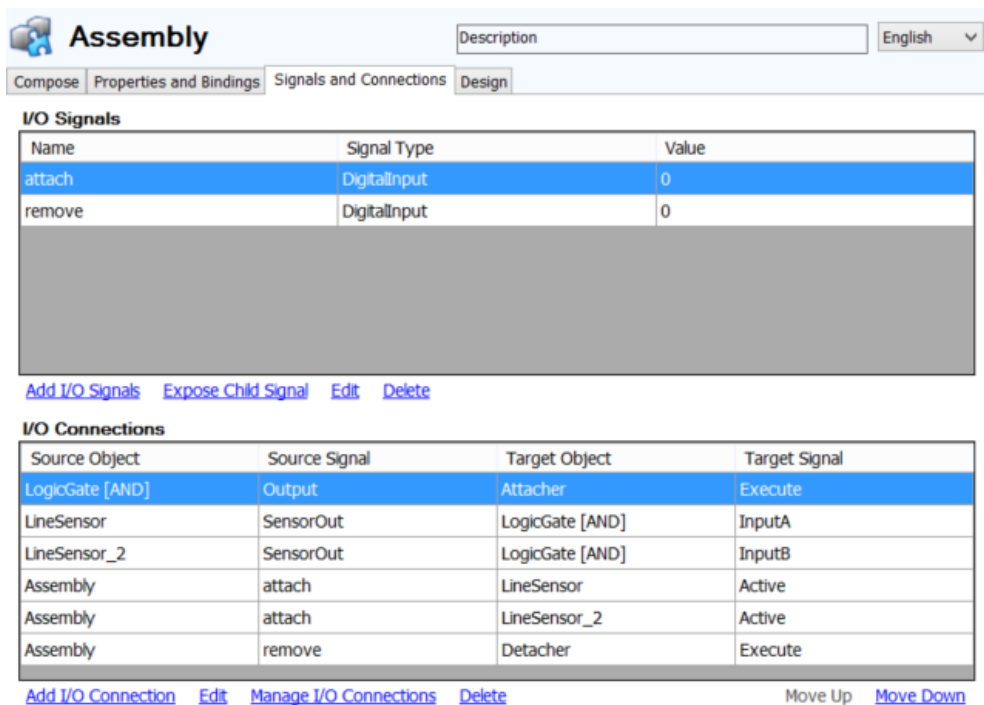


Рис. 2.17. Підєднання вводів і виводів

Потім на вкладці Дизайн перегляньте з'єднання, як показано на рисунку 2.18.

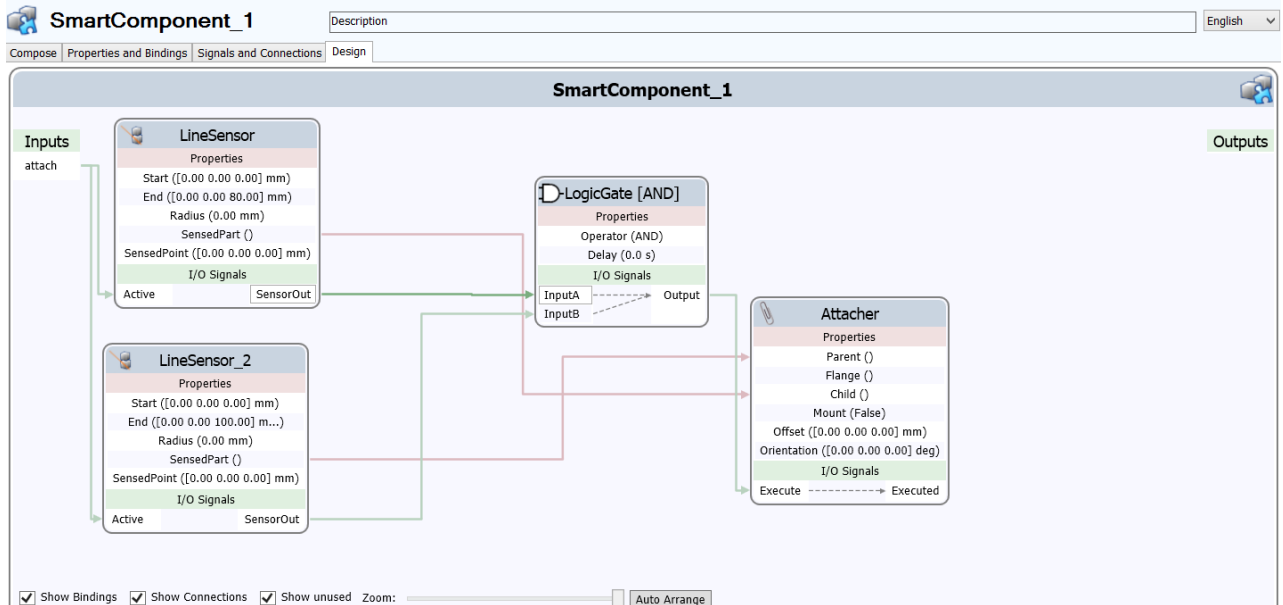


Рис. 2.18. Блок схема зєднань вводів і виводів датчиків

Ми повинні додати сигнали, щоб додати їх до швидкого після створення цілей та шляху та встановити зв'язок між системою та розумними компонентами. Ми повинні створити п'ять сигналів, чотири з них для приєднання та видалення для двох вакуумних захоплювачів, а інший - для кріплення деталей для складання, а для додавання сигналу ми повинні вибрати вкладку контролера, потім редактор конфігурації, потім додати сигнали, а потім вибрати тип сигнал, який є цифровим виходом, потім ім'я сигналу, потім присвоєне пристрою, встановлене як жодне, потім клацніть розширений, а потім виберіть все на рівні доступу. Як показано на рисунку 2.19, 2.20.



Рис. 2.19. Пункт меню додавання сигналу

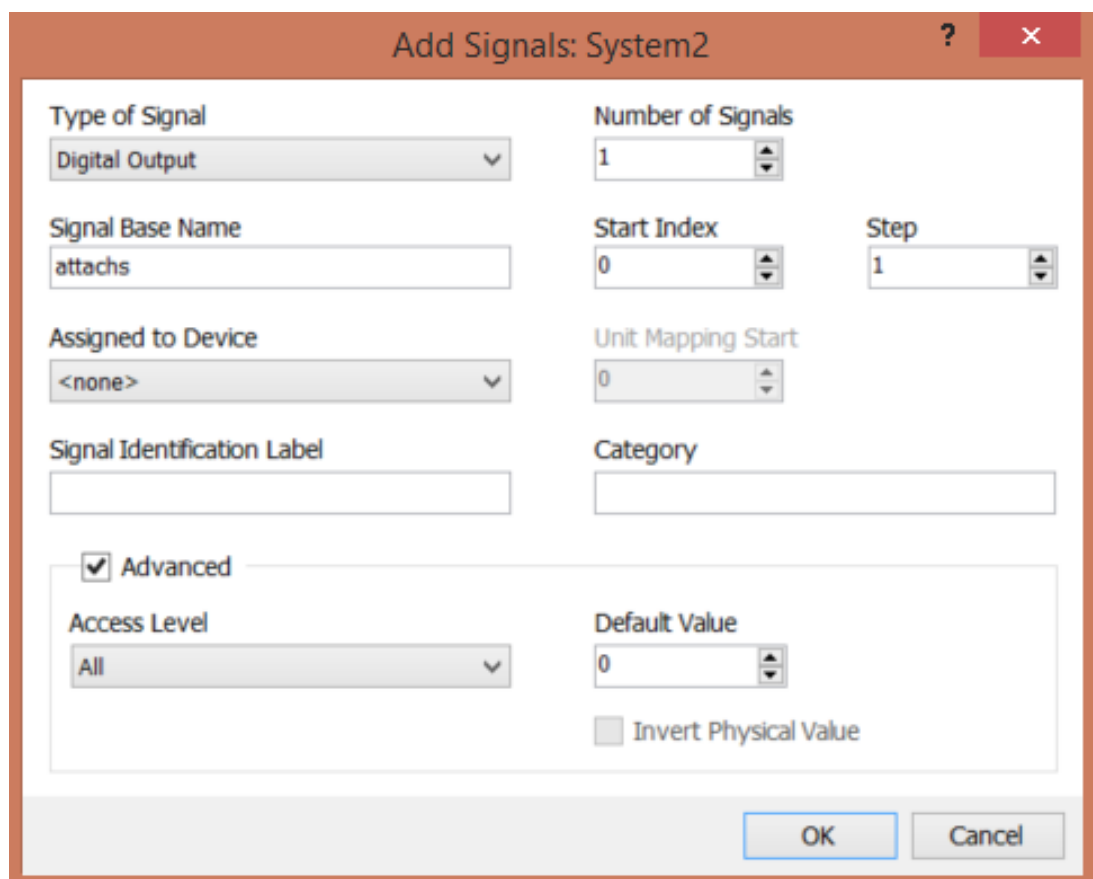


Рис. 2.20. Пункт меню додавання сигналу

2.4 Розробка програми складання

Для створення цілі та шляху для двох роботів нам потрібно подбати про те, якого робота ми вибрали із піктограми завдання, який робочий об'єкт та який інструмент, як показано на рисунку 2.21.

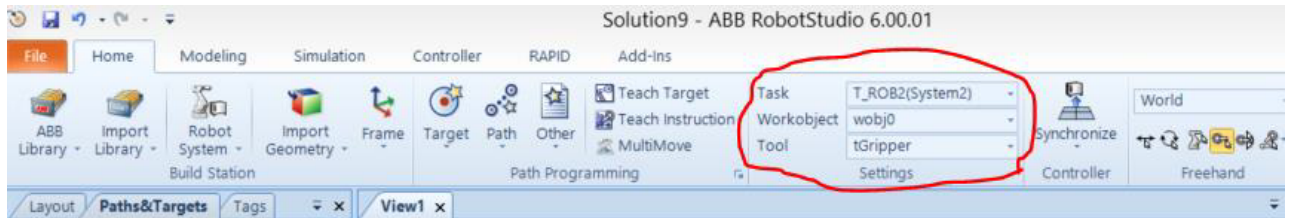


Рис. 2.21. Меню точок та траєкторій

Отже, першим ділом, щоб вибрати робота, який хотів виконати завдання, натисніть на лінійну пробіжку або переорієнтацію пробіжки, щоб перейти в позицію бажання, як показано на рисунку 2.22.

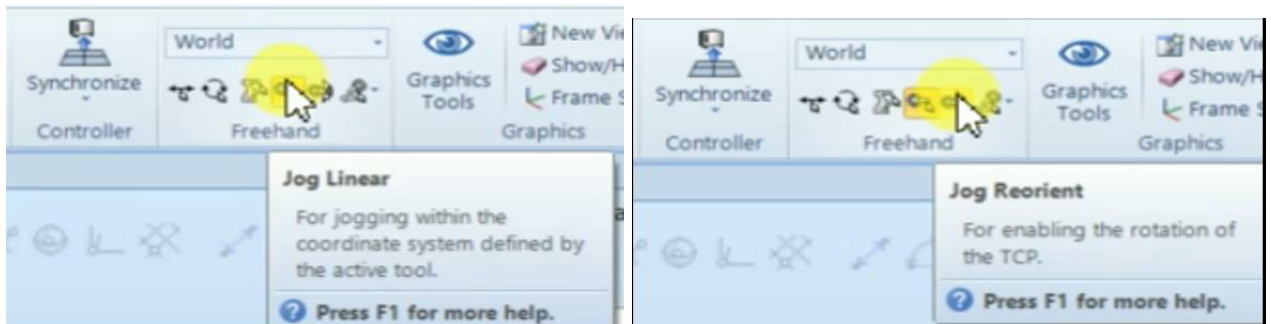


Рис. 2.22. Зміна позиції ланок робота

Коли робот переміститься у необхідне положення, тоді виберіть навчальну точку із програмування шляху, як показано на рисунку 2.23.

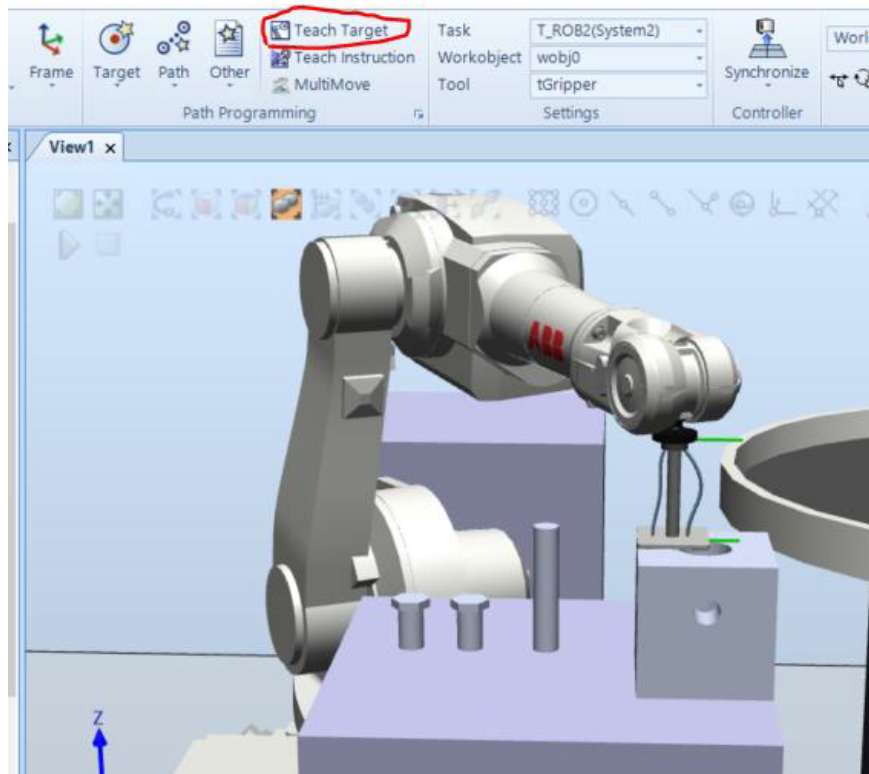


Рис. 2.23. Навчання точки програмування

Після закінчення всієї цільової позиції, необхідної для створення шляху з цілі, ми повинні вибрати всі цілі, а потім клацнути правою кнопкою миші та вибрати додати до нового шляху, як показано на рисунку 2.24.

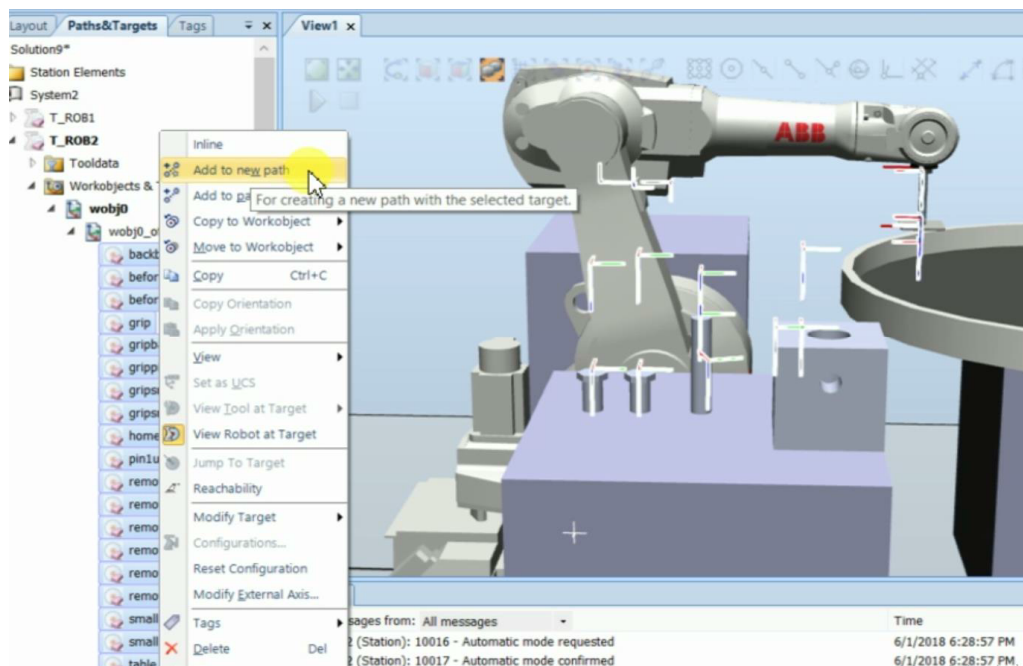


Рис. 2.24. Створення шляху по точках

Створюючи швидкий з шляху, ми повинні клацнути правою кнопкою миші на шляху, потім вибрати синхронізувати з RAPID, як показано на рисунку 2.25, і те саме для іншого робота.

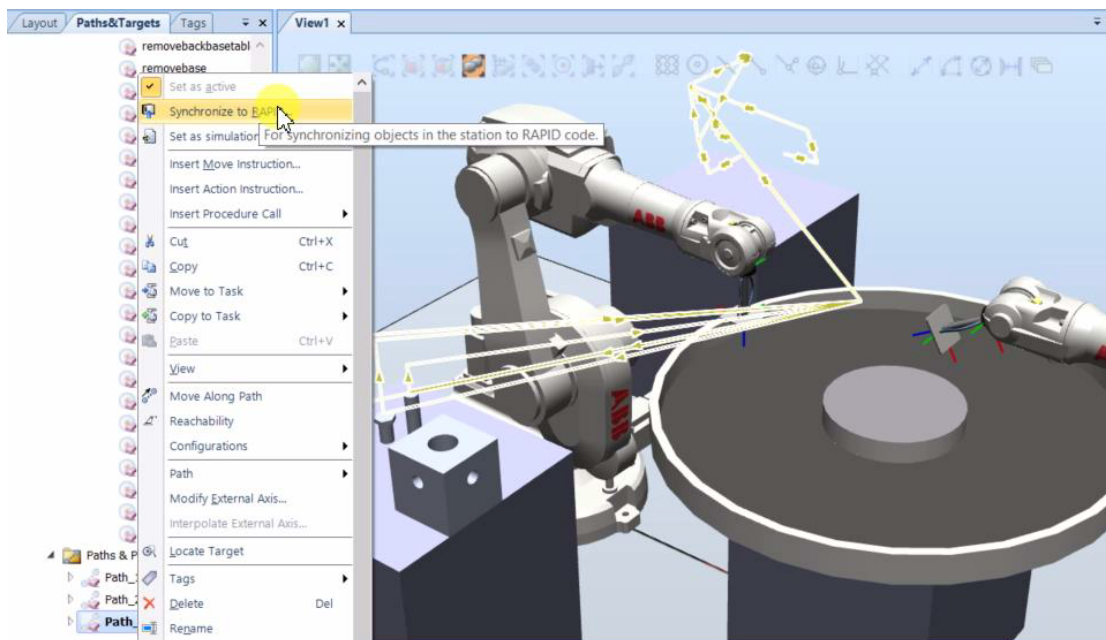


Рис. 2.25. Синхронізація в RAPID

На вкладці RAPID ми знайдемо двох роботів та програмування для обох модулів, як показано на рисунку 2.26.

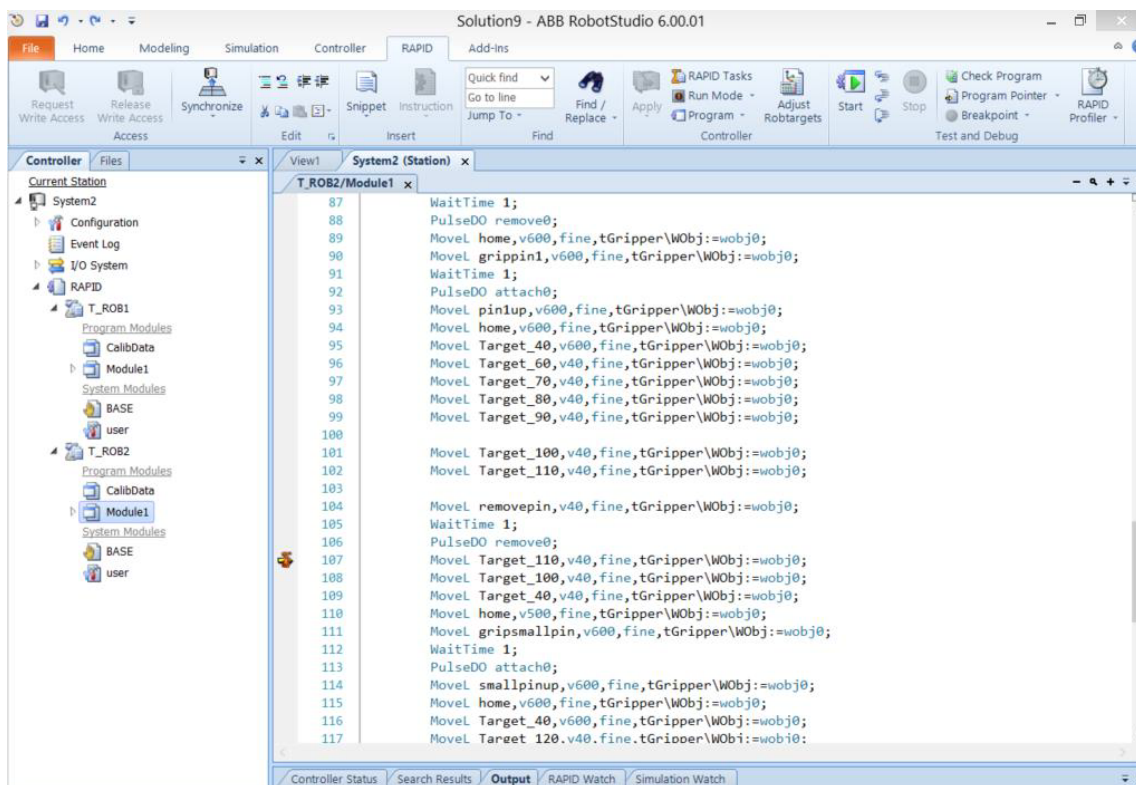


Рис. 2.26. Згенерований код програми в RAPID

Тоді нам доведеться додати час очікування та прикріпити або видалити інструкцію після досягнення цільового положення захоплювача або зняття в обох програмуваних модулів роботів, як показано на рисунку 2.27.

```
MoveL home,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
MoveL grippin1,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
WaitTime 1;  
PulseDO attach0;  
MoveL pin1up,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
MoveL home,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
MoveL Target_40,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
MoveL Target_60,v40,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
MoveL Target_70,v40,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
MoveL Target_80,v40,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
MoveL Target_90,v40,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
  
MoveL Target_100,v40,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
MoveL Target_110,v40,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
  
MoveL removepin,v40,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
WaitTime 1;  
PulseDO remove0;  
MoveL Target_110,v40,fine,tGripper\WObj:=wobj0;  
MoveL Target_100,v40,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
```

Рис. 2.27. Зняття процедури захоплення для роботів

А потім зменшіть швидкість робота при обертанні та змініть зону на тонку, як показано на Рисунку 2.28.

```

61      MoveL table,v1000,z100,tGripper\WObj:=wobj0;
62      MoveL Target_20,v1000,z100,tGripper\WObj:=wobj0;
63      MoveL grip,v1000,z100,tGripper\WObj:=wobj0;
64      PulseDO remove0;
65      MoveL Target_20,v1000,z100,tGripper\WObj:=wobj0;
66      MoveL home,v1000,z100,tGripper\WObj:=wobj0;
67      ENDPROC
68      PROC Path_20()
69
70      MoveL home,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
71      MoveL beforegripebase,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
72      MoveL gripbase,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
73      WaitTime 1;
74      PulseDO attach0;
75      MoveL beforeremovebase,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
76      MoveL removebase,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
77      WaitTime 1;
78      PulseDO remove0;
79      MoveL home,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
80      WaitTime 19;
81      MoveL removebackbasetable,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
82      WaitTime 1;
83      PulseDO attach0;
84      MoveL beforeremovebase,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
85      MoveL Target_170,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
86      MoveL Target_180,v600,fine,tGripper\WObj:=wobj0;
87      WaitTime 1;

```

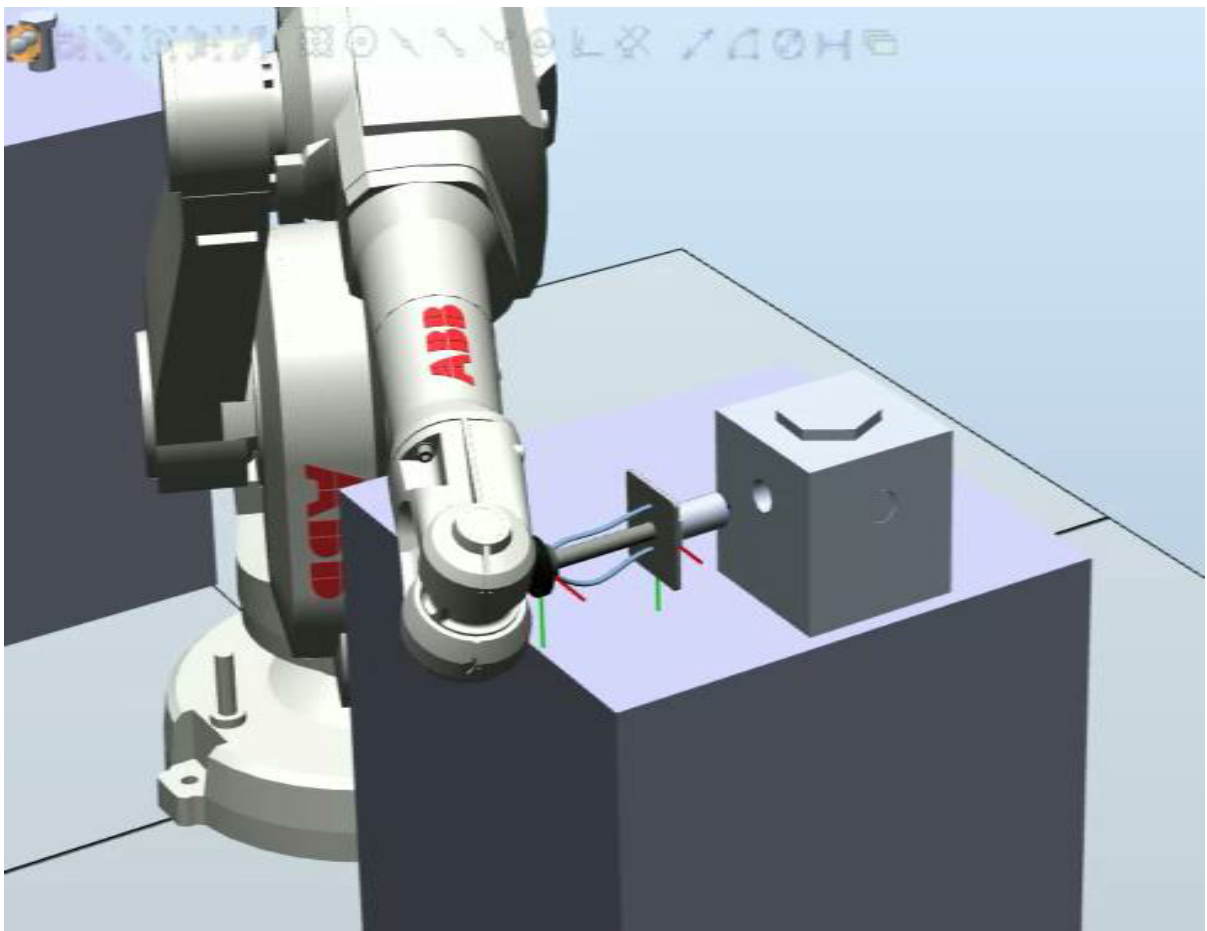


Рис. 2.28. Зміна параметрів руху при операціях складання

Для підключення всіх розумних компонентів разом в одній системі нам потрібно перейти на вкладку моделювання, а потім вибрати логіку станції, як показано на рисунку 2.29. Він покаже нам список усіх інтелектуальних компонентів, створених раніше.

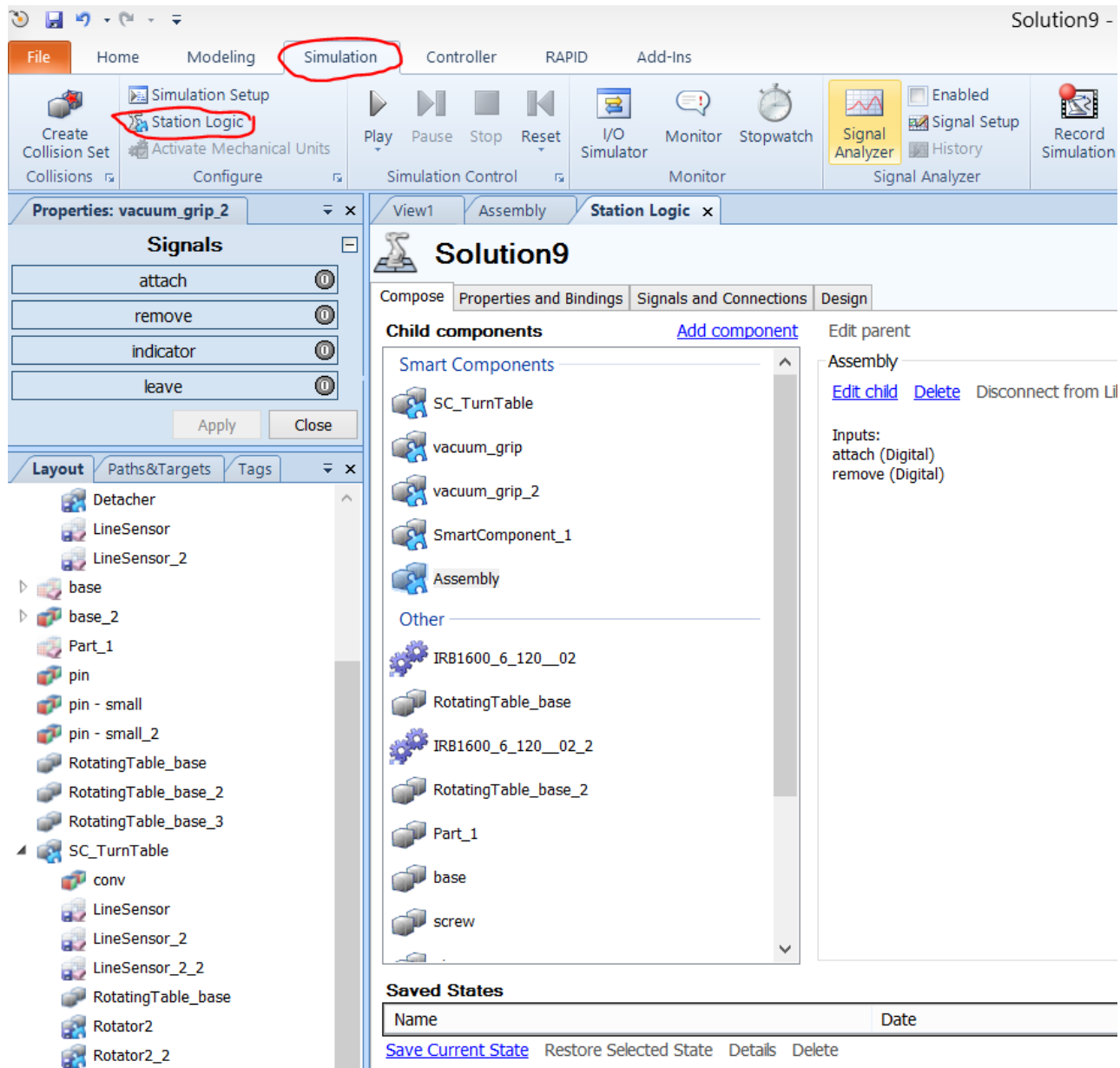


Рис. 2.29. Логічні виводи системи керування

Потім виберіть вкладку сигналів та з'єднань, а потім додайте з'єднання вводу-виводу, як показано на рисунку 2.30.

Solution9

Compose Properties and Bindings Signals and Connections Design

I/O Signals

Name	Signal Type	Value

Add I/O Signals Expose Child Signal Edit Delete

I/O Connections

Source Object	Source Signal	Target Object	Target Signal
System2	attach0	vacuum_grip_2	attach
System2	remove0	vacuum_grip_2	remove
vacuum_grip_2	leave	SC_TurnTable	in
System2	pick0	vacuum_grip	attach
System2	leave0	vacuum_grip	remove
vacuum_grip	leave	SC_TurnTable	in2
System2	startmove0	SmartComponent_1	attach
System2	startmove0	Assembly	attach

Add I/O Connection Edit Manage I/O Connections Delete Move Up Move Down

Рис. 2.30. Додавання входів та виводів

Потім на вкладці проектування ми можемо переглянути весь зв'язок між розумними компонентами в системі, як показано на рисунку 2.31.

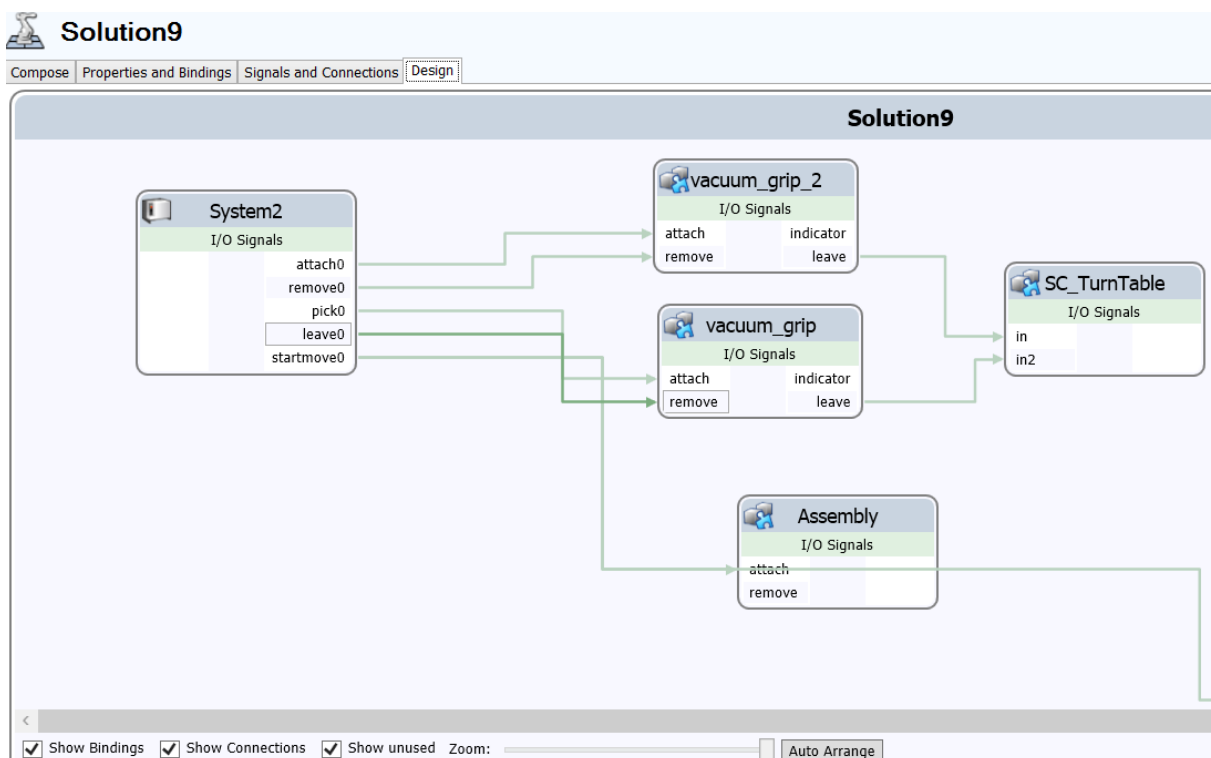


Рис. 2.31. Схема вводів/виводів розумних компонентів

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Робота в RobotStudio

Як перша сторінка програмного забезпечення Robotstudio для створення нового проекту, ми повинні вибрати між рішенням з порожнім рішенням чи рішенням із станцією, а робот-контролер або порожня станція залежать від потреб користувача, як показано на рисунку 3.1.

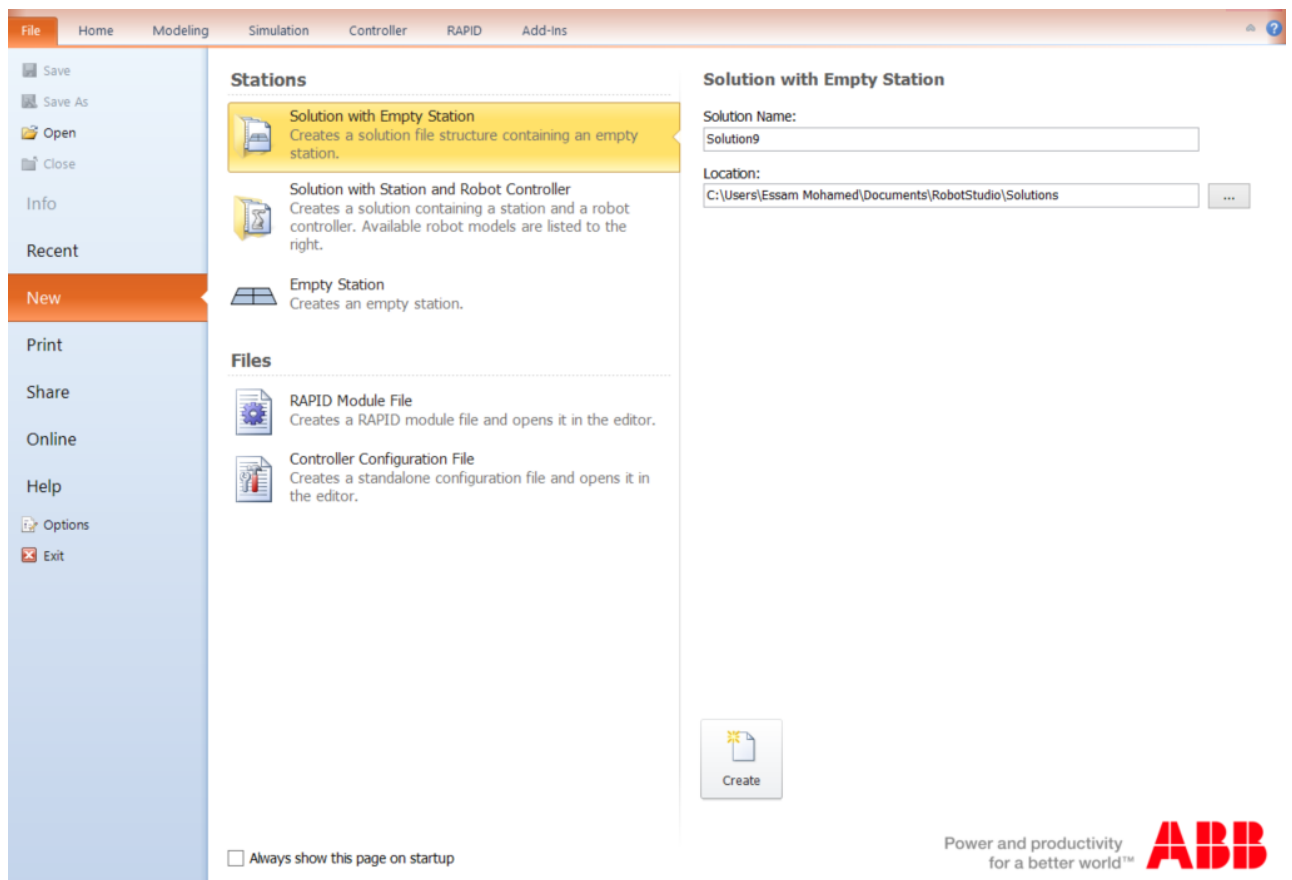


Рис. 3.1. Початкова сторінка

Після вибору створити до розчину з порожнім розчином. Відкриється сторінка з порожньою станцією з функціями, які будуть використані пізніше, як показано на рисунку 3.2.

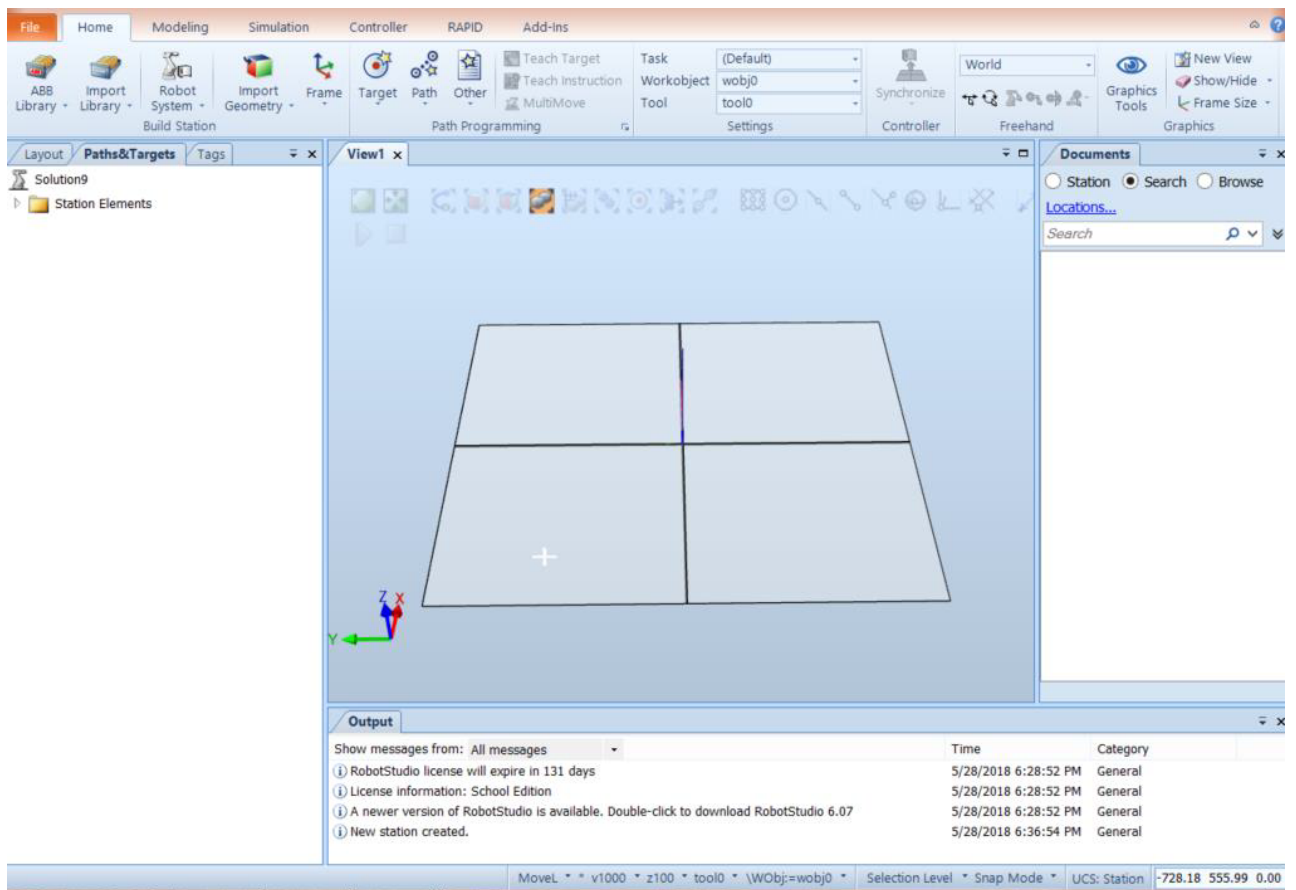


Рис. 3.2. Робоче меню програми

Першим процесом після відкриття порожньої станції є вибір роботів, який вибирається на основі корисного навантаження "бКг", крутного моменту та DOF, що аналогічно роботам в лабораторії мехатроніки "стан на керівництві робота". З бібліотеки Icon ABB ми можемо вибрати наших роботів. IRB 1600 - це робот, вибраний для проекту, і він буде обиратися два рази для створення двох роботів. Клацніть правою кнопкою миші на роботі, щоб встановити положення робота, як показано на рисунку 3.3.

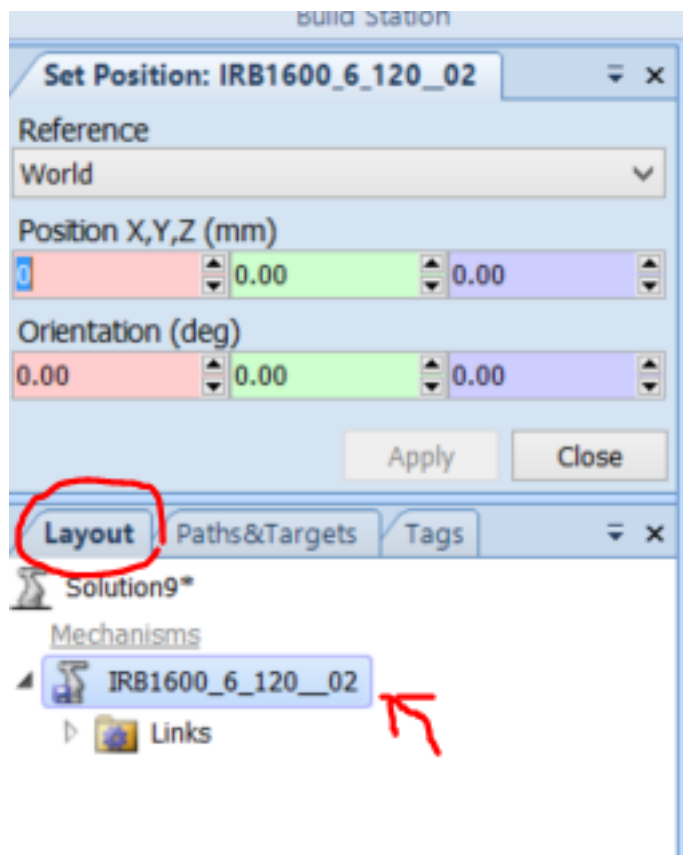


Рис. 3.3. Меню вибору робота

3.1.1 Налаштування системи

Після встановлення положення двох роботів ми повинні вибрати систему управління для двох роботів. Виберіть піктограма системного робота, потім виберіть із макета, потім виберіть двох роботів, а потім наступний, а потім виберіть системні параметри. Виберіть Координація руху і з опцій Multimove виберіть 601-1 координований Multimove, а з Параметри керування конвеєром виберіть 606-1 Відстеження конвеєра, а потім завершіть, як показано на рисунку 3.4.

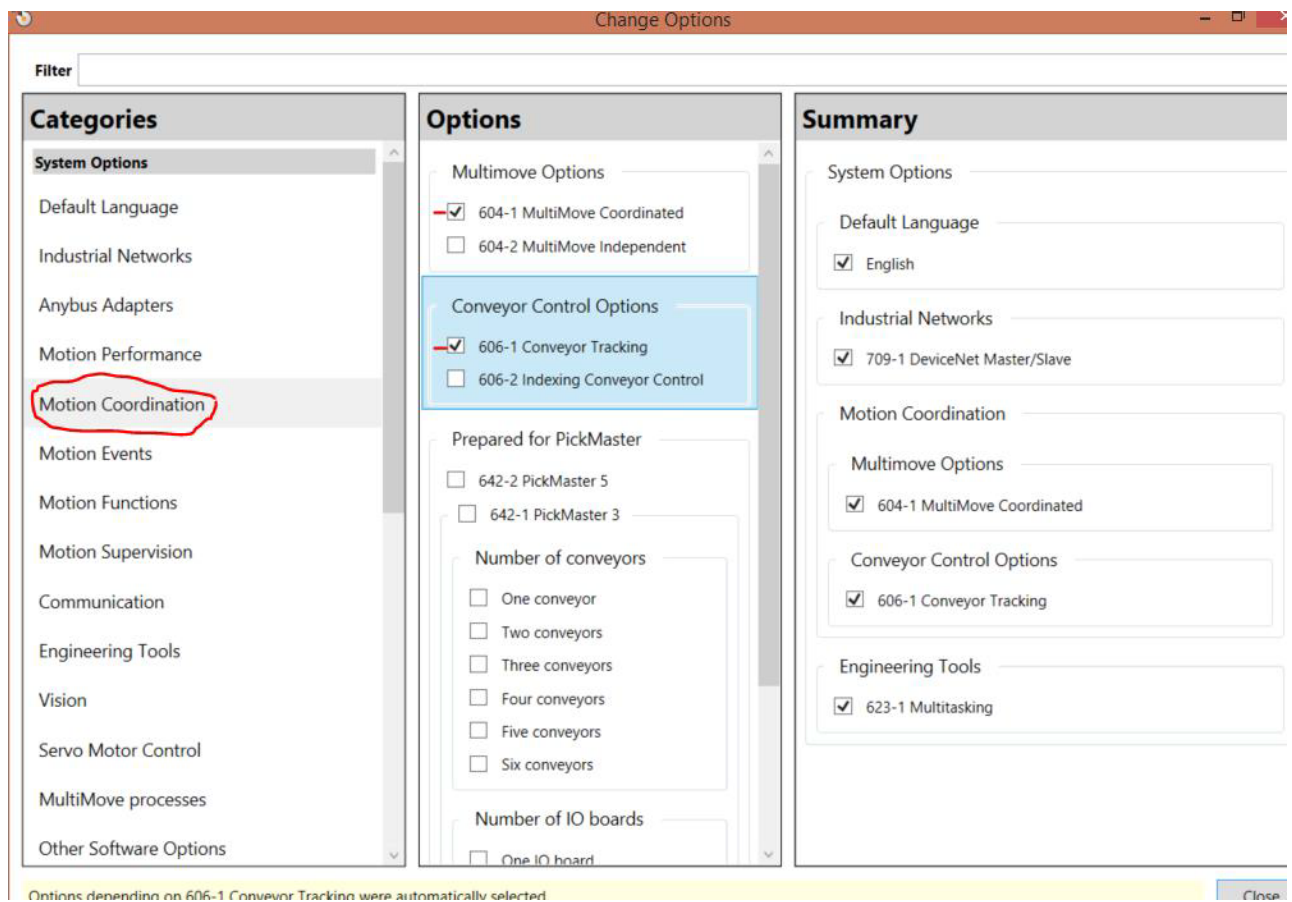


Рис. 3.4. Меню виобру конвєсєра

Після створення деталей із Solidworks його слід зберегти як ACIS * SAT, як показано на рисунку 3.5.

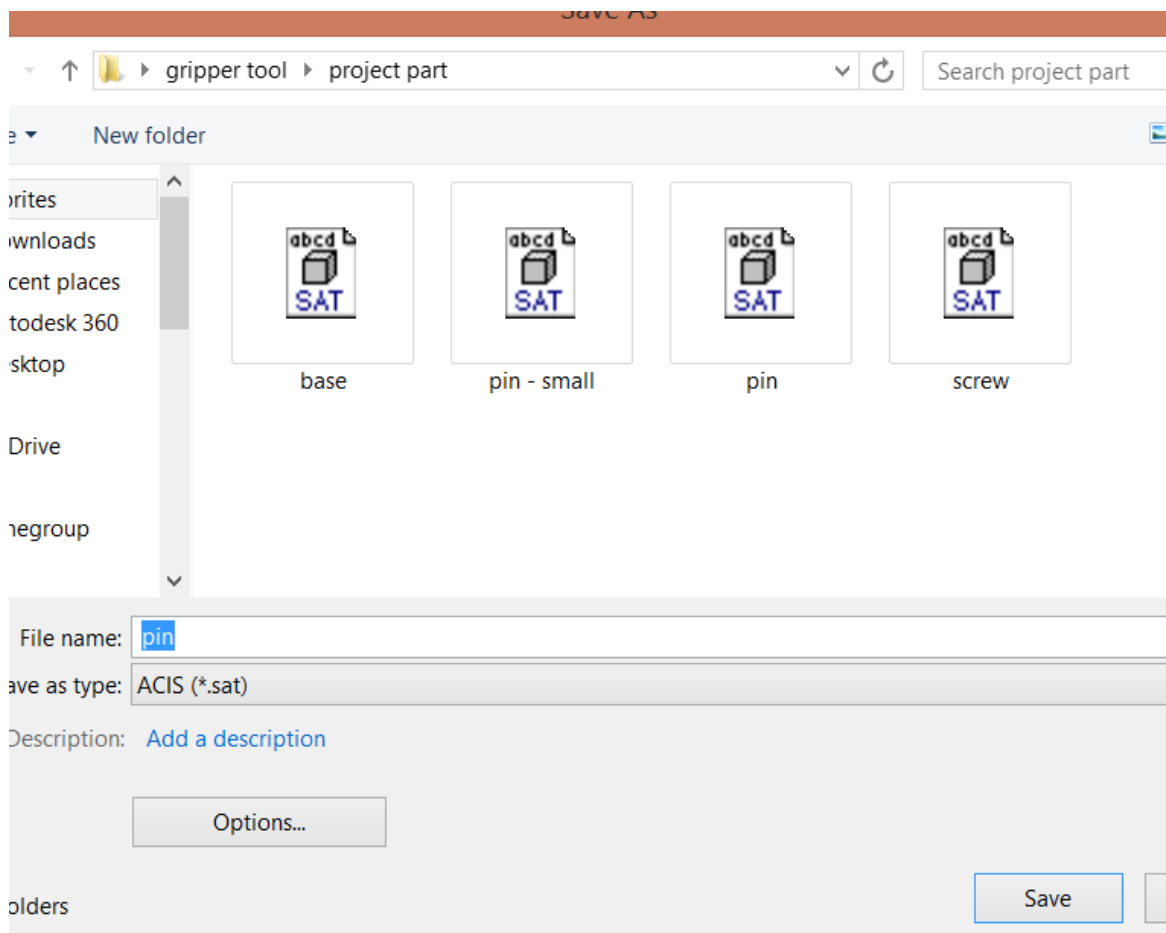


Рис. 3.5. Збереження геометрії

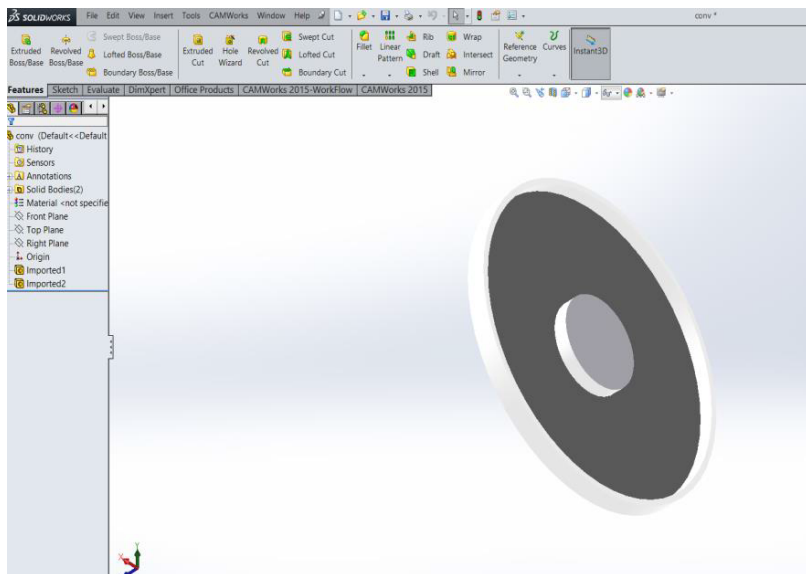


Рис. 3.6. Деталі для імпорту

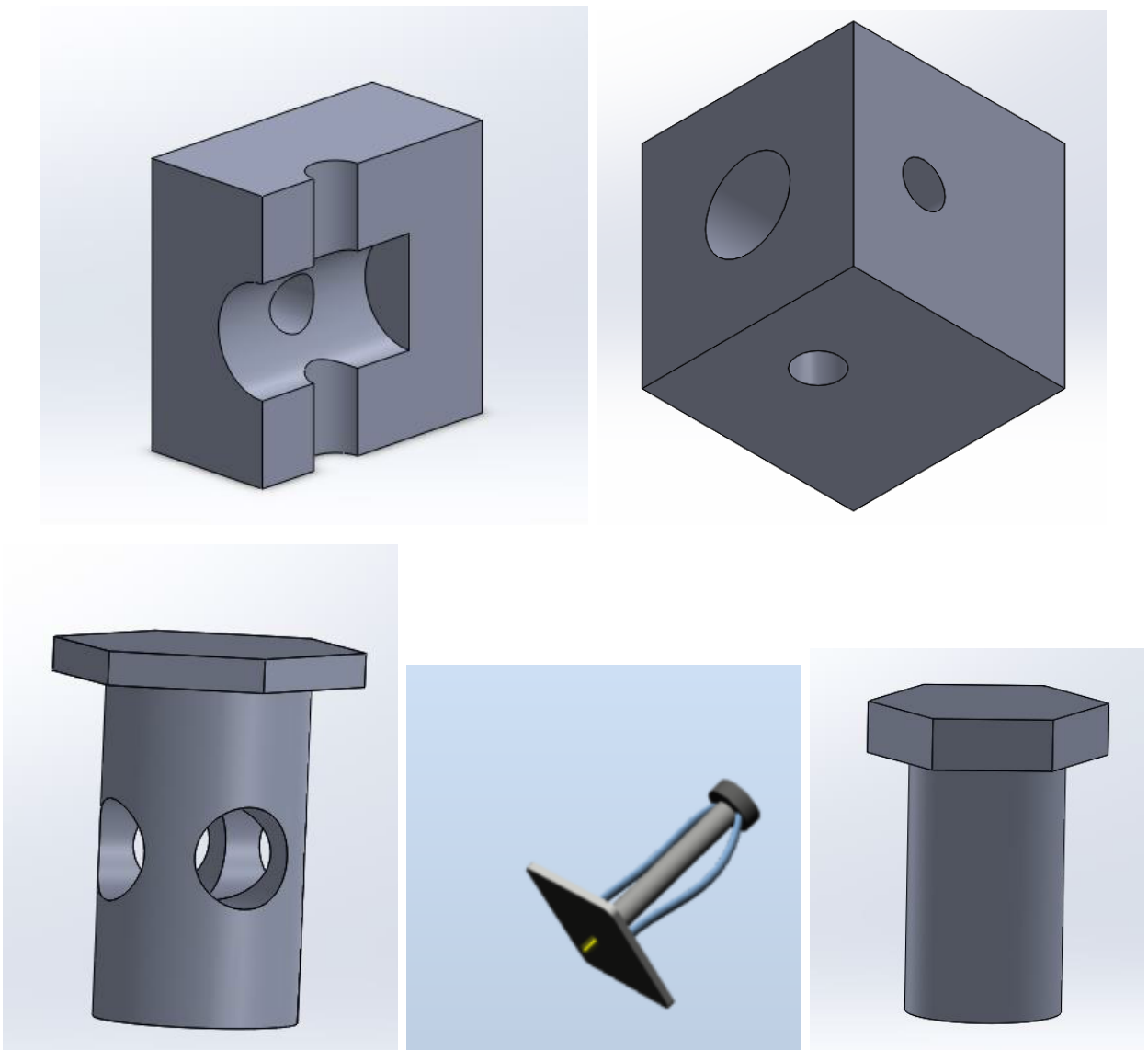


Рис. 3.7. Деталі для імпорту

Натисніть на піктограму «Імпортувати геометрію», а потім «Огляд із геометрії», а потім виберіть деталі, створені з Solidworks. Імпортуйте деталі, а потім встановіть положення для кожної деталі, як показано раніше. Приєднайте компоненти вакуумного захоплювача до двох роботів.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Значення охорони праці в забезпеченні здорових умов праці

Під охороною праці розуміється система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Охорона праці - прикладна наука правового, санітарно-гігієнічного і технічного напрямку, що виявляє і вивчає виробничі небезпеки, розробляє методи їх попередження і послаблення з метою усунення виробничого травматизму, професійних захворювань робочих, попередження аварій, пожеж і вибухів, забезпечує оздоровлення умов праці і захист населених пунктів від шкідливих і небезпечних впливів виробництва.

За останні роки всі сфери промисловості автоматизувались, що привело до зменшення нещасних випадків на виробництві, але в той самий час виникло ряд інших шкідливих факторів пов'язаних з використанням ЕОМ і інших обчислювальних засобів.

Найбільш повні дані про вплив комп'ютера на людину можна отримати, зібравши і проаналізувавши дані за період, як мінімум, до 60 років, оскільки така середня тривалість життя людини. В Харківському інституті професійних захворювань і гігієни праці є лабораторія, яка уже на протязі 12 років поглиблено займається цими питаннями.

4.2 Охорона праці як система заходів щодо гармонізації використання комп'ютерних технологій

Науково-технічний прогрес призводить до корінної зміни характеру та засобів трудової діяльності. Він створює для людини велику кількість благ: зменшує тяжкість праці (фізичне навантаження), робить її інтелектуальною,

цікавою, різноманітною, розвиває творчі здібності людини, сприяє удосконаленню її професійних навичок тощо.

Проте сучасна техніка є потенційним джерелом високої небезпеки для життя та здоров'я працівника, оточуючих його людей, а також навколишнього середовища. Особливо це стосується сучасних технологій, що активно використовують комп'ютери. Мільйони користувачів відеодисплейних терміналів (ВДТ) персональних комп'ютерів працюють практично у всіх галузях народного господарства.

Праця цих користувачів дуже різноманітна. Це працівники обчислювальних центрів, що обслуговують автоматизовані системи управління підприємствами, касири, працівники довідкових служб, оператори енергетичних, хімічних, газових, нафтових та інших підприємств, працівники поліграфічної промисловості, службовці редакцій журналів, газет, книжкових видань, працівники сфери освіти, перекладачі, особи, які працюють у агентствах новин, та багато інших категорій працівників. Всіх їх об'єднує використання у своїй роботі відеодисплейних терміналів персональних електронно-обчислювальних машин та розумовий характер праці.

Проте активне впровадження у практику персональних комп'ютерів має двоякий характер. З одного боку, підвищується результативність праці, а з другого — з'являються фактори, які несприятливо впливають на здоров'я працюючої людини. У зв'язку з цим набуває актуальності вивчення фізіологічних, психологічних, соціальних та виробничих наслідків використання ВДТ ПЕОМ, розробка та активне застосування заходів, що нормалізують працю та зберігають здоров'я користувачів.

Збереження здоров'я користувачів ВДТ, підтримання ефективності та надійності їх праці на належному рівні є одним з аспектів застосування дисципліни — охорона праці. Ця важлива прикладна наука вивчає небезпечні та шкідливі виробничі фактори, визначає ступінь їх впливу на організм

працюючих і розробляє організаційні та технічні заходи щодо усунення або у всякому разі зменшення їх несприятливого впливу на працюючих.

Разом з тим, у межах охорони праці вирішуються питання створення технічних засобів захисту від дії шкідливих факторів, розробляються заходи щодо попередження нещасних випадків, професійного травматизму, профілактики професійних та професійно зумовлених захворювань.

Охорона праці — системо законодавчих актів, соціально-економічних, організаційно-технічних, гігієнічних і лікуально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я та працездатність людини у процесі праці.

Все різноманіття нормативних документів, що включають поняття охорона праці, передбачає створення таких умов праці, за яких виключено або значно ослаблено вплив на працюючих шкідливих та небезпечних факторів трудового середовища.

Під шкідливим виробничим фактором розуміємо такий фактор виробничого середовища, вплив якого на працюючого завдає шкоди його здоров'ю та працездатності.

4.3 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей виробничого середовища

Прискорене впровадження ЕОМ практично у всі галузі діяльності веде до появи великої кількості робочих місць з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ), що є основним засобом спілкування з ЕОМ. Вони поширюються як на виробництві у різних системах контролю та управління, так і в різних адміністративно-господарських приміщеннях, де розташовуються обчислювальні центри організацій та інститутів. За даними всесвітньої організації охорони здоров'я, професійна діяльність з ВДТ може в окремих випадках призводити до порушень з боку зорового аналізатора, кістково-м'язових (вимушена поза) та порушень, пов'язаних із стресовими

ситуаціями та нервово-емоційними навантаженнями при роботі, захворювань шкіри та ін.

Зараз в нашій країні є комплекс розроблених організаційних заходів і технічних засобів захисту, накопичений передовий досвід роботи великої кількості обчислювальних центрів який показує, що є можливість досягнути значно більших успіхів в справі знешкодження дії шкідливих та небезпечних виробничих факторів на персонал. Але стан умов праці та її безпеки при роботі з ЕОМ ще не задовільняє сучасним вимогам. Працівники ще стикаються з дією на них таких фізично небезпечних та шкідливих виробничих факторів, як дія шкідливих випромінювань від монітора та комп'ютера, підвищений рівень шуму, підвищена температура середовища, відсутність або недостатня освітленість робочої зони, електричний струм, статична електрика та ін. В період роботи з ВДТ на електронно-променевих трубках на організм користувача впливає цілий ряд факторів фізичної природи, але всі вони знаходяться в межах і значно нижче за нормовані величини відповідно до діючих зараз нормативних документів (таблиця 7.1).

Таблиця 4.1 – Вид електромагнітних випромінювань ВДТ

Види випромінювань	Діапазон	Фактичні (середні) дані вимірів	Нормовані значення
Рентгенівське випромінювання	понад 1.2 Кев	9-10-12 мкр/год	75.0 мкр/год
Ультрафіолетове випромінювання	220-280 нм 280-320 нм	0 0-0.02	0.1 Вт/м ²
Видимий діапазон	320-400 нм 400-700 нм	0.1-0.2 2.5-4.0	10.0 Вт/м ²
Яскравість		75-80 кд/м ²	Не менше 35 кд/м ²
а-випромінювання	700 нм-1 мм	0.05-4.0	100.0 Вт/м ²
Електростатичне поле	0 Гц	15 кВ/м	20-60 кВ/м

Велика кількість працюючих з ЕОМ зв'язані з дією на них таких факторів, як розумове перевантаження, перевантаження слухових та зорових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження. Вплив вказаних факторів приводить до зниження працездатності, що викликається втому. Поява та розвиток втоми пов'язана з змінами, які виникають під час роботи в центральній нервовій системі, з тормозними процесами в корі головного мозку.

Світлотехнічна специфіка робочих місць з ВДТ викликана такими унікальними особливостями:

1. Світлотехнічна різноманітність об'єктів зорової роботи користувачів ЕОМ, що працюють з ВДТ, пов'язана з наявністю трьох об'єктів (екран, клавіатура, документація), розташованих у різних зонах спостереження, що вимагає багаторазового переведення лінії зору від одного до іншого. Робоча документація частіше за все розміщена на столі у горизонтальній площині на відстані оптимальної зони видимості (приблизно 350 мм), об'єкти розрізнення мають негативний контраст, тобто об'єкти на світловому фоні. Об'єкти на клавіатурі визначаються більшим розміром і розташовані у похилій площині. Яскраві знаки на темному фоні майже вертикально орієнтованого екрану дисплея вимагають незвично горизонтальної орієнтації лінії зору. Таким чином умови роботи з ВДТ ускладнюються необхідністю постійної переадаптації від яскравих об'єктів з позитивним контрастом на темні-з негативним.

2. Робота з пульсуючим самосвітним об'єктом, який постійно знаходиться у центрі поля зору, що не відповідає нормативним вимогам щодо обмеження пульсації та засліпленості. Наявність пульсацій яскравості знаків виникає дискомфорт і втому, загальну і зорову.

3. На робочому місці несприятливо розподілена яскравість у полі зору, оскільки освітлені поверхні периферії поля зору можуть виявитись світлішими, ніж центр поля зору- темний, обмежено освітлений, а іноді заповнений

знаками екран ВДТ. Такий розподіл яскравості у полі зору сприяє порушенню основних зорових функцій.

4. Засліплююча дія світильників, які освітлюють приміщення на робочому місці з ВДТ більша, ніж інших, що призводить до зменшення кута дії різних засліплюючих джерел і, відповідно, до зростання освітленості.

5. Наявність дзеркального відбиваючої і неплоскої зовнішньої поверхні не дає можливості повністю усунути з поля зору користувача всі відбиті відблиски.

В приміщеннях найчастіше використовується бокове природне освітлення. Як наслідок слабкої освітленості робочого приміщення, створюється різкий контраст між освітленістю моніторів та освітленістю навколишніх предметів, що дуже шкідливо для зору оператора. В тих випадках коли одного природнього освітлення недостатньо, встановлюється сумісне освітлення. При цьому додаткове штучне освітлення використовується не тільки в темноті, але й в світлий час доби.

Штучне освітлення по характеру виконуваних завдань ділиться на робоче, аварійне, евакуаційне.

Раціональне кольорове оформлення приміщення направлене на покращення санітарно-гігієнічних умов праці, підвищення його продуктивності та безпеки. Оформлення приміщень діє на нервову систему людини, її настрій та в кінцевому рахунку на продуктивність праці. Основні виробничі приміщення доречно фарбувати в відповідності з кольором технічних засобів. Освітленість приміщення і обладнання повинно бути м'яким, без відблисків.

Зниження шуму, що створюється на робочому місці внутрішніми джерелами, а також шуму, який проникає ззовні, є дуже важливим завданням. Зниження шуму в джерелі можна забезпечити використанням пружних прокладок між основою машини, приладу і опорою поверхні. В якості прокладок використовується гума, войлок, пробка, різної конструкції

амортизаторів. Під настільні апарати, які є джерелами шуму, можна підкладати м'які коврики з синтетичних матеріалів, а під ножки столу, на яких вони встановлені,- прокладки з м'якої гуми, войлока, товщиною 6-8 мм. Кріплення прокладок можливе шляхом приклеювання їх до опорних частин.

Можливе також використання звукопоглинаючих кожухів, які не заважають технологічному процесу. Не менш важливим для зниження шуму в процесі експлуатації є питання правильного і своєчасного регулювання, змащення і заміни механічних вузлів обладнання, яке шумить.

Зниження рівня шуму, що надходить в виробниче приміщення ззовні, може бути досягнуто збільшенням звукоізоляції огорожуючих конструкцій, притисненням притворів вікон, дверей.

Таким чином для зниження шуму, що створюється на робочих місцях внутрішніми джерелами, а також шуму, що надходить ззовні:

- ослабити шум самих джерел (застосування екранів, звукоізолюючих кожухів);
- знизити ефект сумарної дії відбитих звукових хвиль (звукопоглинаючі поверхні конструкцій);
- використовувати архітектурно-планувальні та технологічні вирішення ізоляцій джерел шуму;
- використовувати раціональне розміщення обладнання.

Електричні установки, до яких відносяться практично всі складові ЕОМ, носять для людини велику потенційну небезпеку, так як в процесі експлуатації або проведення профілактичних робіт людина може доторкнутися до частин, які знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок: струмоведучі провідники, корпуси стійок ЕОМ та іншого обладнання, які опинилися під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції, не подають будь-яких сигналів, які попереджують людину про безпеку. Реакція людини на електричний струм виникає тільки при протіканні останнього через тіло людини.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом широко використовуються заземлювачі.

4.4 Електромагнітний імпульс ядерного вибуху і захист від нього радіоелектронних засобів

На початку 90-х років у США стала зароджуватися концепція, відповідно до якої збройні сили країни повинні мати не тільки ядерні і звичайні озброєння, але і спеціальні засоби, що забезпечують ефективну участь у локальних конфліктах без нанесення супротивнику зайвих втрат у живій силі і матеріальних цінностях.

До цієї спеціальної зброї американські військові фахівці в першу чергу відносять:

- засоби створення електромагнітного імпульсу (ЕМІ);
- генератори інфразвуку;
- хімічні склади і біологічні рецептури, здатні змінювати структуру базових матеріалів основних елементів бойової техніки;
- речовини, що виводять з ладу змащення і гумові вироби, викликають загустення пального;
- лазери.

В даний час основні роботи з розвитку технологій зброї не смертельної дії (ЗНСД) проводяться в керуванні перспективних досліджень міністерства оборони, Ліверморській і Лос-Аламоській лабораторіях міністерства енергетики, центрі розробок озброєння міністерства армії і т.д.

Найбільш близькі до прийняття на озброєння різні типи лазерів для осліплення особового складу, хімічні засоби для його знерухомлення, генератори ЕМІ, що негативно впливають на роботу електронної техніки.

Генератори ЕМІ (супер ЕМІ), як показують теоретичні роботи і проведені за рубежом експерименти, можна ефективно використовувати для виводу з

ладу електронної й електротехнічної апаратури, для стирання інформації в банках даних і псування ЕОМ.

За допомогою ЗНСД на основі генераторів ЕМІ можливий вивід з ладу ЕОМ, ключових радіо й електротехнічних засобів, систем електронного запалювання й інших автомобільних агрегатів, чи підірвавши інактивація мінних полів. Вплив цієї зброї досить вибірково і політично цілком прийнятний, однак потрібна точна доставка його в райони поразення.

Незважаючи на визнання військово-політичним керівництвом США і НАТО неможливості перемоги в ядерній війні, різні аспекти вражаючого дії ядерної зброї продовжують широко обговорюватися. Так, в одному з розглянутих іноземними фахівцями сценаріїв початкового періоду ядерної війни особливе місце приділяється потенційної можливості висновку з ладу радіоелектронної техніки в результаті впливу на неї ЕМІ.

Вважається, що підірвавши на висоті близько 400 км тільки одних боєприпасів потужністю більш 10 Мт приведе до такого порушення функціонування радіоелектронних засобів у великому районі, при якому час їхнього відновлення перевищить припустимі терміни для вживання відповідних заходів.

По розрахунках американських експертів, оптимальною точкою підризу ядерних боєприпасів для поразки ЕМІ радіоелектронних засобів майже на всій території США була би точка в космосі з епіцентром у районі географічного центра країни, що знаходиться в штаті Небраска.

Теоретичні дослідження і результати фізичних експериментів показують, що ЕМІ ядерного вибуху може привести не тільки до виходу з ладу напівпровідникових електронних пристроїв, але і до руйнування металевих провідників кабелів наземних споруд. Крім того, можлива поразка апаратури, що знаходяться на низьких орбітах.

Для генерації ЕМІ ядерні боєприпаси можуть підриватися в космічному

просторі, що не приводить до виникнення ударної хвилі і випаданню радіоактивних опадів. Тому в закордонній пресі виголошуються наступні думки про "неядерний характер" такого бойового застосування ядерної зброї і про те, що удар з використанням ЕМІ не обов'язково приведе до загальної ядерної війни.

Небезпека цих заяв очевидна, тому що одночасно деякі закордонні фахівці не виключають можливість масової поразки за допомогою ЕМІ і живої сили. У всякому разі цілком очевидно, що наводимі під впливом ЕМІ в металевих елементах техніки струми і напруги будуть смертельно небезпечні для особового складу.

4.5 Забезпечення нормальних умов праці

4.5.1 Вибір приміщення

При виборі приміщення для робочих місць необхідно врахувати, що вони можуть давати відблиски на екранах дисплеїв і викликати значну освітленість у сидячих перед ними, особливо літом та в сонячні дні.

В машинних залах робочі місця операторів, які працюють з дисплеями, розміщують подалі від вікон і таким чином, щоб віконні пройоми виходили збоку. Якщо екран дисплея повернутий до віконного пройому, необхідні спеціальні екрануючі пристрої. Вікна рекомендується оснащувати світлорозсіюючими шторами, регулюючими жалюзями або сонцезахисною сіткою з металізованим покриттям. Площа засклення не повинна перевищувати 25 % від площі стіни з вікнами. Для мінімізації засвічування від сонячних променів екранів ВДТ вікна можуть бути орієнтовані на північ (північний захід, північний схід).

Необхідно забезпечити відповідне оформлення інтер'єра, бо давати відблиски на екранах і сліпити працюючих можуть не тільки вікна, але й інші поверхні великої яскравості, в тому числі стеля, стіни, поверхні столів, шаф.

Тому все повинно мати невисокі коефіцієнти віддзеркалювання: робочого столу, корпусу та клавіатури- 0.2-0.5; стелі- 0.6-0.7; стін- 0.2-0.5; підлоги- 0.1-0.2; шаф та стелажів- 0.25-0.35. Всі оздоблювальні матеріали приміщення повинні бути матового кольору.

4.5.2 Забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов на робочому місці

Приміщення, їх розміри (площа, об'єм) повинні в першу чергу відповідати кількості працюючих і розміщеному в них комплекту технічних засобів. В них передбачаються відповідні параметри температури, освітлення, чистоти повітря, забезпечують ізоляцію, захист від виробничих шумів і т. п. Робочі місця з ВТД вимагають значної площі на одне робоче місце (6-7 м²), а при середній площі устаткування 0.8-1.2 м² навколо нього має залишатись вільний простір не менше 1 м з кожного боку. Для забезпечення нормальних умов праці санітарні норми СН245-71 встановлюються на одного працівника, об'єм виробничого приміщення не менше 15 м², а площа приміщення огороженого глухими перегородками не менше 4.5 м². В дисплейних класах температура повітря повинна становити 19-21 °С, відносна вологість 55-65 %, швидкість руху повітря не більше 0.1 м/с, рівні шуму та еквівалентні рівні звуку в приміщеннях не повинні перевищувати 50дБ.

Для експлуатації ЕОМ необхідно передбачити наступні приміщення:

- машинний зал;
- приміщення для розміщення сервісного і периферійного обладнання;
- приміщення для зберігання запасних деталей, інструментів приладів;
- приміщення для розміщення вентиляторів;
- приміщення для персоналу;

- приміщення для прийому- видачі інформації.

Ці приміщення розміщують в безпосередній близькості одне від одного. Їх обладнують загальнообмінною вентиляцією та штучним освітленням. До приміщень машинного залу і зберігання магнітних носіїв інформації ставляться особливі вимоги. Площа машинного залу повинна відповідати площі необхідної по заводським технічним умовам даного типу ЕОМ.

Висота залу над технічною підлогою до підвісної стелі повинна бути 3-5 м. Відстань між підвісною та основною стелями при цьому повинна бути 0,5-0,8 м. Висоту припідлогового простору приймають рівною 0,2-0,6 м.

При роботі з ЕОМ, як правило, застосовують бічне природне освітлення. Робочі кімнати і кабінети повинні мати природне освітлення. В решті приміщень допускається штучне освітлення. В таблиці 6.2 приведені рівні освітленості в приміщеннях з ВДТ при використанні різних типів дисплеїв.

В тих випадках, коли одного штучного освітлення не достатньо, встановлюється сумісне освітлення. При цьому додаткове штучне освітлення використовується як в темноті, так і в світлий час доби.

Раціональне планування приміщення, розміщення устаткування є важливим фактором, який дозволяє понизити шум при існуючому устаткуванні. При плануванні машинний зал та приміщення для сервісної апаратури необхідно розташувати якнайдалі від устаткування, яке дуже шумить або вібрує.

Таблиця 4.2 - Рівні освітленості в приміщеннях з ВДТ

Характеристики дисплеїв зорової роботи		Нормована освітленість (лк) у площині столу, клавіатури (Ег), та екрану (Ев)			
Вид дисплея	Група напруженості зорової роботи	Загальне		Комбіноване	
		Ег, лк	Ев, лк	Ег, лк	Ев, лк
Одноколірний	 	300	150-100	400	150-100
		400	200-150	500	300-150

Багатоколірний	Будь-яка	-	-	200	100-75
----------------	----------	---	---	-----	--------

Зниження рівня шуму, який проникає в виробниче приміщення ззовні може бути досягнуте збільшенням звукоізоляції огорожуючих конструкцій [23].

Для профілактики порушень та підтримання працездатності необхідно витримувати регламентовані перерви для відпочинку. У період роботи за дислеєм у режимі праці та відпочинку необхідно передбачити через кожні 40-45 хв. три- або п'ятихвилинні перерви для відпочинку.

ВИСНОВКИ

При програмуванні роботів в автономному режимі програмування може відбуватися паралельно з побудовою системи. Програмуючи систему одночасно з виробництвом, виробництво може розпочатися раніше, скорочуючи час виходу на ринок. Програмування в режимі офлайн зменшує системний ризик шляхом візуалізації та підтвердження рішень та макетів перед тим, як встановити власне робота, і створює більш високу якість деталей завдяки створенню більш точних шляхів.

Робота мала під собою мету розробки, програмування та моделювання робочої комірки та станції за допомогою RobotStudio, а також контролювати, встановлювати, конфігурувати та програмувати справжній контролер робота та робити збірку в Robotstudio за допомогою двох роботів та поворотного конвеєра.

RobotStudio - це інженерний інструмент для конфігурації та програмування роботів АВВ, як справжніх роботів у цеху, так і віртуальних роботів у ПК. Для досягнення справжнього офлайн-програмування RobotStudio використовує технологію АВВ VirtualRobot™.

В програмному середовищі RobotStudio створені структурні зв'язки сигналів робототехнічного комплексу, для реалізації складання та побудовано логічну схему роботи робототехнічного комплексу. Це дозволило реалізувати автоматизоване складання деталі за її розмірами та швидку зміну параметрів в залежності від зміни параметрів деталі.

Нарешті, програму було протестовано, і можна було підтвердити значне спрощення методу програмування, оскільки інженеру не потрібно знайомитись з мовою програмування АВВ для використання програми, а з лекістю змінювати параметри деталі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Deloitte. Artificial Intelligence [Internet]. 2018 [cited 2019 Dec 10]. Available from: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/deloitte-analytics/deloitte-nl-data-analytics-artificial-intelligence-whitepaper-eng.pdf>
2. G. Chryssolouris, Manufacturing Systems: Theory and Practice, 2nd ed. Springer New York, (2006)
3. D. Mourtzis, E. Vlachou, N. Milas, Industrial Big Data as a Result of IoT Adoption in Manufacturing, *Procedia CIRP*, (55) (2016) 290-295.
4. P. Stavropoulos, H. Bikas, D. Mourtzis, Collaborative Machine Tool design: the Teaching Factory paradigm, *Procedia Manufacturing*, (23) (2018) 123-128
5. A. Kusiak, Smart manufacturing, *International Journal of Production Research*, 56 (2018) 508-517.
6. E. M. Frazzon, M. Kück, M. Freitag, Data-driven production control for complex and dynamic manufacturing systems, *CIRP Annals*, (67) (2018) 515-518.
7. G. Chryssolouris, D. Mourtzis, P. Stavropoulos, D. Mavrikios, J. Pandremenos, Knowledge management in a virtual lab collaborative training project: a mini-formula student car design. In *Methods and Tools for Effective Knowledge Life-Cycle-Management*, Springer, Berlin, Heidelberg, (2008) 435-446.
8. M. G. Nejad, M. Kovács, G. Vizvári, An optimization model for cyclic scheduling problem in flexible robotic cells, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, (95) (2018) 3863-3873.
9. G. Ch. Vosniakos, E. Matsas, Improving feasibility of robotic milling through robot placement optimisation, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, (26) (2010) 517-525.
10. L. Rentzos, D. Mavrikios, G. Chryssolouris, A Two-way Knowledge Interaction in Manufacturing Education: The Teaching Factory, *Procedia CIRP*, (32) (2015) 31-35.

11. L. Rentzos, M. Doukas, D. Mavrikios, D. Mourtzis, G. Chryssolouris, Integrating manufacturing education with industrial practice using teaching factory paradigm: A construction equipment application, *Procedia CIRP*, (17) (2014) 189-194.
12. L. Sun, K. Zheng, W. Liao, J. Liu, J. Feng, S. Dong, Investigation on chatter stability of robotic rotary ultrasonic milling, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 63 (2020).
13. M. G. Nejad, S. M. Shavarani, H. Güden, R. V. Barenji, Process sequencing for a pick-and-place robot in a real-life flexible robotic cell, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 103 (2019) 3613-3627.
14. P. Holtewert, T. Bauernhansel, Optimal Configuration of Manufacturing Cells for high Flexibility and Cost Reduction by Component Substitution, *Procedia CIRP*, (41) (2016) 111-116.
15. S. Antoniou, L. Rentzos, D. Mavrikios, K. Georgoulas, D. Mourtzis, G. Chryssolouris, A Virtual Reality Application to Attract Young Talents to Manufacturing, *Procedia CIRP*, (57) (2016) 134-139.
16. S. Zhang, Y. Wang, W. Zhou, Towards secure 5G networks: A Survey, *Computer Networks*, (162) (2019).
17. X. Xu, From cloud computing to cloud manufacturing, *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 28 (2012) 75-86.
18. G. Michalos, S. Makris, N. Papakostas, D. Mourtzis, G. Chryssolouris, Automotive assembly technologies review: challenges and outlook for a flexible and adaptive approach, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, Volume 2, Issue 2, pp. 81-91 (2010).
19. Šekoranja B, Bašić D, Švaco M, Šuligoj F, Jerbić B. Human-robot interaction based on use of capacitive sensors. *Procedia Eng* 2014;69:464–468.
20. Groten R, Feth D, Klatzky RL, Peer A. The role of haptic feedback for the integration of intentions in shared task execution. *IEEE Trans Haptics* 2013;6:94–105.

21. Gindy NN, Saad SM, Yue Y. Manufacturing responsiveness through integrated process planning and scheduling. *Int J. Prod Res* 1999;37:2399–2418.
22. Li X, Zhang C, Gao L, Li W, Shao X. An agent-based approach for integrated process planning and scheduling. *Expert Syst Appl* 2010;37:1256–1264.
23. Li X, Gao L, Li W. Application of game theory based hybrid algorithm for multi-objective integrated process planning and scheduling. *Expert Syst Appl* 2012;39:288–297.
24. Li X, Gao L, Shao X. An active learning genetic algorithm for integrated process planning and scheduling. *Expert Syst Appl* 2012;39:6683–6691.
25. Lv S, Qiao L. Process planning and scheduling integration with optimal rescheduling strategies. *Int J Comput Integr Manuf* 2013;27:638–655.
26. Papakostas N, Pintzos G, Matsas M, Chryssolouris G. Knowledge-enabled design of cooperating robots assembly cells. 5th CIPR Conference on Assembly Technologies and Systems, (Procedia CIPR) 2014; 23:65-170.
27. Papakostas N, Alexopoulos K, Kopanakis A. Integrating digital manufacturing and simulation tools in the assembly design process: a cooperating robots cell case. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 2011; 4:96-100.
28. Papakostas N, Michalos G, Makris S, Zouzas D, Chryssolouris G. Industrial applications with cooperating robots for the flexible assembly. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 2011; 247:650-660.
29. Zhou F, Dun HBL, Billingham M. Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. in *Proceedings - 7th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2008, ISMAR 2008*; 2008.p. 193–202.
30. Guo YW, Li WD, Mileham AR, Owen GW. Applications of particle swarm optimisation in integrated process planning and scheduling. *Robot Comput Integr Manuf* 2009;25:280–288.
31. Papakostas N, Pintzos G, Giannoulis C, Nikolakis N, Chryssolouris G. Multi-criteria assembly line design under demand uncertainty. (DET 2014), 8th

International Conference on Digital Enterprise Technology 2014, 25-28 March, Stuttgart, Germany.

32. Li WD, McMahon CA. A simulated annealing-based optimization approach for integrated process planning and scheduling. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 2007;20:80–95.
33. De Lit P, Latinne P, Rekiek B, Delchambre A. Assembly planning with an ordering genetic algorithm. *Int J Prod Res* 2001;39:3623–3640.
34. Del Valle C, Gasca RM, Toro M, Camacho EF. A Genetic algorithm for assembly sequence planning; 2003:337–344.
35. Zha X, Du H. A PDES/STEP-based model and system for concurrent integrated design and assembly planning. *Comput Des* 2002;34:1087–1110.
36. Smith GC, Smith SSF. An enhanced genetic algorithm for automated assembly planning. *Robot Comput Integr Manuf* 2002;18:355–364.
37. Abdollahpour S, Rezaian J. Article in press; 2014. p. 1–13.
38. Mohapatra P, Nayak A, Kumar SK, Tiwari MK. Multi-objective process planning and scheduling using controlled elitist non-dominated sorting genetic algorithm. *Int J Prod Res*; 2014. p. 1– 24.
39. Engineering P. A Tabu-enhanced genetic algorithm approach for assembly process planning; 2003. p. 197–208.
40. The top of a round wooden table has the shape shown . Determine how; 2007. p. 5000.
41. Leung CW, Wong TN, Mak KL, Fung RYK. Integrated process planning and scheduling by an agent-based ant colony optimization. *Comput Ind Eng* 2010;59:166–180.
42. Abumaizar RJ, Svestka JA. Rescheduling job shops under random disruptions. *Int J Prod Res* 1997;35:2065–2082.
43. Hsu CC, Huang KC, Wang FJ. Online scheduling of workflow applications in grid environments. *Futur Gener Comput Syst* 2011;27:860–870.

44. Elisabeth G, Megow N, Wiese A. A New approach to online scheduling : approximating the optimal competitive ratio. p. 118– 128.
45. Michalos G, Makris S, Mourtzis D. A web based tool for dynamic job rotation scheduling using multiple criteria. *CIRP Ann - Manuf Technol* 2011;60:453–456.
46. Vieira G.E., Herrmann J.W., Lin E. Rescheduling manufacturing systems: a framework of strategies, policies and methods. *Journal of Scheduling* 2003;6:39-62.
47. Aytug H., Lawley M.A., McKay K., Mohan S., Uzsoy R. (2005) Executing production schedules in the face of uncertainties: A review and some future directions. *European Journal of Operational Research* 2005; Volume 16(1):86-110.
48. Potts C.N., Strusevich, V.A. Fifty years of scheduling: a survey of milestones, *Journal of the Operational Research Society* 2009;60:S41-S68.
49. ABB Robotics. (2021, March) ABB Robotics. [Online]. [http://www05.abb.com/global/scot/scot241.nsf/veritydisplay/95c9da16ac8a4d92c1257838002bf7ef/\\$file/ROB0206EN_A_IRB%20460%20data%20sheet.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot241.nsf/veritydisplay/95c9da16ac8a4d92c1257838002bf7ef/$file/ROB0206EN_A_IRB%20460%20data%20sheet.pdf)
50. 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. – DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.374.
51. 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. – DOI: 1729881417741740.
52. 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. Mikhalishin // *Journal of Electrical Engineering*. – 2017. – № 68 (6). – P. 496 – 502. – DOI: 10.1515/jee-2017-0087.

53. 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. – 2017. – P. 8 – 11. – DOI: 10.1109/YSF.2017.8126583.
54. Modeling of Bernoulli gripping device orientation when manipulating objects along the arc / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mikhalishin // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2018. – DOI: 1729881418762670.
55. 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.
56. 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.
57. 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.
58. 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.
59. 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.
60. 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.
 61. Diahovchenko, I., Lebedynskiy, I., Mykhailyshyn, R., & Savkiv, V. (2019, September). Methods to Improve the Accuracy of Power Meters through the Application of Nanomaterials and Calibration Techniques. In 2019 IEEE 9th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP) (pp. 02NEE17-1). IEEE. doi: 10.1109/NAP47236.2019.216994.
 62. 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.
 63. 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.
 64. 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.
 65. 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.

66. Usage of Light-Emitting-Diode Lamps in Decorative Lighting / R. Mykhailyshyn, I. Belyakova, V. Medvid, V. Piscio, O. Shkodzinsky, M. Markovych // IEEE 20th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE). – IEEE, 2019. – DOI: 10.1109/CPEE47179.2019.8949154.
67. 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.
68. 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.
69. Progress and Challenges in Smart Grids: Distributed Generation, Smart Metering, Energy Storage and Smart Loads / Diahovchenko, I., Kolcun, M., Čonka, Z., Savkiv, V., Mykhailyshyn, R. // Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering, – 2020. – P. 1-15.
70. 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.
71. 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.
72. 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.
73. 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.
74. «Ознайомлення з основними функціями програмного середовища RobotStudio» : методичні вказівки до лабораторної роботи № 1 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 імені Івана Пулюя, 2019. – 45 с.
75. «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 імені Івана Пулюя, 2019. – 17 с.
76. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 3 «Імпорт тривимірних моделей та створення захоплювального пристрою в програмному середовищі RobotStudio» 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 імені Івана Пулюя, 2019. – 24 с.

77. «Робота з віртуальним пультом управління FlexPendant в програмному середовищі RobotStudio» методичні вказівки до лабораторної роботи № 4 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 імені Івана Пулюя, 2019. – 23 с.
78. «Операції над об'єктами та контроль зіткнень в програмному середовищі RobotStudio» методичні вказівки до лабораторної роботи № 5 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 імені Івана Пулюя, 2019. – 34 с.
79. «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 імені Івана Пулюя, 2019. – 39 с.
80. «Створення роботизованої станції в програмному середовищі RobotStudio» методичні вказівки до лабораторної роботи № 7 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 імені Івана Пулюя, 2019. – 19 с.
81. «Розробка роботизованої лінії для автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій в програмному середовищі RobotStudio» методичні вказівки до лабораторної роботи № 8 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 імені Івана Пулюя, 2019. –
24 с.