

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов направления подготовки
15.04.06 «Мехатроника и робототехника»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 621.865.8
ББК 32.816
П81

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «31» августа 2022 г.,
протокол № 1

Составители: канд. техн. наук, доц. В. М. Шеменков;
ст. преподаватель С. Г. Черняков;
ассистент С. Г. Полторацкий

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Изложены методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине «Промышленная робототехника» для студентов направления подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» очной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	А. А. Подошево
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

1 Практическая работа № 1. Интерфейс системы автоматизации моделирования и программирования роботизированных технологических комплексов RobotStudio	4
2 Практическая работа № 2. Работа с библиотеками цифровых прототипов технологического оборудования и оснастки.....	14
3 Практическая работа № 3. Определение движений элементов технологического оборудования и оснастки (создание механизмов).....	23
4 Практическая работа № 4. Задание пути перемещения и моделирование движения рабочих инструментов робота.....	33
Список литературы.....	45

1 Практическая работа № 1. Интерфейс системы автоматизации моделирования и программирования роботизированных технологических комплексов RobotStudio

Цель работы: изучить интерфейс системы RobotStudio и основных принципов моделирования роботизированных технологических комплексов в среде RobotStudio.

Оборудование, инструменты и приборы

- 1 Персональная ЭВМ.
- 2 Операционная система Windows XP.
- 3 Пакет программ моделирования и программирования роботизированных технологических комплексов RobotStudio.

1.1 Общие теоретические сведения

RobotStudio предоставляет собой цифровую среду для моделирования и программирования роботизированных технологических комплексов, которые оснащены роботами производства концерна ABB Group (Швеция). В среде RobotStudio с помощью технологии Virtual Robot Technology (VRT) – имитации технологических процессов и offline-программирования роботизированных комплексов, можно виртуально создать, проследить и проконтролировать процессы сварки, сборки, окраски, транспортирования, загрузки технологического оборудования.

VRT-технология использует так называемые «виртуальные контроллеры» (Virtual Controller), которые представляют собой точную копию реального программного обеспечения контроллера робота.

RobotStudio позволяет оптимизировать роботизированный технологический процесс на экране компьютера, еще до его физической реализации в реальной производственной среде. Это позволяет избежать ошибок при программировании РТК и ускоряет процесс внедрения роботизированных технологических комплексов в 2 раза и более.

1.2 Порядок выполнения работы

1.2.1 Загрузка системы RobotStudio.

Загрузить систему RobotStudio двойным щелчком по значку на рабочем столе или из раздела главного меню Windows Все программы – ABB Industrial IT. После этого открывается главное окно графического интерфейса пользователя (Graphical User Interface, GUI) системы RobotStudio (рисунок 1.1).

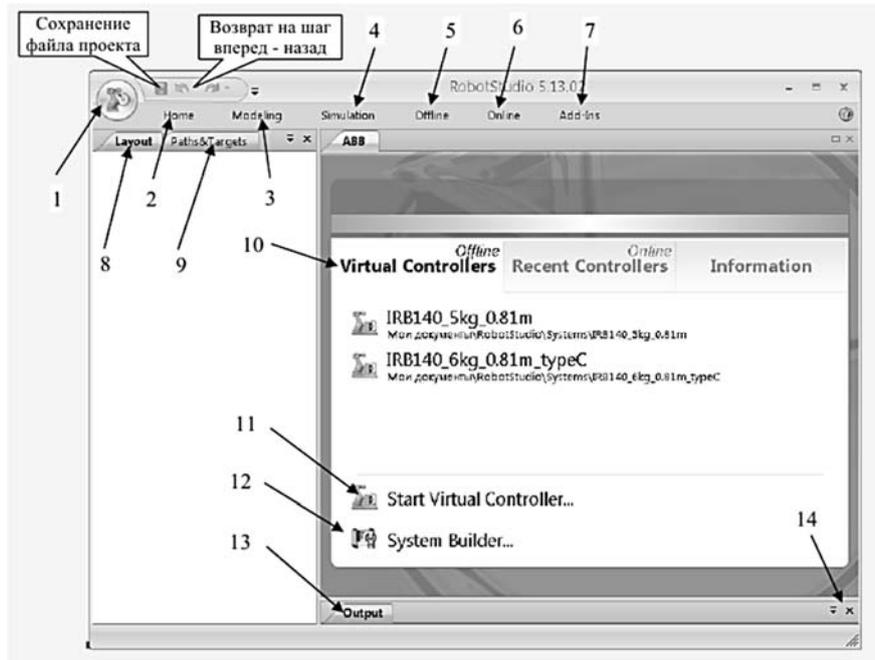


Рисунок 1.1 – Главное окно графического интерфейса пользователя

Главное меню графического интерфейса пользователя состоит из следующих разделов.

Кнопка  открывает дополнительное меню (рисунок 1.2) для доступа к командам управления файлами, печати и настройки системы (RobotStudio Options).

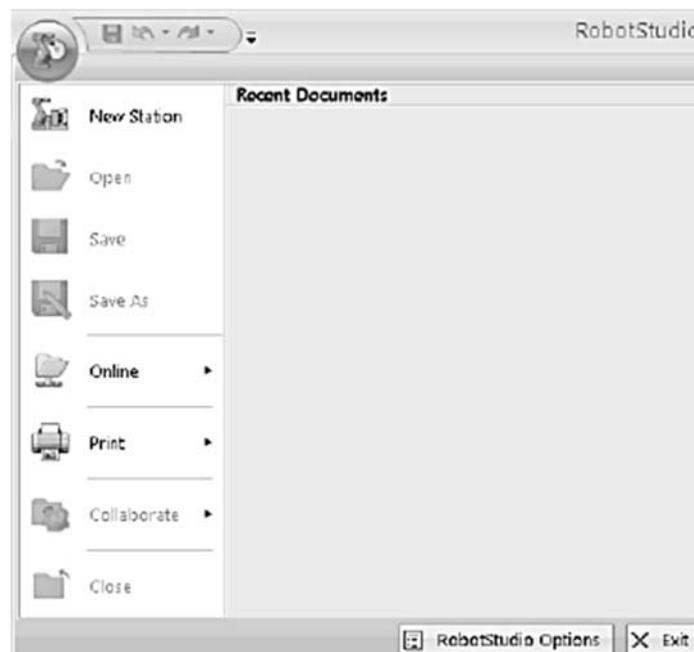


Рисунок 1.2 – Окно дополнительного меню

Home открывает панель инструментов (рисунок 1.3), которая содержит команды для создания роботизированных технологических систем из различных

компонентов (Build Station), программирования путей инструментов (Path Programming), задания рабочих объектов (Settings), перемещения объектов и отдельных звеньев робота вручную (FreeHand), управления видами в 3D-пространстве (3D View).



Рисунок 1.3 – Панель инструментов раздела меню Home

Modeling открывает панель инструментов (рисунок 1.4), которая содержит команды для создания 2D- и 3D-компонентов РТК с помощью CAD-операций (CAD Operations), выполнения измерений (Measure), перемещения объектов и отдельных звеньев робота вручную (FreeHand), создание анимированных движений цифровых прототипов механизмов и инструментов (Mechanism).

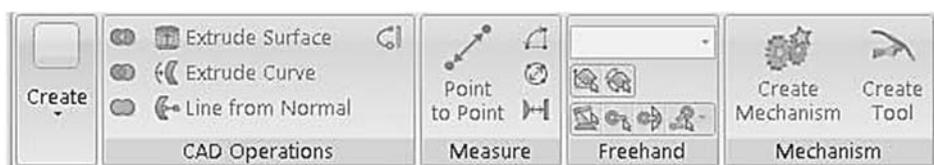


Рисунок 1.4 – Панель инструментов раздела меню Modeling

Simulation открывает панель инструментов (рисунок 1.5), которая содержит команды для настройки, формирования (Collision), управления (Conveyer Tracking), контроля (Simulation Control) процедуры имитации (симуляции) работы роботизированного технологического процесса (Monitor) и записи видеоролика (Record Movie) имитационной модели технологического процесса для демонстрации заказчику РТК.

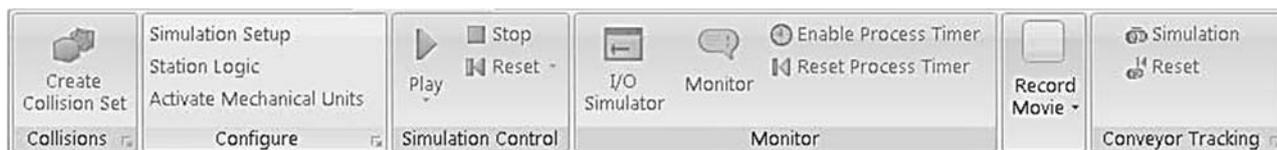


Рисунок 1.5 – Панель инструментов раздела меню Simulation

Offline открывает панель инструментов (рисунок 1.6), которая содержит команды для синхронизации (Synchronize), конфигурирования виртуального контроллера (VC) (Virtual Controller), работы с программными модулями (RAPID), написанными на языке программирования RAPID для роботов производства ABB Group и конфигурирования проектируемой системы Configuration.

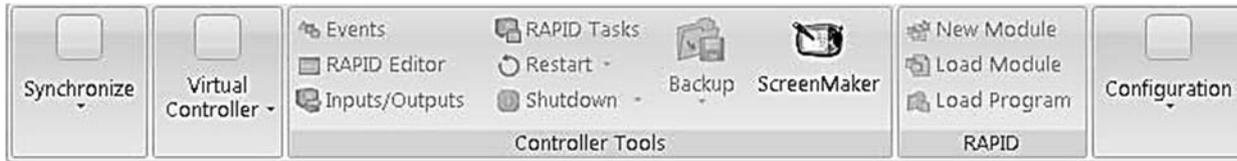


Рисунок 1.6 – Панель инструментов раздела меню Offline

Online открывает панель инструментов (рисунок 1.7), которая содержит команды для подключения (Access), настройки (Controller Tools) конфигурирования реального контроллера IRC5 (Configuration) и работы с программными модулями (RAPID), написанными на языке программирования RAPID для роботов производства ABB Group.

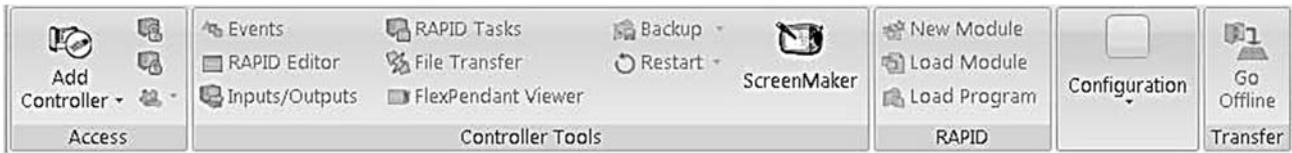


Рисунок 1.7 – Панель инструментов раздела меню Online

Add-Ins открывает панель инструментов, которая обеспечивает доступ в среду системы программирования Visual Studio Tools for Application (VSTA) для расширения функциональных возможностей RobotStudio.

Layout – закладка в виде иерархической структуры (дерева проекта, рисунок 1.8) для просмотра и изменения свойств компонентов структуры РТК.

Paths & Targets – закладка в виде иерархической структуры (дерева проекта, см. рисунок 1.8) для просмотра и изменения свойств программируемых путей и целей рабочего инструмента робота.

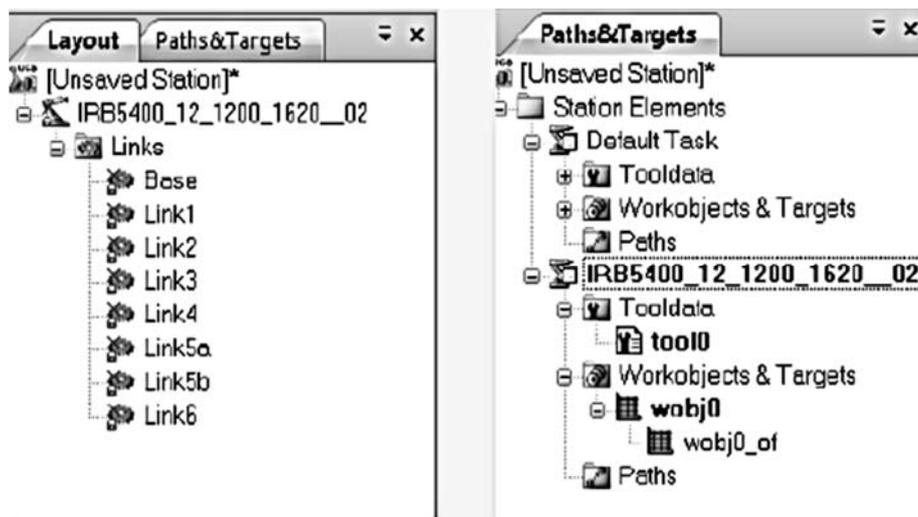


Рисунок 1.8 – Браузер проекта, отображающий иерархическую структуру проектируемой системы

Virtual Controllers – окно быстрого старта (рисунок 1.9), которое содержит команды:

Recent StationsOffline – загружает недавно созданные рабочие станции, которые приводятся в списке ниже;

Recent ControllersOnline – подключает контроллер, который использовался в последних сеансах работы, устанавливает связь с реальным контроллером;

Information – обеспечивает доступ к справочным файлам, просмотру обучающих программ, управлению лицензиями, просмотру новостей RobotStudio.

Start Virtual Controllers... – подключение виртуального контроллера.

System Builder... – создание новой системы.

Output – окно для вывода информации о состоянии системы и ошибках, которые возникают в процессе моделирования работы системы.

Open-Close Window Output – открытие и закрытие окна Output.

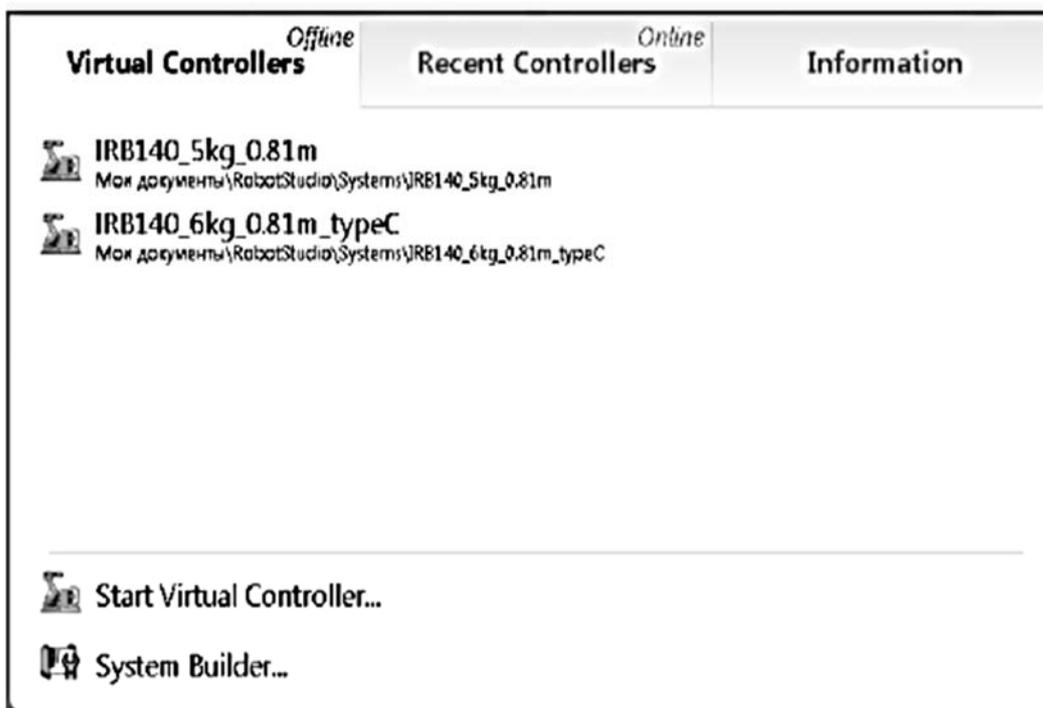


Рисунок 1.9 – Окно быстрого старта

1.2.2 Создание системы с использованием шаблона (Template).

Нажимаем кнопку «RobotStudio» (см. рисунок 1.1). Выбираем пункт New Station. Открывается окно (рисунок 1.10). В левой части должен быть выбран пункт Template System, справа выбираем систему IRB660_250kg_3.15m. Нажимаем «ОК».

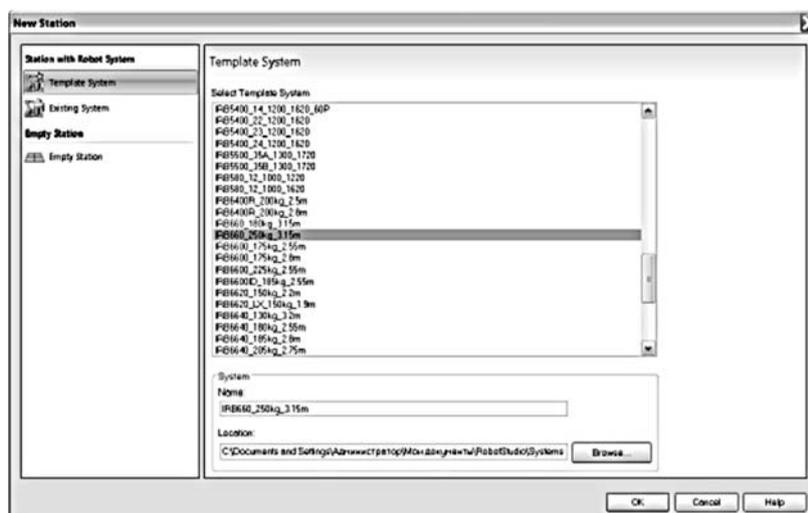


Рисунок 1.10 – Окно создания станции

Некоторое время виртуальный контроллер загружается. После окончания загрузки индикатор состояния виртуального контроллера в правом нижнем углу окна RobotStudio становится зеленым и появляется запись о состоянии виртуального контроллера Controller status: 1/1, В окне Output будет выведена надпись: IRB660_250kg_3.15m_8: Motors ON state 27.01.2012 15:35:31 Controllers.

1.2.3 Управление движением отдельных звеньев робота (Joint).

На вкладке Home в группе команд Freehand нажимаем кнопку  «Jog Joint» (перемещение звена). Щелкаем в графическом окне по звену, которое будем перемещать. Оно выделяется красным цветом (рисунок 1.11). После этого двигая мышью при нажатой левой клавише, управляем перемещением звена.

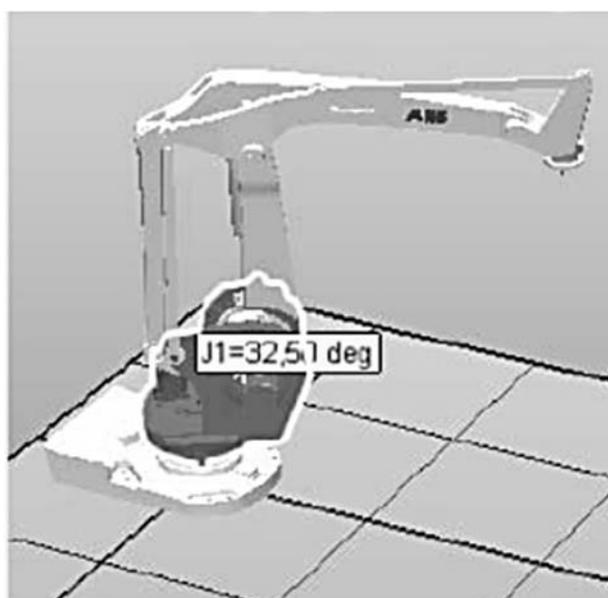


Рисунок 1.11 – Перемещение звена робота

1.2.4 Линейное перемещение системы координат инструмента (Tool).

На вкладке Home в группе команд Freehand нажимаем кнопку  «Jog Linear». В меню Layout выделяем узел  IRB660_250_315_01_2 . В графическом окне появляются стрелки, указывающие направления линейных перемещений (рисунок 1.12). Выбирая одну из стрелок и двигая мышью при нажатой левой клавише, перемещаем руку робота в выбранном направлении.

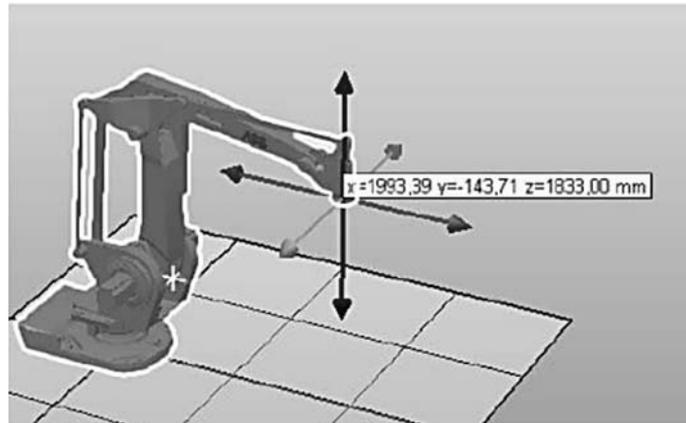


Рисунок 1.12 – Линейное движение звена, на котором устанавливается схват или инструмент

1.2.5 Вращение вокруг осей системы координат звеньев руки робота.

На вкладке Home в группе команд Freehand нажимаем кнопку «Jog Reorient». В меню Layout на дереве проекта выделяем  IRB660_250_315_01_2 .

В графическом окне появляются круговые стрелки, указывающие направления вращения. Выбирая одну из стрелок и двигая мышью при нажатой левой клавише, вращаем звено руки робота (рисунок 1.13). Для данного робота возможно вращение фланца только вокруг оси Z. Вращение вокруг других осей возможно для шестиосных антропоморфных роботов.

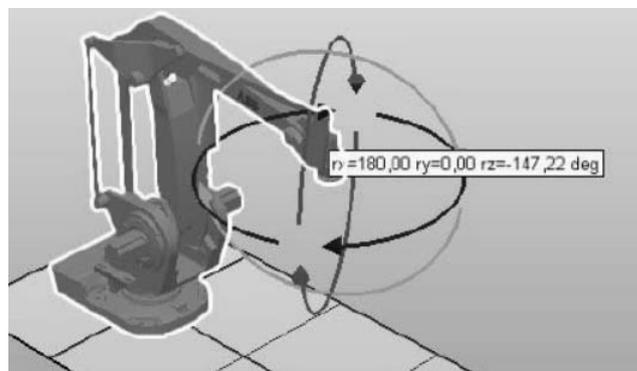


Рисунок 1.13 – Вращение вокруг центра системы координат инструмента

Для возврата руки робота в исходное положение выбираем в меню Layout на дереве проекта узел  IRB660_250_315_01_2 . Нажимаем правую клавишу мыши и из контекстного меню выполняем команду Jump Home.

1.2.6 Перемещение робота и его системы координат.

Изменение положения робота и других компонентов РТК в глобальной системе координат (World) может быть выполнено вручную командами Move (Перенести) и Rotate (Повернуть) из раздела меню FreeHand и командой Set position... (Задать положение) из контекстного меню объекта. Для линейного перемещения робота нажимаем кнопку  Move группы команд Freehand на вкладке Home. Выбираем одну из стрелок и двигаем мышью при нажатой левой клавише, перемещая робота в выбранном направлении.

Для поворота модели робота нажимаем кнопку  Rotate группы команд Freehand на вкладке Home. Выбираем одну из круговых стрелок мышью при нажатой левой клавише, вращаем робота в выбранном направлении.

Перемещение робота вручную не обеспечивает его точной установки в заданной точке глобальной (World) системы координат. Для точной установки робота воспользуемся командой Set position... из контекстного меню. На дереве проекта выбираем узел  IRB660_250_315_01_2 и нажимаем правую клавишу мыши. Из контекстного меню выполняем команду Set position... .

В открывшемся окне в полях Position X,Y,Z (mm) вводим новые координаты X – 1000, Y – 1000, Z – 0 мм, а в полях Orientation (deg) углы поворота вокруг осей X – 0, Y – 0, Z – 90 град, и нажимаем кнопку Apply, а затем Close.

Для перемещения робота и его системы координат выбираем в верхней части главного окна вкладку Offline и нажимаем кнопку Set Task Frames. Появится диалоговое окно Modify Task Frames (рисунки 1.14).



Рисунок 1.14 – Окно для изменения системы координат и положения робота

Установите ссылку на изменяемую систему координат World. Вводим в поля Position X, Y, Z новые координаты X – 1000, Y – 1000, Z – 350 мм, а в полях Orientation углы поворота вокруг осей X – 0, Y – 0, Z – 90 град, и нажимаем кнопку «Apply». На запрос «Do you also want to move the Base Frame(s)?» щелкните «Yes» для перемещения робота и системы координат.

1.2.7 Управление 3D-видами.

Для оценки расположения компонентов РТК на вкладке Home в группе команд 3D View нажимаем кнопку «View» . Из открывшегося меню (рисунок 1.15) для просмотра модели РТК выполняется команда View All (Показать всё). Для просмотра ортогональных видов геометрической модели РТК используется команда View Orientation (Направление вида). В дочернем меню могут быть выбраны команды, определяющие направление вида: Front (Спереди), Back (Сзади), Right (Справа), Left (Слева), Top (Сверху), Bottom (Снизу). Команда New View позволяет создавать новые фиксированные направления вида. Команда Create Viewpoint создает новые точки зрения для съемки видеороликов. Поочередно выполните команды, определяющие направление вида, для просмотра робота со всех сторон.

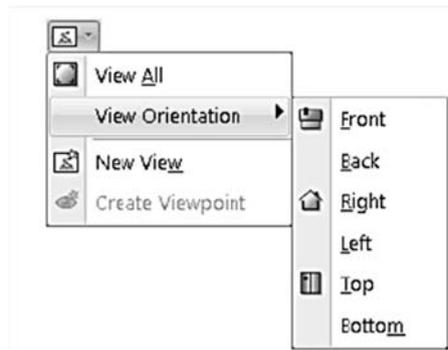


Рисунок 1.15 – Меню команд для управления видами

1.2.8 Загрузка цифровых прототипов оборудования РТК из библиотеки.

С пакетом программ моделирования и программирования роботизированных производственных процессов RobotStudio поставляется обширный набор цифровых прототипов реального оборудования – роботы, конвейеры, позиционеры, различные инструменты и др., которые производятся концерном ABB Group.

При моделировании РТК эти цифровые прототипы могут быть использованы путем импорта из соответствующих библиотек.

Для доступа к библиотечным цифровым прототипам оборудования открываем закладку Home, и выполняем команду ABB Library. Из открывшегося слайд-меню можно выбрать и вставить требуемые цифровые прототипы оборудования. Выбираем платформу (Treck) IRBT 4004 с длиной пути 3,9 м, с пьедесталом высотой 0 мм и углом ориентации положения 0 град. После ввода данных нажимаем кнопку «OK» (рисунок 1.16).



Рисунок 1.16 – Вставка цифрового библиотечного прототипа платформы робота

Для сборки робота с платформой (рисунок 1.17) необходимо переместить платформу на -450 мм по оси X, и на -500 мм по оси Y. Используя команду Set position... платформы, выполните сборку комплекса. После сборки, оцените взаимное положение робота и платформы, используя команды управления видами. Если результат сборки неудовлетворительный, измените положение платформы или робота командой Set position... .

Дополнительные цифровые прототипы могут быть выбраны из других библиотек: Import Library, Robot System, Import Geometry. Просмотрите содержание этих библиотек.

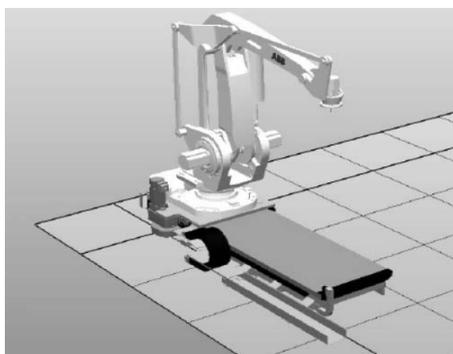


Рисунок 1.17 – Результат установки робота на платформу

1.2.9 Индивидуальное задание.

В соответствии с заданным вариантом создать модель РТК, состоящую из робота и платформы для его линейного перемещения.

Вариант 1: грузоподъемность робота до 40 кг, длина пути платформы до 4 м.

Вариант 2: грузоподъемность робота до 205 кг, длина пути платформы до 10 м.

Для выбора платформы используйте данные из таблицы, которая приведена на рисунке 1.18.

В ходе выполнения индивидуального задания ведите протокол построения модели РТК для составления отчета по практической работе.

IRBT 4004/6004/7004

	Robot	Travel length	No of robots	Mounting pos
IRBT 4004	IRB 4400/4450S/4600	1.9... 19.9 m / 1 m step	One/track	Floor
IRBT 6004 / 7004	IRB 6620/6640/ 6640D/6650S	1.7... 19.7 m / 1 m step	One/track	Floor
IRBT 7004	IRB 7600	1.7... 19.7 m / 1 m step	One/track	Floor

Рисунок 1.18 – Данные для индивидуальных заданий

1.3 Содержание отчета

1.3.1 Цель работы.

1.3.2 Протокол построения модели РТК (последовательность действий и команды, используемые при выполнении индивидуального задания).

1.3.3 Копия экрана (скриншот) геометрической модели РТК.

1.3.4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое RobotStudio и для чего он нужен?
- 2 Структура промышленного робота и область его применения.
- 3 Перечислите основные разделы графического интерфейса.
- 4 Основные типы движений робота.
- 5 Как добавить оборудование из библиотеки?

2 Практическая работа № 2. Работа с библиотеками цифровых прототипов технологического оборудования и оснастки

Цель работы: изучить принцип работы с библиотеками цифровых прототипов технологического оборудования и оснастки в среде системы RobotStudio.

Оборудование, инструменты и приборы

- 1 Персональная ЭВМ.
- 2 Операционная система Windows XP.
- 3 Пакет программ моделирования и программирования роботизированных технологических комплексов RobotStudio.

2.1 Общие теоретические сведения

Цифровой прототип представляет собой трехмерную геометрическую модель реального объекта (оборудования, инструментов, заготовок, деталей и др.), выполненную в масштабе 1:1. С целью сокращения трудоемкости создания геометрической модели, форма и детали объектов упрощаются. У цифрового прототипа должны присутствовать все элементы реального оборудования, которые могут препятствовать его расположению в комплексе или создавать препятствия для перемещения руки робота и инструментов. Цифровой прототип может состоять из нескольких частей, если в дальнейшем предполагается моделировать движение отдельных его элементов (механизмов).

При моделировании производственного процесса цифровые прототипы необходимы:

- для оптимизации компоновки РТК;
- для оптимизации путей перемещения инструментов, закрепленных на руке робота;
- для анализа возможных столкновений;
- для оценки правильности ориентации инструмента при выполнении различных операций сварки, окраски и т. п.

2.2 Порядок проведения работы

2.2.1 Ознакомление с библиотеками цифровых прототипов RoboStudio.

Загрузить систему RobotStudio двойным щелчком по значку  на рабочем столе или из раздела главного меню Windows – Все программы – ABB Industrial IT.

Создаем станцию *без использования шаблона* (для продвинутых пользователей, в тех случаях, когда технологическую операцию синхронно выполняют два и более роботов). Нажимаем кнопку «RobotStudio». Выберите пункт New Station (новая станция). Открывается окно New Station. В левой части окна щелчком мыши выбираем пункт меню Empty Station (создание новой «пустой» станции), Нажимаем кнопку «ОК». В основном окне RobotStudio появится условное изображение площадки размером 2×2 м для размещения компонентов РТК (рисунок 2.1).

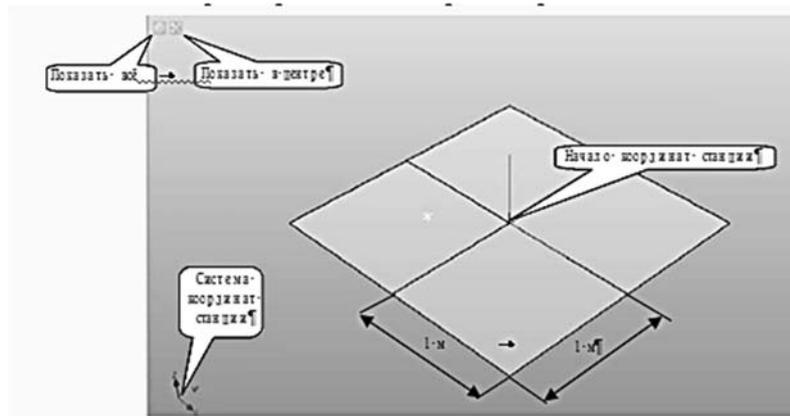


Рисунок 2.1 – Окно создания «пустой» станции

Для создания модели РТК воспользуемся библиотеками цифровых прототипов технологического оборудования и оснастки. Доступ к библиотекам RobotStudio возможен из раздела меню **Home**. В левой части меню кнопка «ABB Library» открывает слайд-меню для выбора роботов, позиционеров и платформ различного назначения (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Окно слайд-меню для выбора оборудования из библиотеки ABB Library

Выберите из меню робот модели IRB 2600 для установки его на площадке РТК. После установки робота на площадке в окне Output появится сообщение о результатах импорта цифрового прототипа робота: *Imported C:\Program Files\ABB Industrial IT\Robotics IT\RobotStudio 5.13\ABB Library\Robots\IRB2600_12_165__01.rslib 5.02.2012 11:19:10.*

Обратите внимание на то, что виртуальный контроллер не подключен, в нижнем правом углу окна поле Controller Status имеет значение 0/0 и не окрашено в зеленый цвет.

Кнопка «Import Library» левой части меню Home открывает доступ для импорта цифровых прототипов, размещенных в других папках библиотеки.

Нажмите кнопку «Import Library», а затем кнопку «Browse for Library». Откроется окно для выбора папок других разделов библиотеки технологического, вспомогательного оборудования и инструментов. В левой части открывшегося окна щелкните название папки ABB Library для доступа к другим папкам библиотеки. Открывается окно для выбора папок, которые содержат файлы цифровых прототипов технологического, вспомогательного оборудования и инструментов (рисунок 2.3).

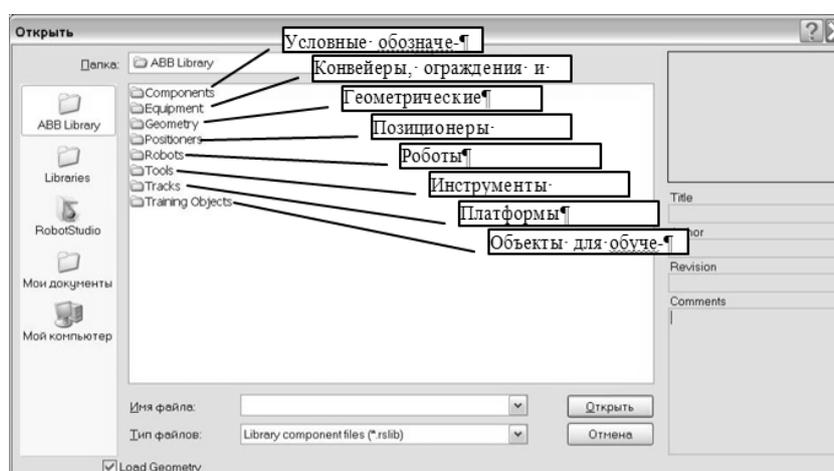


Рисунок 2.3 – Окно для выбора папок библиотеки ABB Library

Поочередно открывая папки и выбирая файлы цифровых прототипов оборудования, ознакомьтесь с содержанием всех папок библиотеки.

Для увеличения высоты рабочей зоны робота на 240 мм из папки Equipment (Оборудование) выберите пьедестал Robot Pedestal 1400 H240 и импортируйте его в моделируемый РТК.

Поднимите робот на 240 мм по оси Z для установки его на пьедестал, используя команду Set Position из контекстного меню объекта – робота IRB2600-12_165_01 на дереве проекта закладки Layout.

Из папки Equipment выберите и импортируйте IRC5_Drive-Module – силовой блок управления двигателями робота. Установите блок управления за пределами рабочей зоны робота. Установку цифрового прототипа блока управления в заданное место выполните, используя команды перемещения вручную из раздела FreeHand меню Home.

Из той же папки Equipment выберите и импортируйте прототип контроллера робота IRC5_Control-Module и установите его в направляющие, которые расположены на верхней панели блока управления двигателями робота. Установку в заданное место цифрового прототипа контроллера выполните, используя команды перемещения вручную из раздела FreeHand меню Home.

Для правильной оценки величины и направления перемещений используйте команды управления видами View и команду увеличения изображения (ролик мышки).

2.2.2 Выбор оборудования из библиотеки и размещение его на компоновке РТК.

Для выбора оборудования (позиционера, конвейера, платформы робота или инструмента) нажмите кнопку «Import Library», затем кнопку «Browse for Library». В окне проводника слева, щелкните название папки ABB Library и выберите соответствующую папку. Для вставки позиционера Irbp250a_m2001_rev1 открываем папку Positioners и импортируем заданный позиционер (библиотечный файл с расширением *.rslib). Разместим стол позиционера в середине рабочей зоны робота. Для этого выполняем команду Set Position, из контекстного меню объекта – позиционера Irbp250a_m2001_rev1 на дереве проекта закладки Lay-out, и вводим координату $X = 1000$ мм.

Для обеспечения безопасной работы РТК из папки Equipment импортируем цифровые прототипы ограждения Fence_740 (секция шириной 750 мм), Fence_2500 (секция шириной 2500 мм), Fence_Gate (секция с дверью общей шириной 1500 мм).

Перемещение в заданное место цифровых прототипов секций ограждения выполните, используя команды перемещения вручную из раздела FreeHand меню Home. Для правильной оценки величины и направления перемещений используйте команды управления видами View. Для повышения точности стыковки секций ограждения увеличивайте изображение и используйте привязку.

При установке секций ограждения необходимо *рационально использовать производственные площади цеха и не допускать возможности столкновения руки робота с ограждением*. Дверь разместите рядом с контроллером. Это позволит получить *быстрый и безопасный доступ к контроллеру* для выключения электропитания РТК при аварийной ситуации.

2.2.3 Выбор инструмента и установка его на фланце руки робота.

Инструмент должен быть установлен непосредственно на фланец руки робота точно в точке начала системы координат фланца (рисунок 2.4).

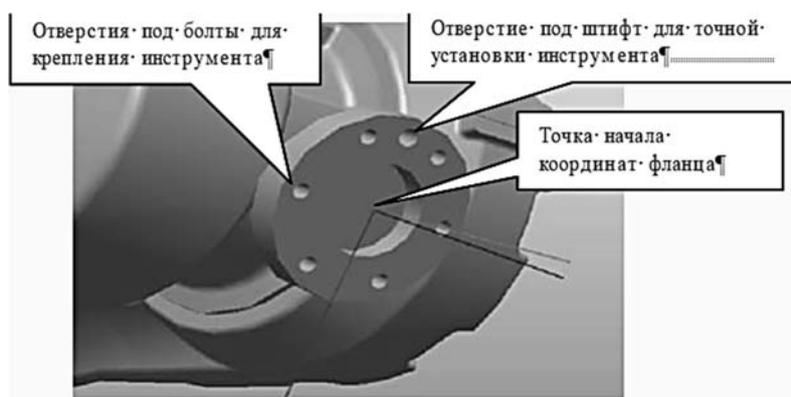


Рисунок 2.4 – Фланец руки робота для установки инструмента

Стандартные инструменты (для сварки, окраски) могут быть выбраны из библиотеки ABB Library. Установим на фланец робота сварочную головку для дуговой сварки в среде углекислого газа AW_Gun_PSF_25 из папки Tools.

Нажмите кнопку «Import Library», затем кнопку «Browse for Library» (просмотр библиотеки). В окне проводника слева щелкните название папки ABB Library и откройте папку Tools (Инструменты). Для импорта сварочной головки выбираем файл AW_Gun_PSF_25.rslib. После нажатия кнопки «Открыть» геометрическая модель сварочной головки разместится в начале координат моделируемой станции.

Для точной установки инструмента на фланец робота на вкладке Layout выбираем узел AW_Gun_PSF_25. Открываем контекстное меню и выбираем команду Attach to (присоединить к...). В открывшемся списке жмем пункт меню IRB2600-12_165_01. Появляется окно с запросом к пользователю «Следует ли сохранить текущую позицию инструмента». Нажимаем кнопку «Нет». В графическом окне видим, что сварочная головка точно установлена в точку начала системы координат фланца. Вращением, увеличением и перемещением изображения оцениваем точность установки инструмента на фланец.

2.2.4 Работа с цифровыми прототипами из библиотеки пользователя.

Состав цифровых прототипов оборудования и других средств оснащения в библиотеке системы RobotStudio ограничен. Во многих случаях для моделирования роботизированных технологических процессов требуются оригинальные цифровые прототипы схватов, кассет, паллет и другой специальной технологической оснастки.

Цифровые прототипы специальных средств технологического оснащения могут быть созданы средствами CAD-систем, например, в среде AutoCAD, SolidWorks или других графических системах.

Созданные в CAD-системе цифровые прототипы конвертируются в формат файлов импорта системы RobotStudio *.sat, (ACIS) *.3ds (3DStudio) и других, затем могут быть использованы для моделирования технологического оснащения проектируемого РТК.

Файлы оригинальных цифровых прототипов обычно размещают в папке Geometry, расположенной на диске C: *C:\Program Files\ABB Industrial IT\Robotics IT\RobotStudio 5.13\ABB Library\Geometry*, или в папке «Мои документы»: *Мои документы\RobotStudio\Geometry*

Для использования оригинальных цифровых прототипов пользователя скопируем ранее созданные файлы цифровых прототипов из папки Лаб2_Геометрия в папку Geometry по указанному выше пути.

Импортируем оригинальные цифровые прототипы. Нажимаем верхнюю часть кнопки Import Geometry. Появляется окно проводника «Открыть». В окне папки Geometry выбираем файл Стол и открываем его нажа-

тием кнопки «Открыть».

Для придания столу правильного положения с помощью команды Set Position поверните его на 90 град вокруг оси X, переместите на 500 мм по оси Z и X, переместите на –550 мм по оси Y. Аналогичным образом вставляем объект Груз.

Для правильного размещения груза на плоскости стола выполняем измерения размеров груза, стола, и расстояния от груза до стола, используя измерительные инструменты раздела меню Measure (Измерения) (рисунок 2.5) закладки Modeling главного меню.

Для выполнения измерений устанавливаем вид сверху – Top. Максимально увеличиваем изображение измеряемых объектов и переходим на закладку Modeling. Последовательно нажимаем кнопки «Point to Point» (измерение расстояния между указанными точками) и кнопку объектной привязки к конечной точке отрезка для повышения точности измерений. С помощью указателя указываем точки начала и конца измерения для определения размеров груза, а затем и поверхности стола.

Для определения расстояния между грузом и столом можно использовать инструмент измерения расстояния между границами графических объектов. Границы графических объектов появятся после выбора объекта щелчком мыши и представляют собой параллелепипеды, очерченные белыми линиями.

Для измерения расстояния между объектами щелкаем объект мышкой для выделения его границ. Указателем отмечаем на границе точку начала измерения.

Выделяем второй объект и указываем конечную точку измерения. Между точками начала и конца измерения появится надпись с указанием расстояния между объектами.

После выполнения измерений определяем, на какое расстояние необходимо переместить груз по осям X, Y, Z с помощью команды Set Position.

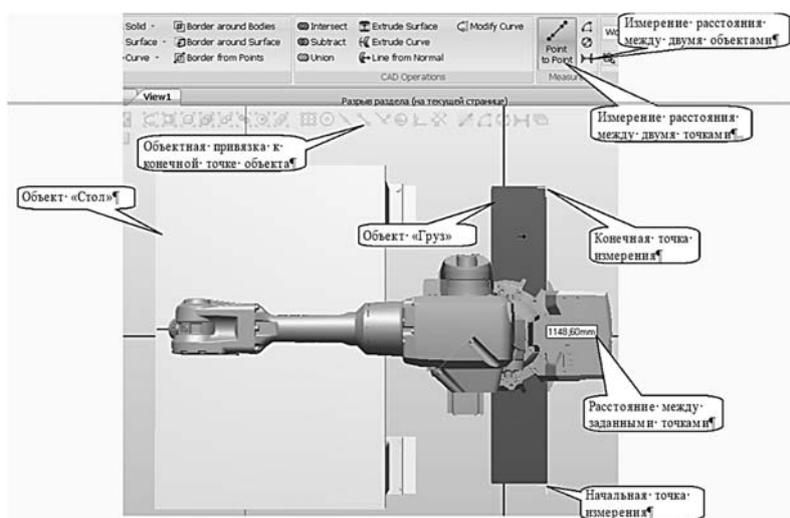


Рисунок 2.5 – Измерение размеров объектов и расстояний между ними

2.2.5 Подключение виртуального контроллера.

Если создание РТК было начато путем создания «пустой станции» без использования шаблона или ранее созданной станции, то необходимо выполнить синхронизацию с виртуальным контроллером. Без синхронизации работа с виртуальным контроллером в дальнейшем невозможно его программирование для выполнения технологической операции.

Для синхронизации контроллера и робота открываем в главном меню закладку Offline. Щелкаем кнопку «Synchronize», а затем «Synchronize to Station» (рисунок 2.6).

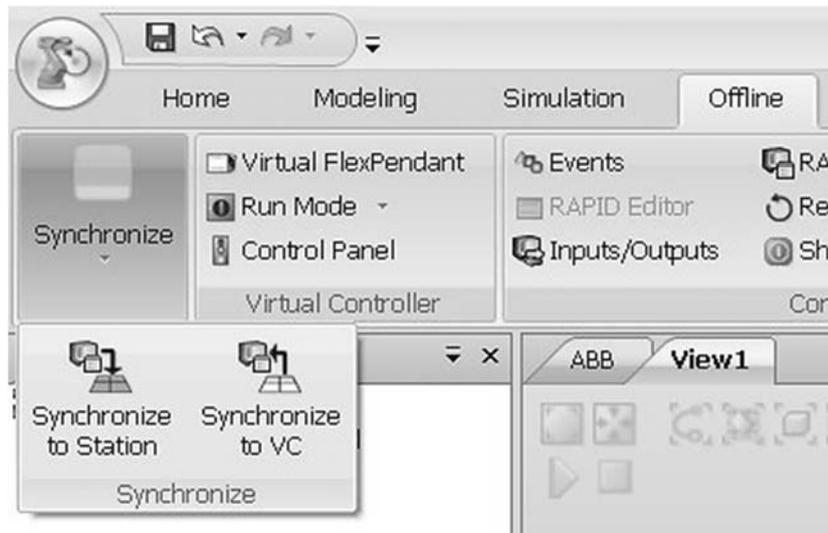


Рисунок 2.6 – Кнопки меню синхронизации робота и контроллера

В открывшемся диалоговом окне на дереве проекта (рисунок 2.7) выбираем название модели робота, к которому будет подключен виртуальный контроллер, и нажимаем кнопку «ОК».

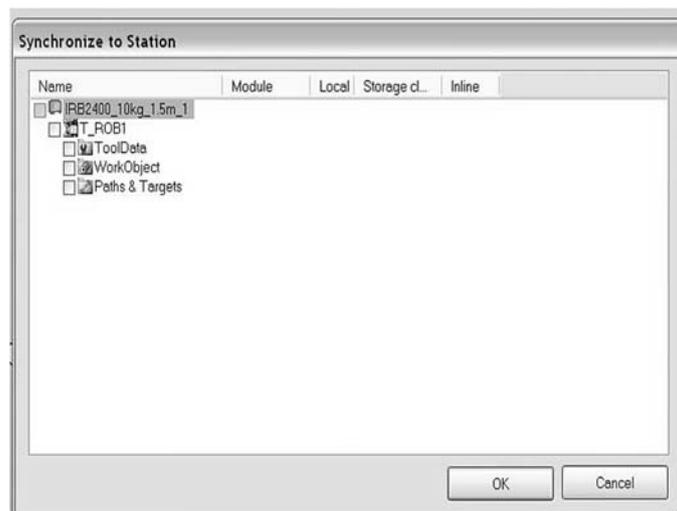


Рисунок 2.7 – Диалоговое окно синхронизации робота и контроллера

Индикатор состояния виртуального контроллера в правом нижнем углу окна RobotStudio становится зеленым и появляется запись о состоянии виртуального контроллера Controller status: 1/1, В окне Output будет выведено сообщение: Synchronization to Station completed (Синхронизация станции завершена).

2.2.6 Индивидуальное задание.

Вариант 1. Создать РТК на базе робота IRB 2400L, состоящего из блока управления роботом IRC5_Dual-Cabinet, краскопульта ECCO_70AS__03, конвейера модели Conveyor 1320 4800 h2B, груза B1 и ограждения. В ограждении предусмотреть проходы для загрузки деталей на конвейер и их выгрузки с конвейера.

Вариант 2. Создать РТК на базе робота IRB 4400/60, состоящего из блока управления роботом IRC5_Dual-Cabinet, сварочной головки PKI_500_di_M2001, конвейера модели Conveyor 2400 3str h2 груза B2 и ограждения. В ограждении предусмотреть проходы для загрузки деталей на конвейер и их выгрузки с конвейера.

Параметры промышленных роботов (ПР) представлены на рисунке 2.8.

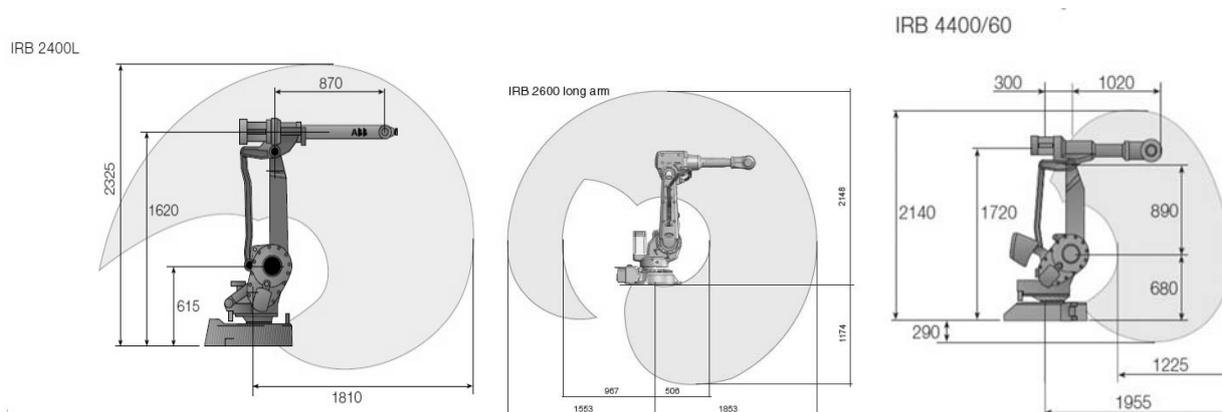


Рисунок 2.8 – Параметры ПР

2.3 Содержание отчета

2.3.1 Цель работы.

2.3.2 Протокол построения модели РТК (последовательность действий и команды, используемые при выполнении индивидуального задания).

2.3.3 Копия экрана (скриншот) геометрической модели РТК.

2.3.4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое цифровой прототип?
- 2 Алгоритм выбора и закрепления инструмента на работе.
- 3 Как подключить виртуальный контроллер?

3 Практическая работа № 3. Определение движений элементов технологического оборудования и оснастки (создание механизмов)

Цель работы: изучение методики анимации (движения) механизмов цифровых прототипов технологического оборудования и оснастки в среде системы RobotStudio.

Оборудование, инструменты и приборы

- 1 Персональная ЭВМ.
- 2 Операционная система Windows XP.
- 3 Пакет программ моделирования и программирования роботизированных технологических комплексов RobotStudio.

3.1 Общие теоретические сведения

При выполнении операций загрузки и выгрузки технологического оборудования необходимо синхронизировать работу робота, схвата и автоматизированной транспортной системы (конвейера, тактового стола, позиционера и др.).

Для решения этой задачи создаются специальные трехмерные цифровые прототипы, которые состоят из нескольких частей, например, загружаемых деталей, паллет и самого автоматизированного транспортного устройства.

Задание движения схватов и транспортных устройств позволяет оценить правильность взаимной ориентации схвата, перемещаемых объектов в процессе их движения на конвейере. Кроме того, анимация роботизированного технологического процесса позволяет создать видеоролик для эффектной презентации проекта заказчику РТК.

3.2 Порядок проведения работы

3.2.1 Создание РТК (станции).

Загрузить систему RobotStudio и создать РТК на базе шаблона IRB 660_250kg_3.15m.

Для использования оригинальных цифровых прототипов скопировать файлы цифровых прототипов оборудования из папки Лаб3_Геометрия в папку Geometry по следующему пути *C:\Program Files\ABB Industrial IT\Robotics IT\RobotStudio 5.13\ABB Library\Geometry*.

Из библиотеки цифровых прототипов Geometry на площадку РТК установить конвейеры conv_box_top, conv_pallets_top.

Установить силовой блок и контроллер IRC5 в пространстве станции на безопасном расстоянии от робота.

Из библиотеки цифровых прототипов Geometry на площадку РТК установить Стол (это пьедестал для робота). Командой Set Position определить положение стола с координатами $X = 450$, $Y = 350$, $Z = 540$, углы поворота вокруг осей X и Y – 90 град.

Переместить робота и его систему координат на пьедестал. Командой System Configuration (Конфигурирование системы) на вкладке Offline задать новое положение робота и его системы координат, как показано на рисунке 3.1.

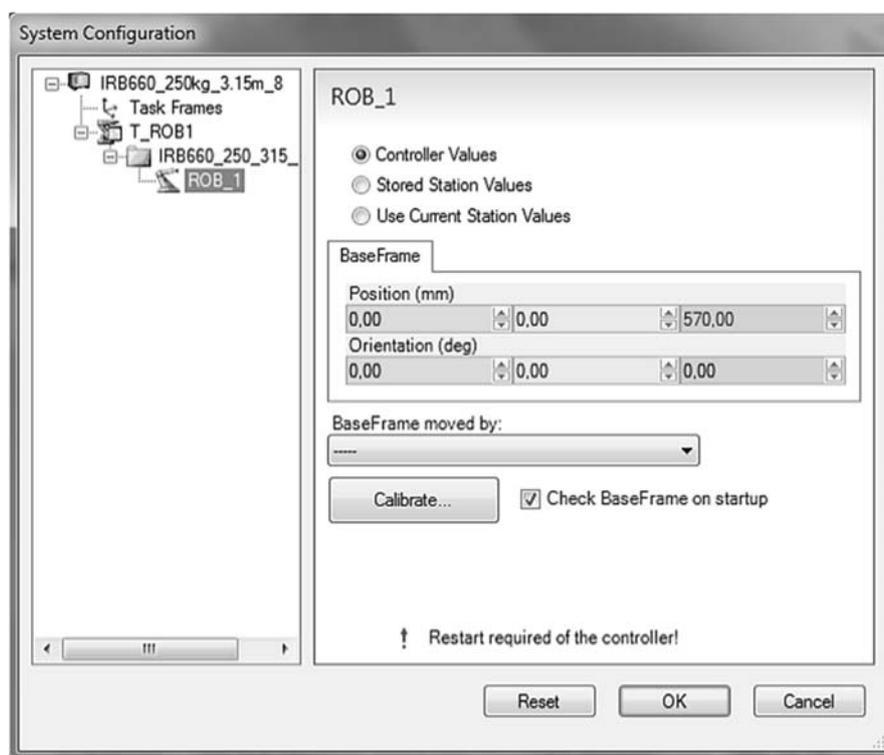


Рисунок 3.1 – Перемещение робота и его системы координат

В процессе изменения конфигурации появляется запрос на рестарт контроллера. Необходимо подтвердить перезагрузку контроллера нажатием кнопки «Да». Во время перезагрузки контроллера возможно появление запроса на обновление данных. Необходимо подтвердить обновление данных нажатием кнопки «Yes». После завершения создания новой конфигурации системы робот разместится на пьедестале.

Создадим объект Груз. На вкладке Modeling в меню Solid выбираем объект Box (ящик) и задаем его габаритные размеры: Length (длина) 210 мм; Width (ширина) 1000 мм; Height (высота) 200 мм.

Командой Set Position определить положение груза, задавая координаты $X = 2000$, $Y = 110$, $Z = 1400$, угол поворота вокруг оси X – 180 град.

Из библиотеки цифровых прототипов Geometry на площадку РТК установить паллету (файл Pallet.sat). Командой Set Position задать координаты ее положения $X = 1700$, $Y = -350$, $Z = 415$, угол поворота вокруг оси Y равен –90 град.

3.2.2 Создание механизма открытия-закрытия схвата.

Загружаем файлы цифровых прототипов деталей схвата tool_part1 и tool_part2 из библиотеки Geometry. Перемещаем tool_part2 задавая командой Set Position его координаты $X = 0$, $Y = 180$, $Z = 55$, угол поворота вокруг осей – 0 град.

В верхней части окна программы выбираем вкладку Modeling и нажимаем «Create Mechanism» (Создать механизм).

В окне Create Mechanism (рисунок 3.2) вводим название механизма My_Gripper (Мой схват) для его идентификации на дереве проекта. Выбираем тип механизма Tool (Инструмент).

Выделяем узел Links (Связи), и вызываем его контекстное меню нажатием правой клавиши мыши. В контекстном меню объекта Links щелкаем Add link (Добавить связь). Открывается окно Create Link для создания связей между подвижными элементами схвата.

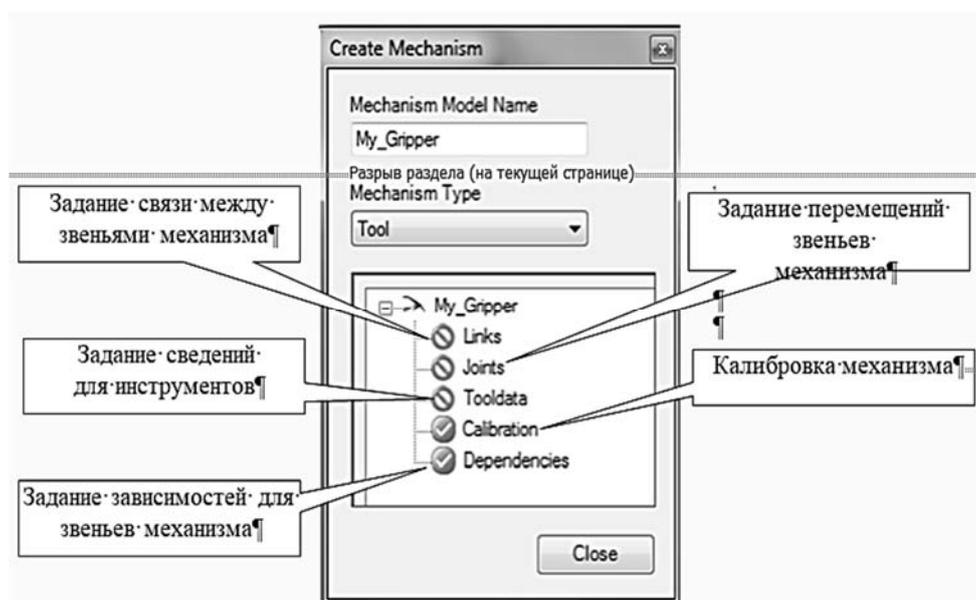


Рисунок 3.2 – Окно Create Mechanism

В диалоговом окне Create Link (Создайте Связь, рисунок 3.3) в поле Selected Part (Выберите звено) выбираем tool_part1 (главная неподвижная часть схвата) и ставим галочку напротив Set as BaseLink (Установить как основную связь).

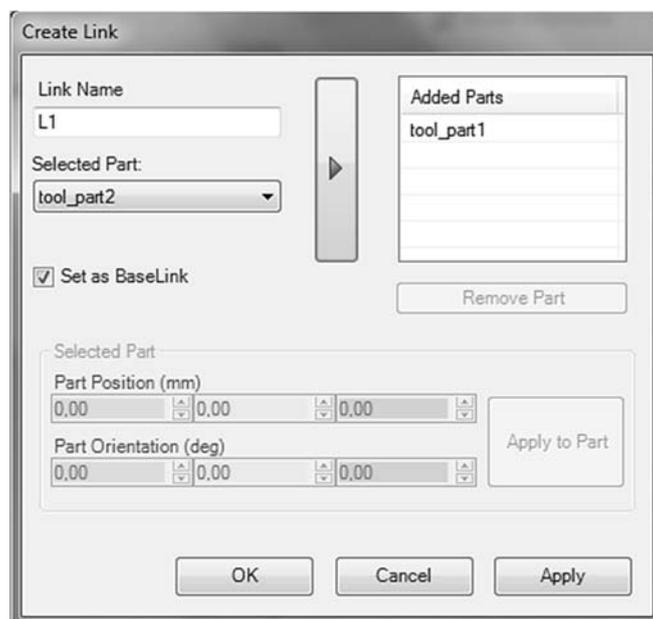


Рисунок 3.3 – Окно создания связей звеньев схвата Create Link

Для выбора связываемого звена схвата нажимаем кнопку с зеленой стрелкой. Название связанной части звена tool_part1 появится в поле списка справа. Нажимаем кнопку «Apply» (Применить). В окне появляется поле Link Name (Имя связи) со значением L1. В поле Selected Part (Выбрать звено) из списка выбираем tool_part2, нажимаем на кнопку с зеленой стрелкой. Звено tool_part2 появляется в правом поле.

В результате выполнения этих операций созданы связи между подвижными частями схвата. При необходимости положения звеньев могут быть изменены путем задания значений координат и углов поворота в полях Part Position (Положение звена) и Part Orientation (Ориентация звена, части). Нажимаем кнопку «ОК».

3.2.3 Задание перемещений подвижных элементов схвата.

В окне Create Mechanism (см. рисунок 3.2) выделяем узел Joints (Звенья), и вызываем его контекстное меню нажатием правой клавиши мыши. В контекстном меню объекта Joints щелкаем Add Joint (Добавить звено). Появляется новое окно Create Joint (Создание звена, рисунок 3.4).

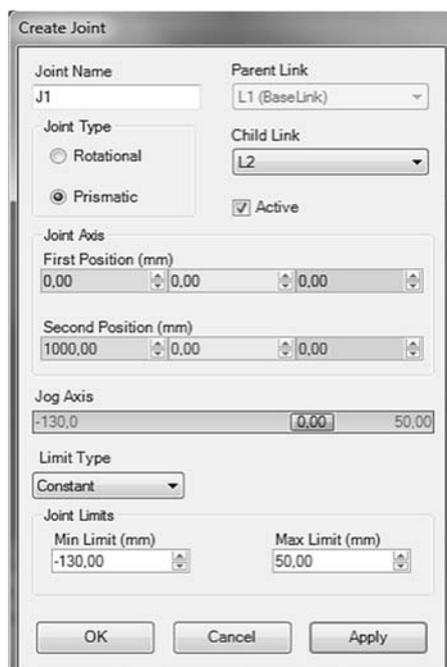


Рисунок 3.4 – Окно Create Joint

Назначение параметров, задаваемых в окне Create Joint, приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Назначение параметров, задаваемых в окне Create Joint

Название параметра	Назначение параметра
Joint Name	Определяет имя звена схвата. Имя предлагается системой
Joint Type.	Определяет тип перемещения звена схвата Rotational – вращательное, Prismatic – линейное. Выбор по умолчанию является вращательным. Изменение типа очищает данные, расположенные в полях ниже
Parent Link	Определяет родительскую связь деталей механизма, обычно родителем является первый сустав механизма
Child Link	Определяет связь с дочерней частью механизма
Active	Эта опция делает звено активным. Активное звено – то, которое может переместить пользователь, в то время как бездействующее звено является по отношению к нему подчиненным
Joint Axis	Эта группа полей служит для определения начальной и конечной точек оси, вокруг которой вращается дочернее звено или отрезок, вдоль которого дочернее звено перемещается
First Position	Определяет точку начала вектора оси
Second Position	Определяет конечную точку вектора оси
Jog Axis	Определяет, каким образом расположена дочерняя связь относительно оси
Limit Type	Определяет тип пределов перемещения звеньев в каждом направлении, в котором может двигаться звено. Варианты: Constant – Постоянные, Variable – Переменные и No – Нет
Min Limit	Определяет минимальное перемещение звена
Max Limit	Определяет максимальное перемещение звена

Задайте значения параметров так, как это показано на рисунке 3.4.

В окне Create Mechanism (см. рисунок 3.2) выделяем узел Tooldata (Данные инструмента, в данном случае схвата) и вызываем его контекстное меню нажатием правой клавиши мыши. В контекстном меню объекта Tooldata щелкаем Add Tooldata (Добавить данные инструмента). Появляется новое окно Create Tooldata (Создание звена, рисунок 3.5).

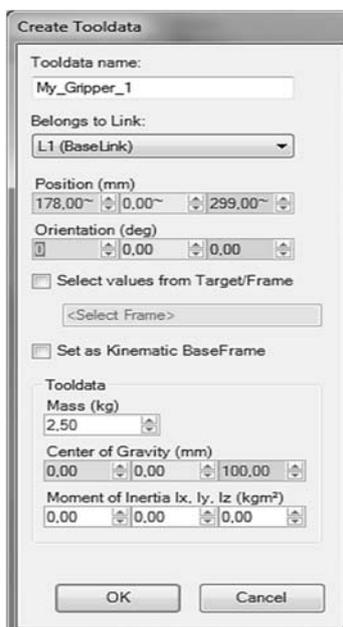


Рисунок 3.5 – Окно Create ToolData

Назначение параметров, задаваемых в окне Tooldata, приведено в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Назначение параметров, задаваемых в окне Tooldata

Название параметра	Назначение параметра
Frame/Tool Data name	Определяет название группы данных инструмента
Belongs to Link	Определяет связь, к которой принадлежит группа данных
Position	Определяет новое положение инструмента в пространстве
Orientation	Определяет новую ориентацию инструмента в пространстве
Select values from target/Frame	Флаг устанавливается для определения данных из поля, расположенного ниже
Tool Data	Группа данных для задания массоинерционных характеристик схвата или другого инструмента
Mass	Определяет массу инструмента
Center of Gravity	Определяет положение центра тяжести инструмента
Moment of Inertia lx, ly, lz	Определяет моменты инерции инструмента относительно осей

Назначение массоинерционных характеристик инструмента необходимо для выбора скоростей перемещений, при которых не будет создаваться опасных суммарных гравитационных и инерционных нагрузок на механизмы привода отдельных звеньев руки робота.

Вводим данные в соответствии с рисунком 3.5 и нажимаем кнопку «ОК». Окно Create Mechanism приобретает вид, показанный на рисунке 3.6.

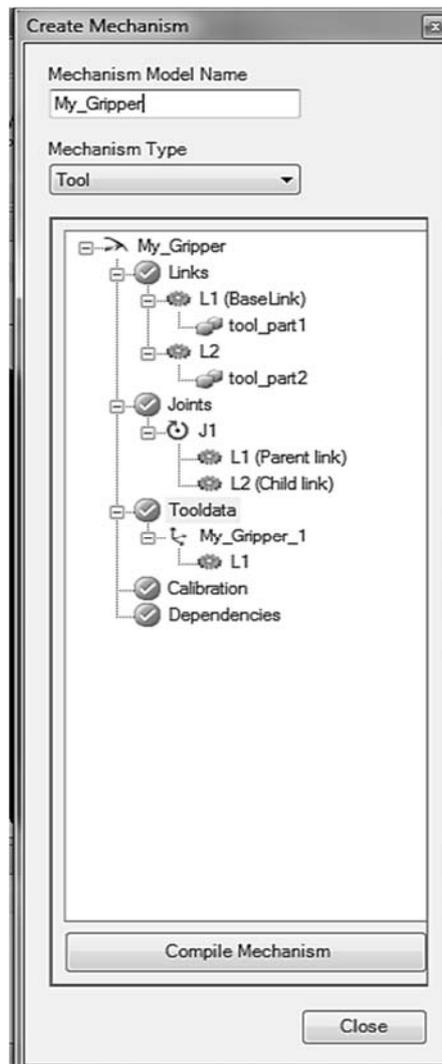


Рисунок 3.6 – Вид окна Create Mechanism после ввода данных об инструменте

Нажимаем кнопку «Compile Mechanism» (Сборка Механизма) в нижней части окна Create Mechanism (см рисунок 3.6).

Под окном Poses (Поза, положение) нажимаем кнопку Add. В появившемся окне Modify Pose (Изменение позы) для задания положения схвата в состоянии «Закрывает» вводим данные, как на рисунке 3.7. Нажимаем кнопку «ОК».

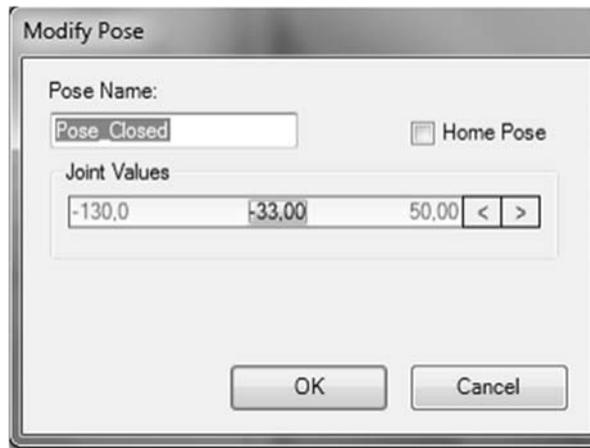


Рисунок 3.7 – Создание позы схвата в положении «Закрыт»

Задаем еще одно положение схвата для состояния «Открыт» (рисунок 3.8).

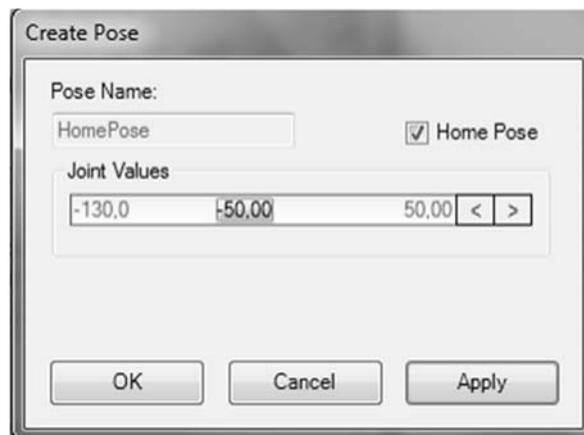


Рисунок 3.8 – Создание позы схвата в положении «Открыт»

На следующем этапе моделирования работы механизма схвата задается время, которое необходимо на его открытие и закрытие. Нажимаем кнопку «Set Transmission Time» (Задать время перемещения, рисунок 3.9).

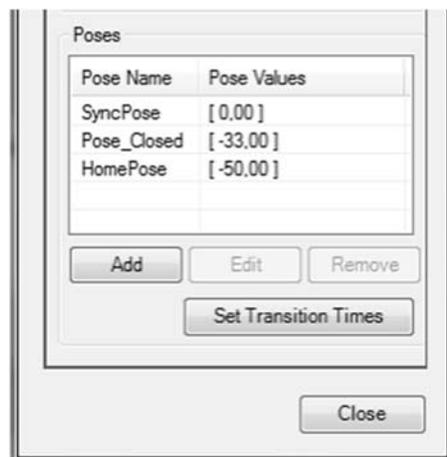


Рисунок 3.9 – Кнопка «Set Transmission Time»

В окне Set Transmission Time (рисунок 3.10) отображаются имена ранее определенных положений звеньев механизма. В столбце To Pose указываются стартовые положения механизма, в строках From Pose – конечные положения. Для каждой комбинации исходного и конечного положения механизма может быть задано время срабатывания механизма (в секундах) при переходе его из одного положения в другое.

Введите данные, показанные на рисунке 3.10, и нажмите кнопку «ОК».

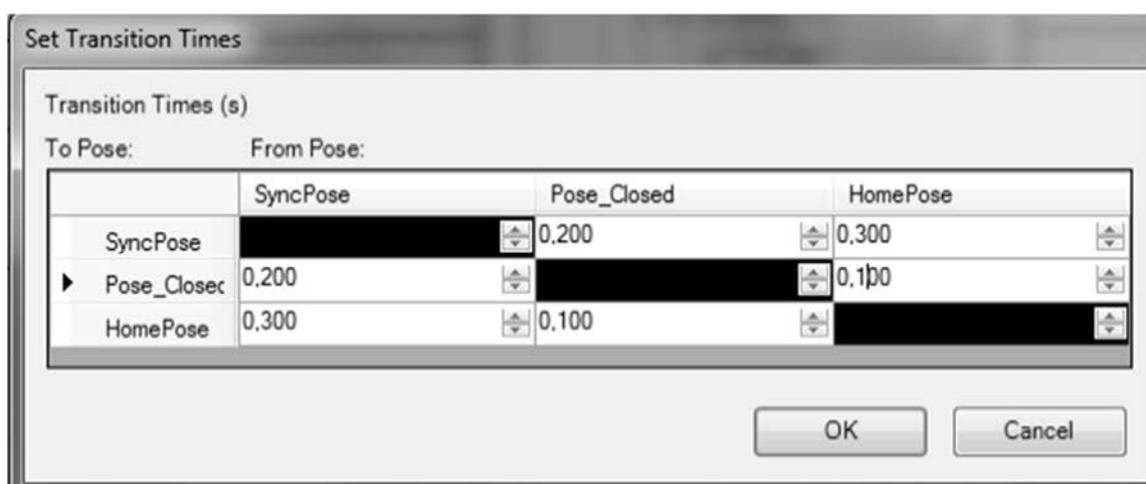


Рисунок 3.10 – Окно Set Transmission Time

После ввода данных, которые определяют время срабатывания механизма, создание механизма считается завершенным и система выводит сообщение с запросом на подтверждение завершения процедуры моделирования механизма. Для подтверждения завершения процедуры моделирования нажмите кнопку «Да».

После завершения процедуры моделирования работы механизма схвата на дереве проекта в закладке Layout появится ветвь My_Gripper.

3.2.4 Установка схвата на фланец руки робота.

Для точной установки схвата на фланец робота на вкладке Layout выбираем ветвь My_Gripper. Открываем контекстное меню и выбираем команду Attach to (Присоединить к ...). В открывшемся списке жмем пункт меню IRB 660_250_315_01. Появляется окно с запросом к пользователю «Следует ли сохранить текущую позицию инструмента». Нажимаем кнопку «Нет». В графическом окне видим, что схват установлен в точку начала системы координат фланца. Вращением, увеличением и перемещением изображения оцениваем точность установки инструмента на фланец.

3.2.5 Индивидуальное задание.

Загрузить систему RobotStudio и создать РТК на базе шаблона по заданному варианту (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Модель робота	Модель конвейера	Длина груза	Ширина груза	Высота груза
1	IRB 4400	950 4000 h2	150	800	150
2	IRB 2600	1200 4000 h2	250	1200	180

Установить силовой блок и контроллер IRC5 в пространстве станции на безопасном расстоянии от робота. Рабочая зона роботов приведена на рисунке 3.11.

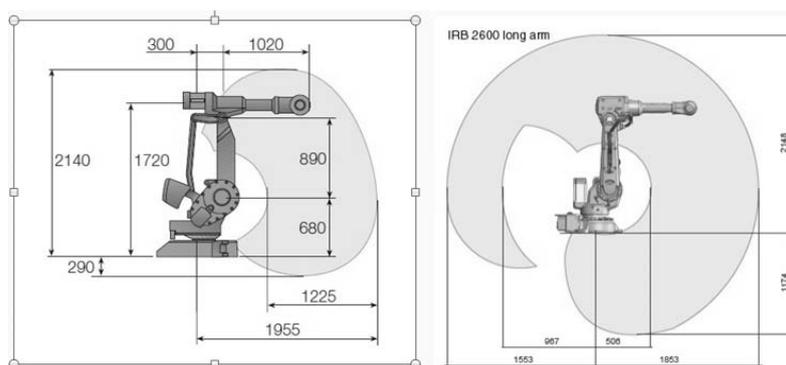


Рисунок 3.11 – Схема рабочего пространства роботов IRB 4400 и IRB 2600

Из папки Equipment выбрать и импортировать конвейер по заданному варианту. Командой Set position развернуть конвейер на -90 град. и перенести на 1000 мм по оси X.

Из папки Equipment выбрать и импортировать паллету Euro Pallet. Командой Set position развернуть и перенести паллету таким образом, чтобы при перегрузке груза с конвейера на паллету, робот совершал минимальные перемещения в пределах своей рабочей зоны и не мешал подъезду погрузчика для забора паллеты. Возможное расположение робота, конвейера, паллеты и направление движения погрузчика показаны на рисунке 3.12.

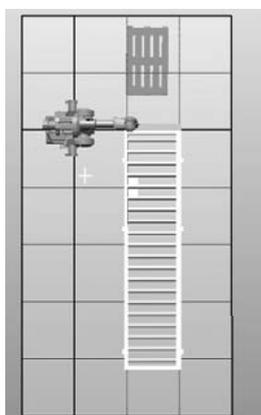


Рисунок 3.12 – Вариант компоновки РТК

Установить ограждение для создания зоны безопасности робота и конвейера. Если необходимо, изменить положение контроллера и силового блока.

Создать груз с размерами по заданному варианту и установить его на крайней позиции конвейера.

Импортировать детали схвата из библиотеки Geometry. С учетом размеров груза задать необходимые параметры перемещения звеньев механизма схвата.

Установить схват на фланец руки робота. Оценить получившийся результат и при необходимости выполнить корректировку заданных параметров звеньев механизма схвата.

3.3 Содержание отчета

3.3.1 Цель работы.

3.3.2 Протокол построения модели РТК и создания механизма (последовательность действий и команды, используемые при выполнении индивидуального задания).

3.3.3 Копия экрана (скриншот) геометрической модели РТК.

3.3.4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1 Как создать компоновку РТК из библиотеки цифровых прототипов?

2 Как создать груз инструментами рисования RobotStudio?

3 Как создать механизм схвата?

4 Как задать перемещение звеньев механизма схвата?

4 Практическая работа № 4. Задание пути перемещения и моделирование движения рабочих инструментов робота

Цель работы: изучить методики задания траектории и моделирование движения рабочих инструментов робота в среде системы RobotStudio.

Оборудование, инструменты и приборы

1 Персональная ЭВМ.

2 Операционная система Windows XP.

3 Пакет программ моделирования и программирования роботизированных технологических комплексов RobotStudio.

4.1 Общие теоретические сведения

Для автоматизированного программирования перемещений рабочих инструментов робота (схватов, сварочных головок и клещей, краскопультов и др.) необходимо задать пути их движения. Пути перемещения рабочих

инструментов робота могут быть заданы различными способами:

- в режиме обучения робота;
- точным определением опорных точек пути движения путем непосредственного задания их координат в трехмерном пространстве;
- привязкой траектории движения к поверхностям цифровых прототипов изделий.

Задание путей перемещения в режиме обучения робота – наиболее простой способ задания пути, но он не обеспечивает высокой точности расположения рабочих инструментов. При выполнении операций складирования грузов, когда не требуется высокая точность их размещения в пространстве, этот способ вполне приемлем.

Если требуется определить с высокой точностью положение рабочих инструментов, например, при выполнении операций загрузки и выгрузки технологического оборудования, выполнении технологических операций роботом, необходимо точное определение опорных точек траектории движения путем непосредственного задания их координат в трехмерном пространстве.

При выполнении операций дуговой сварки, зачистки поверхностей, заусенцев и т. п., для задания пути перемещения целесообразно использовать различные элементы цифровых прототипов изделий, например, рёбра, поверхности и другие элементы их трехмерных моделей.

4.2 Порядок выполнения работы

4.2.1 Создание системы координат WorkObject.

Загрузить систему RobotStudio, а затем файл модели РТК, который был создан при выполнении первого этапа лабораторной работы № 3 (рисунок 4.1).

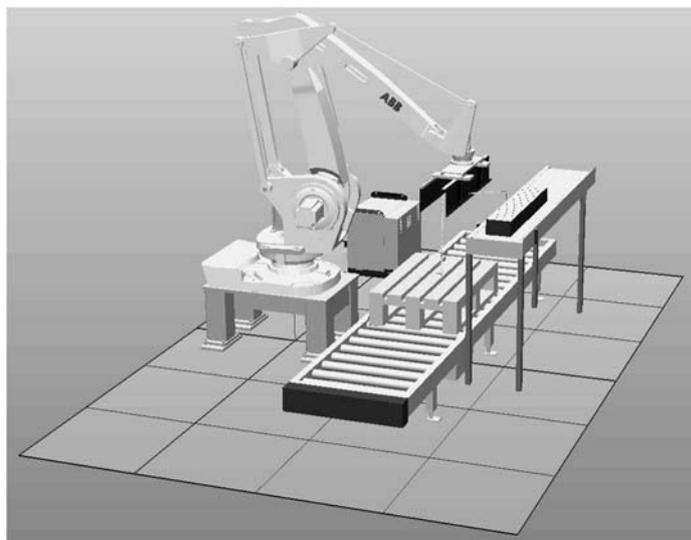


Рисунок 4.1 – Модель РТК, используемая для программирования перемещений груза

Создадим специальные системы координат, относительно которых будут заданы целевые точки. В RobotStudio такая система координат называется WorkObject (Объект работы).

Для создания объекта работы на вкладке Home в подразделе Path Programming нажимаем кнопки «Other – Create WorkObject».

В появившемся окне Create WorkObject (Создание объекта работы) в поле Name (Имя) присваиваем имя Wobj_box создаваемому объекту работы (рисунок 4.2).

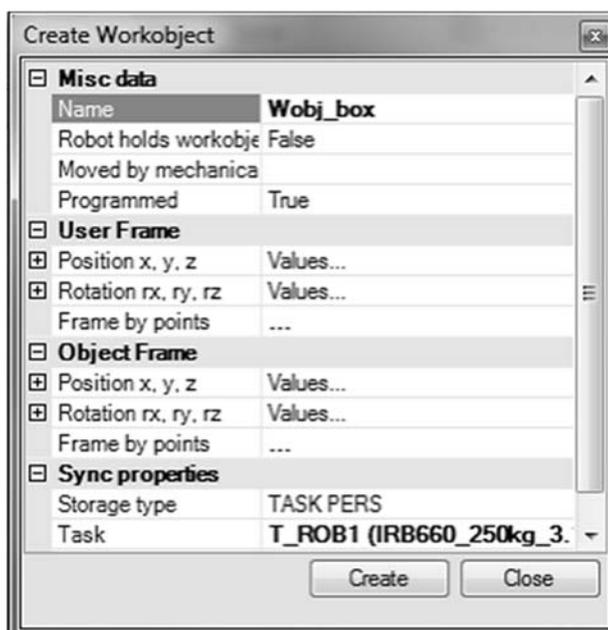


Рисунок 4.2 – Окно создания объекта работы

Повернем станцию в графическом окне так, чтобы ее конвейер был ориентирован, как показано на рисунке 4.3.

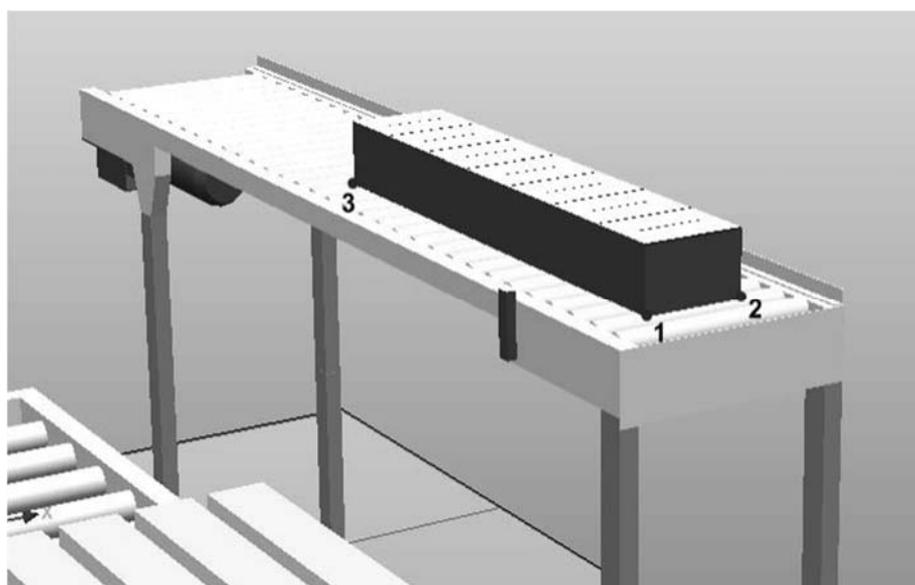


Рисунок 4.3 – Вид станции для создания Workobject

Для точного определения системы координат объекта работы включаем привязку к конечным точкам. Для этого нажимаем кнопку «Snap End» в верхней части графического окна системы.

Далее в разделе User Frame (Пользовательская Структура) в окне Create Workobject выбираем пункт Frame by points (Структура из точек) и нажимаем на поле справа от него. Появится окно ввода координат точек (рисунок 4.4).

Position Three-point

First point on X axis (mm)

1935,23	▲	▼	-377,27	▲	▼	1320,60	▲	▼
---------	---	---	---------	---	---	---------	---	---

Second point on X axis (mm)

1000	▲	▼	0,00	▲	▼	0,00	▲	▼
------	---	---	------	---	---	------	---	---

Point on Y axis (mm)

0,00	▲	▼	1000,00	▲	▼	0,00	▲	▼
------	---	---	---------	---	---	------	---	---

Рисунок 4.4 – Окно для ввода координат точек при создании Workobject

Выбираем опцию Three-point (По трем точкам). Затем щелкаем поле ввода координат первой точки, с помощью привязки наводим курсор на точку 1 (см. рисунок 4.4) и щелкаем по ней. В полях, соответствующих первой точке, появляются значения координат. Аналогично вводим координаты для второй и третьей точек (см. рисунок 4.4). Нажимаем кнопку «Ассепт» (Принять). В окне Create WorkObject нажимаем кнопку «Create» (Создать).

Аналогично создаем WorkObject с названием Wobj_pallet на основе точек, показанных на рисунке 4.5.

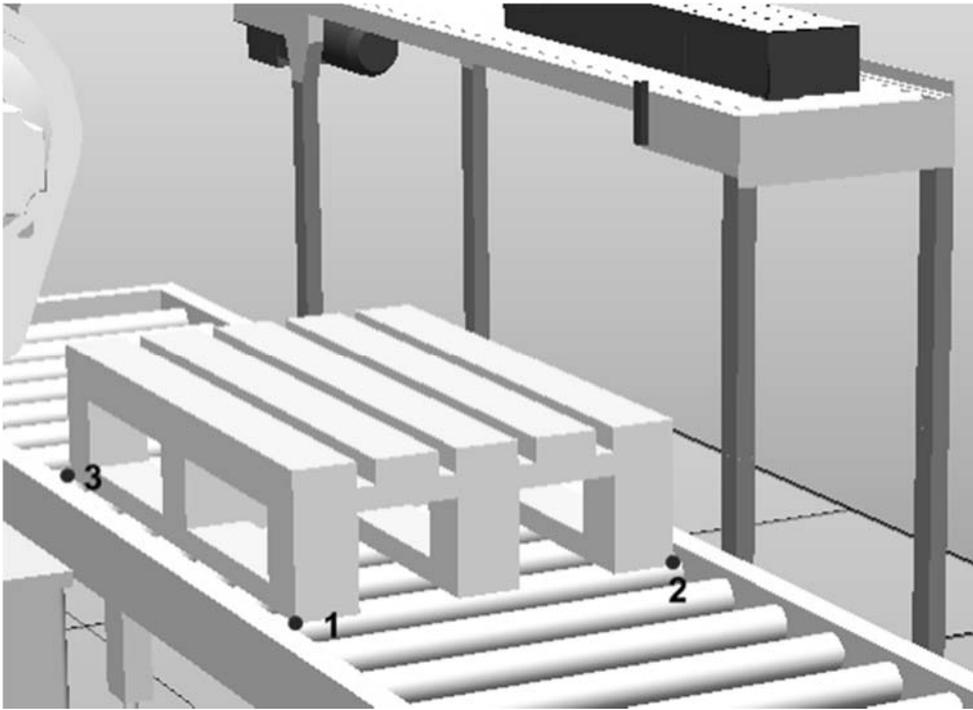


Рисунок 4.5 – Вид станции для задания Workobject с названием Wobj_pallet

4.2.2 Создание целевых точек для создания пути инструмента робота.

Для создания пути инструмента необходимо в рабочем пространстве задать точки, которые в дальнейшем будут определять направления перемещения инструмента. На рисунке 4.6 показан путь и целевые точки перемещения груза с конвейера на паллету. Рассмотрим методику определения целевых точек путем задания их координат X , Y , Z .

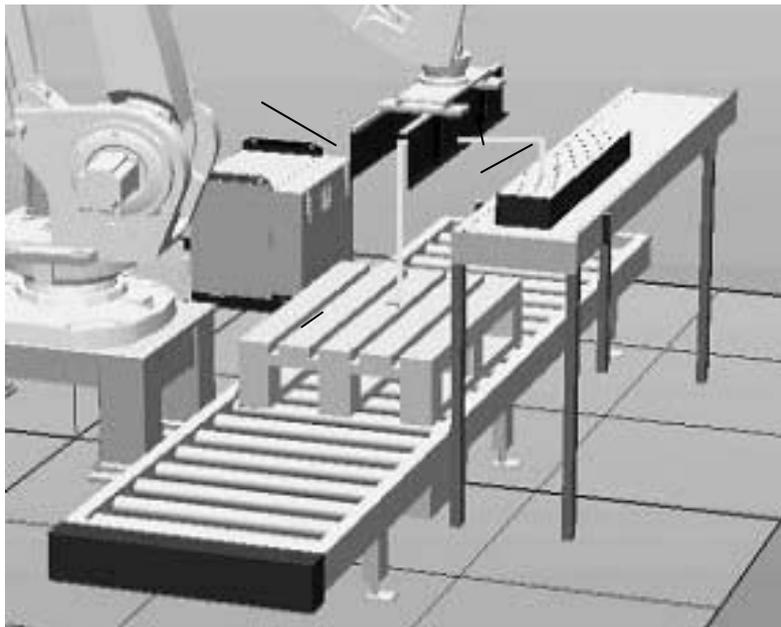


Рисунок 4.6 – Целевые точки и путь инструмента при перемещении груза на паллету

Для задания точек координатами по осям X, Y, Z откроем вкладку Home главного меню системы и в разделе Path Programming и нажмем кнопки «Target – Create Target» (Цель – целевая точка).

Появляется окно ввода данных (рисунок 4.7). Внизу окна выбираем рабочий объект (WorkObject) Wobj_box. Заполняем поля Position значениями координат целевой точки 1 X = 1930, Y = 210, Z = 1330. Задаем в поле Orientation угол ориентации инструмента в этой точке относительно оси Y, равный 180 град. Нажимаем кнопку «Add» (Добавить), а затем кнопку «Create» (Создать).

Создадим целевую точку 2 над рабочим объектом Wobj_pallet с координатами X = 1200, Y = 200, Z = 730 и углом ориентации инструмента в этой точке относительно оси Y, равным 180 град. Закроем окно Create Target нажатием кнопки «Close». Откроем меню Paths&Targets (Пути и цели) (рисунок 4.7).

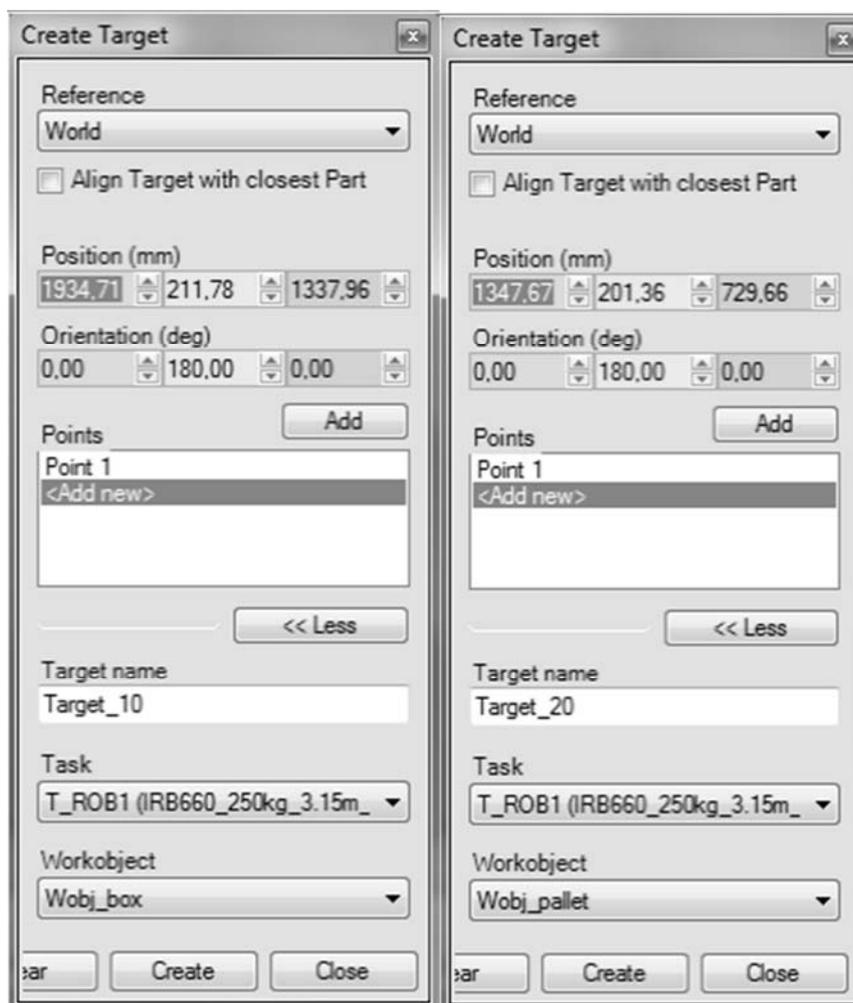


Рисунок 4.7 – Окна задания координат целевых точек 1 и 2

Точку Target_10, принадлежащую Wobj_box, используя команду контекстного меню Rename, переименуем в take_box (взять ящик), а точку Target_20, принадлежащую Wobj_pallet – в put_box (положить ящик).

Выберем точку `put_box` в меню `Paths&Targets` (рисунок 4.8). В контекстном меню щелкнем `Jump To Target` (Перейти к точке назначения). Появится окно конфигурирования звеньев руки робота (задание углов поворота звеньев) в выбранной точке (рисунок 4.9). Выбираем `Cfg 1 (0,0,0,0)` и нажимаем кнопку «Apply». В графическом окне видим, что манипулятор переместился в точку `put_box`. Повторите эти команды для точки `take_box`.

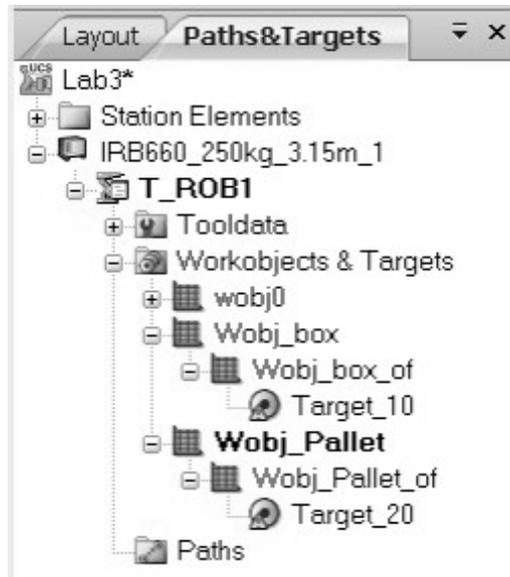


Рисунок 4.8 – Дерево путей и точек перемещения инструмента

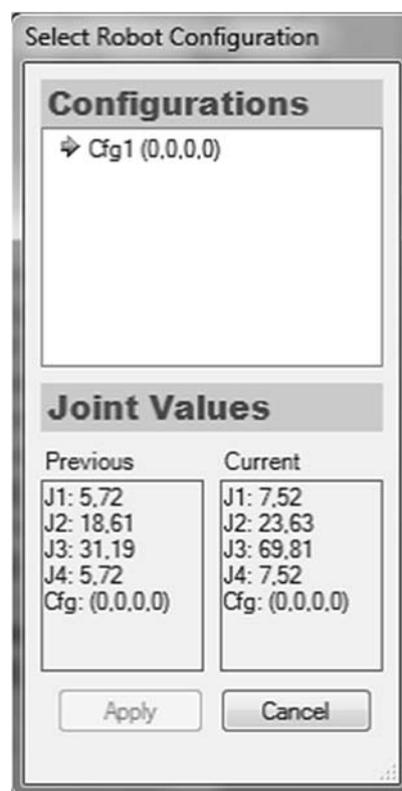


Рисунок 4.9 – Окно задания конфигурации звеньев руки робота

При необходимости координаты целевых точек могут быть изменены командой **Modify Target** и проверены на корректность задания путем выполнением команды **Jump To Target**.

Создадим точку 3 путем копирования точки `take_box`. Выделим на дереве путей точку `take_box` и из контекстного меню выполняем команду **Copy**. Выделим на дереве путей и точек ветвь `Wobj_box_of`, в контекстном меню выберем пункт **Paste (Вставить)**. Появится новая точка с названием `take_box_2`. Переименуем ее в `take_box_offset` (Поднять ящик). Выделим точку `take_box_offset` и в контекстном меню выберем пункт **Modify Target – Set Position**. В появившемся окне (рисунок 4.10) вводим координаты точки 3 $X = 0, Y = 0, Z = -200$, которые определяют высоту подъема груза над конвейером, и нажимаем кнопку «Apply». Аналогичным образом создадим точку 4 `put_box_offset` (Положить ящик).



Рисунок 4.10 – Окно задания координат точки 3

Теперь добавим промежуточную точку между позициями `put_box_offset` и `take_box_offset` для того, чтобы при возврате в точку 1 по кратчайшему пути манипулятор не сталкивался с конвейером и грузом. В этой же точке манипулятор будет останавливаться в конце траектории в ожидании поступления на конвейер следующего груза.

На вкладке **Home** в разделе **Settings** поменяем систему координат рабочих объектов **Workobject** на систему координат робота `wobj0`. Выведем руку робота в нужную точку вручную, с помощью команды **Jog Linear** из раздела меню **Free-hand**. Затем из раздела меню **Path Programming (Программирование Пути)** нажмем кнопку «Target» (Цель) и выберем пункт **Teach Target (Передать Цель)**. Переименуйте на дереве путей и целей полученную точку в `Home_position`.

4.2.3 Создание пути перемещения груза.

Для создания пути инструмента, по ранее определенным точкам, нажимаем в разделе меню Path Programming кнопки «Path – Empty Path» (Пустой Путь). На дереве путей и точек Paths&Targets в разделе Path появляется пустой путь Path_10. Добавим в пустой путь Path_10 целевые точки. Для этого выделяем в меню Paths&Targets целевую точку Home_position. В контекстном меню выбранной точки нажимаем пункт меню Add to path – Path 10 – <First>. На дереве путей и точек Paths&Targets в разделе Path_10 появляется участок пути к заданной точке MoveL Home_position. Создайте полный путь командой Add to path – Path 10 – <Last>, добавляя другие точки в последовательности, показанной на рисунке 4.11.

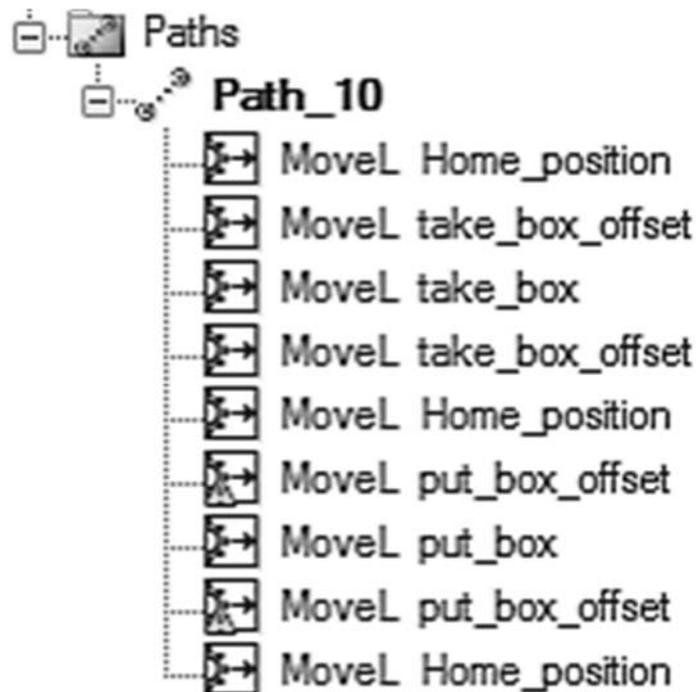


Рисунок 4.11 – Полный путь инструмента, заданный отрезками прямых MoveL

На дереве проекта выбираем путь Path_10 и из контекстного меню выполняем команду Auto Configuration/.

Для проверки созданного пути инструмента выбираем вкладку Simulation (Моделирование), раздел меню Configure (Формирование) и нажимаем пункт меню Simulation Setup (Установки Моделирования).

Появляется окно Setup Simulation (рисунок 4.12). В списке Available Procedures (Доступные Процедуры) выделяем путь Path_10 и нажимаем на стрелку влево, а затем кнопки «Apply» и «OK».

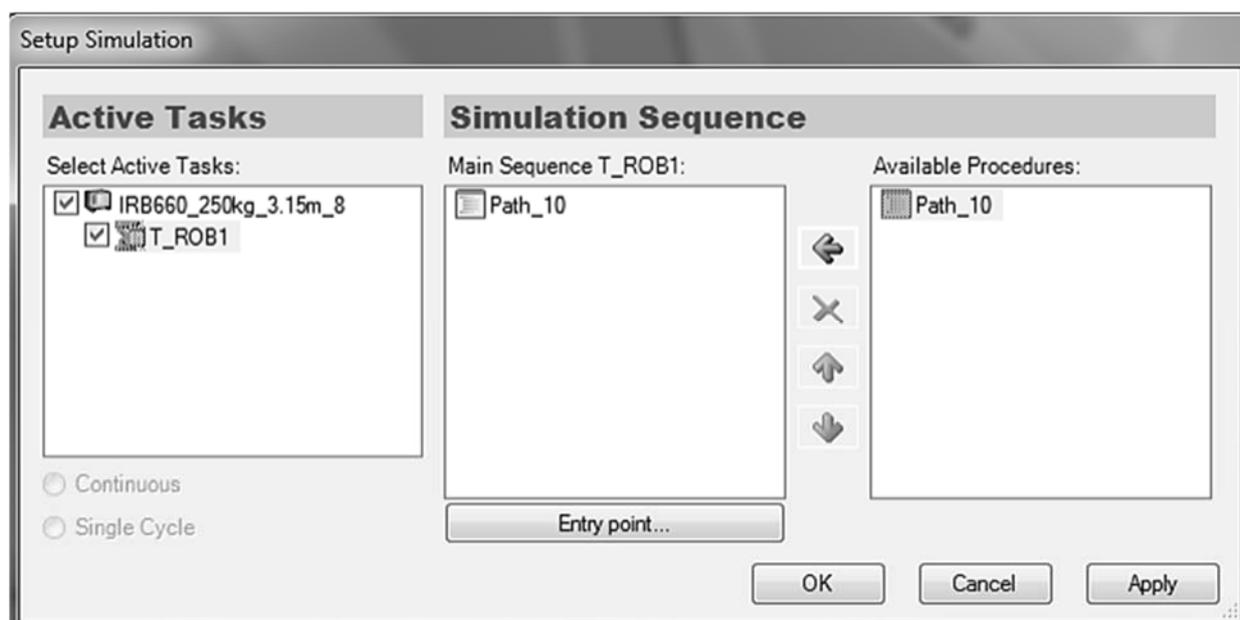


Рисунок 4.12 – Окно настройки моделирования Setup Simulation

В результате выполнения этих команд будет сформирована программа, управляющая движением робота вдоль заданной траектории.

Для моделирования движения робота в меню Simulation Control (Контроль Моделирования) нажимаем кнопку «Play». В графическом окне системы наблюдаем как робот перемещается по заданному пути.

4.2.4 Оптимизация пути перемещения груза.

Созданный путь состоит из отрезков, расположенных под прямыми углами. Путь, созданный таким способом, не является оптимальным. Для того чтобы путь был оптимальным, необходимо чтобы перемещение происходило при минимальных движениях отдельных звеньев руки робота.

Оптимизируем путь перемещения груза путем редактирования управляющей программы автоматически составленной системой на языке Rapid. Язык Rapid разработан исследовательским центром робототехники ABB Group для программирования роботов собственного производства.

Для открытия автоматически созданной программы выбираем вкладку Offline. В окне Offline на дереве программных модулей выделяем ветвь Module1 (рисунок 4.13) и в меню Controller Tools (Инструментарий контроллера) нажимаем кнопку «Rapid Editor» (Текстовый редактор Rapid). Если в левой части окна закладка не появляется, то необходимо выполнить команды настройки быстрого доступа к меню Offline-Windows Layout – Default Layout или Windows Lay-out-Windows – Offline.

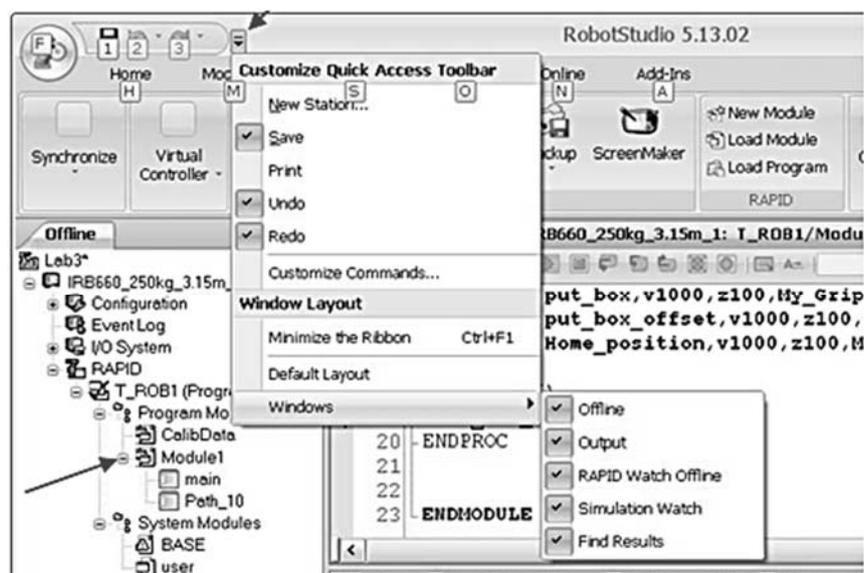


Рисунок 4.13 – Окно дерева программных модулей Offline

Произведем изменения в тексте программного модуля PROC Path_10(). В строке программного модуля Path_10, которая определяет начало перемещения *MoveL Home_position,v1000,z100, My_Gripper_1\WObj:=wobj0* и в подобной строке в конце программного модуля Path_10, которая определяет конец перемещения *MoveL Home_position,v1000,z100,My_Gripper_1\WObj:=wobj0*; заменим команды MoveL на MoveJ.

В строках программного модуля Path_10, которые определяют перемещение в точки *take_box MoveL take_box,v1000,z100,My_Gripper_1\WObj:=Wobj_box*; и *put_box MoveL put_box,v1000,z100,My_Gripper_1\WObj:=Wobj_pallet*; заменим z100 на fine (точно). Это значит, что робот должен переместить груз в эти точки точно.

```

1  MODULE Module1
2      CONST robtargt Home_position:=[[350,560,915],[6.1230317691118
3      CONST robtargt take_box_offset:=[[0,710,207.04963994424],[6.1
4      CONST robtargt take_box:=[[0,710,7.04963994423968],[6.1230317
5      CONST robtargt put_box_offset:=[[350,560,515],[6.123031769111
6      CONST robtargt put_box:=[[350,560,315],[6.12303176911189E-17,
7  PROC Path_10 ()
8      MoveJ Home_position,v1000,z100,My_Gripper_1\Wobj:=Wobj_Pallet;
9      MoveL take_box_offset,v1000,z100,My_Gripper_1\Wobj:=Wobj_box;
10     MoveL take_box,v1000,fine,My_Gripper_1\Wobj:=Wobj_box;
11     MoveL take_box_offset,v1000,z100,My_Gripper_1\Wobj:=Wobj_box;
12     MoveL Home_position,v1000,z100,My_Gripper_1\Wobj:=Wobj_Pallet;
13     MoveL put_box_offset,v1000,z100,My_Gripper_1\Wobj:=Wobj_Pallet;
14     MoveL put_box,v1000,fine,My_Gripper_1\Wobj:=Wobj_Pallet;
15     MoveL put_box_offset,v1000,z100,My_Gripper_1\Wobj:=Wobj_Pallet;
16     MoveJ Home_position,v1000,z100,My_Gripper_1\Wobj:=Wobj_Pallet;
17  ENDPROC
18  PROC main ()
19     Path_10;
20  ENDPROC
21
22
23  ENDMODULE

```

Рисунок 4.14 – Окно текстового редактора системы программирования rapid

Список литературы

1 **Предко, М.** Устройства управления роботами / М. Предко. – Москва: ДМК Пресс, 2010. – 404 с.

2 **Козырев, Ю. Г.** Применение промышленных роботов / Ю. Г. Козырев. – Москва: Кнорус, 2016. – 494 с.

3 **Фельдштейн, Е. Э.** Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебное пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. – Москва: ИНФРА-М; Минск: Новое знание, 2016. – 264 с.