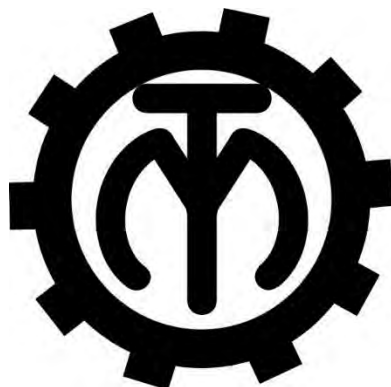


ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ОСНОВЫ МЕХАТРОНИКИ И РОБОТОТЕХНИКИ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
дневной формы обучения*



Могилев 2018

УДК 621.01
ББК 34.41
О 75

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
«Белорусско-Российского университета»

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «28» мая 2018 г.,
протокол № 11

Составитель канд. техн. наук, доц. А. В. Капитонов

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

Методические рекомендации содержат указания для выполнения лабораторных работ в соответствии с рабочей программой дисциплины «Основы мехатроники и робототехники», а также необходимые справочные данные.

Учебно-методическое издание

ОСНОВЫ МЕХАТРОНИКИ И РОБОТОТЕХНИКИ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Технический редактор	А. А. Подошевко
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 46 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.

Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2018



Содержание

Лабораторная работа № 1. Проектирование конструкции промышленного робота с использованием компьютерного 3D-моделирования	4
Лабораторная работа № 2. Выбор аппаратуры промышленного робота и системы его управления	16
Лабораторная работа № 3. Проектирование электрической части управления роботом	25
Список литературы.....	36
Приложение А.....	37



Лабораторная работа № 1. Проектирование конструкции промышленного робота с использованием компьютерного 3D-моделирования

Цель лабораторной работы – изучение интерфейса системы RobotStudio и основных принципов моделирования роботизированных технологических комплексов в среде RobotStudio.

Техническое обеспечение.

- 1 Персональная ЭВМ.
- 2 Накопитель на жестких магнитных дисках.
- 3 Видеомонитор.

Программное обеспечение.

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

Общие сведения о системе моделирования и программирования роботизированных технологических комплексов RobotStudio

RobotStudio представляет 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 контролировать 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 дает возможность избежать ошибок при программировании РТК и ускоряет процесс внедрения роботизированных технологических комплексов в два раза и более.

Основные этапы выполнения работы.

- 1 Ознакомление с основными компонентами интерфейса пользователя.
- 2 Создание РТК (станции) на основе шаблона.
- 3 Управление роботом в ручном режиме.
- 4 Управление 3D-видами.
- 5 Загрузка цифровых прототипов оборудования РТК из библиотеки.
- 6 Выполнение индивидуального задания и составление отчета по работе.



Методика выполнения лабораторной работы.

1 Загрузка системы RobotStudio.

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

При загрузке системы появляется окно с предложением обновить драйвер графической карты, установленной на ПЭВМ (рисунок 1).

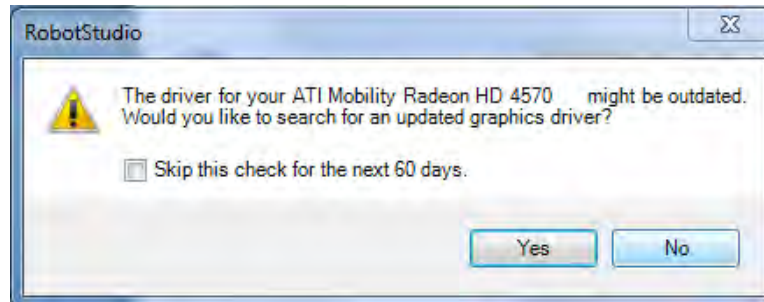


Рисунок 1 – Окно с предложением обновить графический драйвер

Для отказа от обновления драйвера графической карты нажимаем кнопку **No**. После нажатия кнопки **No** (нет) открывается главное окно графического интерфейса пользователя (Graphical User Interface, GUI) системы RobotStudio (рисунок 2).

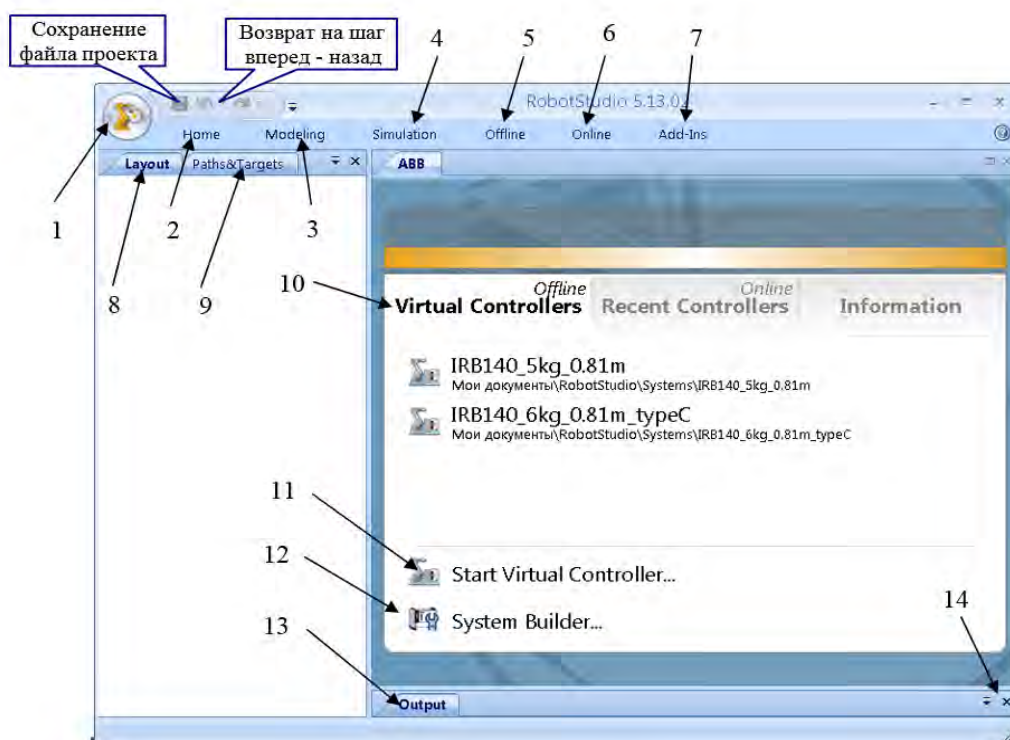



Рисунок 2 – Главное окно графического интерфейса пользователя

Главное меню графического интерфейса пользователя состоит из следующих разделов.

1 Кнопка  открывает дополнительное меню (рисунок 3) для доступа к командам управления файлами, печати и настройки системы (**RobotStudio Options**).

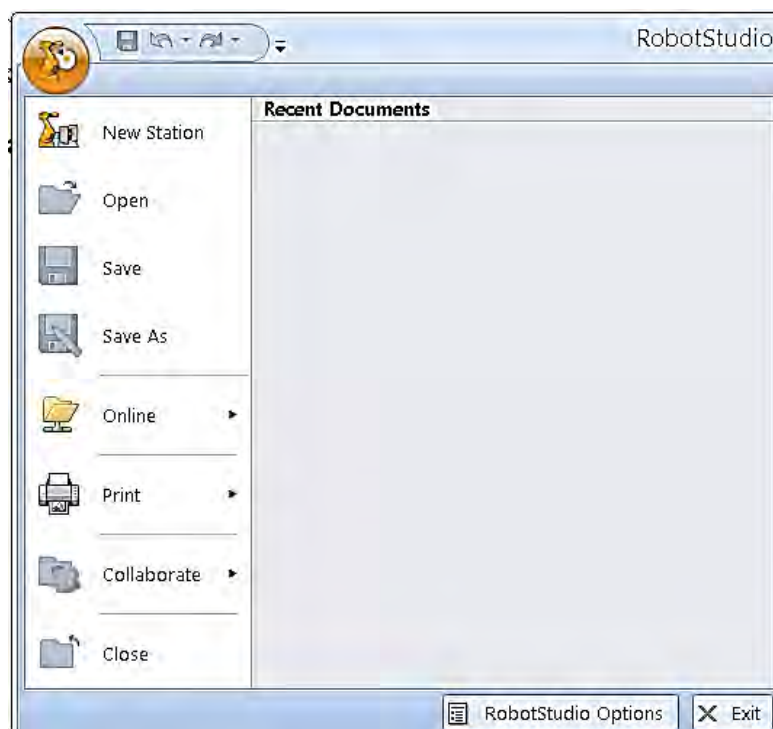


Рисунок 3 – Окно дополнительного меню

2 **Home** открывает панель инструментов (рисунок 4), 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 4 – Панель инструментов раздела меню Home

3 **Modeling** открывает панель инструментов (рисунок 5), которая содержит команды для создания 2D- и 3D-компонентов РТК с помощью САД-операций (**CAD Operations**), выполнения измерений (**Measure**), перемещения объектов и отдельных звеньев робота вручную (**FreeHand**), создания анимированных движений цифровых прототипов механизмов и инструментов (**Mechanism**).

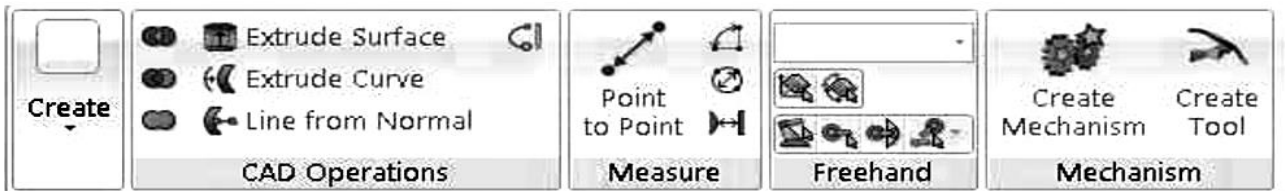


Рисунок 5 – Панель инструментов раздела меню Modeling

4 **Simulation** открывает панель инструментов (рисунок 6), 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.

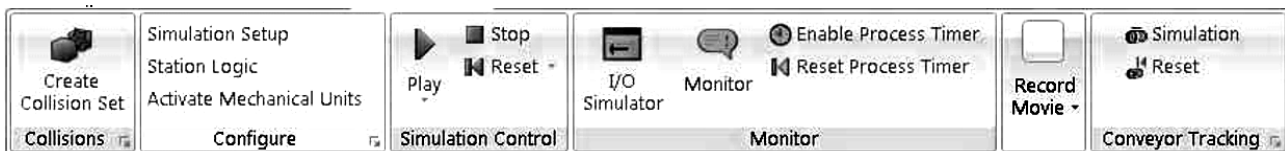


Рисунок 6 – Панель инструментов раздела меню Simulation

5 **Offline** открывает панель инструментов (рисунок 7), 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 7 – Панель инструментов раздела меню Offline

6 **Online** открывает панель инструментов (рисунок 8), 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 8 – Панель инструментов раздела меню Online

7 Add-Ins открывает панель инструментов (рисунок 9), которая обеспечивает доступ в среду системы программирования **Visual Studio Tools for Application (VSTA)** для расширения функциональных возможностей RobotStudio.



Рисунок 9 – Панель инструментов раздела меню Add-Ins

8 Layout – закладка в виде иерархической структуры (дерева проекта, рисунок 10) для просмотра и изменения свойств компонентов структуры РТК.

9 Paths & Targets – закладка в виде иерархической структуры (дерева проекта, рисунок 10) для просмотра и изменения свойств программируемых путей и целей рабочего инструмента робота.

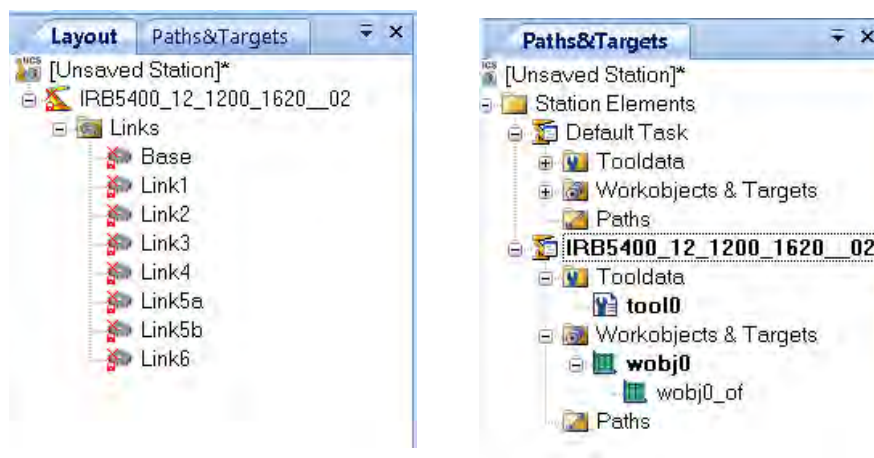


Рисунок 10 – Браузер проекта, отображающий иерархическую структуру проектируемой системы

10 Virtual Controllers – окно быстрого старта (рисунок 11), которое содержит команды:

Recent Stations^{Offline} – загружает недавно созданные рабочие станции, которые приводятся в списке ниже;

Recent Controllers^{Online} – 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.

11 Start Virtual Controllers... – подключение виртуального контроллера.



Рисунок 11 – Окно быстрого старта

12 **System Builder...** – создание новой системы.

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

14 **Open-close window output** – открытие и закрытие окна output.

2 *Создание системы с использованием шаблона (template).*

Нажимаем кнопку RobotStudio (см. рисунок 2). Выбираем пункт **New Station**. Открывается окно (рисунок 12). В левой части должен быть выбран пункт **Template System**, справа выбираем систему **IRB660_250kg_3.15m**. Нажимаем **ОК**.

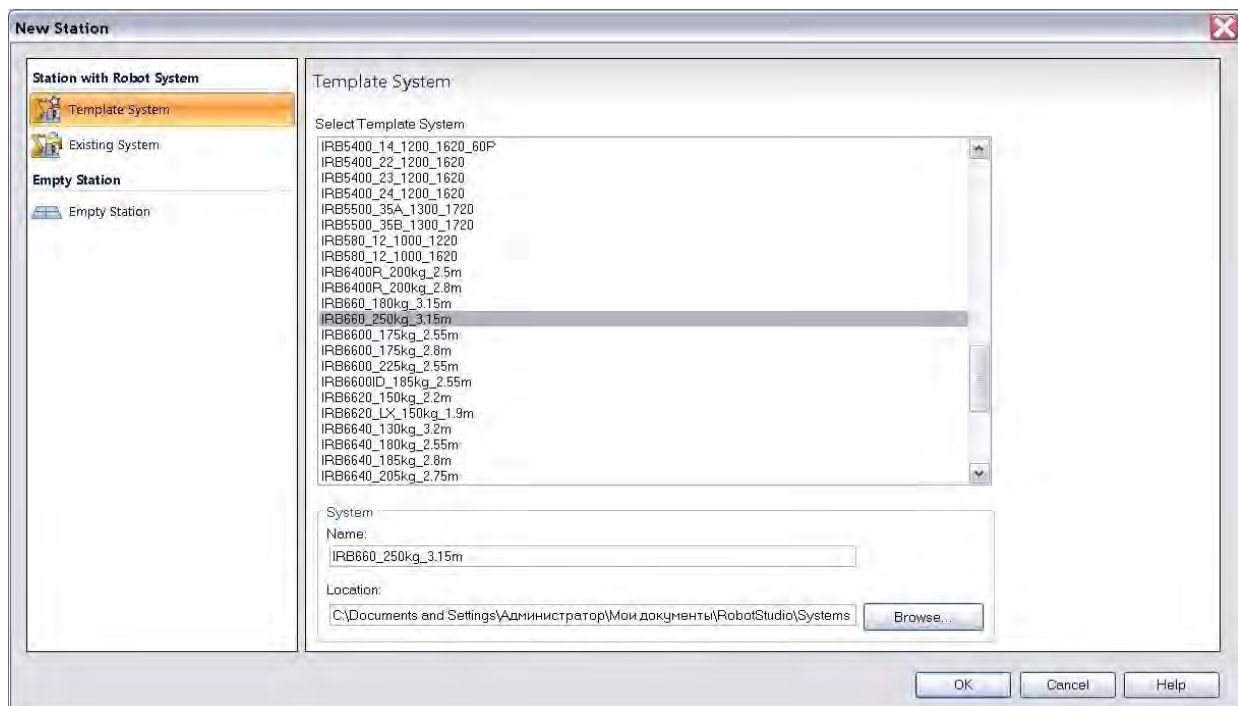


Рисунок 12 – Окно создания станции


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 следующая надпись:

IRB660_250kg_3.15m_8: Motors ON state 27.01.2012 15:35:31 Controllers.

3 Навигация в графическом меню с использованием мыши.


Навигация в графическом меню с использованием мыши представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Навигация в графическом меню с использованием мыши



Действие	Комбинация клавиш	Описание
Выбор объекта		Щелкните по объекту, чтобы выбрать его. Нажмите SHIFT для выбора нескольких объектов.
Вращение вида	CTRL + SHIFT + 	Нажать CTRL + SHIFT + левая кнопка мыши, пока двигаете мышь для вращения вида. Если есть колесо прокрутки, можно вместо комбинации клавиш нажать левую кнопку мыши и колесо прокрутки.
Плоское перемещение	CTRL + 	Нажать CTRL + левая кнопка мыши, пока двигаете мышь для перемещения вида.
Масштабирование	CTRL + 	Нажмите CTRL + правая кнопка мыши, пока двигаете мышь для масштабирования вида. Если есть колесо прокрутки, можно масштабировать вид, вращая его или нажав колесо прокрутки и двигая мышью.

4 Управление роботом в ручном режиме.

4.1 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 13). После этого, двигая мышью при нажатой левой клавише, управляем перемещением звена.

4.2 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 14). Выбирая одну из стрелок и двигая мышью при нажатой левой клавише, перемещаем руку робота в выбранном направлении.

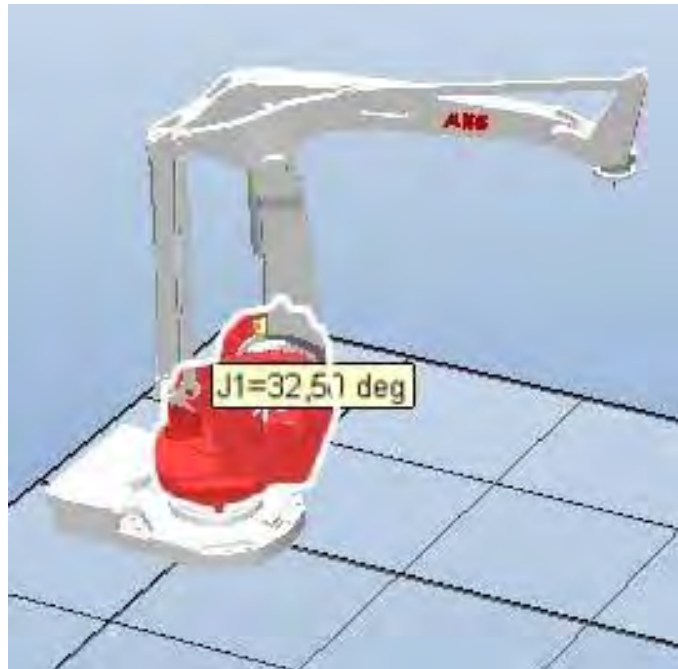


Рисунок 13 – Перемещение звена робота

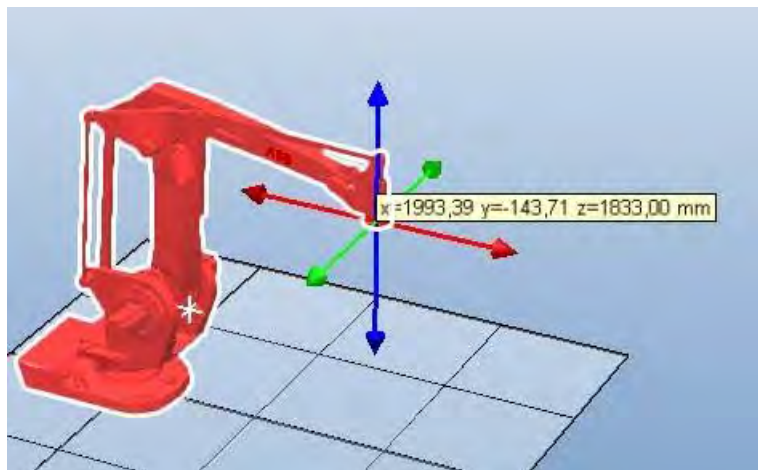





Рисунок 14 – Линейное движение звена, на котором устанавливается схват или инструмент

4.3 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 15). Для данного робота возможно вращение фланца только вокруг оси Z. Вращение вокруг других осей возможно для 6-осных антропоморфных роботов.

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**.

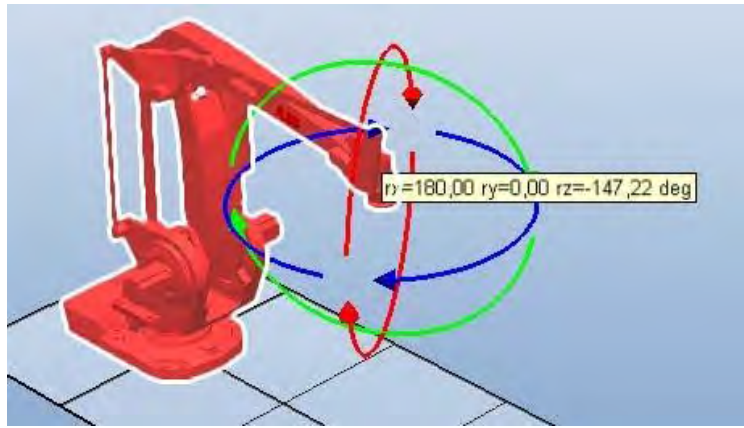





Рисунок 15 – Вращение вокруг центра системы координат инструмента

5 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, а в полях **Orientation (deg)** – углы поворота вокруг осей X – 0, Y – 0, Z – 90 град и нажимаем кнопку **Apply**, 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** (рисунок 16).

Установите ссылку на изменяемую систему координат **World**. Вводим в поля **Position X, Y, Z** новые координаты X – 1000, Y – 1000, Z – 350, а в поля **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 Frames(s)?

Вы также хотите переместить Основные элементы структуры?

щелкните **Yes** для перемещения робота и системы координат.

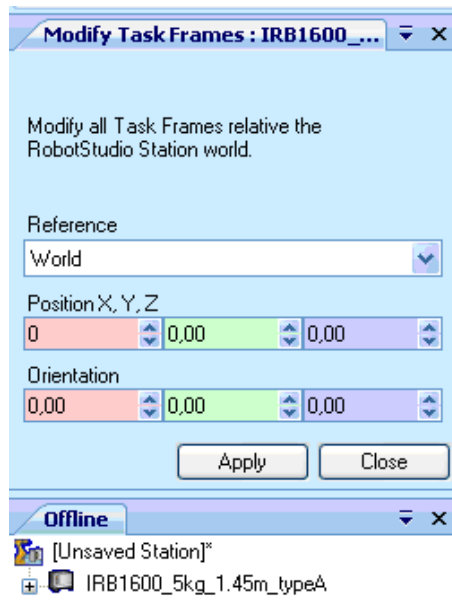



Рисунок 16 – Окно для изменения системы координат и положения робота

6 Управление 3D-видами.

Для оценки расположения компонентов РТК на вкладке **Home** в группе команд **3D View** нажимаем кнопку **View** . Из открывшегося меню (рисунок 17) 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.

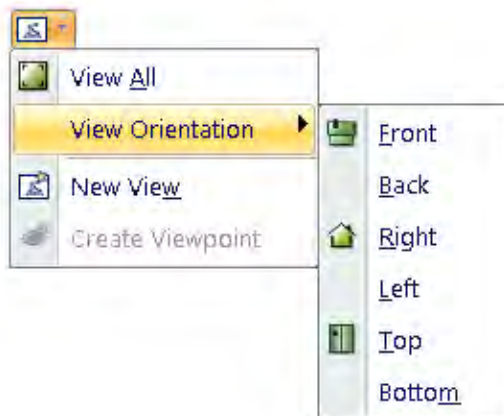


Рисунок 17 – Меню команд для управления видами

7 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 18).

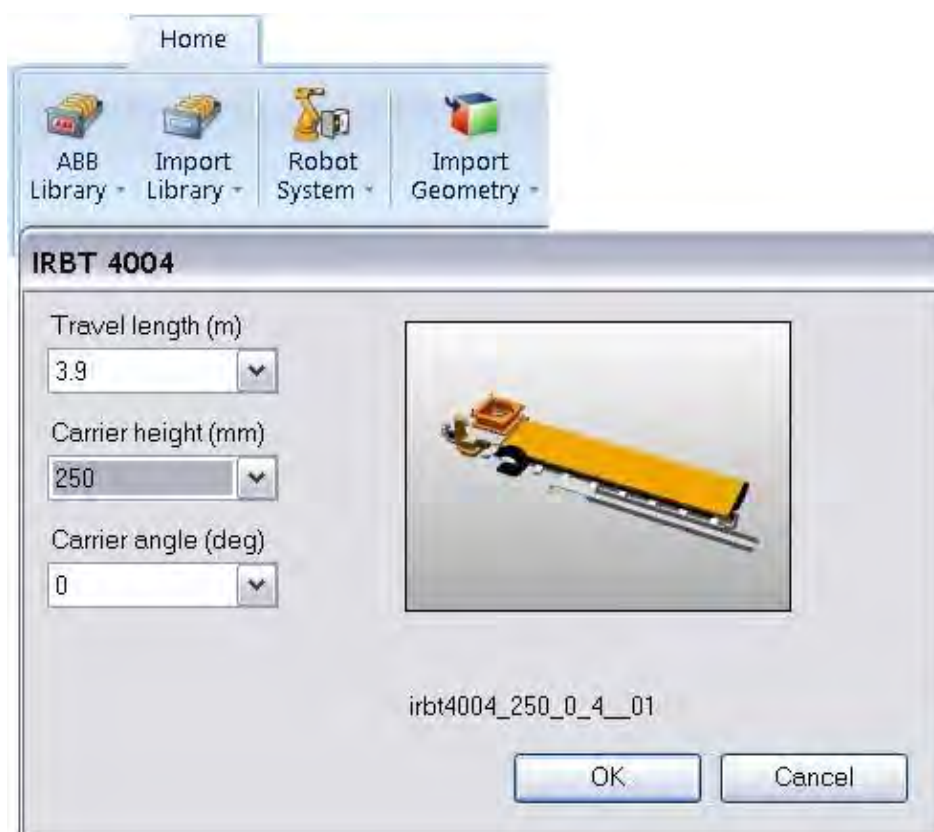


Рисунок 18 – Вставка цифрового библиотечного прототипа платформы робота

Для сборки робота с платформой (рисунок 19) необходимо переместить платформу на -450 мм по оси X и на -500 по оси Y. Используя команду **Set position ...** платформы, выполните сборку комплекса. После сборки оцените взаимное положение робота и платформы, используя команды управления видами (п. 6). Если результат сборки неудовлетворительный, измените положение платформы или робота командой **Set position ...**.

Дополнительные цифровые прототипы могут быть выбраны из других биб-

лиотек: **Import Library, Robot System, Import Geometry**. Просмотрите содержание этих библиотек.

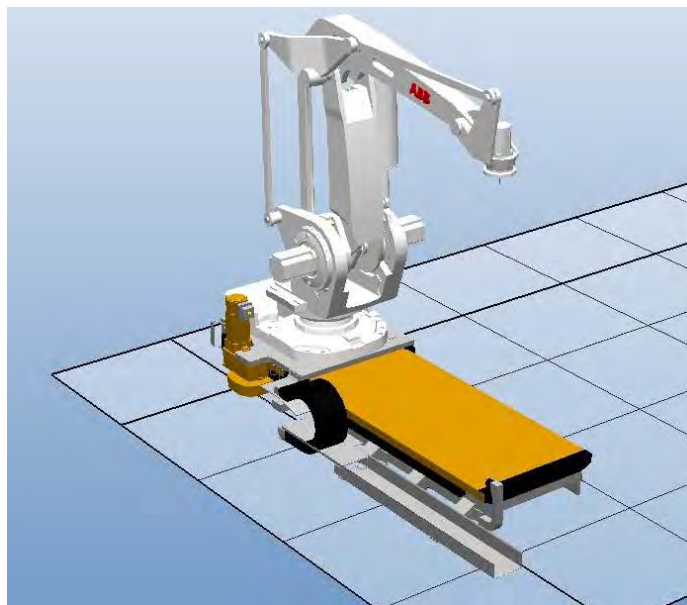


Рисунок 19 – Результат установки робота на платформу

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.

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

Данные для индивидуального задания выдаются преподавателем.

Содержание отчета по лабораторной работе

- 1 Титульный лист.
- 2 Цель работы.
- 3 Протокол построения модели РТК (последовательность действий и команды, используемые при выполнении индивидуального задания).
- 4 Копия экрана (скриншот) геометрической модели РТК.

Лабораторная работа № 2. Выбор аппаратуры промышленного робота и системы его управления

Цель лабораторной работы – изучение принципов работы с библиотеками цифровых прототипов технологического оборудования и оснастки в среде системы RobotStudio.

Техническое обеспечение.

- 1 Персональная ЭВМ.
- 2 Накопитель на жестких магнитных дисках.
- 3 Видеомонитор.

Программное обеспечение.

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

Общие сведения о цифровых прототипах и их назначение при моделировании и программировании технологических комплексов

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.


Основные этапы выполнения работы.

- 1 Ознакомление с библиотеками цифровых прототипов RoboStudio.
- 2 Выбор оборудования из библиотеки и размещение его на компоновке РТК.
- 3 Выбор инструментов и закрепление их на фланце руки робота.
- 4 Работа с цифровыми прототипами из библиотеки пользователя.
- 5 Подключение виртуального контроллера (синхронизация).
- 6 Выполнение индивидуального задания и составление отчета по работе.



Методика выполнения лабораторной работы.

1 Ознакомление с библиотеками цифровых прототипов RoboStudio.

Загружаем систему **RobotStudio** двойным щелчком по значку  на рабочем столе или из раздела главного меню Windows **Все программы – ABB Industrial IT**. При загрузке системы появляется окно с предложением обновить драйвер графической карты, установленной на ПЭВМ (рисунок 1).

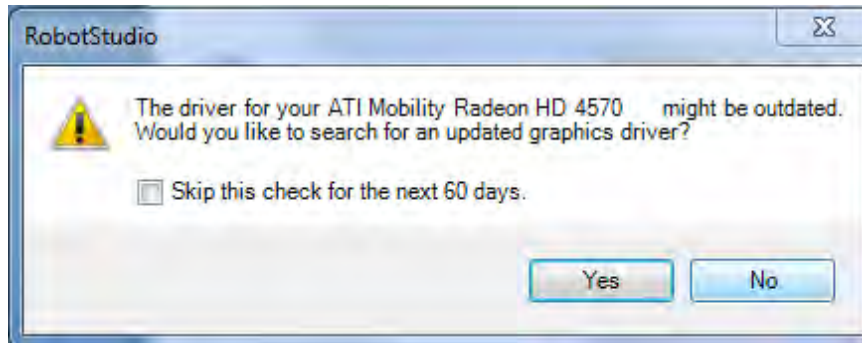



Рисунок 1 – Окно с предложением обновить графический драйвер

Для отказа от обновления драйвера графической карты нажимаем кнопку **No**. Ждем окончания загрузки системы.

Создаем станцию (рисунок 2) без использования шаблона (для продвинутых пользователей в тех случаях, когда технологическую операцию синхронно выполняют два и более роботов). Нажимаем кнопку  RobotStudio. Выбираем 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 **OK**. В основном окне RobotStudio появится условное изображение площадки размером 2×2 м для размещения компонентов РТК.

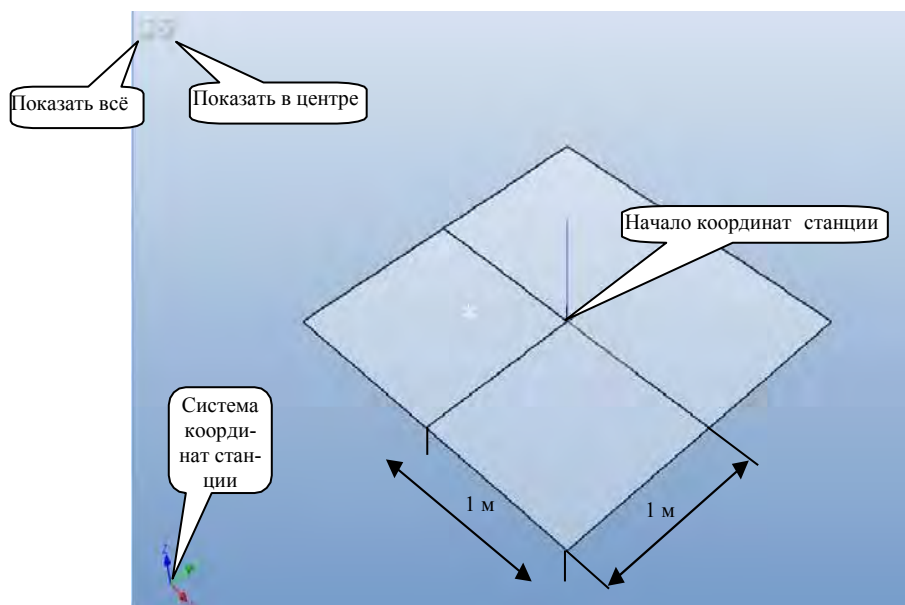


Рисунок 2 – Окно создания «пустой» станции

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 3).



Рисунок 3 – 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** в левой части меню **Home** открывает доступ для импорта цифровых прототипов, размещенных в других папках библиотеки.

Нажмите кнопку **Import Library**, затем – кнопку **Browse for Library**. Открывается 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 4).

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.

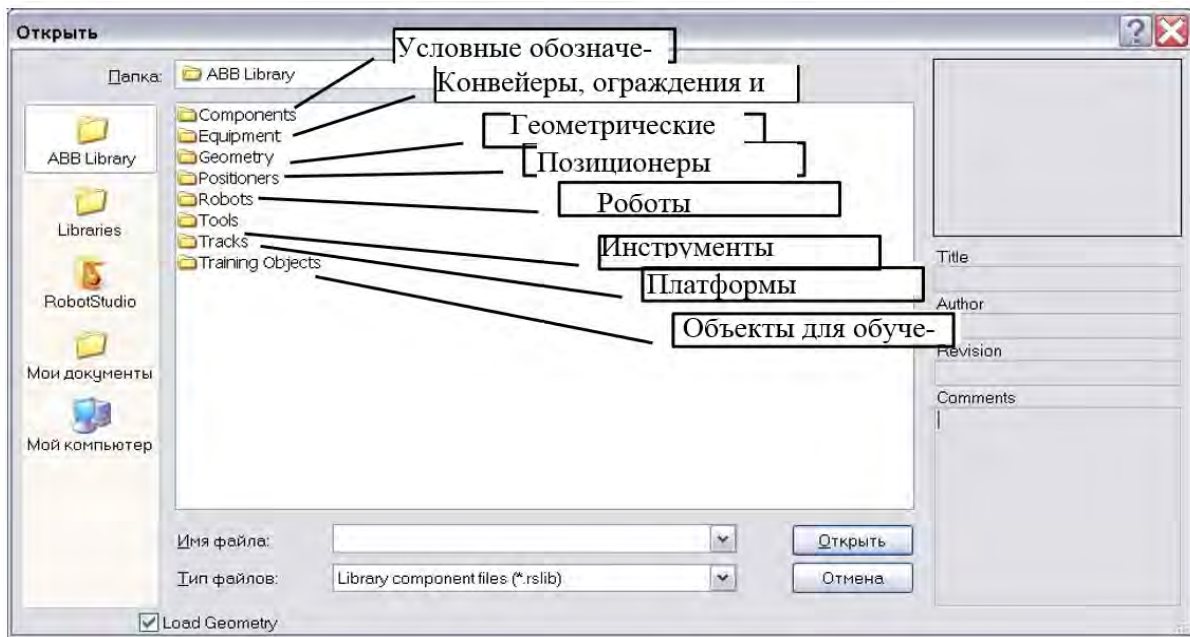


Рисунок 4 – Окно для выбора папок библиотеки ABB Library

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. Рабочую зону робота можно определить по каталогу роботов, производимых концерном ABB Group (рисунки А.1–А.3). 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 блок 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 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 (рисунок 4) 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 **Layout** 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 примените 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.

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 5).

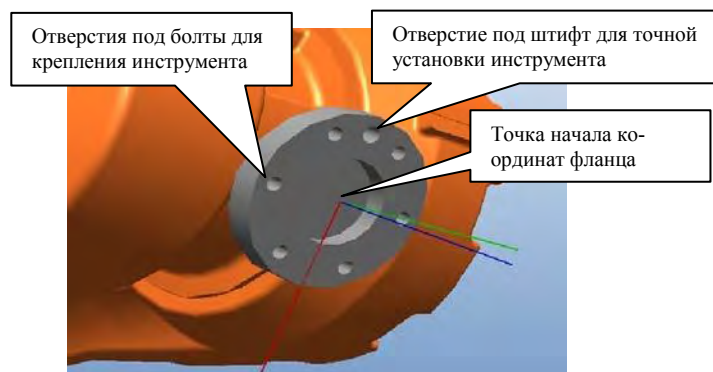


Рисунок 5 – Фланец руки робота для установки инструмента

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 (см. рисунок 4) 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 (см. рисунок 2).

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» (рисунок 6).

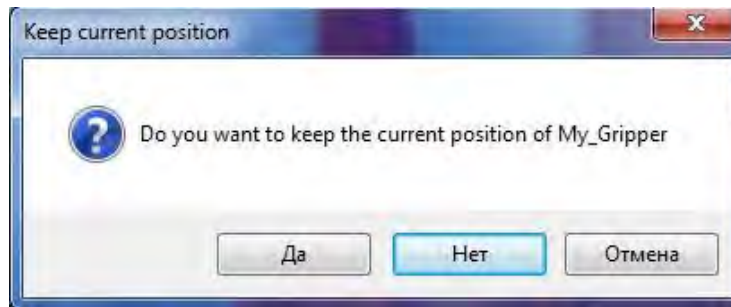


Рисунок 6 – Окно запроса на сохранение прежнего положения объекта

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.

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 др. 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 др. и 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» **\Mои документы\RobotStudio\ Geometry**.


Для использования оригинальных цифровых прототипов пользователя копируем ранее созданные файлы цифровых прототипов из папки **Лаб2_Геометрия** в папку **Geometry** по вышеуказанному пути.

Импортируем оригинальные цифровые прототипы. Нажимаем верхнюю часть кнопки **Import Geometry** . Появляется окно проводника **Открыть**. В окне папки **Geometry** выбираем файл **СтолР** и открываем его нажатием 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 осям Z и X, переместите на –550 мм по оси Y. Аналогичным образом вставляем объект **Груз**.

Для правильного размещения груза на плоскости стола выполняем измере-

ния размеров груза, стола и расстояния от груза до стола, используя измерительные инструменты раздела меню **Measure** (Измерения) (рисунок 7) 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 появляются 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 с помощью команды **Set Position** определяем, на какое расстояние необходимо переместить груз по осям **X, Y, Z**.

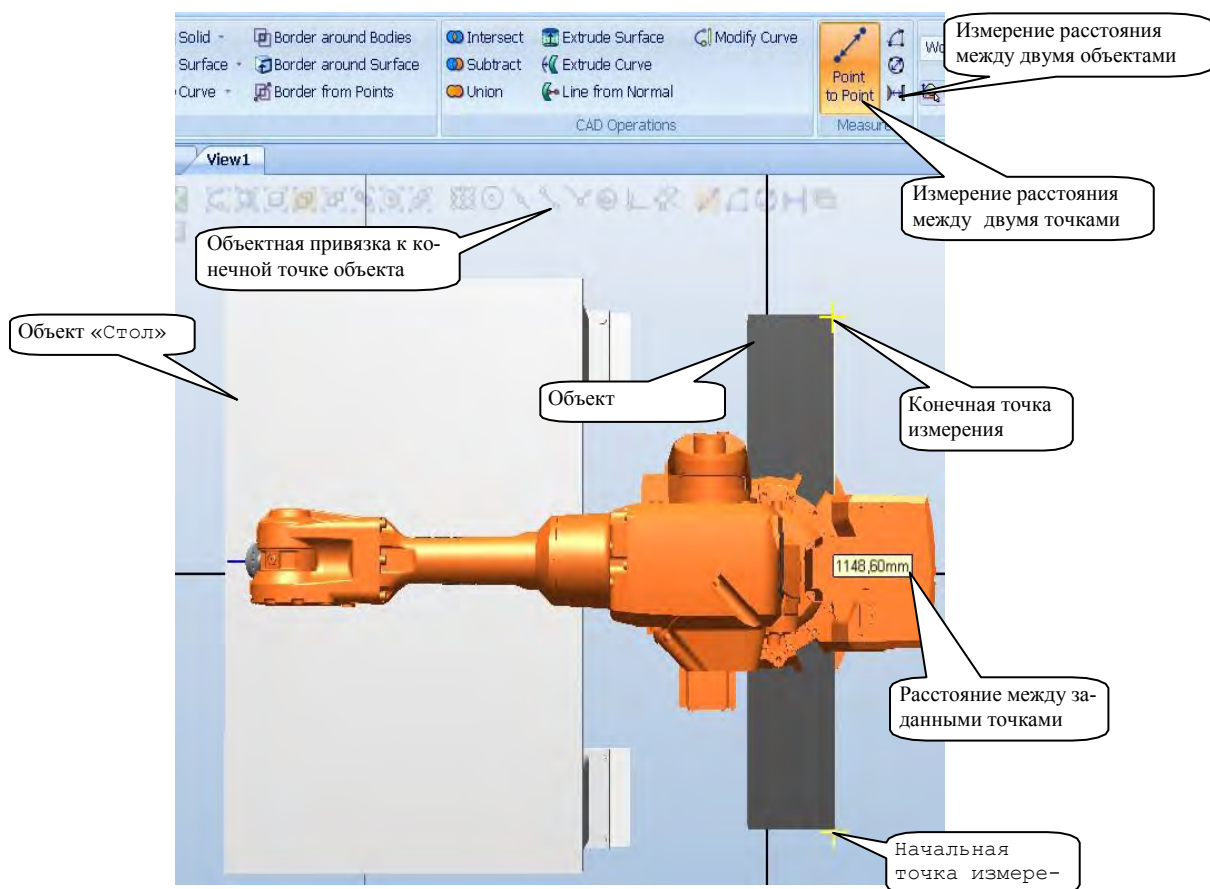


Рисунок 7 – Измерение размеров объектов и расстояний между ними

5 Подключение виртуального контроллера.

Если разработка РТК была начата 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**, затем – **Synchronize to Station** (рисунок 8).

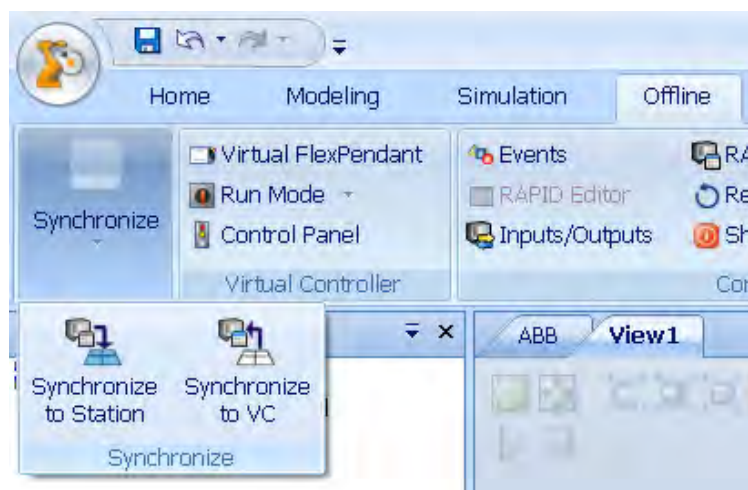


Рисунок 8 – Кнопки меню синхронизации робота и контроллера

В открывшемся диалоговом окне на дереве проекта (рисунок 9) выбираем название модели робота, к которому будет подключен виртуальный контроллер, и нажимаем кнопку **ОК**.

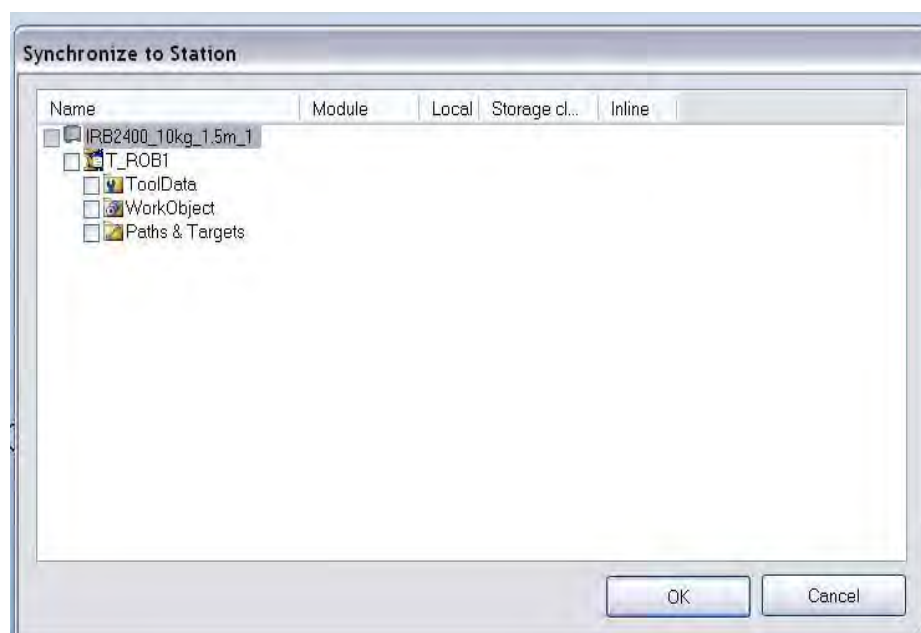


Рисунок 9 – Диалоговое окно синхронизации робота и контроллера

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 следующее сообщение: **Synchronization to Station completed** (Синхронизация станции завершена).

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. Размеры рабочего пространства робота IRB 2400L приведены на рисунках А.1–А.3.

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. Размеры рабочего пространства робота IRB 4400/60 приведены на рисунках А.1–А.3.

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

Содержание отчета по лабораторной работе

- 1 Титульный лист.
- 2 Цель работы.
- 3 Протокол построения модели РТК (последовательность действий и команды, используемые при выполнении индивидуального задания).
- 4 Копия экрана (скриншот) геометрической модели РТК.

Лабораторная работа № 3. Проектирование электрической части управления роботом

Цель лабораторной работы – изучение методики использования входных и выходных сигналов контроллера IRC5 для управления роботом, основным, вспомогательным технологическим оборудованием и анализа их состояния.

Техническое обеспечение.

- 1 Персональная ЭВМ.
- 2 Накопитель на жестких магнитных дисках.
- 3 Видеомонитор.

Программное обеспечение.

- 1 Операционная система Windows.
- 2 Пакет программ моделирования и программирования роботизированных технологических комплексов «RobotStudio».

Общие сведения по использованию входных и выходных сигналов контроллера IRC5 для управления движением робота, основным, вспомогательным технологическим оборудованием и анализа их состояния.

Функциональные возможности контроллера **IRC5** для роботов производства **ABB Group** обеспечивают:

- управление перемещениями робота;
- управление основным и вспомогательным технологическим оборудованием;
- контроль состояния робота;
- контроль положения изделий с помощью системы датчиков различного назначения;
- контроль состояния элементов основного и вспомогательного технологического оборудования РТК с помощью системы датчиков различного назначения;
- программируемое включение привода исполнительных механизмов технологического и вспомогательного оборудования РТК.

Для этих целей у контроллера модели **IRC5** предусмотрены порты ввода-вывода аналоговых и цифровых сигналов. Порты ввода-вывода контроллера модели **IRC5** могут быть подключены к различным датчикам контроля положения и ограничения доступа, системам искусственного зрения, реле для включения привода исполнительных механизмов технологического и вспомогательного оборудования и др.

На рисунке 1 приведена схема, которая отражает взаимодействие основных компонентов РТК.

Посредством программируемых аналоговых и цифровых сигналов, в зависимости от типа датчика, контроллер осуществляет управление всеми компонентами технологического комплекса и контроль над их состоянием.

Функционально органы очувствления роботов – датчики – можно подразделить на два основных типа:



- 1) датчики внутреннего состояния;
- 2) датчики внешнего состояния.



Рисунок 1 – Схема взаимодействия основных компонентов РТК

Датчики внутреннего состояния служат для формирования сигналов в цепях обратных связей по положению и скорости звеньев манипулятора, по силе и моменту.

Датчики внешнего состояния предназначены для измерения параметров в дальней и ближней зонах и для тактильных измерений. Подразделяются на контактные и бесконтактные. Контактные датчики производят измерение при контакте с объектом в процессе касания, проскальзывания или кручения. Принцип действия бесконтактных датчиков основан на определении изменений акустического или электромагнитного поля взаимодействия с объектом.

Наиболее широко применяемыми являются датчики для бесконтактных измерений положения объектов в дальних и ближних зонах, а также определения характеристик объекта оптическим методом.

Программируемое управление сигналами через цифровые порты ввода-вывода контроллера показано на диаграмме (рисунок 2).

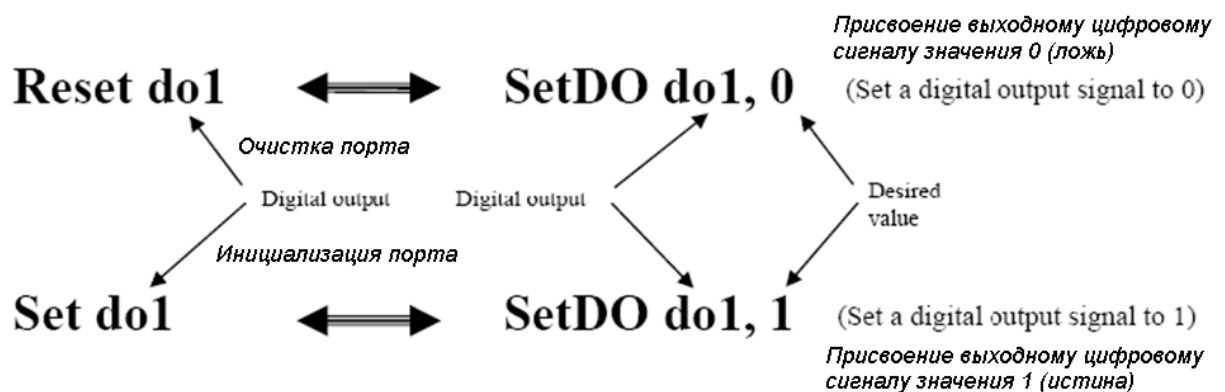


Рисунок 2 – Диаграмма управления сигналами цифровых портов ввода-вывода контроллера

Основные этапы выполнения работы.

- 1 Управление входными/выходными цифровыми сигналами.
- 2 Создание пути перемещения груза.
- 3 Оптимизация пути перемещения груза.
- 4 Выполнение индивидуального задания и составление отчета по работе.

Методика выполнения лабораторной работы.

1 Управление цифровыми сигналами портов ввода-вывода контроллера.

Загружаем систему **RobotStudio**, затем – файл модели РТК, который был создан ранее (рисунок 3).

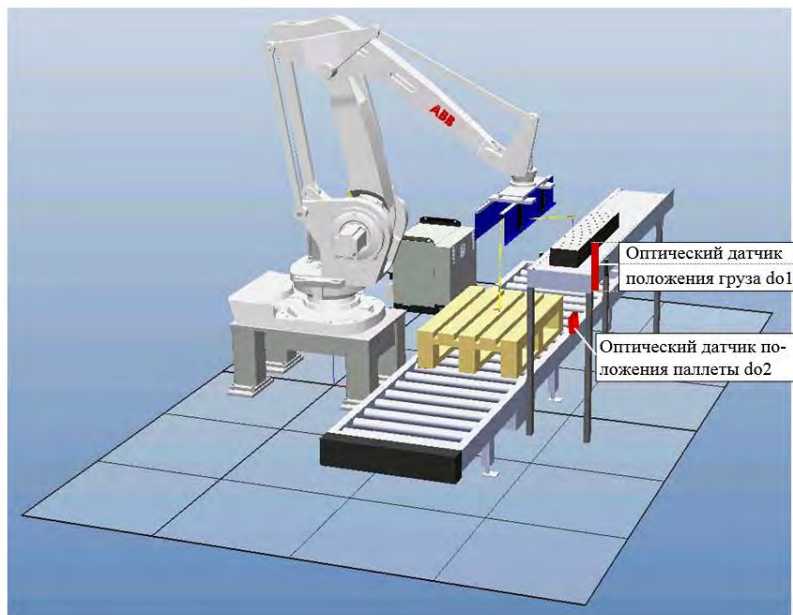



Рисунок 3 – Модель РТК и схема расположения датчиков контроля положения груза и паллеты

Чтобы исключить повреждение груза в результате удара схватом при неправильном положении груза или в результате падения груза на нижний конвейер при отсутствии паллеты, на конвейерах установлены датчики положения с логическими именами **do1** и **do2** (см. рисунок 3).

Датчик **do1** выдает значение **1 (истина)**, если груз находится в правильном положении, в этом случае робот может переместить схват в положение захвата груза и закрыть схват для удержания груза. Датчик **do2** выдает значение **1 (истина)**, если паллета находится в правильном положении на конвейере, в этом случае робот может переместить схват в положение укладки груза на паллету и открыть схват.

Для создания программируемых сигналов датчиков откроем вкладку **Offline**, в меню **Offline** на дереве проекта выделим узел контроллера (рисунок 4).

Нажмем кнопку **Configuration Configuration Editor** . Выберем пункт **I/O (input/output, ввод-вывод)**. Появляется окно (рисунок 5), в колонке **Type name** выбираем **Signal**. Затем щелкаем правой кнопкой мыши в правой части окна, в контекстном меню выбираем **Add Signal** (добавить сигнал).

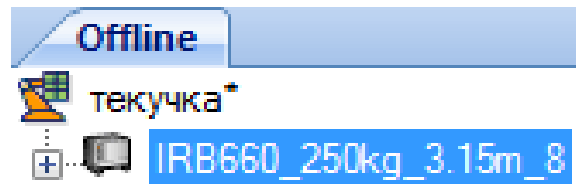


Рисунок 4 – Узел контроллера

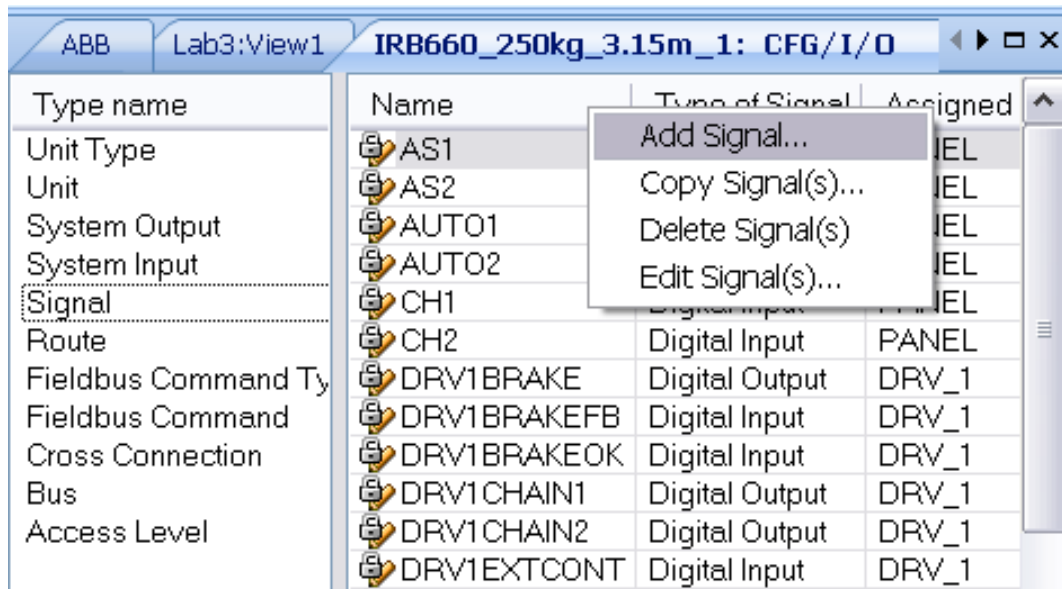


Рисунок 5 – Окно задания сигналов ввода-вывода

Появляется окно редактирования сигналов **Edit Signal** (рисунок 6).

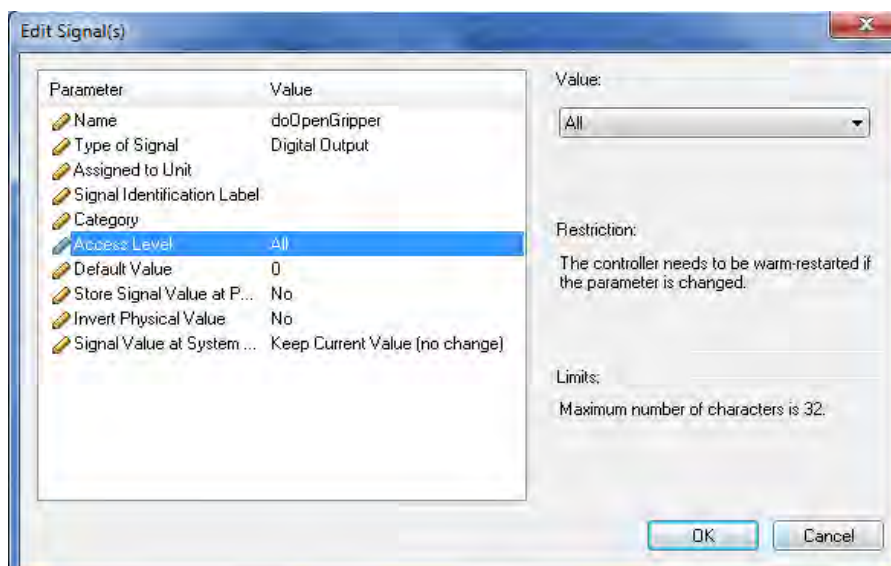


Рисунок 6 – Окно описания сигналов

В поле **Name** (имя) вводим имя сигнала **doOpenGripper** (открыть схват), в поле **Type of Signal** (тип сигнала) выбираем **Digital Output** (цифровой выходной), в поле **Access Level** (Уровень Доступа) выбираем **All** (все) и нажимаем **OK**.

Аналогично создаем сигнал **doCloseGripper** (закреть схват). Перезапускаем контроллер командой **Restart** → **Warmstart** («горячий» пуск).

Связываем сигнал с событием (открытие или закрытие схвата). Открываем вкладку **Simulation**, нажимаем кнопку (рисунок 7) **Event Manager** (Менеджер Событий).

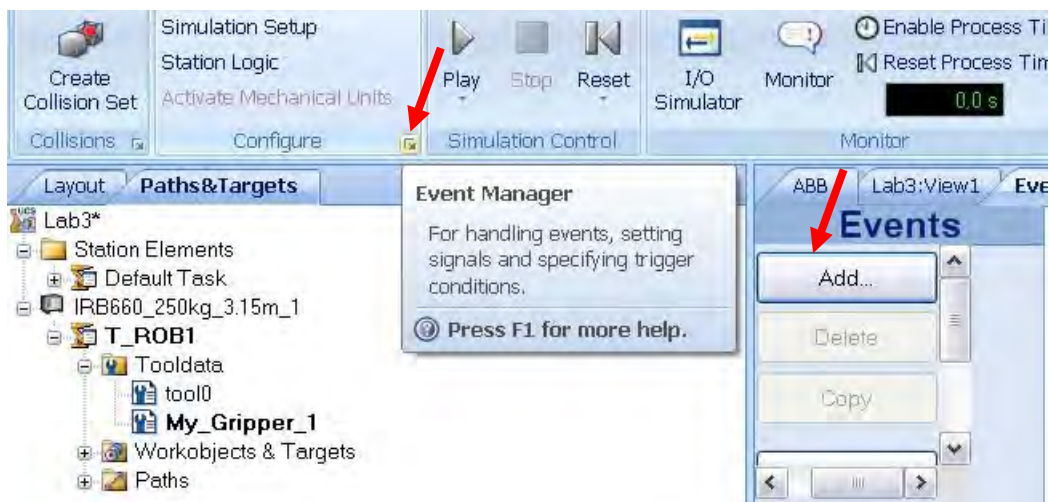


Рисунок 7 – Окно кнопки вызова менеджера событий

В появившемся окне нажимаем кнопку **Add** (см. рисунок 7). Появляется окно (рисунок 8) **Choose Trig Type and Activation** (Выберите Тип события и Активацию). Ничего в нем не изменяем, для продолжения нажимаем кнопку **Next**.

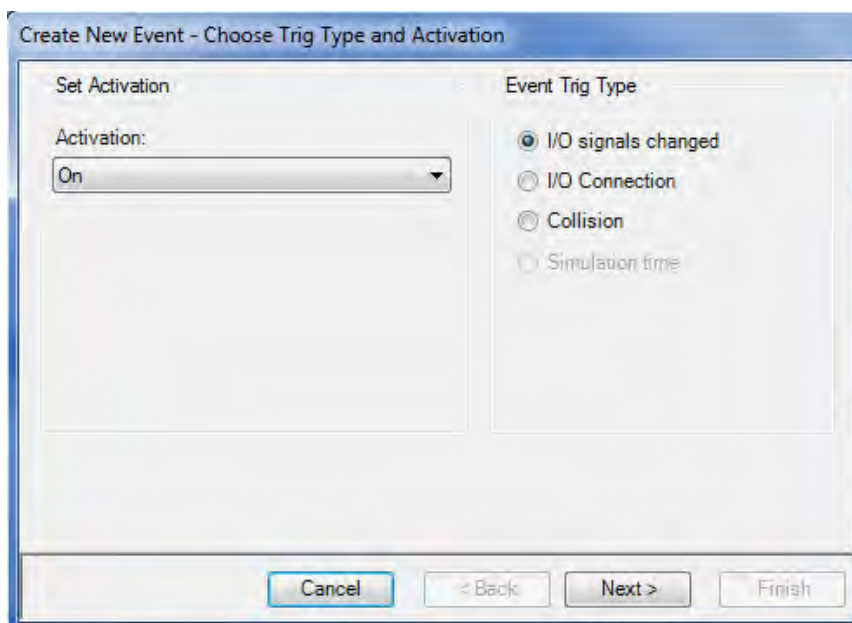


Рисунок 8 – Окно менеджера событий

В левой части окна (рисунок 9) **I/O Signal Trigger** (сигнал переключения порта ввода-вывода) в столбце **Signal Name** выбираем сигнал **doOpenGripper**,

проверяем, что в правой части окна радиокнопка включена напротив пункта **Signal is true ('1')** (сигнал «истина» = 1). Для продолжения нажимаем **Next**.

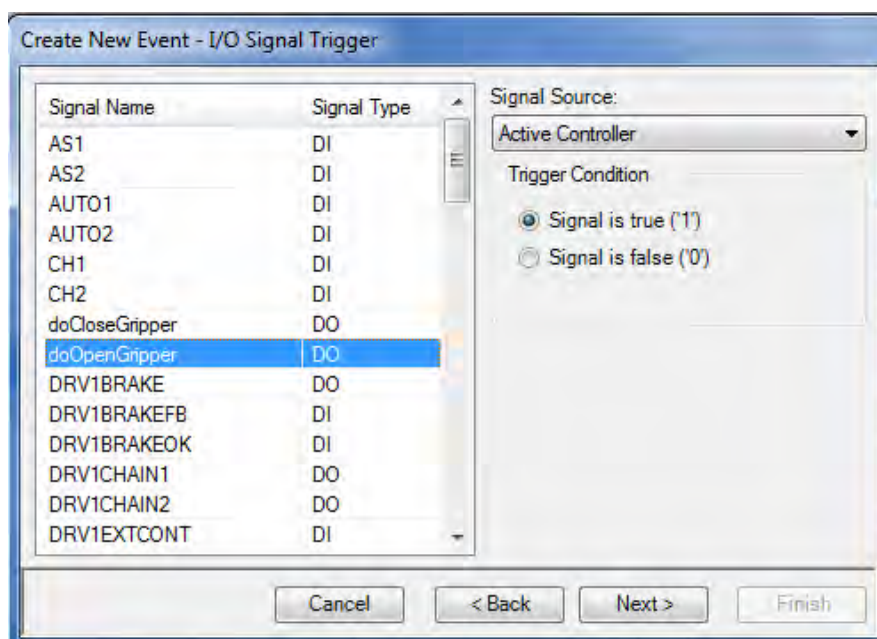


Рисунок 9 – Окно создания новых событий

В окне выбора типа события **Choose Action Type** (рисунок 10) из выпадающего списка **Set Action Type** (Установить тип события) выбираем пункт **Move Mechanism to Pose** (перемещение механизма в позицию). Для продолжения нажимаем кнопку **Next**.

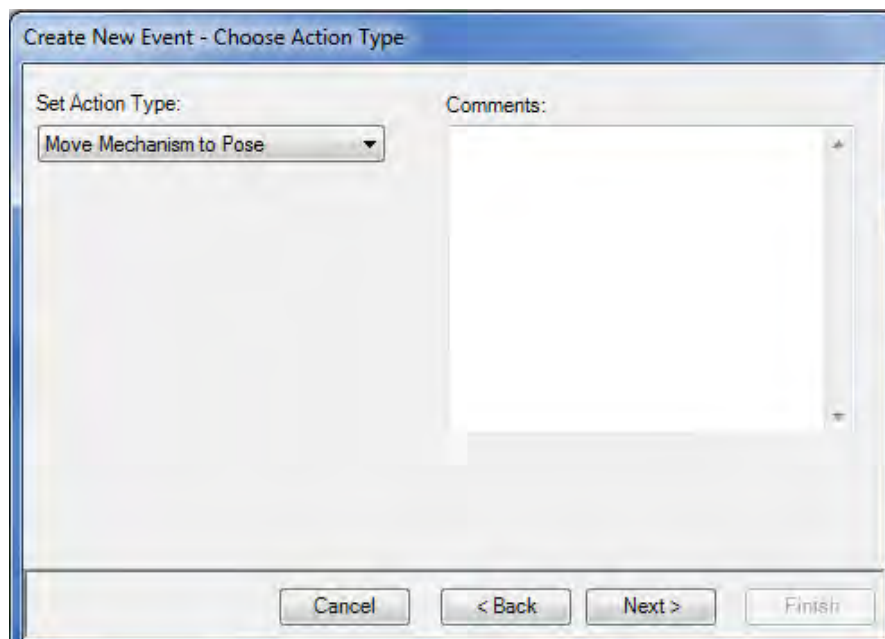


Рисунок 10 – Окно выбора типа события

В окне **Move Mechanism to Pose** (рисунок 11) в выпадающем списке **Mechanism** выбираем название схвата **My_Gripper**, а в выпадающем спис-

ке **Pose** – позицию открытого схвата **HomePose** и нажимаем кнопку **Finish**.

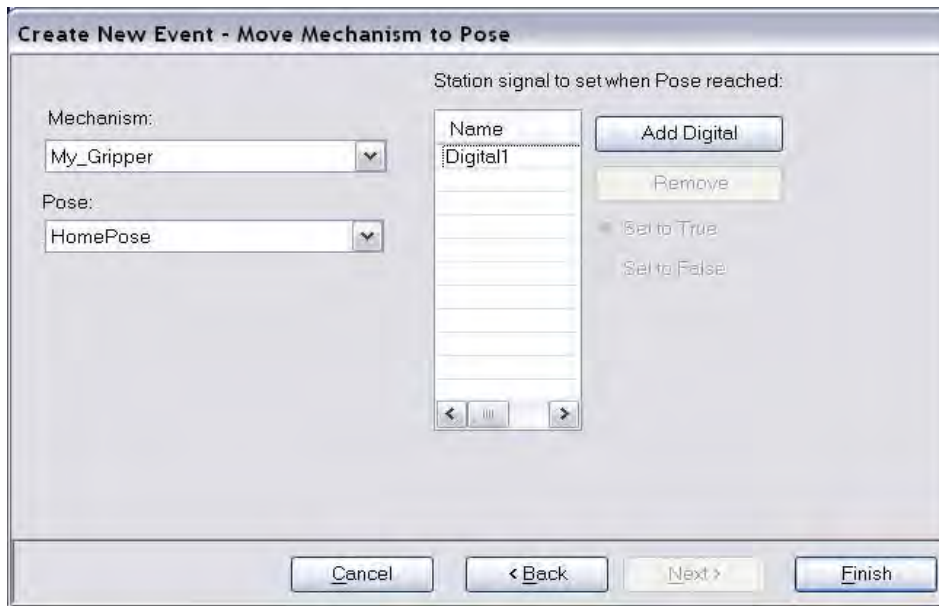


Рисунок 11 – Окно для задания связи перемещения механизма с сигналом контроллера

Аналогичным образом выполняем настройку сигнала датчика для открытия схвата **doCloseGripper** с единственным отличием: в последнем окне выбора типа события **Choose Action Type** выбираем не **Home Pose**, а **Pose Closed**.

Выбираем вкладку **Simulation**, нажимаем кнопку **I/O Simulator**. В появившемся окне моделирования сигналов портов ввода-вывода (рисунок 12) проверим реакцию механизма схвата на изменение сигнала. Чтобы закрыть схват, изменяем значение **doCloseGripper** с **0** на **1**. Для закрытия схвата **doOpenGripper** изменяем значение с **0** на **1**.

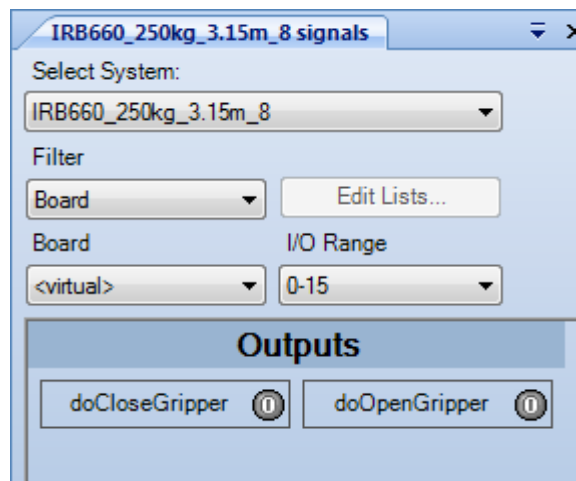


Рисунок 12 – Окно моделирования сигналов для портов ввода-вывода контроллера робота

2 Визуализация перемещения груза.

Теперь необходимо создать визуализацию захвата груза схватом для их совместного перемещения по траектории. Для этого задаем два управляющих сигнала: **Attach** (для прикрепления груза от схвата) и **Detach** (для отделения груза от схвата).

Сигналы создадим в меню **Configuration Editor** аналогично тому, как были созданы сигналы **doCloseGripper** и **doOpenGripper** (п. 4.1). Из меню **Configuration Editor** выбираем пункт **I/O** (ввод-вывод), в левой части окна выбираем пункт **Signal**. Заполняем поля окна **Edit Signal(s)** следующим образом: в поле **Name** (имя) вводим имя сигнала **Attach** (присоединить), в поле **Type of Signal** (тип сигнала) выбираем **Digital Output** (цифровой выходной), в поле **Access Level** (Уровень Доступа) выбираем **All** (все) и нажимаем **OK**. Аналогично создаем сигнал **Detach** (отсоединить).

Необходимо создать объект, который будет находиться на схвате и контактировать с грузом, например, полоска из резины для увеличения коэффициента трения между схватом и грузом.

На вкладке **Modeling** (Моделирование) в меню **Surface** (Поверхность) выбираем объект **Surface Rectangle** (Поверхность Прямоугольная).

Габаритные размеры и ориентацию поверхности вводим, как показано на рисунке 13. Для завершения создания объекта нажимаем кнопки **Create**, **Close**.

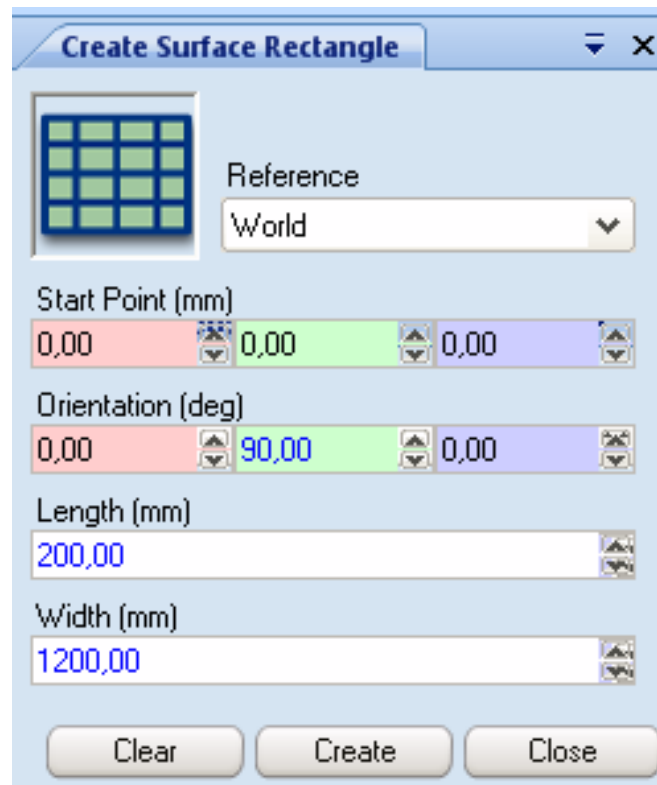


Рисунок 13 – Окно создания прямоугольной поверхности заданных размеров и положения

На дереве проекта переименуем созданный объект в **Attacher** и переместим его на захватное устройство.

Установим робот в исходное положение, выполнив из контекстного меню команду **Jump Home**.

Свяжем положение объекта **Attacher** и схвата. Выбираем узел **Attacher** в меню **Layout**, в контекстном меню выбираем **AttachTo** → **IRB_660_250_315**.

Установим положение объекта **Attacher**. Выбираем узел **Attacher** в меню

Layout. В контекстном меню выбираем **Set Position**. Вводим данные, как на рисунке 14. Для завершения создания объекта нажимаем кнопки **Apply**, **Close**.

Объект перемещается на внутреннюю поверхность неподвижной части схвата.

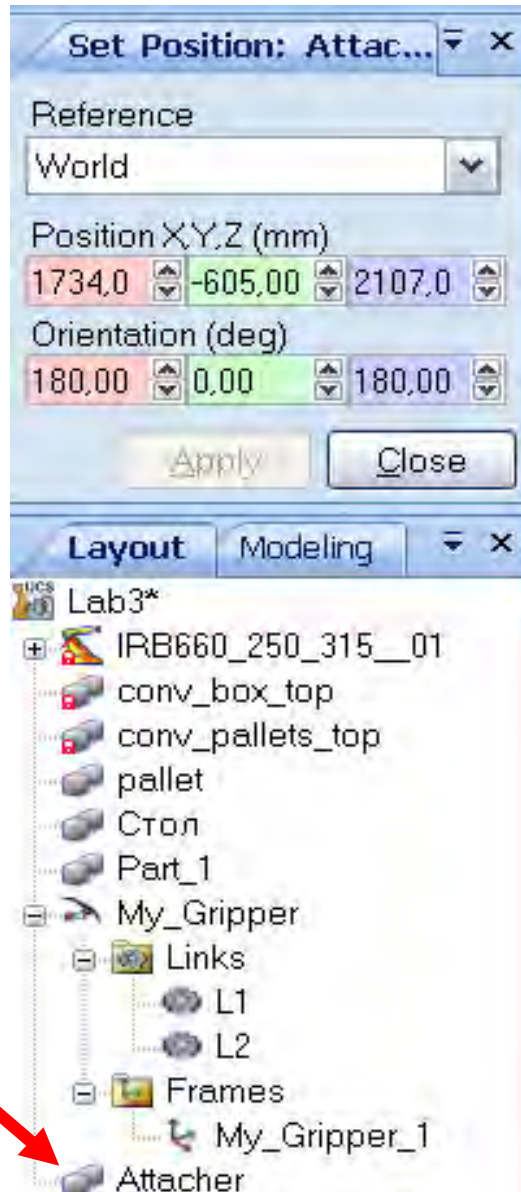


Рисунок 14 – Окно определения положения поверхности Attacher

Связываем сигнал с событием. Открываем вкладку **Simulation**, нажимаем кнопку **Event Manager** (см. рисунок 7). В появившемся окне нажимаем кнопку **Add**. Появляется окно **Choose Trig Type and Activation** (см. рисунок 8). Ничего в нем не меняем, нажимаем **Next**. В левой части окна **I/O Signal Trigger** выбираем сигнал **Attach**, проверяем, что в правой части окна активна радиокнопка напротив пункта **Signal is true ('1')**. Для продолжения нажимаем **Next**. В окне **Choose Action Type** (см. рисунок 10) выбираем пункт **Attach Object**. Для продолжения нажимаем **Next**. Выбираем объект **Груз**, который надо присоединить, и объект, к которому происходит присоединение **Attacher** (рисунок 15). Аналогично создаем сигнал **Detach** для отсоединения груза.

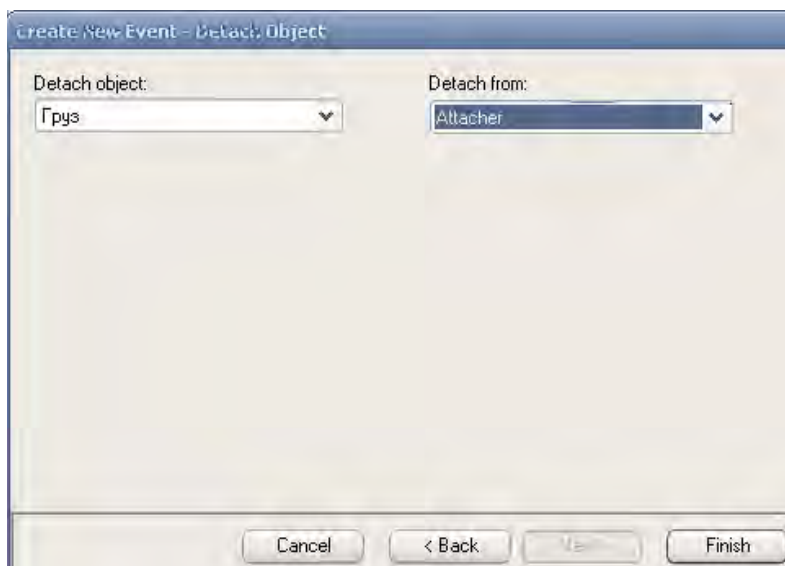


Рисунок 15 – Окно определения разъединяемых объектов

Выбираем вкладку **Simulation**, нажимаем кнопку **I/O Simulator** (см. рисунок 12). Кроме сигналов **doCloseGripper** и **doOpenGripper**, на закладке появляются сигналы **Attach** и **Detach**.

При нажатии на кнопку **Attach** груз прикрепляется к захватному устройству. Поэтому при перемещении манипулятора функцией **Jog Joint** груз перемещается вместе с ним.

При нажатии на кнопку **Detach** груз открепляется от захватного устройства. Поэтому при перемещении манипулятора функцией **Jog Joint** груз остается в своем прежнем положении.

Откроем текст управляющей программы в **Rapid Editor**. Добавим в программу строки, выделенные красным в тексте программы, приведенной далее.

Текст программы:

```

PROC Path_10()
MoveJ Home_potion, v1000, z100, My_Gripper_1\WObj:=wobj0;
MoveL take_box_offset, v1000, z100, My_Gripper_1\WObj:=Wobj_box;
MoveL take_box, v1000, fine, My_Gripper_1\WObj:=Wobj_box;
PulseDO doCloseGripper;
PulseDo Attach;
WaitTime 0.5;
MoveL take_box_offset, v1000, z100, My_Gripper_1\WObj:=Wobj_box;
MoveL Home_position, v1000, z100, My_Gripper_1\WObj:=wobj0;
MoveL put_box_offset, v1000, z100, My_Gripper_1\WObj:=Wobj_pallet;
MoveL put_box, v1000, fine, My_Gripper_1\WObj:=Wobj_pallet;
PulseDO doOpenGripper;
PulseDo Detach;
WaitTime 0.5;
MoveL put_box_offset, v1000, z100, My_Gripper_1\WObj:=Wobj_pallet;
MoveJ Home_position, v1000, z100, My_Gripper_1\WObj:=wobj0;

```

```

ENDPROC
PROC main()      */главная процедура/*
SetDO doOpenGripper, 0;
SetDO doCloseGripper, 0;
SetDo Attach, 0;      */обнуление значений каналов ввода-вывода/*
SetDO Detach, 0; PulseDO doOpenGripper;
Path_10; */вызов процедуры задания движения по заданному пути/*
ENDPROC

```


Добавленные команды имеют следующее назначение:

SetDO – устанавливает значение сигнала (1 – истина, 0 – ложь);

PulseDO – подает управляющий импульс на привод механизма (схвата);

WaitTime – задержка исполнения следующей команды для выделения времени на срабатывание механизма, с.

Для сохранения отредактированного текста программы нажимаем кнопку **Apply Changes** (сохранить изменения) и закрываем окно редактора.

Для моделирования движения робота по измененной программе в меню **Simulation Control** (Контроль Моделирования) нажимаем кнопку  **Play**. В графическом окне системы наблюдаем, как робот перемещается по оптимальному пути. Теперь захватное устройство закрывается, когда нужно взять груз, и открывается, когда нужно опустить его.

Файл с результатами моделирования работы РТК сохраните в своей рабочей папке.

Индивидуальное задание

Создать сигналы для портов ввода-вывода от датчиков контроля положения грузов и выполнить визуализацию операции загрузки конвейера для РТК.

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

Содержание отчета по лабораторной работе

1 Титульный лист.

2 Цель работы.

3 Протокол создания сигналов для портов ввода-вывода от датчиков контроля положения грузов и визуализации операции загрузки конвейера РТК (последовательность действий и команды, используемые при выполнении индивидуального задания).

4 Текст программы управления роботом на языке Rapid с использованием управляющих сигналов.

Файл с результатами моделирования работы РТК с использованием датчиков контроля положения по индивидуальному заданию сохраните в своей рабочей папке.



Список литературы

1 **Егоров, О. Д.** Конструирование механизмов роботов: учебник / О. Д. Егоров. – Москва : Абрис ; Высшая школа, 2012. – 444 с. : ил.

2 **Иванов, А. А.** Основы робототехники : учебное пособие / А. А. Иванов. – Москва : ФОРУМ, 2015. – 224 с.

3 **Борисенко, Л. А.** Малогабаритные передаточные механизмы для мехатронных устройств : монография / Л. А. Борисенко. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2013. – 187 с. : ил.

4 **Иванов, А. А.** Основы робототехники : учебное пособие / А. А. Иванов. – Москва : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2016. – 224 с.



Приложение А (справочное)

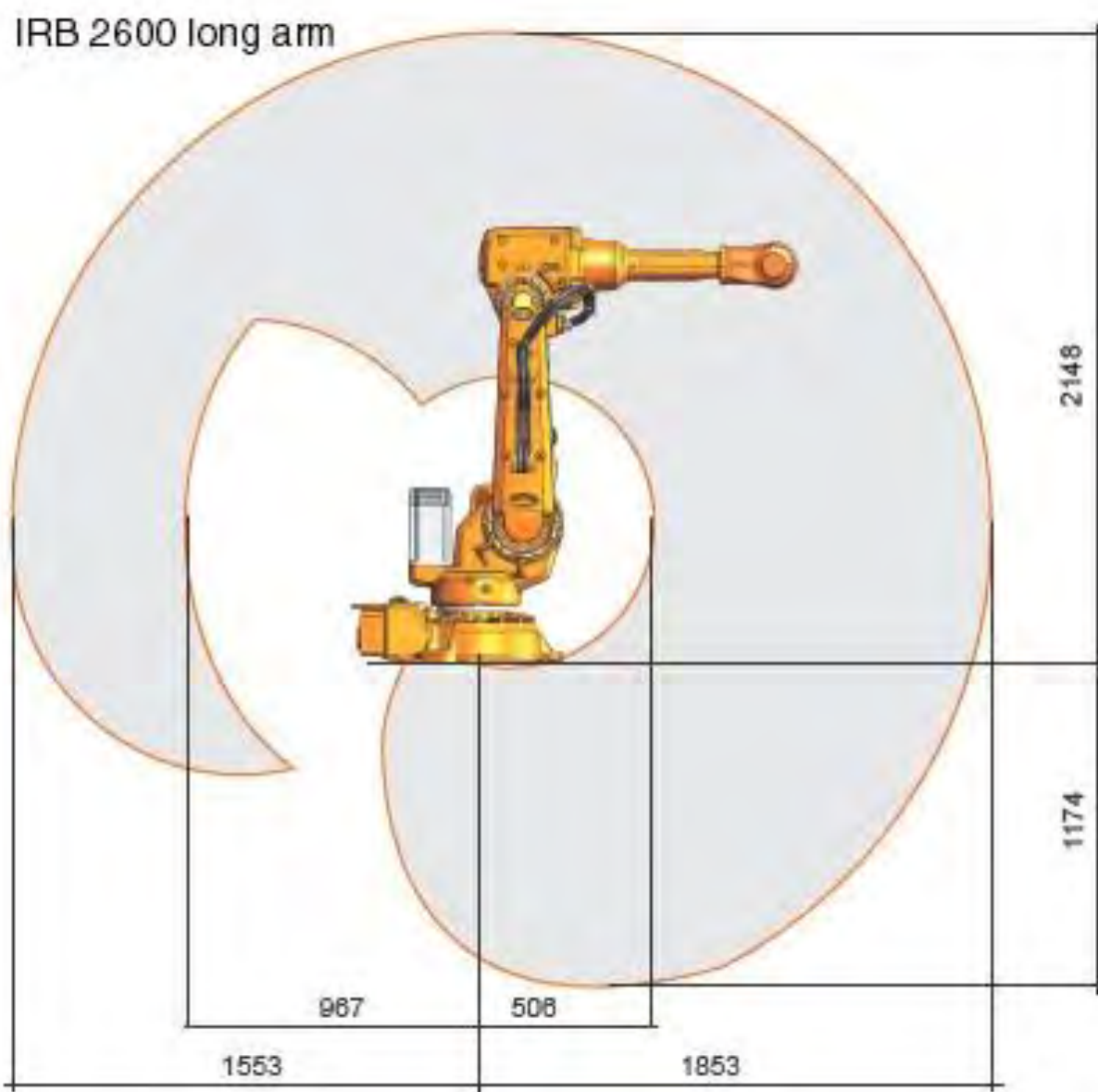


Рисунок А.1

IRB 2400L

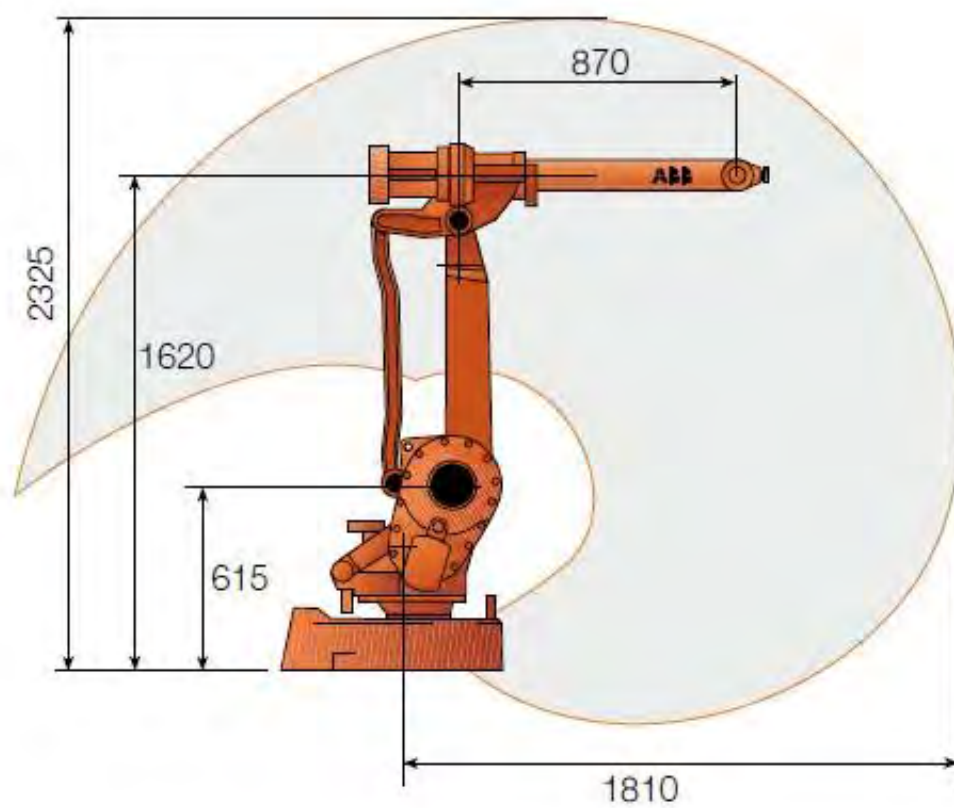


Рисунок А.2

IRB 4400/60

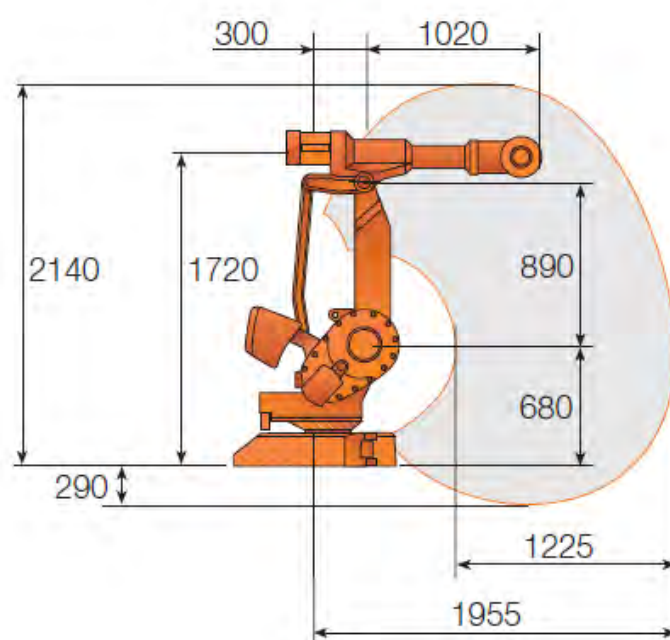


Рисунок А.3