

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ СВАРКИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
15.03.01 «Машиностроение»
очной формы обучения*

Часть 2



Могилев 2023

УДК 621.865.5: 621.791

ББК 32.816: 30.61

P58

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» «24» октября 2022 г., протокол № 5

Составитель канд. техн. наук, доц. С. М. Фурманов

Рецензент канд. техн. наук, доц. М. Н. Миронова

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Роботизированные технологические комплексы сварки и термической резки» предназначены для студентов направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение» очной формы обучения.

Учебное издание

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ СВАРКИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ

Часть 2

Ответственный за выпуск

А. О. Коротеев

Корректор

Т. А. Рыжикова

Компьютерная верстка

М. М. Дударева

Подписано в печать 13.03.2023. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,79 . Уч.-изд. л. 3,0 . Тираж 26 экз. Заказ № 307.

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

7 Лабораторная работа № 7. Изучение конструктивных особенностей манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC.....	4
8 Лабораторная работа № 8. Изучение контроллера SYSTEM R-30iB и пульта управления робота FANUC ARC Mate 100iC	11
9 Лабораторная работа № 9. Создание системы координат сварочного инструмента робота FANUC ARC Mate 100iC	16
10 Лабораторная работа № 10. Создание пользовательской системы координат робота FANUC ARC Mate 100iC	22
11 Лабораторная работа № 11. Создание программы перемещения робота FANUC ARC Mate 100iC по заданной траектории	26
12 Лабораторная работа № 12. Изучение конструкции манипулятора робота FANUC M-710iC/50	31
13 Лабораторная работа № 13. Изучение контроллера R-J3iC ARC TOOL и пульта управления робота FANUC M-710iC/50	37
14 Лабораторная работа № 14. Создание программы перемещения робота FANUC M-710iC/50 по заданной траектории	41
15 Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ	47
Список литературы.....	48

Часть 2

7 Лабораторная работа № 7. Изучение конструктивных особенностей манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC

Цель работы: изучить конструкцию шестиосевого антропоморфного манипулятора инструмента робота FANUC ARC Mate 100iC.

7.1 Общие теоретические сведения

В обобщенном смысле робот – это технический комплекс, предназначенный для выполнения различных движений и некоторых интеллектуальных функций человека и обладающий необходимыми для этого исполнительными устройствами, управляющими и информационными системами, а также средствами решения вычислительно-логических задач.

Промышленный робот (ГОСТ 25686–85) – это автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

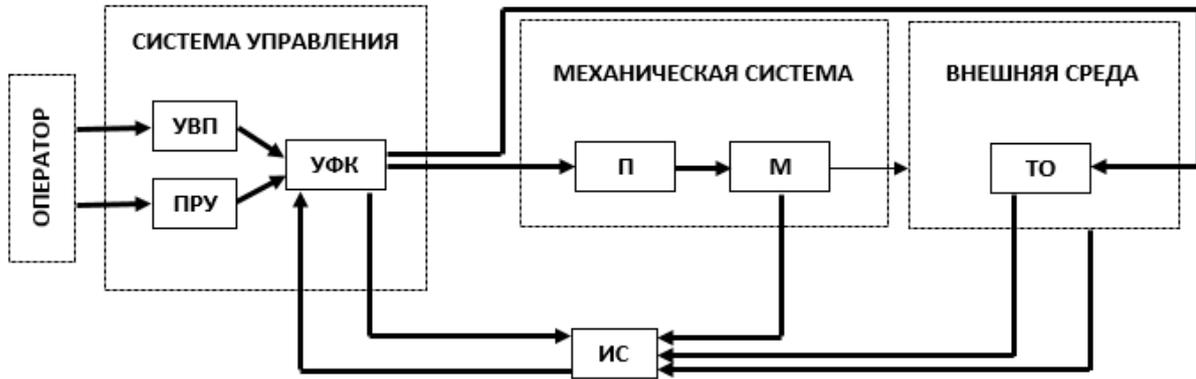
Манипулятор – это управляемое устройство или машина для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащенная рабочим органом.

Рабочий орган – это составная часть исполнительного устройства промышленного робота для непосредственного выполнения технологических операций и/или вспомогательных переходов (сварочные клещи, окрасочный пистолет, сборочный инструмент, захватное устройство).

Промышленные роботы представляют собой сложную электромеханическую систему, состоящую из механической системы, системы управления и информационной системы (рисунок 7.1).

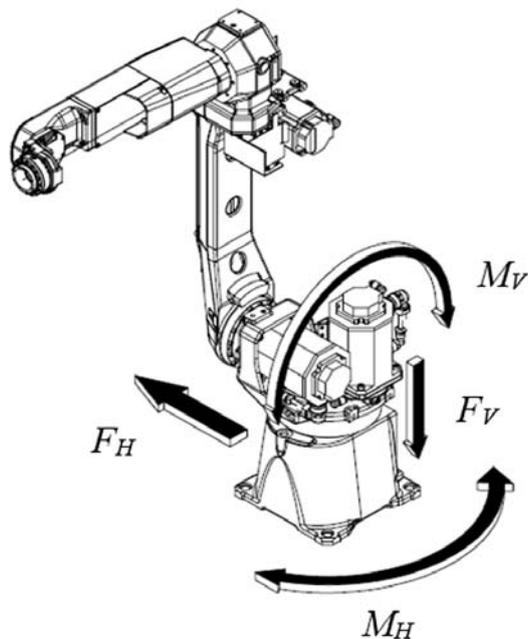
При выполнении различных операций рабочий орган манипулятора взаимодействует с внешней средой и технологическим оборудованием. Последовательность выполнения движений обеспечивается командами системы управления. Система управления содержит устройство формирования команд, устройство ввода программы и пульт ручного управления. Оператор может управлять роботом в ручном режиме с пульта или в автоматическом режиме введением программы с помощью устройства ввода. Информационная система регистрирует состояние механической системы, внешней среды и технологического оборудования. Сигналы с информационной системы подаются в сравнивающее устройство УФК, где в сочетании с заданной программой вырабатывается команда последующего такта движений.

Шестиосевой антропоморфный манипулятор робот FANUC ARC Mate 100iC представлен на рисунке 7.2.



М – многозвенный манипулятор; П – приводы степеней подвижности; УВП – устройство ввода программы; ПРУ – пульт ручного управления; УФК – устройство формирования команд; ТО – технологическое оборудование; ИС – информационная система

Рисунок 7.1 – Структурная схема промышленного робота



F_H, F_V – силы, действующие на неподвижное основание по горизонтали и вертикали; M_H, M_V – соответствующие моменты, действующие на неподвижное основание

Рисунок 7.2 – Шестиосевой манипулятор робота FANUC ARC Mate 100iC

Составные части манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC изображены на рисунке 7.3.

Координаты каждой из осей представлены на рисунке 7.4.

Основные технические характеристики манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC приведены в таблице 7.1.

Каждая управляемая координата имеет нулевую точку и программное ограничение перемещений (для каждой из шести осей). При отсутствии системного сбоя, ведущего к потере положения нулевой точки, или системной ошибки робот не может выйти за пределы установленного ограничения перемещений.

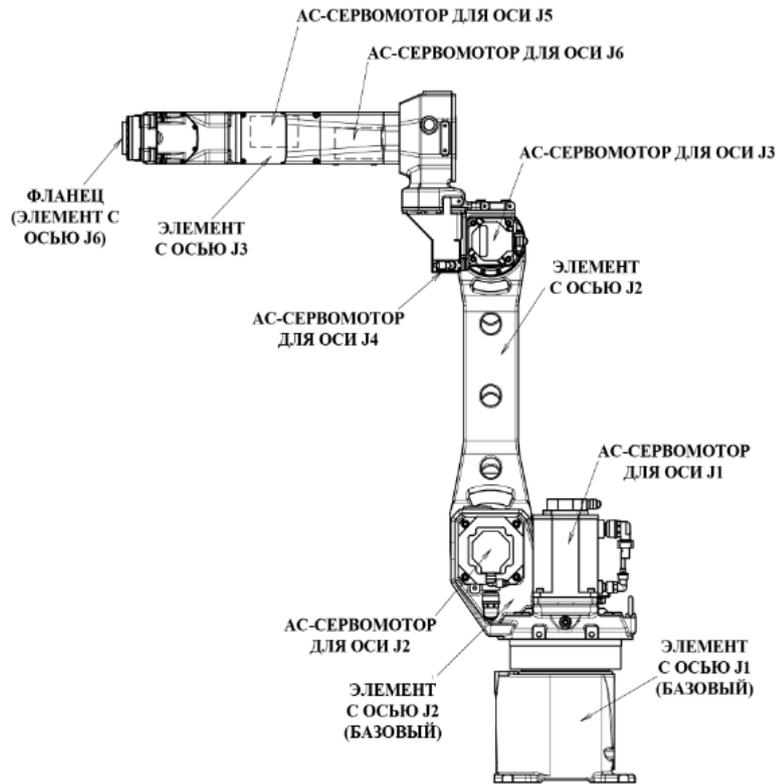


Рисунок 7.3 – Конфигурация манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC (АС-сервомотор – сервомотор переменного тока)

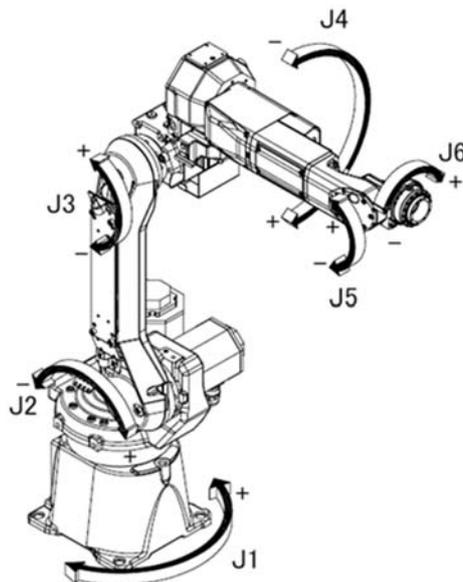


Рисунок 7.4 – Координаты осей манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC

Выход за пределы программно установленного ограничения перемещений управляемой координаты называется «перебег». Система контролирует как отрицательный, так и положительный перебег по каждой координате.

Кроме того, в целях повышения безопасности есть возможность ограничивать диапазон перемещений с помощью механического стопора или ограничителя хода.

Таблица 7.1 – Технические характеристики манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC

Параметр		Характеристика	
Модель		ARC Mate 100iC	
Тип		Шарнирно-сочлененный	
Количество осей		6 осей (J1, J2, J3, J4, J5, J6)	
Предустановленная нагрузка		3 кг (стандартная сварочная горелка)	
Диапазон перемещений	Ось J1	Верхний предел / нижний предел	180°/-180°
	Ось J2		160°/-90°
	Ось J3		264,5°/-180°
	Ось J4		190°/-190°
	Ось J5		190°/-190°
	Ось J6		360°/-360°
Максимальная скорость	Ось J1	210 град/с	
	Ось J2	190 град/с	
	Ось J3	210 град/с	
	Ось J4	400 град/с	
	Ось J5	400 град/с	
	Ось J6	600 град/с	
Максимальная нагрузка	На запястье	3 кг	
	На ось J3	12 кг	
Тип привода		Электрический сервопривод с двигателями переменного тока	
Стабильность позиционирования		±0,08 мм	
Вес манипулятора		130 кг	

К примеру, на рисунке 7.5 показаны нулевая точка и пределы перемещения элемента оси J6 (фланец) без стопора, а на рисунке 7.6 – для элемента оси J3 со стопором.

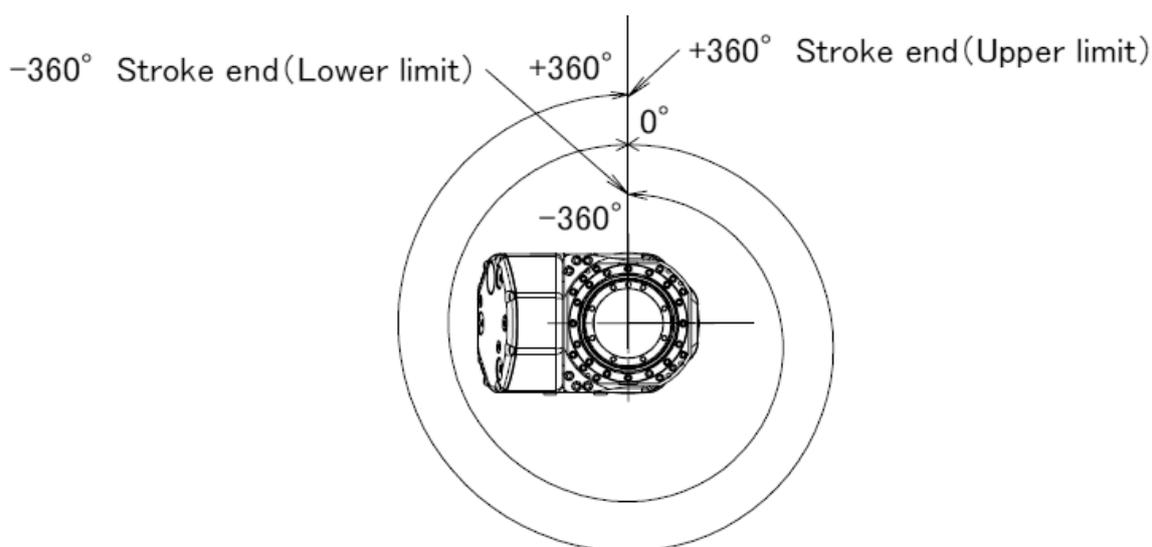


Рисунок 7.5 – Пределы перемещения элемента оси J6 робота ARC Mate 100iC

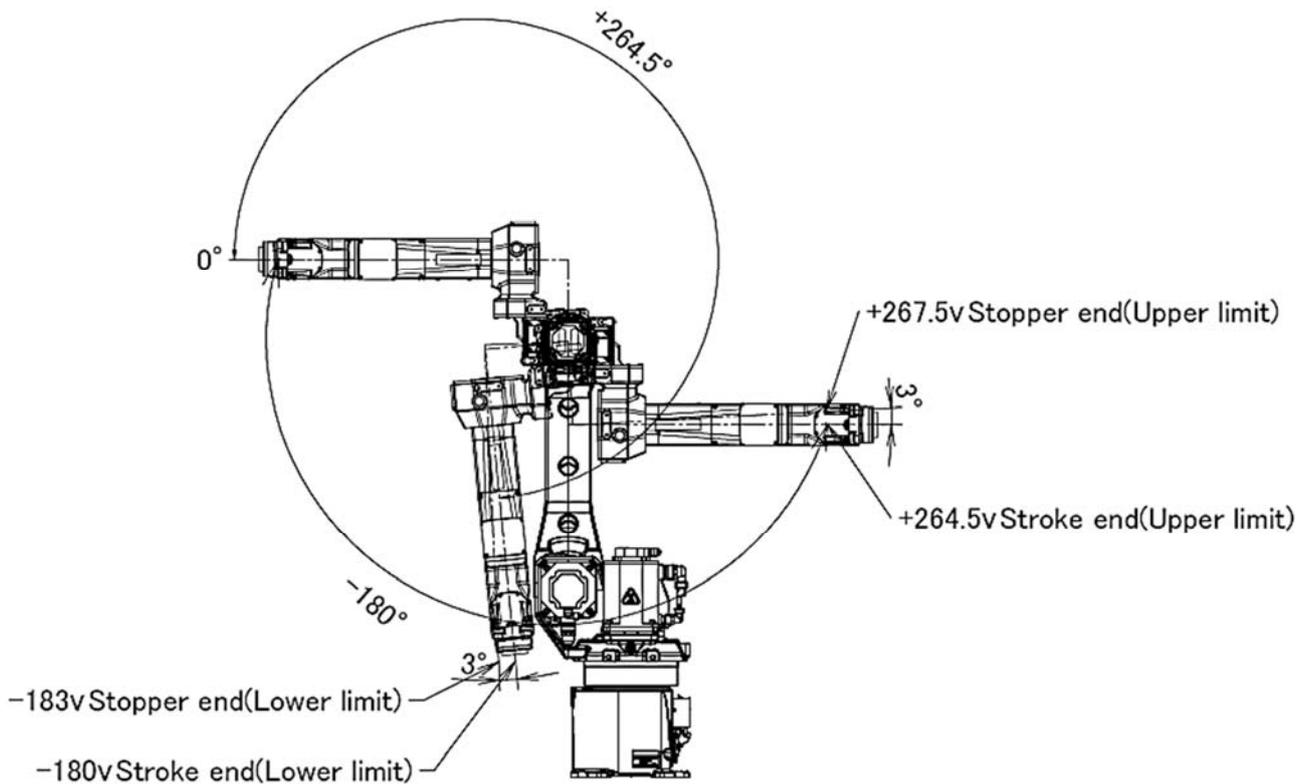


Рисунок 7.6 – Пределы перемещения элемента оси J3 робота ARC Mate 100iC

Программные настройки ограничений перемещения по осям позволяют задать верхний и нижний пределы перемещений в градусах. Ограничения могут быть заданы для всех осей робота и приведут к остановке его движения при выходе за ограничения, если робот откалиброван. Порядок настройки программного ограничения перемещений на пульте управления роботом:

- 1) нажать клавишу «MENU» (МЕНЮ);
- 2) выбрать пункт системных настроек «SYSTEM» (СИСТЕМНЫЕ);
- 3) нажать «F1» или «TYPE» (ТИП);
- 4) выбрать пункт «AXIS LIMITS» (ОГРАНИЧЕНИЕ ОСЕЙ);
- 5) после этого появится окно настроек перемещений (рисунок 7.7);
- 6) необходимо ознакомиться с особенностями перенастройки ограничений перемещений, при ограничении диапазона перемещений робота по оси J1 не следует полагаться только на программные ограничители, но одновременно с ними нужно использовать механические стопоры, чтобы избежать повреждения периферийного оборудования и травмирования персонала, в этом случае устанавливаемые программные ограничения должны совпадать с ограничениями, которые заданы механическими стопорами;
- 7) перевести курсор к оси, для которой нужно задать ограничение;
- 8) ввести новые значения, используя цифровые кнопки;
- 9) повторить пп. 7 и 8 для ввода всех необходимых ограничений;
- 10) перезагрузить контроллер, чтобы новые настройки вступили в силу.

System Axis Limits				JOINT 100
AXIS	GROUP	LOWER	UPPER	1/16
1	1	-150.00	150.00	dg
2	1	-60.00	75.00	dg
3	1	-110.00	50.00	dg
4	1	-240.00	240.00	dg
5	1	-120.00	120.00	dg
6	1	-360.00	360.00	dg
7	0	0.00	0.00	mm
8	0	0.00	0.00	mm
9	0	0.00	0.00	mm

[TYPE]

Рисунок 7.7 – Окно настроек ограничения перемещений отдельных осей манипулятора

7.2 Порядок проведения работы

1 Ознакомиться с конструкцией манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC (рисунок 7.8, а).

2 Ознакомиться с панелью управления контроллера SYSTEM R-30iB и пультом управления робота FANUC ARC Mate 100iC (рисунок 7.8, б).

3 Включить сварочный полуавтомат Fronius TransPuls Synergic 3200.

4 Включить контроллер робота FANUC ARC Mate 100iC.

5 Взять в руки пульт управления роботом и включить его.

6 Примерно через 15...20 с произойдет загрузка контроллера и в верхней части дисплея пульта появится изображение с индикацией ошибки «FAULT».

7 Держа пульт двумя руками, с минимальным усилием одновременно зажать желтые вытянутые кнопки (на обратной стороне пульта), после чего большим пальцем левой руки нажать клавишу «RESET». Произойдет характерный щелчок внутри корпуса контроллера, и на дисплее пульта ошибка «FAULT» исчезнет.

а)



б)



Рисунок 7.8 – Манипулятор (а) и контроллер SYSTEM R-30iB с пультом управления (б) робота FANUC ARC Mate 100iC

8 Контроллер готов к работе. Кнопки на обратной стороне пульта можно отпустить при поиске меню или субменю, а также при создании или переименовании программ и систем координат. Однако при необходимости перемещений или запуска программ на отработку следует заново сбрасывать вновь появившуюся ошибку «FAULT» и держать хотя бы одну кнопку с обратной стороны пульта нажатой.

9 После загрузки контроллера на пульте управления нажать последовательно «MENU» / «SYSTEM» / «F1» / «AXIS LIMITS» и сфотографировать появившееся окно настроек перемещений осей робота.

10 Далее на пульте управления осуществить перенастройку программного ограничения перемещений по осям J4 и J6 (оси работают без механических стопоров) на заданные преподавателем пределы перемещений.

11 Выключить контроллер и через 10 с включить его снова и после загрузки с помощью манипуляционных клавиш (осевого вращения) пульта управления найти для осей J4 и J6 нулевую точку, а также проверить обновленные ограничения перемещения соответствующих осей (работать в системе координат JOINT FRAME).

12 Далее на пульте управления осуществить перенастройку программного ограничения перемещений по осям J4 и J6 в исходное состояние.

13 Выключить пульт управления и контроллер.

14 Выключить сварочный полуавтомат.

7.3 Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Конструкция манипулятора инструмента робота FANUC ARC Mate 100iC.

3 Конструкция панели управления контроллера робота FANUC ARC Mate 100iC.

4 Конструкция пульта управления робота FANUC ARC Mate 100iC.

5 Порядок настройки программного ограничения перемещений на пульте управления роботом FANUC ARC Mate 100iC.

6 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1 Что такое промышленный робот? Структура промышленного робота.

2 Конфигурация манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC.

3 Технические характеристики манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC.

4 Цель ограничения перемещения осей манипулятора робота.

5 Порядок настройки программного ограничения перемещений осей манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC.

8 Лабораторная работа № 8. Изучение контроллера SYSTEM R-30iB и пульта управления робота FANUC ARC Mate 100iC

Цель работы: изучить контроллер SYSTEM R-30iB и пульт управления робота FANUC ARC Mate 100iC.

8.1 Общие теоретические сведения

Робот FANUC ARC Mate 100iC, укомплектованный аппаратом механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов Fronius TransPuls Synergic 3200, представлен на рисунке 8.1.



Рисунок 8.1 – Робот FANUC ARC Mate 100iC, укомплектованный сварочным полуавтоматом Fronius TransPuls Synergic 3200

Робот FANUC ARC Mate 100iC включает в себя манипулятор инструмента (инструментом в данном случае является горелка сварочного полуавтомата), контроллер и клавишно-сенсорный пульт управления.

Лицевая панель контроллера представлена на рисунке 8.2.



Рисунок 8.2 – Лицевая панель контроллера робота FANUC ARC Mate 100iC

Слева от лицевой панели контроллера имеются черный тумблер включения («ON» – включено, «OFF» – выключено) и решетка с охлаждающего кулера.

На лицевой панели находится тумблер переключения скоростных режимов перемещений манипулятора инструмента робота:

– автоматический режим AUTO (защитное ограждение закрыто; робот может работать с определенной заранее максимальной скоростью);

– режим T1 (программа может быть активирована только с пульта управления; робот не может работать со скоростью более 250 мм/с; защитное ограждение открыто);

– режим T2 (программа может быть активирована только с пульта управления; робот может работать с определенной заранее максимальной скоростью более 250 мм/с; защитное ограждение открыто).

При проведении лабораторных работ необходимо работать только в режиме T1 во избежание травмирования людей и повреждения робота!!!

Также на лицевой панели контроллера имеются четыре кнопки индикации: «СБРОС» (RESET), «СТАРТ» (CYCLE START), «ОШИБКА» (FAULT), «ПИТАНИЕ» (POWER).

Большая красная кнопка в желтом контуре, расположенная справа на лицевой панели контроллера, предназначена для аварийного останова робота в случае наступления непредвиденных проблем при работе.

Пульт управления робота FANUC ARC Mate 100iC показан на рисунке 8.3.

а)



б)



Рисунок 8.3 – Лицевая (без дисплея) (а) и обратная (б) стороны пульта

На обратной стороне пульта управления имеются две желтые кнопки вытянутой формы. Они предназначены для активации пульта в рабочий режим уже

после его включения тумблером лицевой панели (пульта). Необходимо зажимать их одновременно с небольшим усилием, т. к. они являются двухтактными.

На лицевой стороне пульта, помимо жидкокристаллического сенсорного дисплея, имеются следующие основные кнопки:

- 1) «PREV» – возврат в предыдущее меню;
- 2) «F1» – «F5» – функциональные кнопки вызова меню и субменю;
- 3) «NEXT» – переход в меню и субменю, не охваченные кнопками «F1» – «F5»;
- 4) «SHIFT» – важная кнопка для одновременного нажатия с некоторыми другими кнопками, например, с кнопкой «FWD» – на запуск отработки манипулятором робота созданной траектории движения как в режиме «без сварки», так и «со сваркой»;
- 5) «MENU» – вызов основных меню (программ, систем координат и др.);
- 6) «SELECT» – просмотр списка программ;
- 7) «EDIT» – отображение экрана редактирования;
- 8) «DATA» – отображение счетчиков;
- 9) «FCTN» – меню дополнительных функций;
- 10) «DISP» – переключение дисплеев (можно работать в нескольких дисплеях одновременно с возможностью переключения);
- 11) «STEP» – пошаговое выполнение операций;
- 12) «HOLD» – остановка робота;
- 13) «RESET» – сброс ошибок;
- 14) четыре кнопки «ВВЕРХ», «ВНИЗ», «ВЛЕВО», «ВПРАВО» – для позиционирования курсора в нужных строках меню и субменю;
- 15) «BACK SPACE» – отмена ввода (вернуться назад);
- 16) «ITEM» – выбор номера строки;
- 17) «ENTER» – ввод;
- 18) «FWD» – пуск программы в прямом направлении;
- 19) «BWD» – пуск программы в обратном направлении;
- 20) «COORD» – выбор системы координат;
- 21) «WELD ENBL» – включение/выключение сварки;
- 22) «+%» – увеличение скорости перемещения робота;
- 23) «-%» – уменьшение скорости перемещения робота;
- 24) 12 кнопок «0» – «9», «ТОЧКА», «ЗАПЯТАЯ/ТИРЕ» – цифровой блок, используемый при написании программ, их корректировке, нумерации, вызове и т. д.;
- 25) 16 кнопок «J1» – «J8» (+), «J1» – «J8» (–) – клавиши перемещений (для каждой из шести осей J1 – J6 перемещения вдоль трех координатных осей OX, OY, OZ в прямом направлении; для каждой из шести осей J1 – J6 перемещения вдоль трех координатных осей OX, OY, OZ в обратном направлении; вращения каждой из шести осей J1 – J6 вокруг соответствующих координатных осей в прямом и обратном направлениях; кнопки для осей J7 и J8 – запасные для манипулятора изделия).

8.2 Порядок проведения работы

1 Включить сварочный полуавтомат Fronius TransPuls Synergic 3200.

2 Включить контроллер робота FANUC ARC Mate 100iC.

3 Взять в руки пульт управления роботом и включить его.

4 Примерно через 15...20 с произойдет загрузка контроллера и в верхней части дисплея пульта появится изображение с индикацией ошибки «FAULT».

5 Держа пульт двумя руками, с минимальным усилием одновременно зажать желтые вытянутые кнопки (на обратной стороне пульта), после чего большим пальцем левой руки нажать клавишу «RESET». Произойдет характерный щелчок внутри корпуса контроллера, и на дисплее пульта ошибка «FAULT» исчезнет.

6 Контроллер готов к работе. Кнопки на обратной стороне пульта можно отпустить при поиске меню или субменю, а также при создании или переименовании программ и систем координат. Однако при необходимости перемещений или запуска программ на отработку следует заново сбрасывать вновь появившуюся ошибку «FAULT» и держать хотя бы одну кнопку с обратной стороны пульта нажатой.

7 Отпустив обе кнопки обратной стороны пульта, несколькими нажатиями клавиши «COORD» настроить индивидуальную осевую систему координат «JOINT FRAME». Ее название появится в верхнем правом углу дисплея.

8 Нажатием клавиши «-%» уменьшить скорость перемещения звеньев робота до 25 % (зеленый прямоугольник с цифрой в верхнем правом углу дисплея).

9 Вместе с преподавателем проверить расстояние от кончика горелки робота до сварочного стола. Оно должно быть не менее 40...50 см во избежание столкновения горелки со столом и повреждения робота при манипуляциях, которые будут описаны далее.

10 Снова зажать одновременно обе кнопки обратной стороны пульта, большим пальцем правой руки нажать кнопку «RESET» для сброса ошибки «FAULT», после чего правую руку высвободить из пульта и поочередно и кратковременно (3...4 с) пронажимать указательным пальцем на клавиши перемещений манипулятора относительно его осей J1 – J6 (перемещение вдоль трех координатных осей в обоих направлениях или вращение вокруг этих же осей в обоих направлениях).

11 В процессе проведенных манипуляций определить примерные направления трех координатных осей OX, OY, OZ в пространстве. Эта необходимость связана с тем, что в ходе лабораторных работ робот изначально не выставлен по нулевым меткам и смещен относительно исходного транспортировочного положения, поэтому направление перемещения его первого подвижного звена (с осью J1)

относительно неподвижного основания нарушено и определить направления осей в мировой системе координат затруднительно.

12 Далее путем манипуляций отдельных звеньев робота (по соответствующим осям J1 – J6) осуществить позиционирование кончика сварочной проволоки, выступающего из горелки, в точку, заданную преподавателем.

13 Манипуляционными действиями вернуть горелку робота в исходное состояние (приблизительно).

14 Выключить пульт управления и контроллер.

15 Выключить сварочный полуавтомат.

8.3 Оборудование, приборы и материалы

1 Шестиосевой манипулятор робот FANUC ARC Mate 100iC.

2 Контроллер SYSTEM R-30iB робота FANUC ARC Mate 100iC (с пультом управления).

3 Сварочный полуавтомат Fronius TransPuls Synergic 3200.

8.4 Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Состав робота FANUC ARC Mate 100iC.

3 Назначение контроллера SYSTEM R-30iB робота.

4 Скоростные режимы перемещений робота FANUC ARC Mate 100iC.

5 Назначение пульта управления робота FANUC ARC Mate 100iC.

6 Описание основных клавиш пульта управления робота FANUC ARC Mate 100iC.

7 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1 Назначение контроллера SYSTEM R-30iB сварочного робота FANUC ARC Mate 100iC.

2 Алгоритм осуществления перемещений отдельных звеньев манипулятора робота FANUC ARC Mate 100iC.

3 Почему в системе координат JOINT FRAME нет возможности перемещать горелку манипулятора робота в любую точку его рабочей зоны?

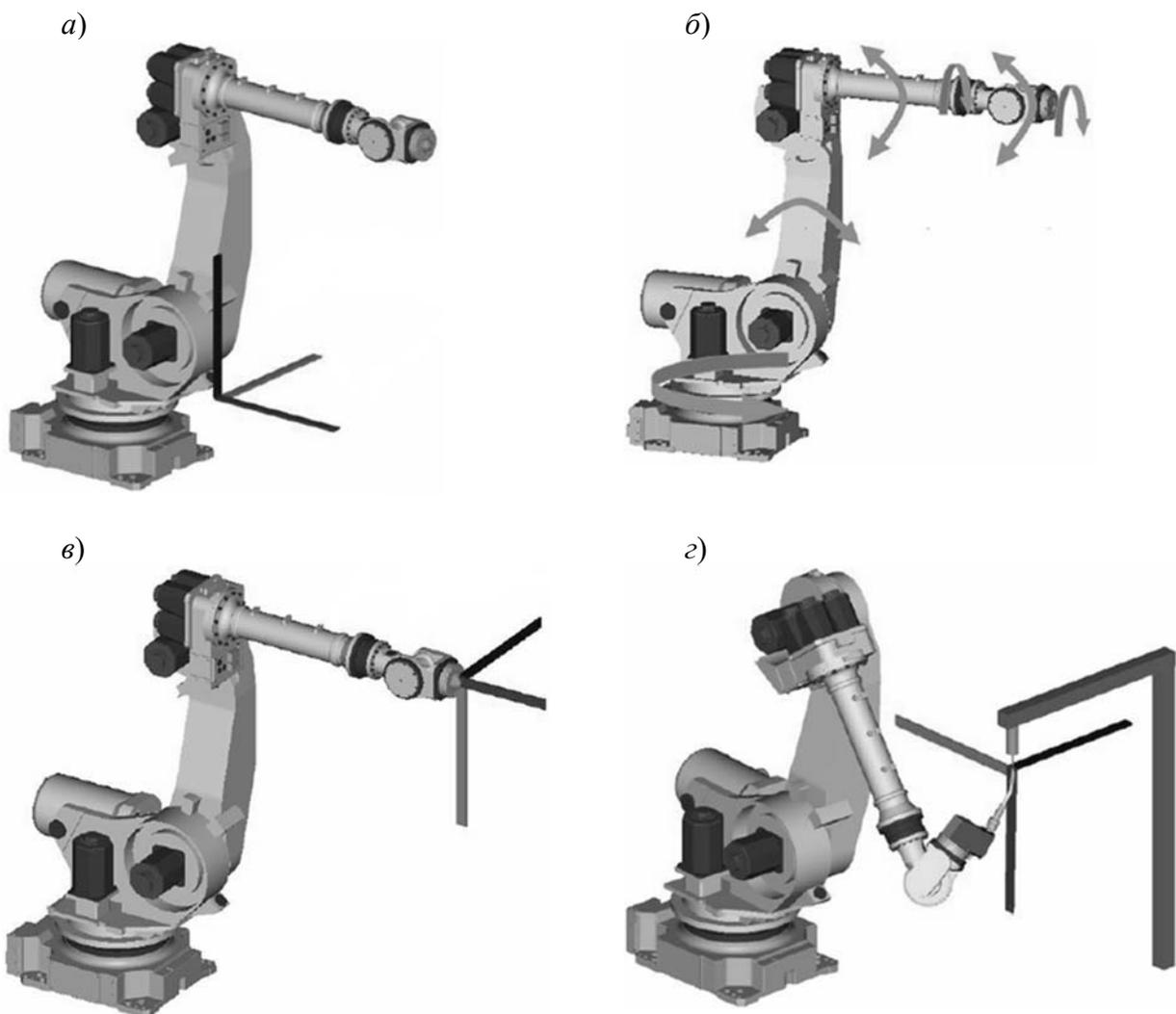
4 Назначение основных клавиш пульта управления робота FANUC ARC Mate 100iC.

9 Лабораторная работа № 9. Создание системы координат сварочного инструмента робота FANUC ARC Mate 100iC

Цель работы: изучить основные системы координат робота FANUC ARC Mate 100iC; научиться создавать систему координат сварочного инструмента робота.

9.1 Общие теоретические сведения

Для робота FANUC ARC Mate 100iC имеются четыре основные системы координат: мировая (WORLD FRAME), индивидуально-осевая (JOINT FRAME), система координат инструмента (TOOL FRAME), пользовательская (USER FRAME) (рисунок 9.1).



a – мировая (WORLD FRAME); *б* – индивидуально-осевая (JOINT FRAME);
в – инструмента (TOOL FRAME); *з* – пользовательская (USER FRAME)

Рисунок 9.1 – Основные системы координат робота FANUC ARC Mate 100iC

При программировании робота для сварки по траектории основными двумя системами координат являются TOOL FRAME и USER FRAME, т. к. при последующем написании программа будет на них ссылаться.

Системы координат JOINT FRAME и WORLD FRAME являются вспомогательными, т. к. они позволяют более быстро позиционировать горелку по точкам траектории в пространстве при написании конкретной программы в рамках уже созданных систем координат TOOL FRAME и USER FRAME.

На пульте управления робота FANUC ARC Mate 100iC переключать системы координат необходимо с помощью кнопки COORD.

Перед началом любых произвольных перемещений манипулятора инструмента робота FANUC ARC Mate 100iC необходимо обязательно проверять установленную скорость в верхнем правом углу пульта управления (зеленый прямоугольник с цифрой). Если по умолчанию стоит значение по скорости 30 % и более, то нужно нажатием клавиши «-» уменьшить скорость перемещения звеньев робота до 20 %...25 %. Это особенно важно при работе в мировой системе координат WORLD FRAME.

Система координат инструмента – это декартова система координат, определяющая положение рабочей точки инструмента (TCP или TOOL CENTER POINT) и положение самого инструмента.

В системе координат инструмента начало координат обычно совпадает с рабочей точкой инструмента, а ось OZ – с осью инструмента (рисунок 9.2).

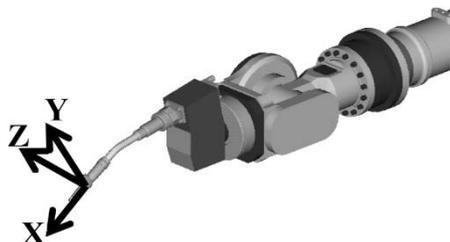


Рисунок 9.2 – Система координат инструмента робота

Если система координат инструмента не определена, то действующей является система координат, находящаяся в центре фланца запястья.

Координаты (X; Y; Z) задают положение вершины инструмента (TCP), а координаты (W; P; R) – угловое положение самого инструмента.

В системе координат для фланца координаты (X; Y; Z) задают положение вершины инструмента (TCP) в пространстве. Координаты (W; P; R) задают угловое положение инструмента относительно осей OX, OY и OZ системы координат фланца.

Вершина инструмента необходима для определения данных позиционирования.

Существует три метода определения системы координат инструмента:

- 1) непосредственный ввод;
- 2) трехточечный метод;
- 3) шеститочечный метод (SIX POINT).

Если изначально робот выставлен по нулевым меткам, то направление осей мировой системы координат WORLD FRAME можно определить по правилу правой руки (рисунок 9.3).

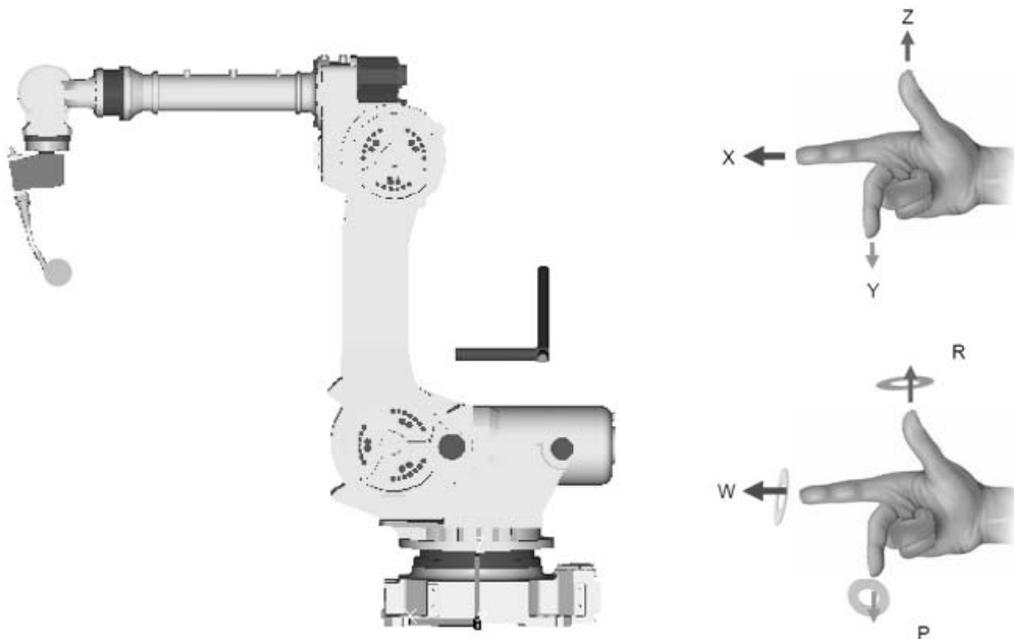


Рисунок 9.3 – Правило правой руки для определения направлений осей системы координат

9.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Шестиосевой манипулятор робот FANUC ARC Mate 100iC.
- 2 Контроллер SYSTEM R-30iB робота FANUC ARC Mate 100iC (с пультом управления).
- 3 Сварочный полуавтомат Fronius TransPuls Synergic 3200.
- 4 Сварочный стол.
- 5 Стержень на основании с заостренной вершиной.

9.3 Порядок проведения работы

- 1 Включить сварочный полуавтомат Fronius TransPuls Synergic 3200.
- 2 Включить контроллер SYSTEM R-30iB и пульт управления робота FANUC ARC Mate 100iC.
- 3 Кнопки на обратной стороне пульта можно отпустить при поиске меню или субменю, а также при создании или переименовании программ и систем координат. Однако при необходимости перемещений или запуска программ на отработку следует заново сбрасывать клавишей «RESET» вновь появившуюся ошибку «FAULT» и держать хотя бы одну кнопку с обратной стороны пульта нажатой.

4 Отпустив обе кнопки обратной стороны пульта, нажатием клавиши «-%» уменьшить скорость перемещения звеньев робота до 25 % (зеленый прямоугольник с цифрой в верхнем правом углу дисплея).

5 Нажатием клавиши «COORD» выбрать систему координат инструмента «TOOL».

6 Нажать кнопку «MENU». В появившемся окне нажать вкладку «SETUP» и в субокне нажать вкладку «FRAMES».

При этом на экране появится список из 10 TOOL-фреймов, реализованных шеститочечным методом (XZ).

На момент включения этого списка под № 1 будет сохранен конкретный TOOL-фрейм (их может быть больше). У сохраненного TOOL-фрейма будет название (например 1, 2, 3, 4 и т. д.) и задано нулевое положение точки горелки (X, Y, Z).

7 Выделив сохраненный TOOL-фрейм, нажать кнопку «ENTER», после чего появятся:

- характеристика TOOL-фрейма (координаты, название «1, 2, 3...»);
- строки задания трех положений нулевой точки «Approach Point 1, 2, 3»;
- координата нулевой точки «Orient Origin Point»;
- строки задания координат перемещения горелки по осям OX и OZ

относительно нулевой точки (координаты конечной точки на оси, чтобы задать направление).

8 TOOL-фрейм переименовать, выделив строку «COMMENT» и нажав клавишу «ENTER», после чего строчными/прописными буквами или цифрами, а также при помощи функциональных клавиш «F1» – «F5» и стрелками на пульте управления переписать название TOOL-фрейма. Нажать «ENTER».

9 Далее задача сводится к поиску нулевой точки в системе координат инструмента и задании координат осей относительно этой точки.

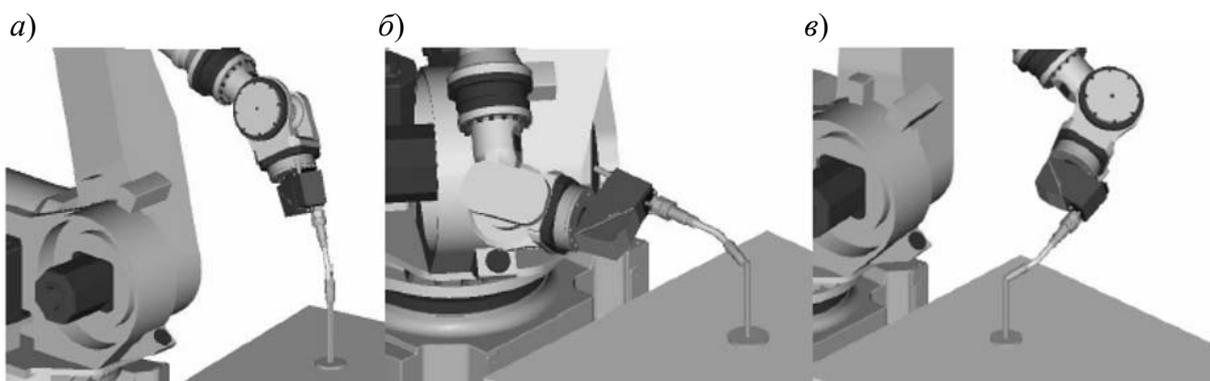
10 На сварочном столе установить предмет с точечной вершиной (не сдвигать его в процессе поиска нулевой точки), выделить строку «ВВЕСТИ КООРДИНАТЫ ПОЛОЖЕНИЯ № 1 НУЛЕВОЙ ТОЧКИ».

11 Путем одновременного зажатия клавиши «SHIFT» и кнопок перемещения/вращения на небольшой скорости завести кончик проволоки горелки в вершину предмета (при этом обязательно запомнить приблизительное пространственное положение горелки) (рисунок 9.4, а).

12 Нажать одновременно клавиши «SHIFT» и «F5», в результате чего в строке «APPROACH POINT» запишутся текущие координаты.

13 Путем выделения двух оставшихся строк («APPROACH POINT 2» и «APPROACH POINT 3») поочередно повторить вышеприведенную операцию, но положения горелки при этом должны приближенно соответствовать направлениям двух оставшихся координатных осей относительно первого положения горелки (рисунок 9.4, б, в).

14 Выделить строку «ORIENT ORIGIN POINT» и повторить эту операцию, предварительно изменив положение горелки по сравнению с вышеприведенными тремя положениями.



a – сварочная горелка заведена в вершину стержня в положении № 1; *б* – сварочная горелка заведена в вершину стержня в положении № 2; *в* – сварочная горелка заведена в вершину стержня в положении № 3

Рисунок 9.4 – Задание нулевой точки системы координат TOOL FRAME

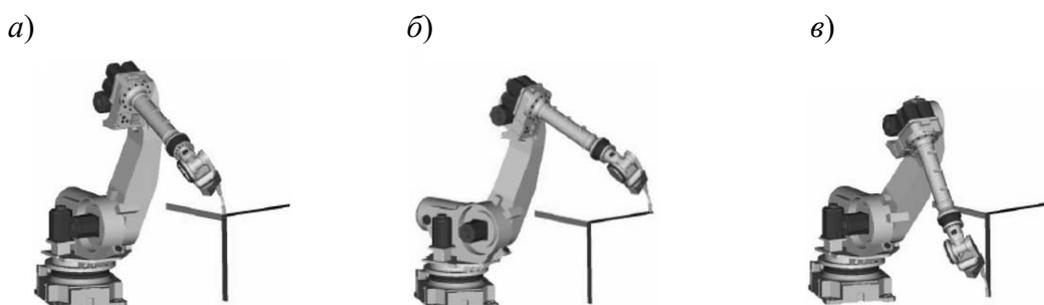
15 На пульте управления выделить строку «X-DIRECTION POINT» и манипуляционными действиями завести кончик проволоки горелки в точку, в направлении которой будет принята ось OX относительно нулевой точки.

16 Нажать одновременно клавиши «SHIFT» и «F5», что сохранит координаты этой точки и определит направления оси OX относительно нулевой точки инструмента.

17 Эту же операцию повторить для строки «Z-DIRECTION POINT» (задается направление оси OZ относительно нулевой точки инструмента).

18 Ось OY контроллер определит сам по нормали к оси OX.

19 Далее, чтобы проверить сохраненные координаты точек, направлений и положений горелки, необходимо провести его по направлениям соответствующих осей (рисунок 9.5). Манипуляционными действиями отвести робот в сторону и вверх, после чего, выделив соответствующую строку TOOL-фрейма, одновременно нажать клавиши «SHIFT» и «F4». *Внимание!!!* Робот будет передвигаться по кратчайшему пути, поэтому эту операцию стоит делать на минимальной скорости и быть готовым отпустить клавишу «SHIFT».



a – нулевая точка системы координат TOOL FRAME; *б* – перемещение горелки из нулевой точки в положительном направлении оси OX; *в* – перемещение горелки из нулевой точки в положительном направлении оси OZ

Рисунок 9.5 – Задание осей системы координат TOOL FRAME

20 Одновременным нажатием клавиш «SHIFT» и «COORD» сохранить созданный TOOL-фрейм под № 1 (рисунок 9.6).

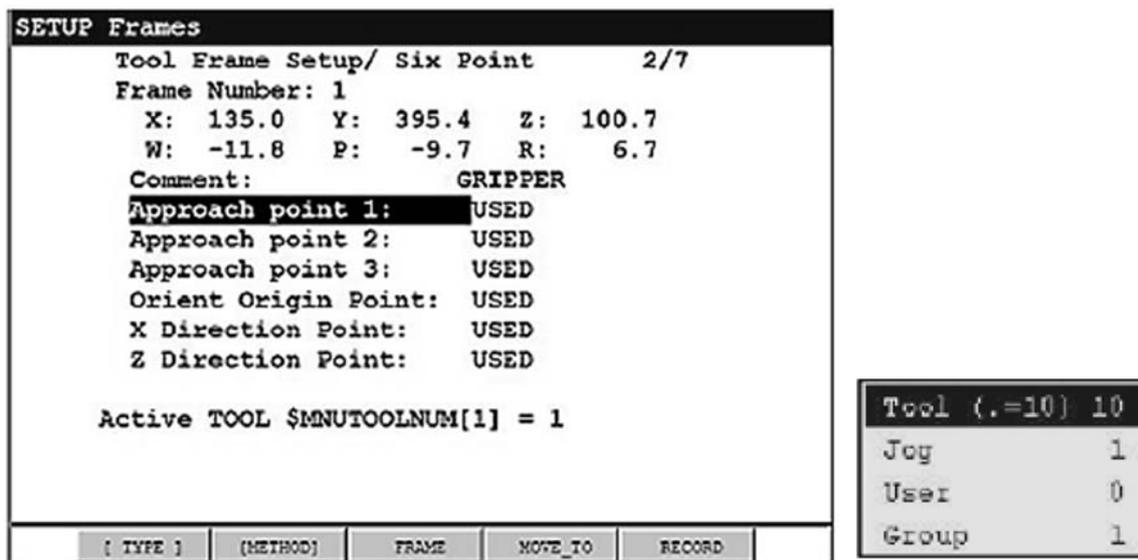


Рисунок 9.6 – Созданная система координат TOOL FRAME для работа

21 Нажатием клавиши «PREV» возвратиться в список TOOL-фреймов и проверить наличие созданной системы координат инструмента (или через последовательное нажатие клавиш «MENU» / «SETUP» / «FRAMES» / «OTHER»).

9.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Основные системы координат робота FANUC ARC Mate 100iC.
- 3 Краткая последовательность создания системы координат сварочного инструмента для робота FANUC ARC Mate 100iC.
- 4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Для чего необходимо создавать системы координат при программировании сварочного робота?
- 2 Какие основные системы координат используются при программировании робота FANUC ARC Mate 100iC?
- 3 Последовательность создания системы координат сварочного инструмента для робота FANUC ARC Mate 100iC.

10 Лабораторная работа № 10. Создание пользовательской системы координат робота FANUC ARC Mate 100iC

Цель работы: на базе ранее созданной системы координат сварочного инструмента TOOL FRAME научиться создавать пользовательскую систему координат USER FRAME для робота FANUC ARC Mate 100iC.

10.1 Общие теоретические сведения

Пользовательская система координат USER FRAME – это декартова система координат, определенная пользователем для каждой рабочей зоны (например, для сварочного стола, на котором планируется осуществлять наплавку или сварку деталей).

Если система координат не определена пользователем, то действует система мировых координат WORLD FRAME (направления осей можно определить по правилу правой руки).

Пользовательская система координат включает нулевую точку (начало системы координат) и координаты точек, определяющие направления соответствующих координатных осей OX, OY и OZ (рисунок 10.1).

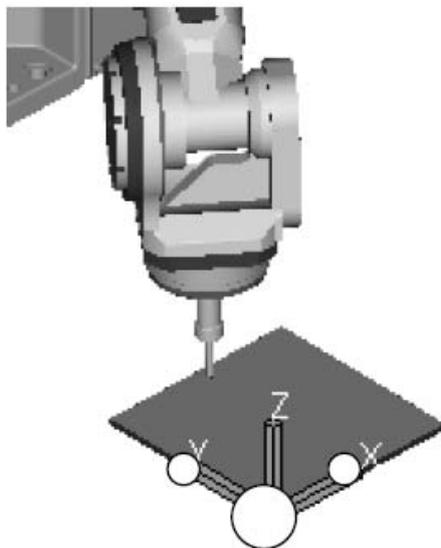


Рисунок 10.1 – Пользовательская система координат USER FRAME

10.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Шестиосевой манипулятор робот FANUC ARC Mate 100iC.
- 2 Контроллер SYSTEM R-30iB робота FANUC ARC Mate 100iC (с пультом управления).
- 3 Сварочный полуавтомат Fronius TransPuls Synergic 3200.
- 4 Сварочный стол.

10.3 Порядок проведения работы

1 Включить сварочный полуавтомат Fronius TransPuls Synergic 3200.

2 Включить контроллер SYSTEM R-30iB и пульт управления робота FANUC ARC Mate 100iC.

3 Кнопки на обратной стороне пульта можно отпустить при поиске меню или субменю, а также при создании или переименовании программ и систем координат. Однако при необходимости перемещений или запуска программ на отработку следует заново сбрасывать клавишей «RESET» вновь появившуюся ошибку «FAULT» и держать хотя бы одну кнопку с обратной стороны пульта нажатой.

4 Отпустив обе кнопки обратной стороны пульта, нажатием клавиши «-%» уменьшить скорость перемещения звеньев робота до 25 %.

5 Через последовательное нажатие на пульте клавиш «MENU» / «SETUP» / «FRAMES» / «OTHER» зайти во вкладку «USER FRAME» и нажать «ENTER». Появится список USER-фреймов (рисунок 10.2).

SETUP Frames					
User Frame	Setup/	Direct	Entry	1/9	
	X	Y	Z	Comment	
1:	0.0	0.0	0.0	UFrame1	
2:	0.0	0.0	0.0	UFrame2	
3:	0.0	0.0	0.0	UFrame3	
4:	0.0	0.0	0.0	UFrame4	
5:	0.0	0.0	0.0	UFrame5	
6:	0.0	0.0	0.0	UFrame6	
7:	0.0	0.0	0.0	UFrame7	
8:	0.0	0.0	0.0	UFrame8	
9:	0.0	0.0	0.0	UFrame9	
Active UFRAME \$MNUFRAMENUM[1] = 0					
[TYPE]	DETAIL	[OTHER]	CLEAR	SETIND	>

Рисунок 10.2 – Список систем координат USER FRAME

6 Нажать клавишу «ENTER» на любом выделенном USER-фрейме, после чего появится его характеристика: определен тремя точками; номер фрейма, например № 1; текущие координаты фрейма в мировой системе координат; название фрейма «COMMENT 1, 2, 3...»; три строки задания координат конечной точки в направлении оси OX и направлении оси OY.

7 Выделить пустую строку и нажатием кнопки «ENTER» создать новый USER-фрейм.

8 Задать созданному USER-фрейму название и запомнить его порядковый номер в общем списке.

9 Заново выделить строку созданного USER-фрейма и нажать «ENTER», после чего появится рабочее поле (рисунок 10.3).

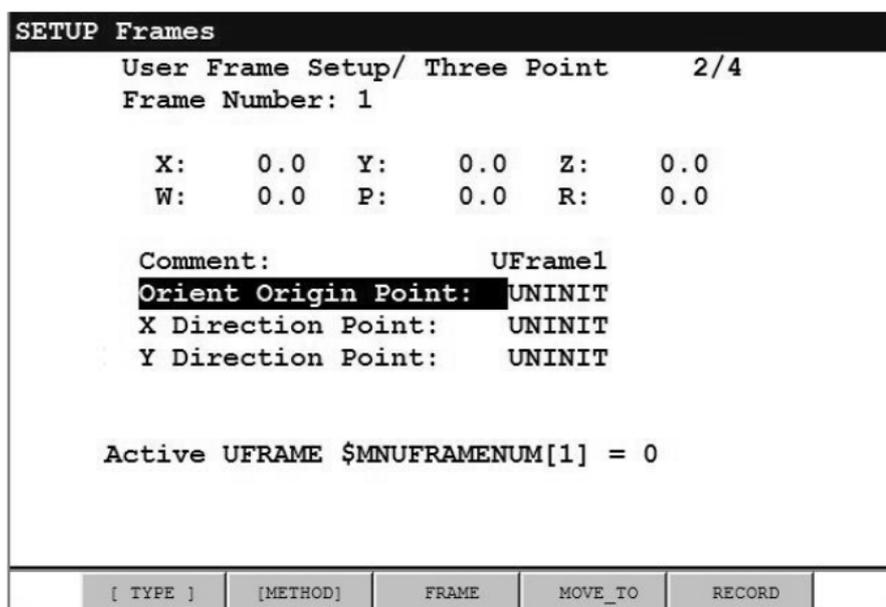


Рисунок 10.3 – Меню настроек созданной системы координат USER FRAME

10 При выделенной строке «ORIENT ORIGIN POINT» (см. рисунок 10.3) и зажатой кнопке «SHIFT» клавишами перемещений/вращений завести манипуляционными действиями кончик проволоки сварочной горелки в вершину предмета, предварительно поставленного на сварочный стол на расстоянии 50...70 см от манипулятора робота (рисунок 10.4, а).



а – нулевая точка системы координат USER FRAME; б – перемещение горелки из нулевой точки в положительном направлении оси OX; в – перемещение горелки из нулевой точки в положительном направлении оси OY

Рисунок 10.4 – Меню настроек созданной системы координат USER FRAME

11 Нажать одновременно кнопки «SHIFT» и «F5» для сохранения нулевой точки в созданной системе координат «USER FRAME».

12 В режиме выделенной строки «X-DIRECTION POINT» (см. рисунок 10.3) манипуляционными действиями завести кончик проволоки сварочной горелки в конечную точку положительного направления предполагаемой оси OX, но на той

же высоте, что и нулевая точка (для плоского сварочного стола, параллельного полу) (рисунок 10.4, б).

13 Нажать одновременно кнопки «SHIFT» и «F5» для сохранения направления оси OX в созданной системе координат «USER FRAME».

14 Нажатием одновременно кнопок «SHIFT» и «F4» вернуть кончик проволоки горелки в нулевую точку созданной системы координат USER FRAME.

15 Выделить строку «Y-DIRECTION POINT» (см. рисунок 10.3) и манипуляционными действиями завести кончик проволоки сварочной горелки по нормали к оси OX в конечную точку положительного направления предполагаемой оси OY, но на той же высоте, что и нулевая точка (для плоского сварочного стола, параллельного полу) (рисунок 10.4, в).

16 Нажать одновременно кнопки «SHIFT» и «F5» для сохранения направления оси OY в созданной системе координат «USER FRAME».

17 Манипуляционными действиями отвести робота вверх и в сторону на небольшой скорости.

18 Путем последовательного выделения соответствующих строк («ORIENT ORIGIN POINT», «X-DIRECTION POINT», «Y-DIRECTION POINT») и одновременным нажатием клавиш «SHIFT» и «F4» кончик проволоки горелки провести в нулевую точку и из нее по осям OX и OY. Ось OZ определится роботом автоматически по нормали к оси OX с положительным направлением вверх.

19 Одновременным нажатием клавиш «SHIFT» и «COORD» сохранить USER-фрейм под конкретным номером.

10.4 Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Краткая последовательность создания пользовательской системы координат для робота FANUC ARC Mate 100iC.

3 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1 Назначение пользовательской системы координат USER FRAME для робота FANUC ARC Mate 100iC.

2 Последовательность создания пользовательской системы координат USER FRAME для робота FANUC ARC Mate 100iC.

11 Лабораторная работа № 11. Создание программы перемещения робота FANUC ARC Mate 100iC по заданной траектории

Цель работы: научиться создавать программу перемещения робота FANUC ARC Mate 100iC по заданной траектории в режимах «без наплавки» и «с наплавкой».

11.1 Общие теоретические сведения

Процесс программирования робота FANUC ARC Mate 100iC состоит из следующих этапов.

1 Создание системы координат сварочного инструмента TOOL FRAME.

2 Создание пользовательской системы координат USER FRAME (сварочного стола) (в рамках имеющейся системы координат TOOL FRAME).

3 Создание программы перемещения робота по заданной траектории.

В предыдущих лабораторных работах были рассмотрены алгоритмы осуществления этапов № 1 и 2.

Сущность процесса создания программы перемещения робота по заданной траектории состоит в обучении робота конкретным точкам траектории с записью их координат в память.

Создание новой программы всегда начинается с задания ее имени.

Затем осуществляется обязательная привязка программы к ранее созданным системам координат TOOL FRAME и USER FRAME с конкретными номерами.

Точка, определяющая точное начальное положение кончика проволоки сварочной горелки, является первой в программе. Желательно, чтобы эта точка не входила в состав основной траектории движения робота и находилась на некотором удалении от сварочного стола в верхнюю сторону. При этом необходимо заранее проверять отсутствие препятствий на пути горелки при ее перемещении из начального положения на первую точку основной траектории!!!

Точка, определяющая точное конечное положение кончика проволоки сварочной горелки, является последней в программе. Желательно, чтобы эта точка не входила в состав основной траектории движения робота и находилась на некотором удалении от сварочного стола в верхнюю сторону. При этом необходимо заранее проверять отсутствие препятствий на пути горелки при ее перемещении из последней точки основной траектории в конечное положение!!!

Интерполяция – это способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений.

Интерполяция использует значения некоторой функции, заданные в ряде точек, чтобы предсказать значения функции между ними.

Для обучения робота перемещению из точки в точку не по прямой линии используется кусочная интерполяция. Для этого достаточно задать координаты начальной и конечной точек. Робот будет осуществлять перемещение по небольшой дуге (рисунок 11.1).



Рисунок 11.1 – Перемещение сварочной горелки из точки в точку при кусочной интерполяции

Для обучения робота перемещению из точки в точку по прямой линии используется линейная интерполяция. Для этого достаточно задать координаты начальной и конечной точек. Робот будет осуществлять перемещение по прямой линии (рисунок 11.2).

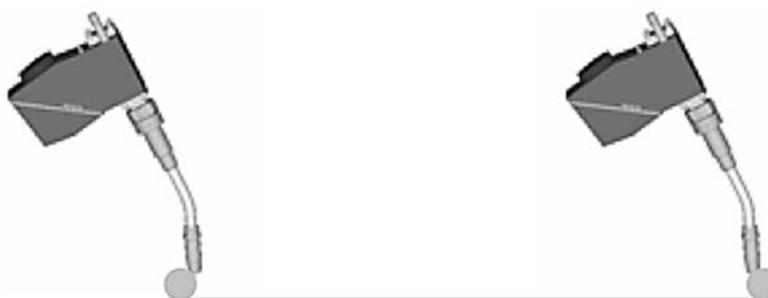


Рисунок 11.2 – Перемещение сварочной горелки из точки в точку при линейной интерполяции

Для обучения робота перемещению по окружности или по любой криволинейной траектории используется круговая интерполяция по дуге.

При перемещении по обычной дуге малого радиуса необходимо задавать координаты минимум трех точек (точки начала, середины и конца дуги) (рисунок 11.3).

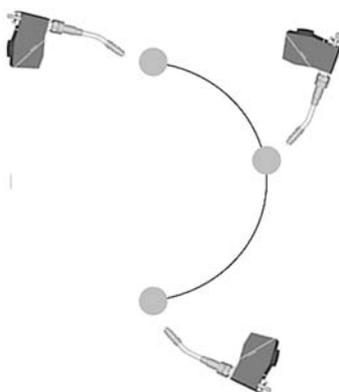


Рисунок 11.3 – Перемещение сварочной горелки по кривой при круговой интерполяции (простейший случай – по дуге через три точки)

При увеличении размеров и радиуса дуги трех точек уже недостаточно для точного воспроизведения перемещения и количество промежуточных точек необходимо существенно увеличивать.

При перемещении по сложной криволинейной траектории задание максимально большого количества промежуточных точек позволяет обеспечить полное соответствие реального перемещения сварочной горелки требуемому.

Характер чередования прямолинейных и криволинейных участков траектории имеет значение при обучении робота:

– если на траектории движения горелки криволинейный участок предшествует прямолинейному, то все точки криволинейного участка (в том числе и последняя точка, являющаяся первой для прямолинейного участка) задаются в режиме круговой интерполяции по дуге (CIRCLE ARC), а вторая точка прямолинейного участка – в режиме линейной интерполяции (LINEAR ARC);

– если на траектории движения горелки прямолинейный участок предшествует криволинейному, то обе точки прямолинейного участка задаются в режиме линейной интерполяции и вторая точка дублируется в режиме круговой интерполяции по дуге, а все точки криволинейного участка (в том числе и первая) – в режиме круговой интерполяции по дуге.

Имеется важная особенность: при переходе горелки из начального положения в первую точку основной траектории необходимо дополнительно задавать промежуточную точку (так называемая «нулевая точка»). Эту же операцию нужно делать и при перемещении горелки с одной траектории на другую в рамках одной программы.

11.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Шестиосевой манипулятор робот FANUC ARC Mate 100iC.
- 2 Контроллер SYSTEM R-30iB робота FANUC ARC Mate 100iC (с пультом управления).
- 3 Сварочный полуавтомат Fronius TransPuls Synergic 3200.
- 4 Сварочный стол.
- 5 Стальная пластина.
- 6 Мел.

11.3 Порядок проведения работы

- 1 Включить сварочный полуавтомат Fronius TransPuls Synergic 3200.
- 2 Включить контроллер SYSTEM R-30iB и пульт управления робота FANUC ARC Mate 100iC.
- 3 Кнопки на обратной стороне пульта можно отпустить при поиске меню или субменю, а также при создании или переименовании программ и систем координат. Однако при необходимости перемещений или запуска программ на

отработку следует заново сбрасывать клавишей «RESET» вновь появившуюся ошибку «FAULT» и держать кнопку с обратной стороны пульта нажатой.

4 Отпустив обе кнопки обратной стороны пульта, нажатием клавиши «-0%» уменьшить скорость перемещения звеньев робота до 25 %.

5 Проверить в списке систем координат инструмента TOOL FRAME наличие ранее созданных систем координат.

6 Создать новую пользовательскую систему координат USER FRAME для сварочного стола.

7 На сварочный стол положить стальную пластину так, чтобы соблюдался надежный контакт.

8 Мелом нарисовать на пластине траекторию «восьмерка» и обозначить характерные точки, координаты которых будет запоминать робот при обучении (рисунок 11.4).

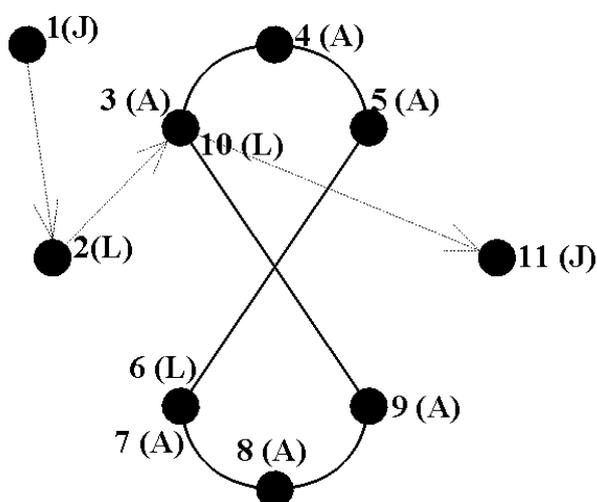


Рисунок 11.4 – Точки траектории «восьмерка» (без наплавки)

9 Нажать кнопку «SELECT», после чего появится список программ.

10 Кнопкой «F2» зайти в строку создания программы и функциональными клавишами задать имя новой программы, после чего нажать «ENTER».

11 Возвратиться в список программ и открыть созданную программу. Появится строка с надписью «End».

12 Для привязки созданной программы к конкретным системам координат TOOL FRAME и USER FRAME последовательно нажать кнопки «NEXT» / «INST» / «INST2» / «OFFSET/FRAMES» / «ENTER» / «UTOOL_NUM/ENTER». Далее ввести с пульта номер соответствующего TOOL-фрейма и нажать «ENTER».

13 Повторить операцию п. 12 для привязки программы к конкретному номеру USER-фрейма.

14 В программе выделить надпись «[End]» и последовательно нажать кнопки «NEXT» / «F5» / «INSERT» / «ENTER». После этого появится вопрос: «Сколько хотите задать строк?».

15 На пульте нажать цифру «1», после чего добавится строка (3:). Выделить ее, нажать еще раз кнопки «NEXT» / «F1 (POINT)» и выбрать вкладку «LINEAR INTERPOLATION» (L CNT100).

16 Нажать «ENTER». Выделить появившуюся строку и в ней выделить букву «L». Последовательно нажать «F4» / «JOINT» / «ENTER».

17 Манипуляционными действиями в системе координат JOINT FRAME (выбрать кнопкой «COORD») завести кончик проволоки горелки в произвольную начальную точку (1(J)), с которой робот будет выходить на нулевую точку, а затем – на основную траекторию.

18 На строке выделить номер данной точки и нажать одновременно кнопки «SHIFT» и «F5». Это позволит сохранить координаты данной точки, а на экране дисплея пульта появится соответствующее сообщение.

19 По такому же принципу добавить нулевую точку 2 (L), все точки траектории 3 (A), 4 (A), 5 (A), 6 (L), 7 (A), 8 (A), 9 (A), 10 (L), также точку конечного положения горелки 11 (J) (точка отвода).

20 Во всех созданных строках программы выставить скорость перемещения 5 мм/с.

21 На пульте проверить отключение индикатора «WELD» (одновременным нажатием кнопок «SHIFT» и «WELDENBL»).

22 Переместить курсор на начало первой строки (программы) и путем одновременного нажатия кнопок «SHIFT» и «FWD» запустить программу на обработку в режиме «без наплавки». При этом робот начнет обрабатывать программу только при значении 100 % по скорости перемещения (в верхнем правом углу дисплея). Кнопку «FWD» при работе робота можно отпустить, а «SHIFT» – только при необходимости экстренной остановки.

23 В программе переписать точки 3 (A) и 10 (L) через опции «WELD START» и «WELD END» по аналогии с пп. 15–18.

24 Одновременно нажать кнопки «SHIFT» и «WELDENBL» на пульте, после чего в верхнем левом углу пульта загорится зеленый индикатор «WELD».

25 Установить на сварочном аппарате режим «COLD TRANSFER METAL», значения сварочного тока и напряжения на дуге.

26 Открыть вентили подачи аргона и углекислого газа на соответствующих баллонах.

27 Проверить наличие заземляющего контакта на сварочном столе.

28 Переместить курсор на начало первой строки (программы) и путем одновременного нажатия кнопок «SHIFT» и «FWD» запустить программу на обработку в режиме «с наплавкой». За процессом наплавки наблюдать через сварочную маску. Если после внезапной остановки процесса наплавки не перемещать курсор с текущей строки, то при повторном запуске программа начнется с этой же строки. Также можно начать программу заново (установить курсор на первую строку).

11.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Программа перемещения робота FANUC ARC Mate 100iC по заданной траектории в режимах «без наплавки» и «с наплавкой».
- 3 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Виды «интерполяция» (определение, типы).
- 2 Особенности программирования перемещения робота по заданной траектории в режимах «без наплавки» и «с наплавкой».
- 3 Последовательность написания программы перемещения робота FANUC ARC Mate 100iC по заданной траектории.

12 Лабораторная работа № 12. Изучение конструкции манипулятора робота FANUC M-710iC/50

Цель работы: изучить конструкцию шестиосевого антропоморфного манипулятора робота FANUC M-710iC/50.

12.1 Общие теоретические сведения

Конфигурация механического блока робота FANUC M-710iC/50 представлена на рисунке 12.1.

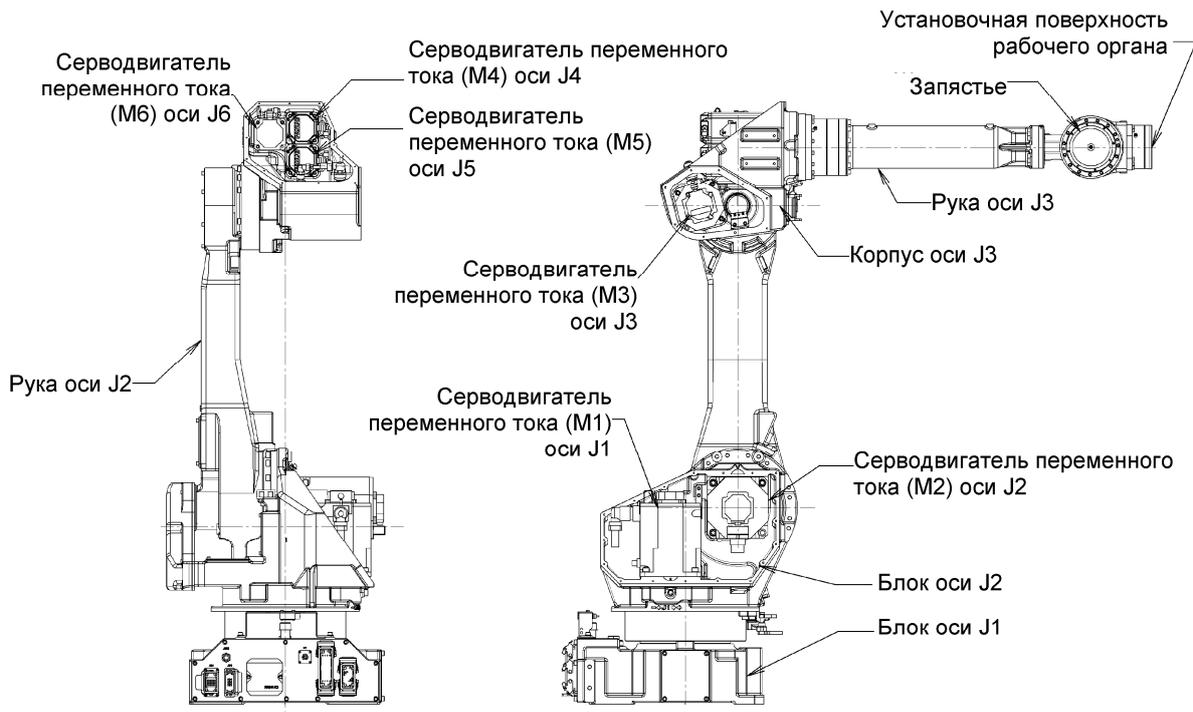


Рисунок 12.1 – Конфигурация механического блока робота FANUC M-710iC/50

Основные технические характеристики манипулятора робота FANUC M-710iC/50 приведены в таблице 12.1.

Каждая ось имеет нулевое положение и программное ограничение движений. Робот может выйти за пределы программно установленного ограничения движений только в случае системного сбоя, ведущего к потере нулевого положения или системной ошибки. Выход за пределы программно установленного ограничения движений оси обозначается ОТ: overtravel. Система контролирует выход за пределы по обеим сторонам каждой оси.

Диапазон движений осей робота может быть ограничен вследствие:

- ограниченного рабочего пространства;
- точек зацепления инструмента и фиксаторов;
- длины кабелей и шлангов.

Таблица 12.1 – Технические характеристики манипулятора робота FANUC M-710iC/50

Тип		Шарнирно-сочлененный	
Количество осей		6 осей (J1, J2, J3, J4, J5, J6)	
Установка		На полу, на потолке и на стене	
Диапазон движения	Ось J1	Верхний предел	180° (3,14 рад)
		Нижний предел	-180° (-3,14 рад)
	Ось J2	Верхний предел	135° (2,35 рад)
		Нижний предел	-90° (-1,57 рад)
	Ось J3	Верхний предел	280° (4,88 рад)
		Нижний предел	-160° (-2,79 рад)
	Ось J4	Верхний предел	360° (6,28 рад)
		Нижний предел	-360° (-6,28 рад)
	Ось J5	Верхний предел	125° (2,18 рад)
		Нижний предел	-125° (-2,18 рад)
	Ось J6	Верхний предел	360° (6,28 рад)
		Нижний предел	-360° (-6,28 рад)
Максимальная скорость движения	Ось J1	175°/с (3,05 рад/с)	
	Ось J2	175 град/с (3,05 рад/с)	
	Ось J3	175 град/с (3,05 рад/с)	
	Ось J4	250 град/с (4,36 рад/с)	
	Ось J5	250 град/с (4,36 рад/с)	
	Ось J6	355 град/с (6,20 рад/с)	
Максимальная нагрузка	На запястье	50 кг	
	На корпус оси J3	15 кг	
Допустимый момент нагрузки на запястье	J4	206 Н·м (21 кгс·м)	
	J5	206 Н·м (21 кгс·м)	
	J6	127 Н·м (13 кгс·м)	
Допустимый момент инерции нагрузки на запястье	J4	28 кг·м ² (286 кгс·см/с ²)	
	J5	28 кг·м ² (286 кгс·см/с ²)	
	J6	11 кг·м ² (112 кгс·см/с ²)	
Тип привода		Электрический сервопривод переменного тока	
Точность позиционирования		±0,07 мм	
Вес механического блока		560 кг	

Для предотвращения выхода робота за установленные пределы существуют три способа ограничения осей с помощью:

- 1) программных настроек (для всех осей);
- 2) механических ограничителей (оси J1, J2, J3, J5) (рисунок 12.2);
- 3) ограничительных выключателей (оси J1, J2, J3).

Изменение диапазона движений одной из осей изменяет диапазон движений робота в целом. Во избежание негативных последствий заранее следует продумать возможные последствия ограничения движения отдельной оси. В противном случае существует вероятность возникновения непредвиденных ситуаций, например, в позиции, которой робот был ранее обучен, может сработать аварийная сигнализация.

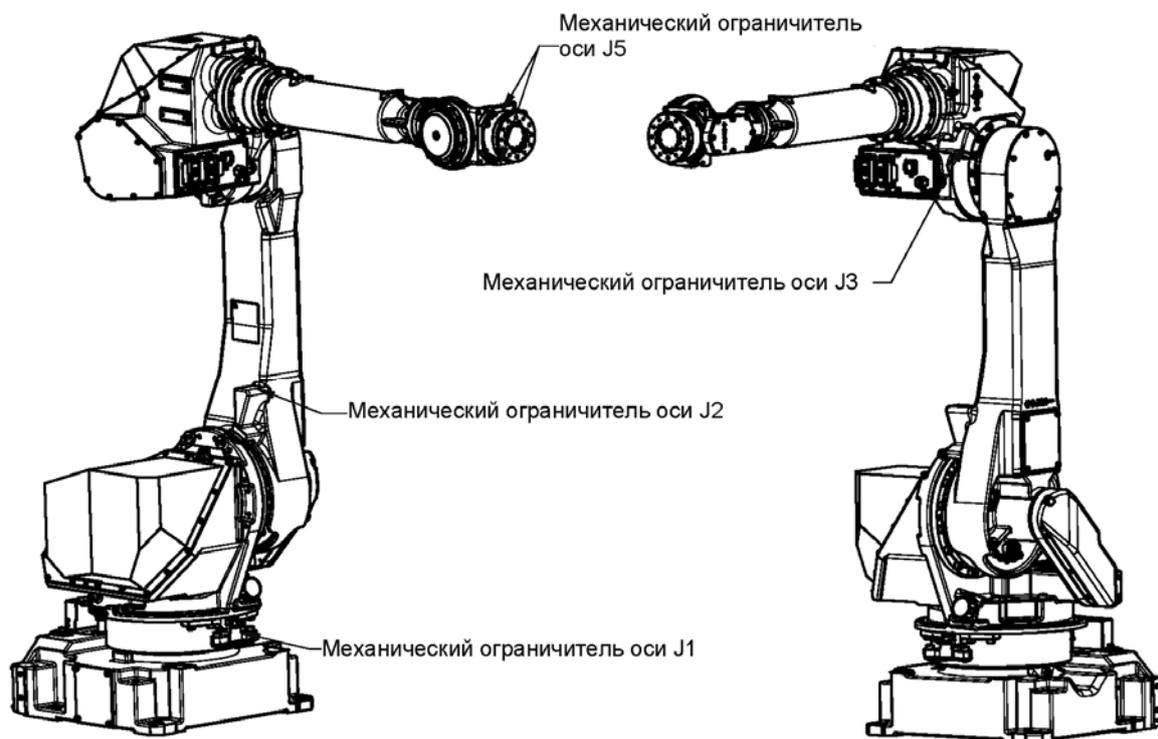


Рисунок 12.2 – Положение механических ограничителей звеньев манипулятора

При ограничении диапазона движений робота по оси J1 недостаточно внести изменения в программные настройки. Во избежание причинения травм персоналу и выхода из строя периферийного оборудования наряду с программными настройками следует использовать механические ограничители. В этом случае значения в программных настройках должны соответствовать значениям, заданным механическими ограничителями.

Механические ограничители создают физическое препятствие, за которое робот не может выйти. Для осей с J1 по J3 можно менять положение механических ограничителей. На оси J5 механические ограничители находятся в фиксированном положении. На осях J4 и J6 ограничение выполняется только с помощью программных настроек.

Регулируемые механические ограничители осей с J1 по J3 деформируются после столкновения с роботом. После столкновения деформированный

ограничитель утрачивает первоначальную прочность и, следовательно, при последующем столкновении может не остановить робот. После столкновения робота с ограничителем произведите замену механического ограничителя.

Координаты каждой из осей представлены на рисунке 12.3. Все оси на рисунке находятся в нулевой точке (положении 0°).

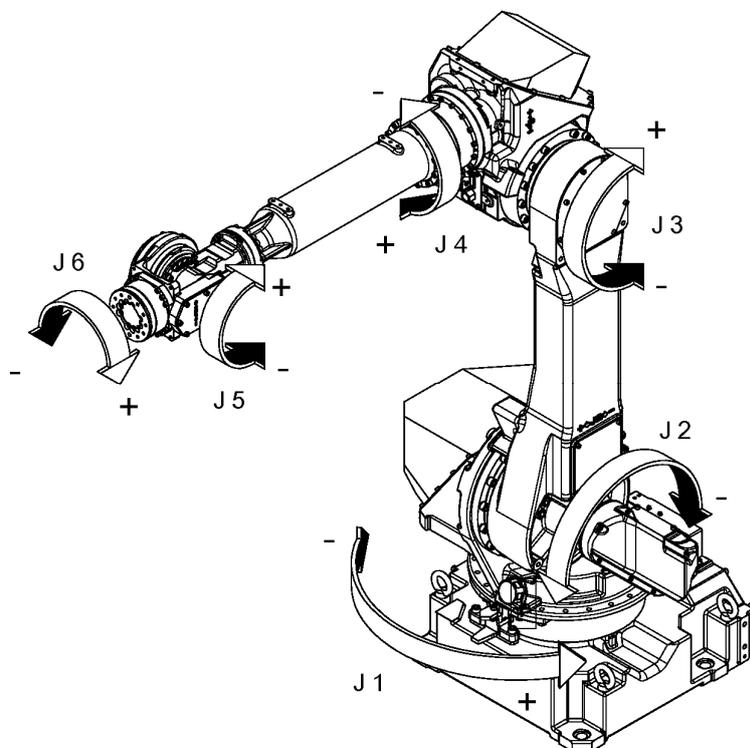


Рисунок 12.3 – Координаты осей манипулятора робота FANUC M-710iC/50

Программные настройки ограничений перемещения по осям позволяют задать верхний и нижний пределы перемещений в градусах. Ограничения могут быть заданы для всех осей робота и приведут к остановке его движения при выходе за ограничения, если робот откалиброван.

Порядок настройки программного ограничения перемещений на пульте управления роботом, подсоединенном к контроллеру.

- 1 Нажмите «MENUS» (МЕНЮ).
- 2 Выберите пункт «SYSTEM» (СИСТЕМНЫЕ).
- 3 Нажмите «F1 TYPE» (ТИП).
- 4 Выберите пункт «AXIS LIMITS» (ОГРАНИЧЕНИЕ ОСЕЙ). Появится следующий экран (рисунок 12.4).
- 5 Установите курсор на оси, для которой Вы хотите задать ограничение.
- 6 Введите новое значение с помощью цифровой клавиатуры на подвесном пульте обучения робота.
- 7 Повторите выполнение действий, описанных в пп. 5 и 6 для ввода всех необходимых ограничений.
- 8 Для активации новых настроек выключите контроллер и включите его снова в режиме холодного пуска.

System Axis Limits				JOINT 100
AXIS	GROUP	LOWER	UPPER	1/16
1	1	-150.00	150.00	dg
2	1	-60.00	75.00	dg
3	1	-110.00	50.00	dg
4	1	-240.00	240.00	dg
5	1	-120.00	120.00	dg
6	1	-360.00	360.00	dg
7	0	0.00	0.00	mm
8	0	0.00	0.00	mm
9	0	0.00	0.00	mm

[TYPE]

Рисунок 12.4 – Окно настроек ограничения перемещений отдельных осей манипулятора

12.2 Порядок выполнения работы

1 Ознакомьтесь с конструкцией манипулятора робота FANUC M-710iC/50 (рисунок 12.5).

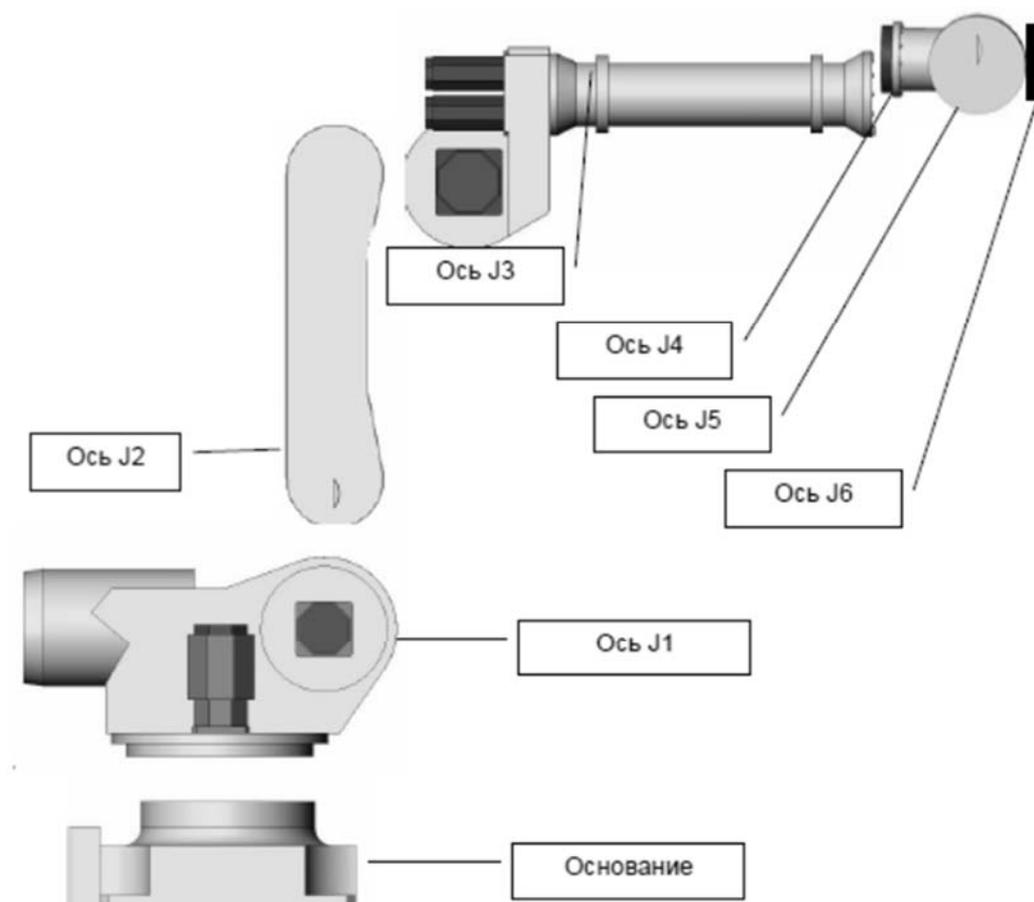


Рисунок 12.5 – Манипулятор робот FANUC M-710iC/50

2 Ознакомиться с панелью управления контроллера R-J3iC ARC TOOL пультом управления робота FANUC M-710iC/50.

3 Включить контроллер робота FANUC M-710iC/50.

4 После загрузки контроллера (15...20 с) на пульте управления нажать последовательно «MENU» / «SYSTEM» / «F1» / «AXIS LIMITS». Далее осуществить перенастройку программного ограничения перемещений по осям J4 и J6 (оси работают без механических стопоров).

5 Выключить и через 10 с включить контроллер и после его загрузки с помощью манипуляционных клавиш (осевого вращения) пульта управления найти для осей J4 и J6 нулевую точку, а также проверить обновленные ограничения перемещения соответствующих осей (работать в системе координат JOINT FRAME).

6 Далее на пульте управления осуществить перенастройку программного ограничения перемещений по осям J4 и J6 в исходное состояние и выключить контроллер.

12.3 Оборудование, приборы и материалы

1 Манипулятор робот FANUC M-710iC/50.

2 Контроллер R-J3iC ARC TOOL робота FANUC M-710iC/50 (с пультом управления).

12.4 Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Конструкция манипулятора робота FANUC M-710iC/50.

3 Порядок настройки программного ограничения перемещений на пульте управления роботом FANUC M-710iC/50.

4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1 Что такое «промышленный робот»? Структура промышленного робота.

2 Конфигурация манипулятора робота FANUC M-710iC/50.

3 Технические характеристики манипулятора робота FANUC M-710iC/50.

4 Цель ограничения перемещения осей манипулятора.

5 Порядок настройки программного ограничения перемещений осей манипулятора робота FANUC M-710iC/50.

13 Лабораторная работа № 13. Изучение контроллера R-J3iC ARC TOOL и пульта управления робота FANUC M-710iC/50

Цель работы: изучить функции контроллера R-J3iC ARC TOOL и пульта управления робота FANUC M-710iC/50.

13.1 Общие теоретические сведения

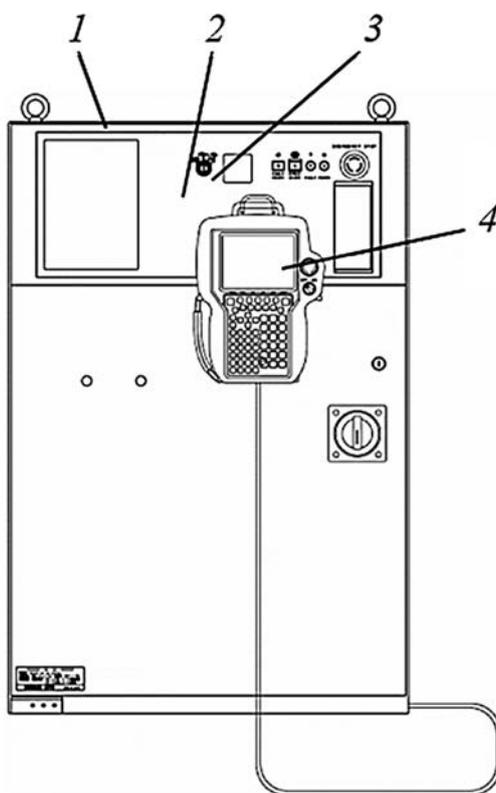
Контроллер R-J3iC ARC TOOL робота FANUC M-710iC/50 включает блок питания, блок интерфейса пользователя, блок управления перемещением, блок памяти и блок ввода-вывода (рисунок 13.1).

Для работы с блоком управления пользователь должен использовать пульт обучения и пульт управления оператора.

Контроллер R-J3iC ARC TOOL управляет серводвигателями, которые перемещают все оси робота, включая все дополнительные оси, через печатную плату главного центрального процессора ЦП.

Блок памяти может хранить программы и данные, заданные пользователем в оперативной памяти КМОП на печатной плате главного ЦП.

Блок ввода-вывода связывает контроллер с периферийными устройствами, принимая и передавая сигналы по кабелю канала ввода-вывода и соединительному кабелю периферийных устройств.



1 – контроллер робота; 2 – пульт управления оператора; 3 – трехпозиционный переключатель; 4 – подвесной пульт обучения

Рисунок 13.1 – Контроллер робота R-J3iC ARC TOOL

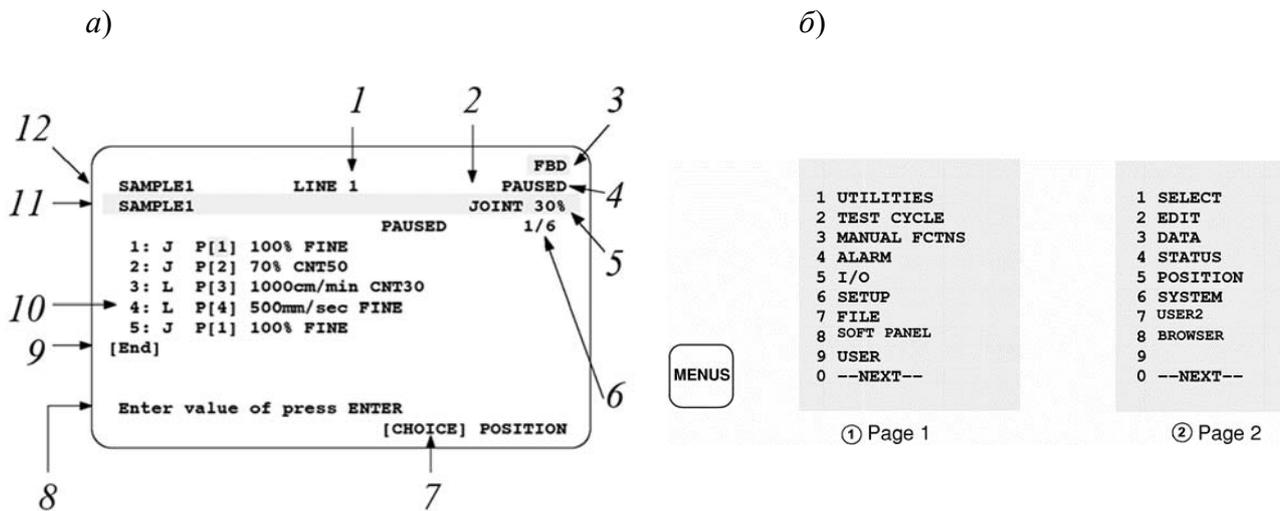
Экран дисплея пульта обучения. Пульт обучения обеспечивает интерфейс между прикладным программным обеспечением ЧПУ и оператором. Пульт обучения подключен кабелем к печатной плате в контроллере (см. рисунок 8.3).

Пульт обучения могут выполняться следующие операции:

- толчковая подача робота;
- разработка программы;
- пробный рабочий цикл;
- фактическая работа;
- проверка состояния.

Экран жидкокристаллического дисплея отображает экран прикладного программного обеспечения ЧПУ, как показано на рисунке 13.2, а. Для эксплуатации робота выбирают экран, соответствующий заданной функции. Экран выбирается через экранные меню, показанные на рисунке 13.2, б. **Экранное меню** выбирается клавишей «MENUS» (МЕНЮ), а меню функций выбирается клавишей «FCTN» (ФУНКЦИЯ). Экранное меню включает следующие опции (таблица 13.1).

Меню функций используется для выполнения разных функций. Для отображения меню функций нажимают клавишу «FCTN» на пульте обучения (рисунок 13.3).



1 – номер текущей строки; 2 – система координат ручной подачи (толчковой подачи); 3 – включение «пульт обучения вперед/назад»; 4 – состояние выполнения отображает «ABORTED» (АВАРИЙНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ), «PAUSED» (ПАУЗА) или «RUNNING» (ВЫПОЛНЕНИЕ); 5 – коррекция скорости подачи задает процент от максимальной скорости подачи; 6 – текущая строка и общее количество строк в текущей программе; 7 – меню функциональных клавиш; 8 – приглашение оператору ввести данные; 9 – символ конца программы; 10 – номер строки; 11 – программа, которая редактируется; 12 – выполняемая программа

Рисунок 13.2 – Экран редактирования программы (а) и экранное меню (б)

Таблица 13.1 – Опции экранного меню

Светодиод	Функция
«UTILITIES» (УТИЛИТЫ)	Экран утилит для отображения подсказок
«TEST CYCLE» (ПРОБНЫЙ ЦИКЛ)	Экран пробного цикла для задания данных пробного выполнения
«MANUAL FCTNS» (РУЧНЫЕ ФУНКЦИИ)	Экран ручного управления для выполнения макрокоманд
«ALARM» (СИГНАЛ ОБ ОШИБКЕ)	Экран хронологии сигналов об ошибке показывает информацию об ошибке
«I/O» (ВВОД-ВЫВОД)	Экран ввода-вывода для отображения и настройки ручного вывода, моделируемого ввода-вывода и назначения сигналов
«SETUP» (НАСТРОЙКА)	Экран настройки системы
«FILE» (ФАЙЛ)	Экран для чтения или сохранения файлов
«SOFT PANEL» (ПРОГРАММНАЯ ПАНЕЛЬ)	Экран для выполнения часто используемых действий
«USER» (ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ)	Экран пользователя отображает сообщения пользователя
«SELECT» (ВЫБОР)	Экран выбора программы для отображения списка или создания программ
«EDIT» (РЕДАКТИРОВАНИЕ)	Экран редактирования программ для корректировки и выполнения программы
«DATA» (ДАННЫЕ)	Экран данных программы показывает значения в регистрах, регистрах положения и регистрах спутника
«STATUS» (СОСТОЯНИЕ)	Экран состояния системы
«POSITION» (ПОЛОЖЕНИЕ)	Экран текущего положения робота
«SYSTEM» (СИСТЕМА)	Экран системы для задания системных переменных и выверки
«USER2» (ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ 2)	Экран отображает сообщения, выдаваемые программами KAREL
«BROWSER» (БРАУЗЕР)	Экран для просмотра веб-страниц в сети (отображается только если используется пульт обучения iPendant)

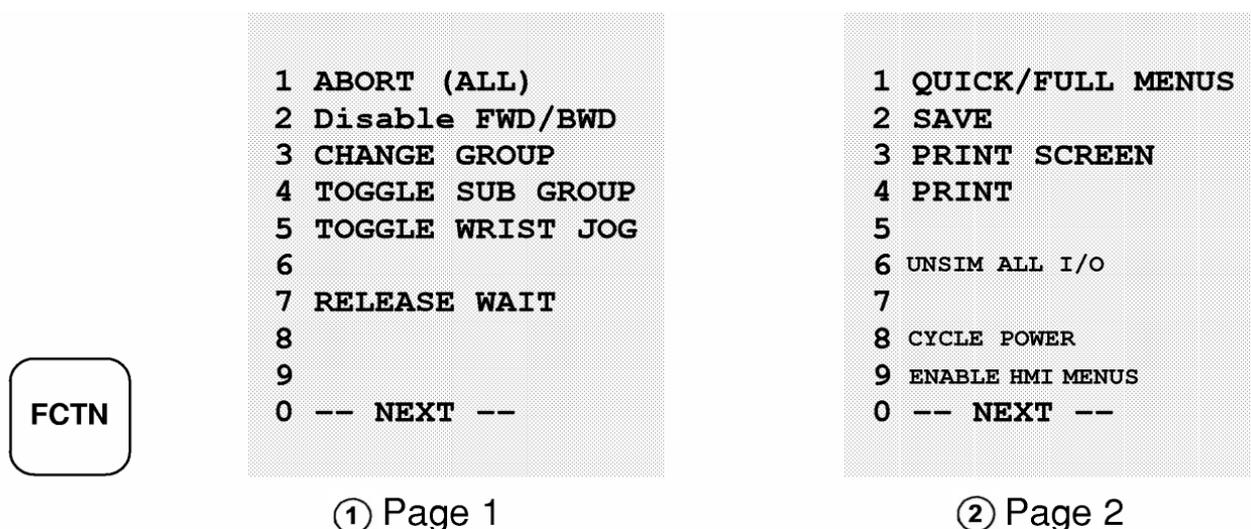


Рисунок 13.3 – Меню функций

Движение робота. Команда перемещения задает перемещение робота или вершины инструмента (ТСР) из текущего положения в целевое положение. Робот использует систему управления движением, которая полностью управляет траекторией инструмента, ускорением/замедлением, позиционированием, скоростью подачи и другими факторами.

Блок управления робота может управлять максимум 40 осями, разделенными максимум на пять рабочих групп (функция многокоординатного перемещения). Блок управления может управлять максимум девятью осями в группе. Рабочие группы независимы от друг друга, но могут быть синхронизированы для одновременного управления роботом.

Робот перемещается согласно толчковой подаче, заданной на пульте обучения, или команде перемещения, заданной в программе.

При толчковой подаче перемещение робота зависит от выбранной системы координат ручной подачи (тип толчковой подачи) и коррекции скорости подачи.

При использовании команды перемещения движение робота зависит от данных позиционирования, формата движения, траектории позиционирования, скорости перемещения и коррекции скорости подачи, заданных в команде.

Для работы робота можно выбрать один из трех форматов движения: линейный, круговой и шарнирный. При выборе формата шарнира инструмент перемещается произвольно между двумя заданными точками. При выборе линейного формата инструмент перемещается по прямой линии между двумя заданными точками. При выборе кругового формата инструмент перемещается по дуге, соединяющей три заданных точки.

Можно выбирать два варианта траектории позиционирования: «Fine» и «Cnt».

13.2 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Назначение контроллера R-J3iC ARC TOOL.
- 3 Назначение пульта управления робота FANUC M-710iC/50.
- 4 Описание опций экранного меню.
- 5 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите состав контроллера R-J3iC ARC TOOL.
- 2 Опишите экран дисплея пульта обучения и опции экранного меню.
- 3 Какие операции могут выполняться с помощью пульта обучения?
- 3 Какие существуют форматы движения робота?
- 4 Почему в системе координат JOINT FRAME нет возможности перемещать сварочный инструмент (горелку) робота в любую точку его рабочей зоны?

14 Лабораторная работа № 14. Создание программы перемещения робота FANUC M-710iC/50 по заданной траектории

Цель работы: научиться создавать программу перемещения манипулятора инструмента робота FANUC M-710iC/50 по заданной траектории.

14.1 Общие теоретические сведения

14.1.1 Функция поперечных колебаний. Поперечное колебание означает периодическое перемещение сварочной горелки вправо и влево под определенным углом к направлению сварки, что увеличивает ширину валика и тем самым повышает прочность сварного шва.

14.1.2 Параметры поперечных колебаний. Настройка поперечных колебаний может быть выполнена при помощи [«6 SETUP» – «Weave»] на экране настройки поперечного колебания (рисунок 14.1).

При настройке поперечных колебаний задаются следующие параметры.

1 Weave Enable Groups. Этот параметр указывает группу колебания, для которой включена функция поперечного колебания.

2 Dwell delay type (тип задержки). Этот параметр используется для указания типа остановки робота. Время задержки, на которое робот останавливается в конечных точках, определяется значениями, заданными для параметров R_DW (задержка, право) и L_DW (задержка, лево) (экран маршрута поперечного колебания).

Stop: полная остановка робота в конечных точках поперечного колебания.

Move (перемещение): остановка только боковых движений в обеих конечных точках поперечного колебания.

3 Frame type (тип системы координат). Этот параметр используется для выбора системы координат для определения плоскости поперечного колебания (см. рисунок 14.1).

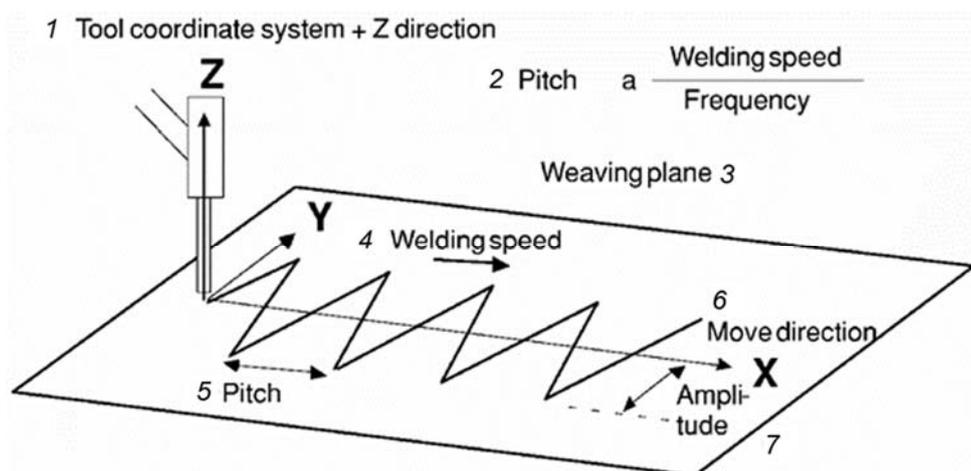
Tool & Path (инструмент и траектория): образуется направлением Z системы координат инструмента и направлением перемещения.

Tool (инструмент): система координат инструмента.

4 Azimuth (азимут). Этот параметр указывает угол наклона направления качания поперечного колебания на плоскости поперечного колебания (в градусах) (рисунок 14.2).

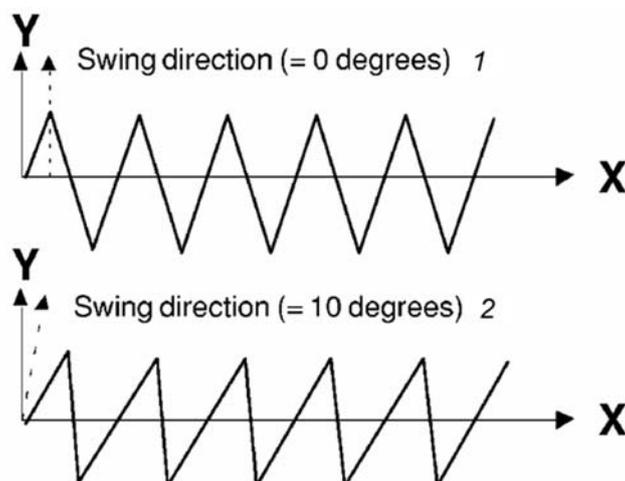
5 Elevation (наклон). Этот параметр указывает угол наклона плоскости поперечного колебания по отношению к системе координат (в градусах) (рисунок 14.3).

6 Подъем по центру. Этот параметр указывает высоту подъема горелки по центру поперечного колебания (в миллиметрах). Этот параметр может быть задан только в случае поперечного колебания типа SIN или специализированного типа поперечного колебания (рисунок 14.4).



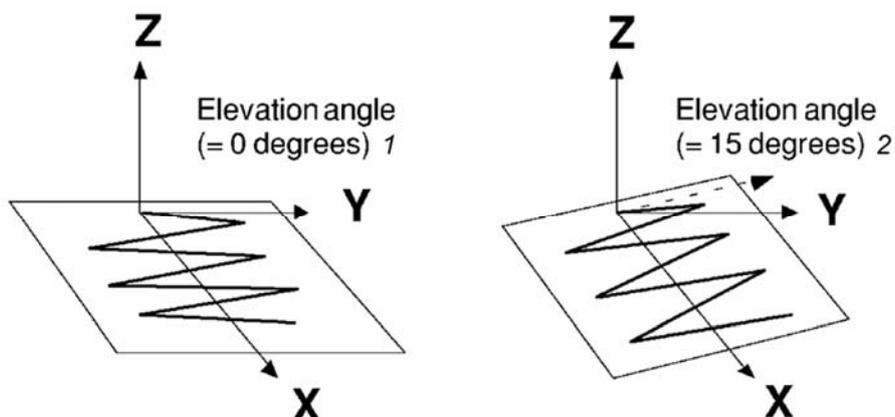
1 – система координат инструмента + направление Z; 2 – шаг скорости сварки/частоты; 3 – плоскость поперечного колебания; 4 – скорость сварки; 5 – шаг; 6 – направление перемещения; 7 – амплитуда

Рисунок 14.1 – Система координат поперечного колебания



1 – угол наклона = 0 град; 2 – угол наклона = 10 град

Рисунок 14.2 – Направление качания поперечного колебания



1 – угол наклона = 0 град; 2 – угол наклона = 15 град

Рисунок 14.3 – Наклона плоскости поперечного колебания

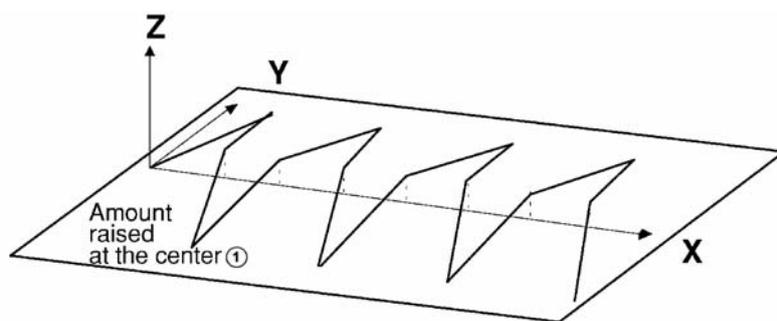
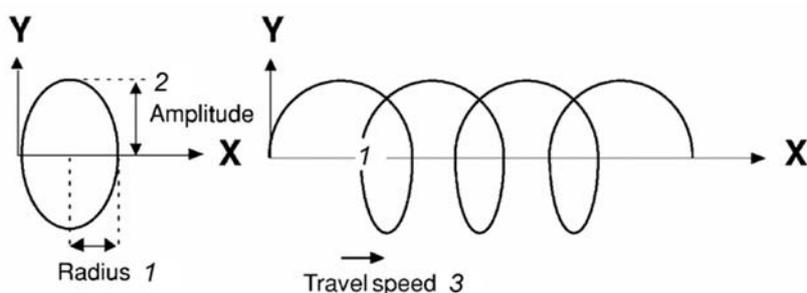


Рисунок 14.4 – Величина подъема по центру

7 Радиус. Этот параметр указывает амплитуду относительно направления поперечного колебания при выполнении кругового поперечного колебания или поперечного колебания в форме восьмерки (рисунок 14.5).



1 – радиус; 2 – амплитуда; 3 – скорость перемещения

Рисунок 14.5 – Радиус кругового поперечного колебания

14.2 Порядок выполнения работы

14.2.1 Процедура настройки поперечных колебаний.

- 1 Нажмите клавишу «MENUS» (МЕНЮ) для вызова экранного меню.
- 2 Выберите «6 SETUP» (НАСТРОЙКА).
- 3 Нажмите «F1 (TYPE)» (ТИП) для отображения меню переключения экрана.
- 4 Выберите Weave (поперечное колебание) (рисунок 14.6).

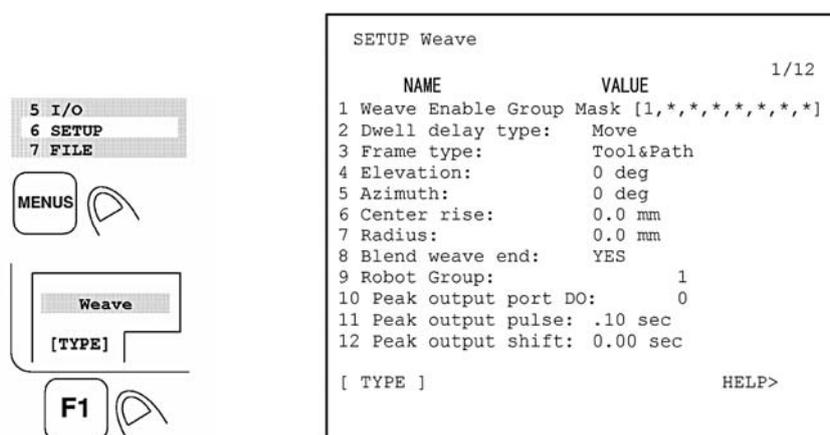


Рисунок 14.6 – Экран поперечного колебания

5 При выполнении настройки параметра наведите курсор на поле настройки и затем выполните следующие действия:

- нажмите «F4 (CHOICE)» (ВЫБОР) для выбора требуемого меню;
- введите требуемое значение или выберите пункт меню функциональных клавиш.

14.2.2 Маршрут поперечного колебания. Маршрут поперечного колебания определяет схему поперечного колебания во время сварки.

Команда поперечного колебания выполняется посредством задания в программе номера маршрута поперечного колебания.

Маршрут поперечного колебания определяется при помощи [«DATA» – «Weave Sched»] (ДАННЫЕ – МАРШРУТ ПОПЕРЕЧНОГО КОЛЕБАНИЯ).

Можно задать до 160 маршрутов поперечного колебания.

Настройка параметров маршрута поперечного колебания.

1 Частота. Этот параметр задает количество циклов поперечного колебания в секунду от 0,0 до 99,9 Гц.

2 Амплитуда. Этот параметр задает расстояние от линии сварки до конечной точки от 0,0 до 25,0 мм (см. рисунок 14.1).

3 Right dwell (задержка справа). Этот параметр задает время задержки в крайнем правом положении поперечного колебания от 0,0 до 1,0 с. Если для задержки в крайних положениях поперечных колебаний задан параметр Move (перемещение), робот перемещается в направлении сварки.

4 Left dwell (задержка слева). Этот параметр задает время задержки в крайнем левом положении поперечного колебания от 0,0 до 1,0 с. Если для задержки в крайних положениях поперечных колебаний задан параметр Move (перемещение), робот перемещается в направлении сварки.

5 L-pattern angle (угол L-образной схемы). Этот параметр задает угол между плоскостью поперечного колебания влево и плоскостью поперечного колебания вправо при L-образной схеме поперечного колебания от 0° до 360° (рисунок 14.7).

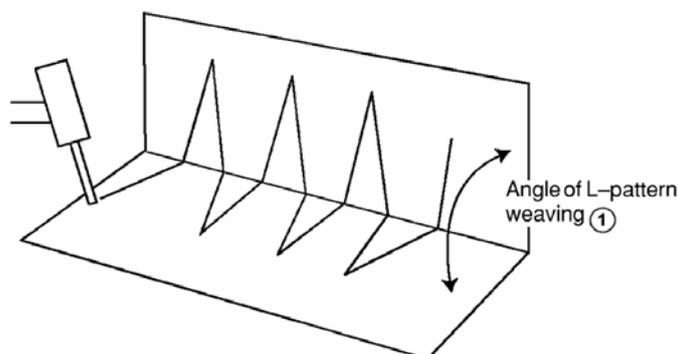


Рисунок 14.7 – Угол при поперечном колебания с L-образной схемой

14.2.3 Настройка маршрута поперечного колебания.

- 1 Нажмите клавишу «MENUS» (МЕНЮ) для вызова экранного меню.
- 2 Выберите пункт «3 DATA» (ДАННЫЕ).

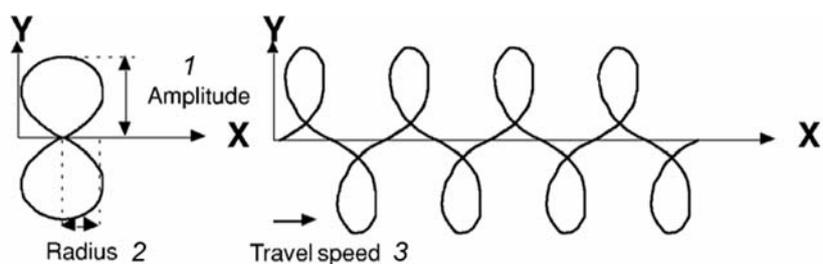
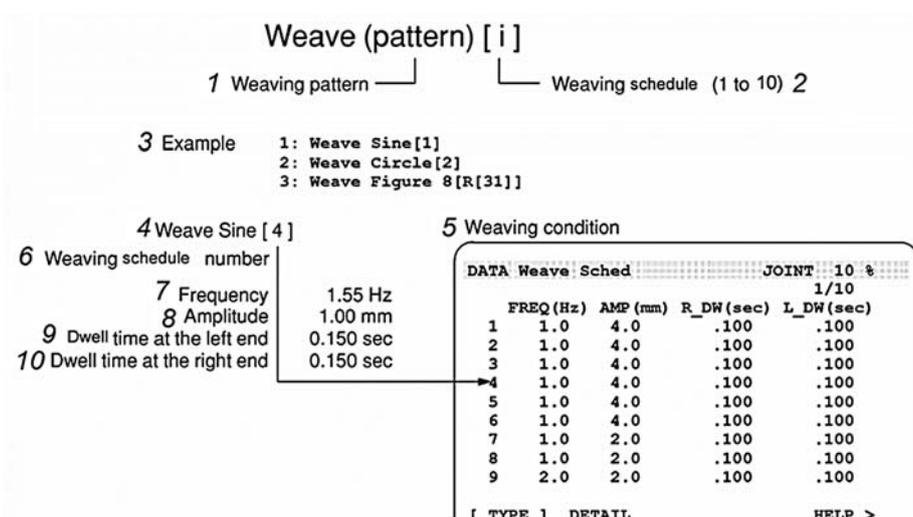


Рисунок 14.10 – Поперечное колебание по «восьмерке»

14.2.5 Поперечное колебание схемы [i]. По команде поперечного колебания схемы [i] начинается поперечное колебание по предварительно заданным маршруту и схеме поперечного колебания (рисунок 14.11).



1 – схема поперечного колебания; 2 – маршрут поперечного колебания (от 1 до 10); 3 – пример; 4 – поперечное колебание по синусоиде [4]; 5 – условие поперечного колебания; 6 – номер маршрута поперечного колебания; 7 – частота; 8 – амплитуда; 9 – задержка в крайнем левом положении; 10 – задержка в крайнем правом положении

Рисунок 14.11 – Команда поперечного колебания схемы [i]

14.2.6 Команда окончания поперечного колебания [i]. По команде окончания поперечного колебания [i] прекращается только поперечное колебание по заданному маршруту (рисунок 14.12).

Weave End [i]
 _____ Weaving schedule (1 to 10)

Рисунок 14.12 – Команда окончания поперечного колебания [i]

14.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Схемы поперечного колебания.
- 3 Параметры маршрута поперечного колебания.
- 4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите параметры поперечных колебаний.
- 2 Опишите процедуру настройки поперечных колебаний.
- 3 Какие схемы поперечных колебаний во время сварки определяет маршрут поперечного колебания?
- 4 Опишите команду поперечного колебания.

15 Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ

Факторами опасности для здоровья и жизни сварщика и других лиц, работающих в сварочном цехе, являются:

- поражение электрическим током;
- поражение излучением дуги и других источников энергии;
- ожоги нагретым и расплавленным металлом;
- отравление вредными газами и дымами;
- взрыв сосудов с газами под давлением;
- возгорание оборудования и окружающих объектов.

Электрический ток представляет опасность, т. к. поражение электрическим током может привести к смертельному исходу. Запрещается прикасаться к токоведущим деталям внутри и снаружи устройства. При сварке MIG/MAG токоведущей является сварочная проволока, катушка с проволокой, подающие ролики. Все кабели и провода должны быть хорошо закреплены, не повреждены, изолированы. Корпус устройства должен быть надежно заземлен.

Наиболее опасными для глаз и кожи являются ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Для защиты глаз при сварке открытой дугой используют щиток или шлем-маску с защитным стеклом-фильтром.

Ожоги расплавленным и нагретым металлом происходят из-за разбрызгивания электродного металла при его переносе, а также при неосторожном касании нагретого металла. От ожогов, так же как и от излучений, лицо сварщика надежно защищает щиток или шлем-маска. При ручной и механизированной сварке обязательно использование спецодежды.

Дым, возникающий при сварке, содержит вредные для здоровья газы и пары, которые могут вызвать генетические поражения и различные заболевания. Не вдыхайте дым и вредные газы, обеспечьте достаточный приток воздуха местной или общей вентиляцией.

Баллоны со сжатым защитным газом в случае повреждения могут взорваться, поэтому следует защищать их от избыточного нагревания, механических ударов, шлака, открытого огня, искр и сварочной дуги. После прекращения сварки закрывайте вентиль баллона защитного газа.

Разлетание искр может вызвать возгорание и взрыв. Запрещается производить сварку в непосредственной близости от горючих материалов. Держите в готовности подходящие, проверенные огнетушители.

Роботы, как и многие другие средства автоматизации, сами являются источником травматизма. Наиболее опасными свойствами роботов являются:

- **большие скорости перемещения звеньев;**
- **резкое выдвигание руки на большое расстояние;**
- **существенное отличие (непривычность для рабочих) систем координат, в которых перемещаются рабочие органы роботов;**
- **одновременность движения по нескольким степеням подвижности;**
- **непредсказуемость траектории перемещения рабочего органа робота во время неполадок в системе управления.**

Дополнительная опасность состоит в том, что человек-оператор, оказывающийся в рабочей зоне работающего робота, обычно не успевает оценить пространственные и временные характеристики грозящей ему опасности. Во время работы системы операторам запрещается находиться в рабочей зоне робота. Даже если робот неподвижен, он может, например, ожидать команды и прийти в движение в любой момент.

Рабочую зону робота, включающую крайнее положение его инструментов, например, сварочной горелки, необходимо очертить сплошными линиями шириной 50...100 мм краской желтого цвета, стойкой к истиранию.

При создании РТК должна быть предусмотрена возможность аварийного останова оборудования (красные кнопки с грибовидным толкателем).

Характеризуя безопасность, различают три режима работы роботов: повторяющееся воспроизведение программы в ходе выполнения роботизированной операции (рабочий режим); программирование (обучение), в том числе и проверка результатов программирования; техническое обслуживание и устранение неполадок. Как показывает опыт, большинство травм связано со вторым и третьим режимом работ.

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 **Климов, А. С.** Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке / А. С. Климов, Н. Е. Машнин. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2011. – 240 с.

4 **Выжигин, А. Ю.** Гибкие производственные системы / А. Ю. Выжигин. – Москва: Машиностроение, 2009. – 288 с.

5 **Булгаков, А. Г.** Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2018. – 488 с.

6 **Основы робототехники: учебное пособие / Е. Е. Ступина [и др.].** – Новосибирск: Сибпринт, 2019. – 160 с.

7 **Козырев, Ю. Г.** Промышленные роботы. Основные типы и технические характеристики: учебное пособие / Ю. Г. Козырев. – Москва: КНОРУС, 2019. – 560 с.