

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

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

Часть 2



Могилев 2022

УДК 621.7
ББК 30.68
О 22

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» «02» февраля 2022 г., протокол № 8

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

Рецензент канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Оборудование сварки плавлением» предназначены для студентов направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение» очной формы обучения.

Учебно-методическое издание

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Часть 2

Ответственный за выпуск	А. О. Коротеев
Корректор	Т. А. Рыжикова
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 26 экз. Заказ №

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

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

8 Лабораторная работа № 8. Изучение сварочного трактора КА 001.....	4
9 Лабораторная работа № 9. Изучение сварочного трактора ESAB A2T Multitrac.....	8
10 Лабораторная работа № 10. Изучение систем слежения по стыку и видеонаблюдения сварочных головок.....	15
11 Лабораторная работа № 11. Изучение сварочных позиционеров и манипуляторов.....	22
12 Меры безопасности при проведении лабораторных работ.....	29
Список литературы.....	31

Часть 2

8 Лабораторная работа № 8. Изучение сварочного трактора КА 001

Цель работы

Изучить устройство и принцип работы сварочного трактора КА 001 для сварки под слоем флюса.

8.1 Общие сведения

Автоматы для дуговой сварки и наплавки под флюсом плавящимся электродом применяются при сварке балок, резервуаров и других изделий. Используются данные автоматы при сварке в нижнем положении прямолинейных и кольцевых стыковых швов и угловых соединений, что требует применения сменных мундштуков и копирных устройств. Выполнение сварочных операций может производиться *подвесным* или *самоходным автоматом* (трактором), перемещение вторых происходит по свариваемой детали или по направляющим, уложенным на неё. Так как тракторы представляют собой мобильную аппаратуру для автоматической сварки, то к ним (особенно к перемещаемым по изделию) предъявляют требования компактности и минимальной массы.

Сварочный трактор КА 001 (АДФ-1002) (рисунок 8.1) предназначен для однодуговой сварки сплошной проволокой под слоем флюса низкоуглеродистых и легированных сталей на постоянном токе с независимыми от параметров дуги скоростями сварки и подачи электродной проволоки.

Автомат (трактор) обеспечивает сварку встык прямолинейных и кольцевых швов с разделкой и без разделки кромок, сварку угловых швов вертикальным и наклонным электродом, а также нахлесточных швов.

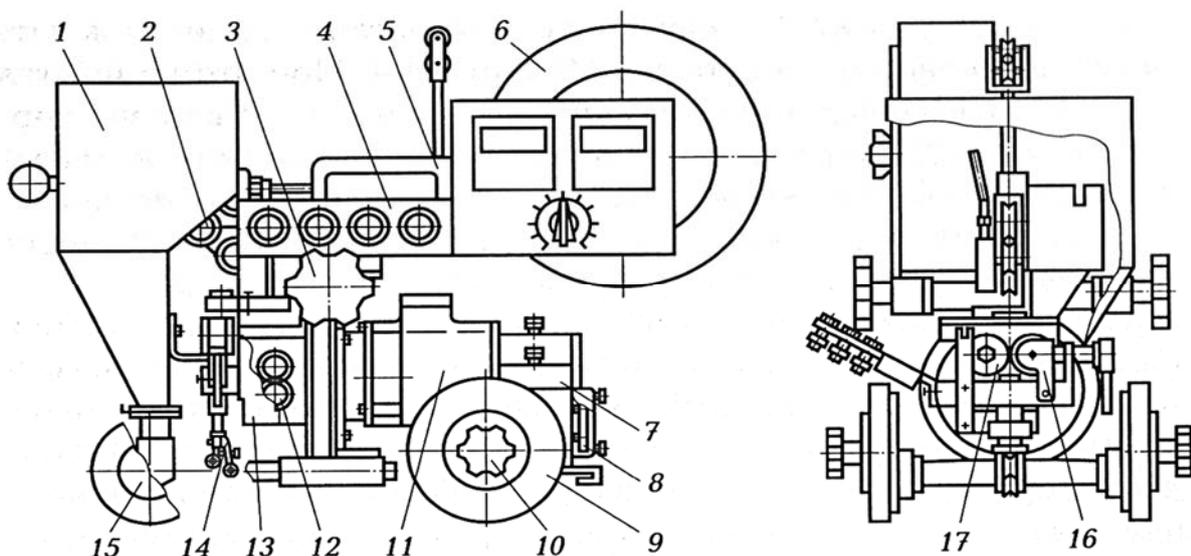


Рисунок 8.1 – Сварочный трактор КА 001

Сварочный трактор имеет в своем составе двигатель *11*, сварочную головку *13*, ходовой механизм *7*, флюсобункер *1*, кассету *6* и панель управления *4*. В установку входят также сварочный трансформатор марки КИУ-1201.

Трехфазный асинхронный двигатель *11* является основой, на которой собираются все остальные узлы трактора, имеет два выхода вала и таким образом обеспечивает подачу проволоки и перемещение трактора. Сварочная головка *13* служит для подачи проволоки и представляет собой двухступенчатый червячный редуктор с наружными сменными шестернями *12*. Сварочная проволока из кассеты *6* протягивается через трехроликное правильное устройство *2* с помощью подающего ролика *17* и прижимного устройства *16* и далее через мундштук *14* подается к месту сварки. При сварке скорость подачи остается постоянной, таким образом непрерывное горение дуги обеспечивается саморегулированием. Точное направление и наклон электродной проволоки к поверхности свариваемой детали осуществляются корректирующим механизмом *3*, который представляет собой червячный привод, вращаемый вручную с помощью маховичка.

Настройка сварочного тока выполняется изменением скорости подачи проволоки с помощью сменных шестерен *12*. При сварке проволокой диаметром 3...5 мм применяется показанный на рисунке 8.1 роликотводящий мундштук *14*, при сварке тонкой проволокой его заменяют на трубчатый. Ходовой механизм *7* представляет собой трехступенчатый червячный редуктор с парой сменных шестерен *8*, фрикционной сцепной муфтой *10* и двумя обрешеченными колесами *9*. При повороте маховичка муфты влево колеса расцепляются от ходового механизма, что используется для ручного перекачивания трактора по детали. Ступенчатое регулирование скорости сварки выполняется сменными шестернями *8*. Передние колеса *15*, закрепленные на съемных штангах, неприводные. Ручная переноска трактора выполняется с помощью кронштейна *5*.

Флюсобункер *1* при открытой заслонке обеспечивает подачу флюса самотеком через воронку, установленную впереди мундштука. На бункере может быть установлен флюсоаппарат всасывающего типа для уборки неиспользованного флюса. Панель управления *4* имеет (слева направо) кнопки «Пуск» *SB1*, «Стоп» *SB2*, «Вверх» *SB3* и «Вниз» *SB4*, вольтметр *PV*, амперметр *PA*, а также потенциометр *R5* для дистанционной настройки сварочного напряжения.

Основные параметры сварочного трактора КА 001 приведены в таблице 8.1.

Используя электрическую принципиальную схему сварочного трактора (рисунок 8.2), рассмотрим его работу. Исполнительными устройствами в схеме являются сварочный выпрямитель КИУ-1201 и асинхронный двигатель *M*.

Подготовка к работе сварочного трактора выполняется в следующем порядке. Автоматическим выключателем *QF* подается напряжение на сварочный выпрямитель КИУ-1201, а от его вспомогательных цепей запитывается понижающий трехфазный трансформатор *TV* цепей управления (380/36 В) с фильтром *C1 – C3*, *R2 – R4*. С помощью потенциометра *R5* в источнике настраивают сварочное напряжение.

Таблица 8.1 – Технические характеристики сварочного трактора КА 001

Наименование параметра	Значение
Диапазон регулирования сварочного тока, А	250...1250
Номинальный сварочный ток при ПВ = 100 %, А	1000
Номинальное напряжение питающей трехфазной сети, В	380
Номинальная частота питающей сети, Гц	50
Диапазон регулирования сварочного напряжения, В	20...56
Диаметр электродной проволоки, мм	3,0...5,0
Диапазон регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	59...404
Диапазон регулирования скорости сварки, м/ч	18...110
Предельный угол наклона сварочной головки, град	45
Вместимость барабана для проволоки, кг (не более)	15
Вместимость барабана для ленты, кг (не более)	15
Вместимость бункера для флюса, дм ³ (не более)	6
Габаритные размеры, мм (не более): сварочного автомата источника питания	770 × 380 × 565 960 × 680 × 890
Масса, кг (не более): сварочного автомата без электродной проволоки, флюса источника питания	46 550

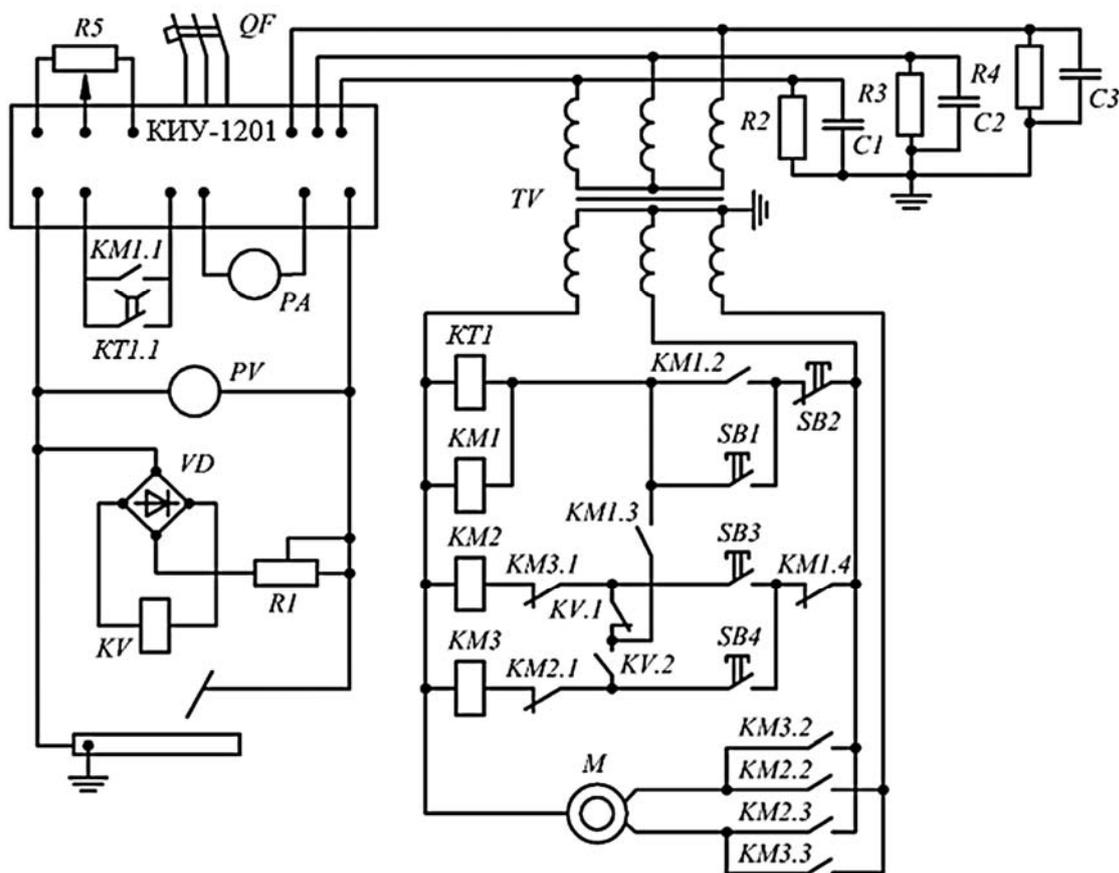


Рисунок 8.2 – Схема электрическая принципиальная сварочного трактора КА 001

Сменными шестернями устанавливают скорость сварки и скорость подачи проволоки, а поэтому и ток. Затем трактор вручную передвигают к месту начала сварки. После этого нажимают кнопку *SB4* «Вниз», при этом катушка магнитного пускателя *KM3* получает питание, контактами *KM3.2* и *KM3.3* запускается двигатель *M*, в результате чего проволока опускается до закорачивания на деталь. При необходимости подъема электрода нажимают кнопку *SB3* «Вверх», и при срабатывании пускателя *KM2* двигатель *M* реверсируется. Блокировочные контакты *KM2.1* и *KM3.1* предотвращают одновременное включение пускателей *KM3* и *KM2* соответственно. При закороченной проволоке засыпают флюс и включают сцепную муфту. Трактор готов к сварке.

Сварку начинают нажатием кнопки *SB1* «Пуск». При этом срабатывают реле времени *KT1* и пускатель *KM1*, который своим контактом *KM1.1* обеспечивает подачу напряжения источника на электрод, а контактом *KM1.2* блокирует кнопку *SB1*. При замыкании контакта *KM1.3* готовится включение пускателей *KM2* и *KM3*, а при размыкании контакта *KM1.4* отключается цепь ручного управления двигателем. Идет режим короткого замыкания электродом на деталь. Поскольку напряжение на выходе трансформатора при этом мало, еще невозможно срабатывание реле напряжения *KV*. Поэтому контакт *KV.1* остается замкнутым, через него получает питание пускатель *KM2*, который контактами *KM2.2* и *KM2.3* включает двигатель на подачу электрода вверх. При этом возбуждается дуга, по мере удлинения дуги ее напряжение увеличивается до значения, которое заранее настроено потенциометром *R1* и при котором срабатывает реле напряжения *KV*, запитанное от дуги с помощью выпрямительного блока *VD*. В результате размыкания контакта *KV.1* отключается пускатель *KM2*, а в результате замыкания контакта *KV.2* запитывается пускатель *KM3*. Контакты *KM3.2* и *KM3.3* реверсируют двигатель, и проволока начинается подаваться вниз, а ходовой механизм перемещает трактор. В процессе сварки оператор наблюдает за показаниями амперметра и вольтметра, равномерной подачей проволоки и перемещением трактора, а при необходимости с помощью корректирующего механизма обеспечивает точное положение дуги над стыком.

Для окончания сварки нажимают кнопку *SB2* «Стоп», в результате чего отключается пускатель *KM3*. Поэтому останавливается двигатель, прекращается подача проволоки и перемещение трактора. Сразу отключается пускатель *KM1*, но реле времени *KT1* контактом *KT1.1* в течение 1...4 с удерживает трансформатор во включенном состоянии. Поэтому дуга продолжает гореть, постепенно удлиняясь. Идет заварка кратера и растяжка дуги. Дуга обрывается при ее значительном удлинении или в результате размыкания контакта *KT1.1*. Сварка окончена.

8.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить конструкцию и технические характеристики сварочного трактора КА 001.
- 2 Изучить схему электрическую принципиальную сварочного трактора.
- 3 Произвести подготовку к работе сварочного трактора согласно описа-

нию выше.

4 Произвести сварку образцов на указанных преподавателем режимах.

5 Произвести запись параметров режима сварки. Оценить качество полученного сварного шва.

6 Сделать выводы о проделанной работе.

8.3 Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать: цель работы; назначение, технические характеристики, конструктивные элементы, схему электрическую принципиальную сварочного трактора КА 001; порядок подготовки к работе и сварки на сварочном тракторе; режимы сварки, оценку качества сварного соединения; выводы по работе.

Контрольные вопросы

1 Объясните особенности использования сварочных тракторов при сварке под флюсом.

2 Опишите основные элементы конструкции сварочного трактора КА 001.

3 Приведите наиболее важные технические характеристики сварочного трактора КА 001.

4 Опишите порядок подготовки к работе сварочного трактора.

5 Опишите работу сварочного трактора во время сварки по схеме электрической принципиальной.

9 Лабораторная работа № 9. Изучение сварочного трактора ESAB A2T Multitrac

Цель работы

Изучить устройство и принцип работы сварочного трактора ESAB A2T Multitrac для сварки под слоем флюса и в защитных газах.

9.1 Общие сведения

Автоматический сварочный трактор A2T Multitrac SAW предназначен для сварки под флюсом (SAW) стыковых и угловых швов. Автоматический сварочный трактор A2T Multitrac MIG/MAG предназначен для сварки в защитном газе (MIG/MAG) стыковых и угловых швов.

Сварочные тракторы работают совместно с контроллером A2-A6 (PEK) и со сварочными источниками ESAB типа LAF или TAF.

Сварочные источники LAF имеют отличные сварочные характеристики во всем диапазоне токов и напряжений, обладают высокими КПД и коэффициентом мощности, высокой надежностью первичного и повторного зажигания ду-

ги. Источники обеспечивают стабильную дугу как на высоких, так и на малых величинах напряжения. Плавное регулирование напряжения дуги позволяет четко управлять сварочными параметрами. Выпрямители LAF обеспечивают стабильность дуги при очень малых величинах напряжений. Это значит, что они идеально подходят для сварки в среде защитных газов.

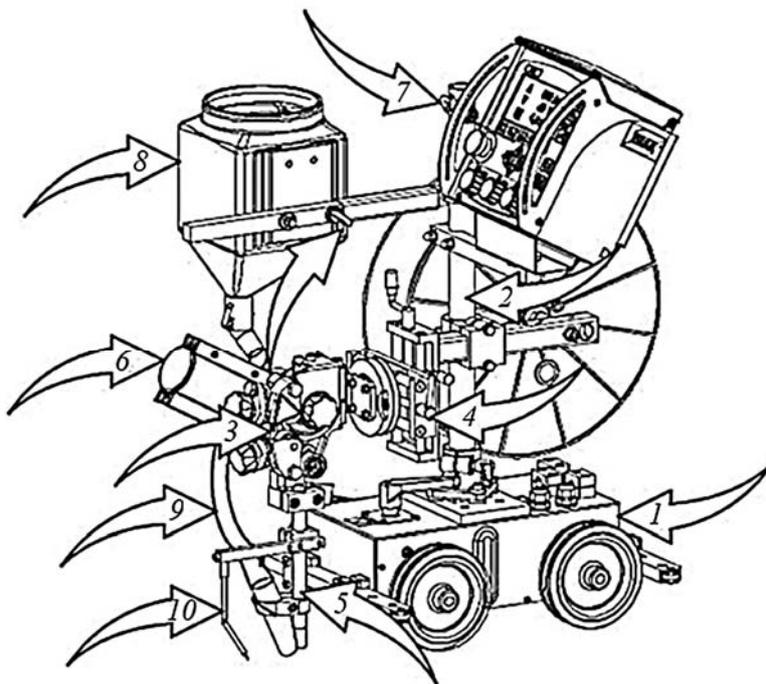
Сварочный трактор A2T Multitrac с блоком управления РЕК используется для сварки под флюсом и для сварки в среде защитных газов. Сварка под флюсом может производиться как одной, так и двумя проволоками (расщепленной дугой). Механизм подачи с устройством спрямления обеспечивает стабильную и равномерную подачу проволоки, уменьшает износ контактных частей и повышает стабильность сварочных процессов. Ручные суппорты перемещения сварочной головки в вертикальном и горизонтальном положении с возможностью поворота основной стойки позволяют просто и быстро позиционировать сварочную головку относительно стыка. Компактная конструкция позволяет легко переносить A2T Multitrac с одного изделия на другое. Точное перемещение трактора обеспечивается полным приводом. Компоненты имеют прочную конструкцию и позволяют эксплуатировать его в самых тяжелых условиях. Электронная система управления с цифровым дисплеем позволяет программировать и управлять всеми сварочными параметрами.

Основные параметры сварочного трактора A2T Multitrac приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Технические характеристики сварочного трактора A2T Multitrac

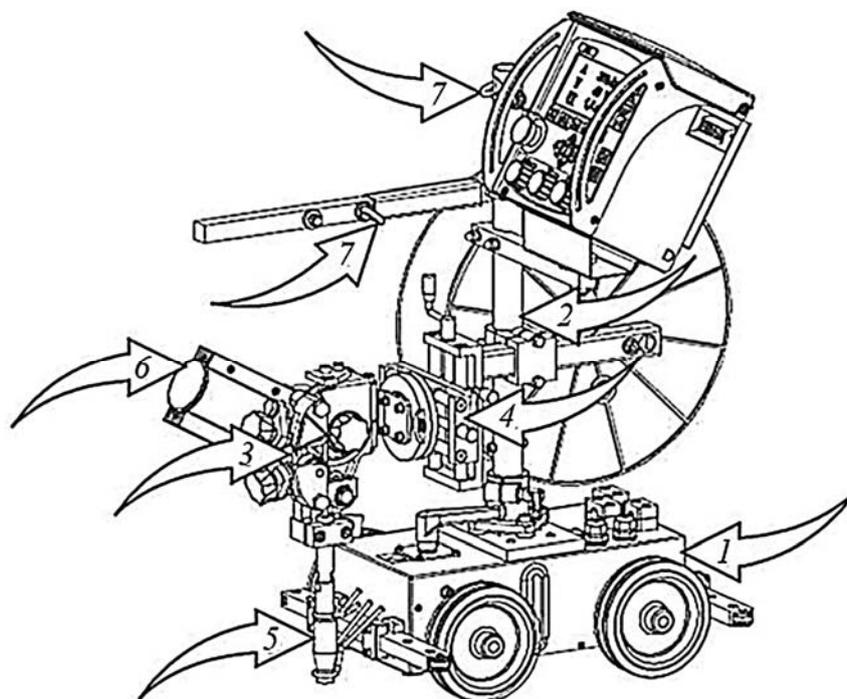
Наименование параметра	A2T Multitrac SAW with PEK	A2T Multitrac MIG/MAG
Напряжение питания, В	~ 42	~ 42
Допустимая нагрузка (постоянный ток) при ПВ = 100 %, А	800	600
Диаметр проволоки, мм: сплошная проволока порошковая проволока двойная проволока	1,6...4,0 1,6...4,0 2 × 1,2...2,5	0,8...2,5 1,2...3,2 –
Максимальная скорость подачи проволоки, м/мин	9	16
Тормозной момент ступицы катушки, Н·м	1,5	1,5
Скорость перемещения, м/мин	0,1...2,0	0,1...2,0
Радиус при сварке по окружности (минимальный), мм	1500	1500
Диаметр трубы при сварке внутренних швов (минимальный), мм	1100	1100
Максимальная масса проволоки, кг	30	30
Объем флюсового бункера, л	6	–
Масса (без проволоки и флюса), кг	47	47
Класс защиты	IP10	IP10

Состав сварочного трактора A2T Multitrac при сварке под слоем флюса и в защитных газах приведен на рисунках 9.1 и 9.2.



1 – тележка; 2 – стойка; 3 – механизм подачи проволоки; 4 – ручные суппорты; 5 – контактная трубка; 6 – мотор-редуктор; 7 – направляющие для проволоки; 8 – флюсовый бункер; 9 – шланг подачи флюса; 10 – игольчатый щуп

Рисунок 9.1 – Состав сварочного трактора A2T Multitrac SAW



1 – тележка; 2 – стойка; 3 – механизм подачи проволоки; 4 – ручные суппорты; 5 – контактная трубка; 6 – мотор-редуктор; 7 – направляющие для проволоки

Рисунок 9.2 – Состав сварочного трактора A2T Multitrac MIG/MAG

Тележка оборудована четырьмя приводными колёсами, фиксируется на месте при помощи рычага. На стойке фиксируются такие основные части, как блок управления, механизм подачи проволоки и бункер для флюса. Механизм подачи проволоки служит для направления и подачи сварочной проволоки вниз к контактной трубке. Позиционирование сварочной головки по вертикали и горизонтали осуществляется линейными суппортами. Поворот головки легко осуществляется поворотным суппортом. Соединительная (контактная трубка) передает во время сварки сварочный ток сварочной проволоке. Мотор-редуктор служит для привода механизма подачи сварочной проволоки. Флюс загружается в бункер и транспортируется далее к свариваемому шву по шлангу с наконечником. Количество подаваемого флюса регулируется клапаном, расположенным на выходе бункера. Игольчатый шуп должен позиционировать сварочную голову относительно стыка. Устройство спрямления проволоки выправляет тонкую проволоку.

На рисунке 9.3 представлена схема подключения трактора A2T Multitrac SAW.

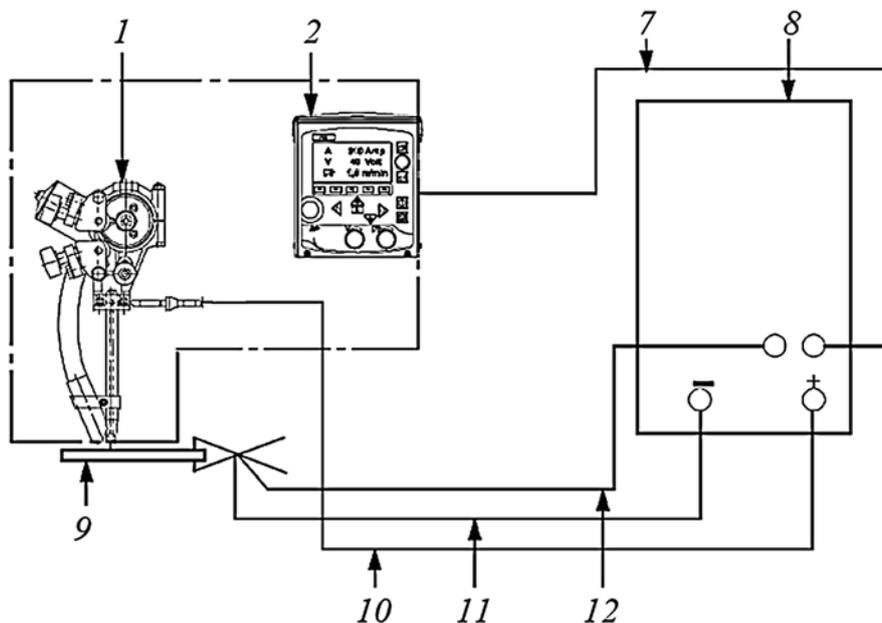


Рисунок 9.3 – Схема подключения сварочного трактора A2T Multitrac SAW

Порядок подключения.

- 1 Кабелем управления 7 соедините сварочный источник 8 и блок управления (контроллер РЕК) 2.
- 2 Соедините обратным кабелем 11 свариваемое изделие 9 с источником 8.
- 3 Соедините сварочным кабелем 10 сварочный источник 8 с автоматическим сварочным трактором 1.
- 4 Соедините измерительным кабелем 12 свариваемое изделие 9 и сварочный источник 8.

На рисунке 9.4 представлена схема подключения трактора A2T Multitrac MIG/MAG with РЕК (сварка в защитном газе).

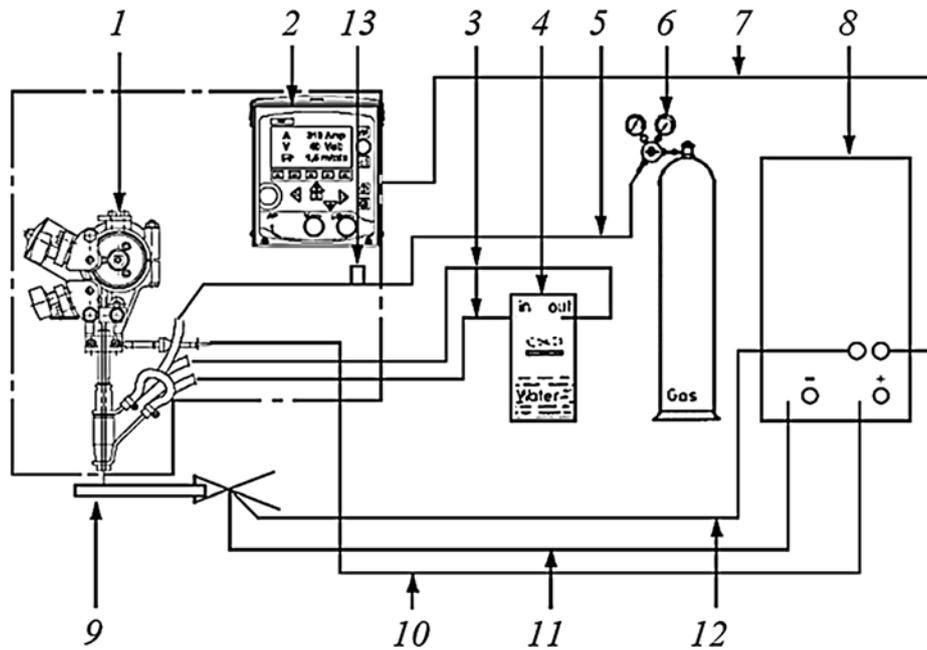


Рисунок 9.4 – Схема подключения сварочного трактора A2T Multitrac MIG/MAG

Порядок подключения.

1 Кабелем управления 7 соедините сварочный источник 8 и блок управления (контроллер РЕК) 2.

2 Соедините обратным кабелем 11 свариваемое изделие 9 с источником 8.

3 Соедините сварочным кабелем 10 сварочный источник 8 с автоматическим сварочным трактором 1.

4 Соедините газовый шланг 5 к редуктору газового баллона 6 и к газовому ниппелю 13 сварочного трактора.

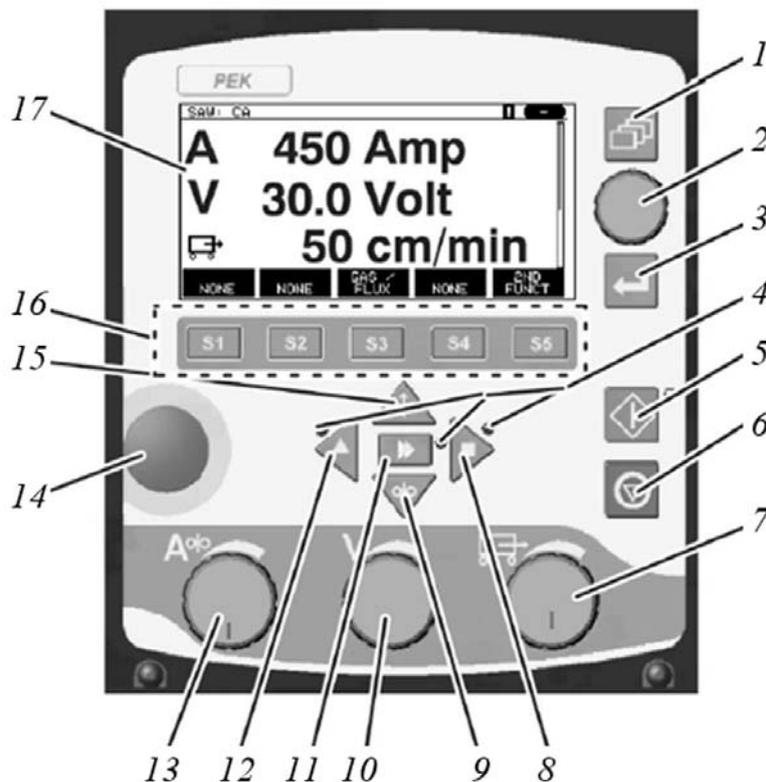
5 Подсоедините шланги охлаждающей жидкости 3 к блоку охлаждения 4 и к сварочному трактору 1.

6 Подсоедините кабель обратной связи 12 к источнику питания 8 и к свариваемому изделию 9.

Блок управления РЕК представлен на рисунке 9.5.

Блок управления РЕК полностью русифицирован, применяется для автоматической сварки под флюсом или в защитном газе. Блок управления приспособлен для работы совместно со сварочными источниками LAF и TAF. Тесная связь блока управления со сварочными источниками обеспечивает очень высокую стабильность сварочных процессов. Большой жидкокристаллический дисплей блока управления демонстрирует установленные сварочные параметры и выдает сообщения об ошибках, если эти параметры выходят за рамки доступных значений. Удобные и интуитивно понятные органы управления блоком РЕК обеспечивают легкость и быстроту настроек параметров. Работа блока может вестись в ручном и автоматическом режиме. В ручном режиме скорость подачи проволоки, скорость перемещения, а также другие параметры устанавливаются и регулируются вручную. В автоматическом режиме выбирается группа параметров, и в процессе сварки ведется лишь их тонкая настройка. Основное меню служит для установки тепловложения, тока сварки, скорости по-

дачи, напряжения дуги, скорости перемещения и отображает заданные параметры. Стартовое меню служит для установки способа возбуждения дуги, вида окончания сварки, направления сварки, способа регулирования, типа проволоки, материала проволоки, диаметра проволоки. Могут быть установлены значения функций заварки кратера и времени окончания сварки.



1 – кнопка меню; 2 – рукоятка перемещения курсора (рукоятка позиционирования); 3 – ввод; 4 – зеленый индикатор (включение индикатора обозначает активацию функции); 5 – пуск сварки; 6 – останов сварки; 7 – рукоятка установки скорости перемещения в меню измерений, в других меню служит для увеличения и уменьшения установленных значений; 8 – кнопка перемещения в ручном режиме; 9 – ручная подача проволоки вниз; 10 – рукоятка установки напряжения дуги в меню измерений, в других меню служит для увеличения и уменьшения установленных значений; 11 – быстрое перемещение; 12 – кнопка перемещения в ручном режиме; 13 – рукоятка установки сварочного тока / скорости подачи проволоки в меню измерений, в других меню служит для увеличения и уменьшения установленных значений; 14 – аварийный останов; 15 – ручная подача проволоки вверх; 16 – программные кнопки; 17 – дисплей

Рисунок 9.5 – Блок управления РЕК

Главное меню блока управления РЕК содержит следующие подменю:

- журнал неисправностей с индикацией кода ошибки. Позволяет мгновенно определить характер неисправности и оперативно ее устранить;
- экспорт/импорт. Обеспечивает передачу информации на панель управления и от нее посредством носителя данных с интерфейсом USB;
- управление файлами. Управляет информацией на устройстве памяти USB, позволяет удалять и копировать данные сварки;

- редактирование предельных значений. Выполняет задание индивидуальных изменяемых значений. Предусмотрено 50 ячеек памяти;

- статистика производительности. Обеспечивает учет общего времени горения дуги, общего объема материала и количества сварных соединений, отображает удельный объем расплавленного проволочного материала на единицу длины и времени последнего сброса;

- функция обеспечения качества. Записывает и позволяет контролировать отдельные сварочные параметры: время начала сварки, продолжительность сварки, минимальные, максимальные и средние значения тока, напряжения и энергии тепловложения в процессе сварки;

- учетные записи пользователей. Особую важность с точки зрения обеспечения качества зачастую приобретает возможность защиты изделия от эксплуатации посторонними лицами. Меню обеспечивает три уровня доступа: «администратор», «ответственный пользователь», «обычный пользователь».

Существует три типа настроек:

- настройка числовых значений;

- настройка различных вариантов;

- настройка режима включения/выключения.

В главном меню можно менять процесс и способ сварки, тип проволоки, метод контроля, размер проволоки и др. Из этого меню можно переходить во вложенные меню.

В процессе дуговой сварки под флюсом дуга расплавляет непрерывно подающуюся проволоку. Зона сварки защищается флюсом.

При выборе процесса SAW можно выбрать один из двух методов с помощью пункта меню МЕТОД, воспользовавшись рукояткой позиционирования и кнопкой ввода AC (переменный ток) или DC (постоянный ток).

При выборе процесса SAW можно выбрать один из трех методов управления с помощью пункта меню ТИП РЕГУЛИРОВКИ, воспользовавшись рукояткой позиционирования и кнопкой ввода. Можно выбрать постоянный сварочный ток SA, постоянную подачу проволоки CW.

В процессе дуговой сварки в среде инертного газа дуга расплавляет непрерывно подаваемую проволоку. Зона сварки защищается атмосферой из защитного газа. При выборе процесса дуговой сварки в среде инертного газа (GMAW) можно выбрать один из двух методов управления с помощью меню ТИП РЕГУЛИРОВКИ, воспользовавшись рукояткой позиционирования и кнопкой ввода: постоянную силу тока SA или постоянную подачу проволоки CW.

9.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить конструкцию и технические характеристики сварочного трактора A2T Multitrac при сварке под слоем флюса и в защитных газах.

- 2 Изучить схему подключения сварочного трактора.

- 3 Произвести подключение и подготовку к работе и настройку сварочного трактора.

- 4 Произвести сварку образцов на указанных преподавателем режимах.

5 Произвести запись параметров режима сварки. Оценить качество полученного сварного шва.

6 Сделать выводы о проделанной работе.

9.3 Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать: цель работы; назначение, технические характеристики, конструктивные элементы, схему подключения сварочного трактора; порядок подготовки к работе и настройки сварочного трактора; режимы сварки, оценку качества сварного соединения; выводы по работе.

Контрольные вопросы

1 Опишите основные конструктивные элементы сварочного трактора А2Т Multitrac при сварке под слоем флюса и в защитных газах.

2 Приведите основные технические характеристики сварочного трактора А2Т Multitrac при сварке под слоем флюса и в защитных газах.

3 Опишите схему и порядок подключения сварочного трактора А2Т Multitrac при сварке под слоем флюса и в защитных газах.

4 Опишите порядок подготовки и настройки сварочного трактора.

5 Опишите работу сварочного трактора во время сварки.

10 Лабораторная работа № 10. Изучение систем слежения по стыку и видеонаблюдения сварочных головок

Цель работы

Изучить устройство и принцип работы систем слежения при сварке и наплавке.

10.1 Общие сведения

Различные системы ориентации сварочного инструмента относятся к системам автоматического регулирования дуговой сваркой и предназначены для решения одной из следующих задач: наведение оси инструмента на линию соединения, стабилизация расстояния между инструментом и изделием, стабилизация ориентации инструмента и изделия.

Основные проблемы автоматизации сварочных операций с помощью следящих систем связаны как с особенностями производства каждого конкретного типа изделий, например, используемого материала, состояния его поверхности, формы разделки или ее отсутствия, так и с недостатками методов и средств измерения фактического положения соединения.

По типу регулятора, применяемого в системе автоматизации, следящие систе-

мы разделяют на две *группы*:

- 1) системы с регуляторами *прямого действия*;
- 2) системы с регуляторами *непрямого действия*.

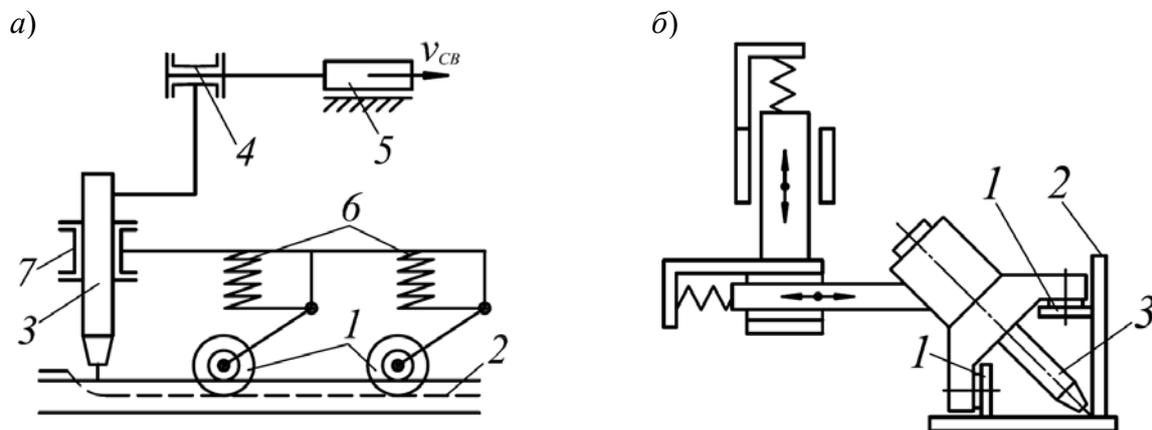
Устройства первой группы (*прямого действия*) с конструктивной точки зрения являются наиболее простыми.

В таких системах сварочный инструмент, сварочная горелка или головка имеет одну или несколько неприводных (свободных) подвижностей и связан непосредственно со щупом, выполненным в виде ролика или неподвижного копирующего пальца (рисунок 10.1).

Щуп под действием пружин или сил тяжести постоянно прижат к поверхностям разделки кромок стыка или другим поверхностям свариваемой конструкции. Сила прижима щупа определяется в основном массой перемещаемых частей и может достигать сотен ньютонов.

Применение систем прямого действия имеет ряд естественных ограничений, связанных, например, с погрешностями при механическом копировании, сложной геометрией сварного шва, необходимостью в ряде случаев в использовании прихваток, деформацией свариваемых деталей под нагрузкой щупа, дополнительной погрешностью, связанной с высоким разбрызгиванием или неровностями поверхности детали, невозможностью использования системы для нахлесточных соединений с толщиной верхнего листа менее 3 мм и др.

Следящие системы с регуляторами *непрямого действия* для управления положением сварочной горелки используют преобразованную различными способами информацию, получаемую от датчиков.

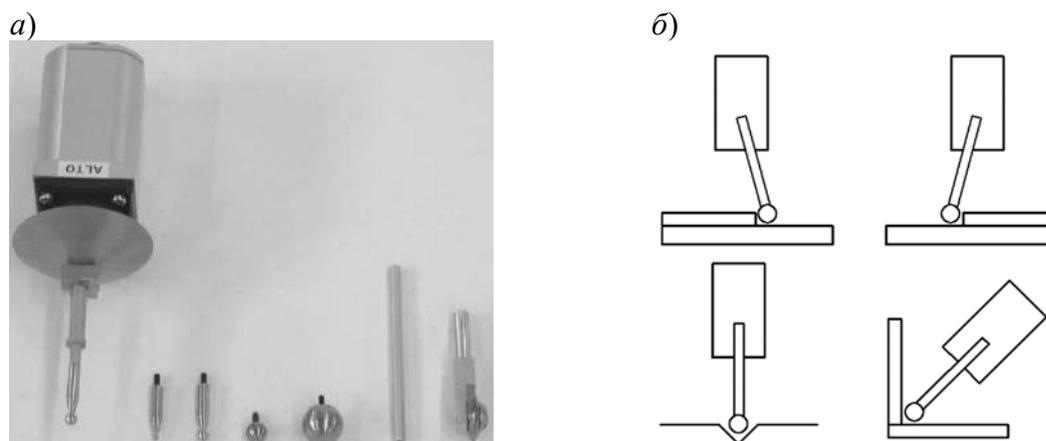


а – при сварке стыковых соединений с разделкой или гарантированным зазором;
б – при сварке угловых соединений; 1 – копирующий ролик; 2 – свариваемое изделие;
 3 – сварочная горелка; 4 – подвижный элемент; 5 – звено, перемещающееся вдоль линии соединения; 6 – пружина; 7 – дополнительный подвижный элемент

Рисунок 10.1 – Схемы устройств прямого копирования

Тактильные системы слежения с *электромеханическими датчиками* образуют большую группу среди регуляторов непрямого действия. Основными узлами этой конструкции являются датчик системы слежения со щупом, имеющим различный набор наконечников (рисунок 10.2, *а*), блок управления и элек-

тропривода линейных перемещений, который воспринимает весь вес сварочной головки. Щуп при помощи пружин или сил тяжести находится в физическом контакте с копируемой поверхностью (рисунок 10.2, б), однако сила прижатия датчика к поверхности относительно невелика и лежит в пределах 1...10 Н. Работа тактильных систем слежения возможна в одной или в двух осях. Щуп при сварке обычно следует по разделке шва впереди сварочной горелки, данные о расположении поверхности обрабатываются достаточно простым контроллером, и формируется сигнал на перемещение всей сварочной головки вверх-вниз или вправо-влево.



а – датчик системы слежения со щупом и набором наконечников; б – расположение щупа при сварке стыковых и угловых швов

Рисунок 10.2 – Тактильные системы слежения с электромеханическими датчиками

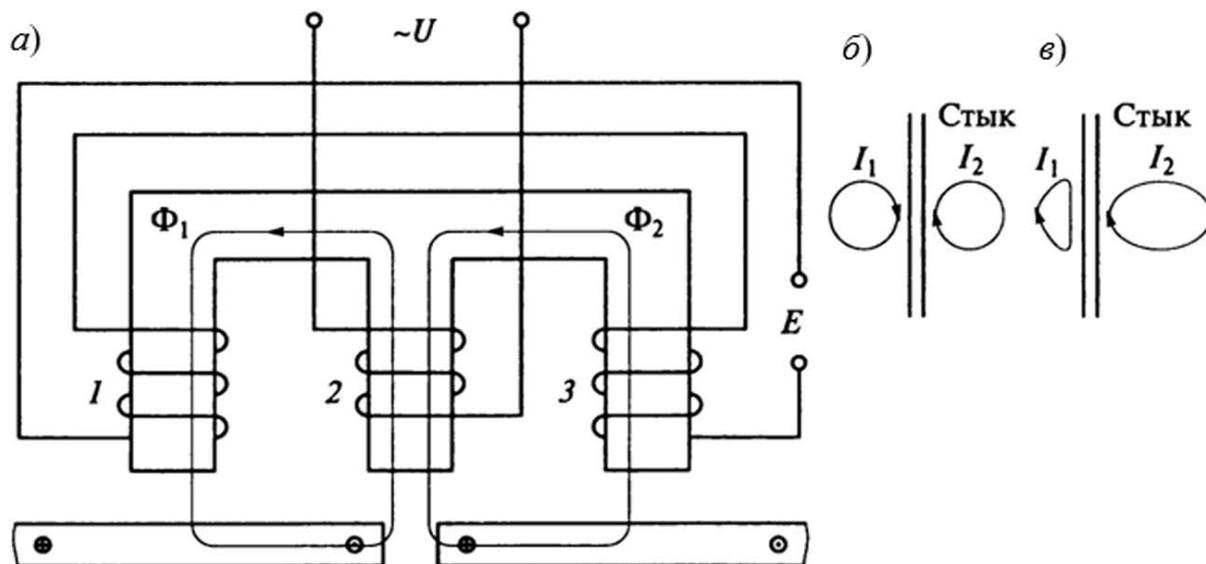
Довольно распространенными представителями регуляторов непрямого действия являются следящие системы с *электромагнитными датчиками*.

В простейшем виде электромагнитный датчик может представлять собой Ш-образную магнитную систему из трёх обмоток (рисунок 10.3, а). Обмотка 2, расположенная на среднем стержне, питается от источника тока повышенной частоты. Переменное магнитное поле, создаваемое обмоткой, наводит в свариваемом изделии вихревые токи. Непроводящий зазор между деталями разделяет вихревые токи на два контура (рисунок 10.3, б). Результирующее магнитное поле датчика создается не только током, протекающим в обмотке 2, но и вихревыми токами.

При симметричном относительно датчика расположении зазора контуры вихревых токов равны, симметричны и $I_1 = I_2$. Соответственно, равны магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 и наводимые ими ЭДС в измерительных обмотках 1 и 2. При встречном включении ЭДС обмоток 1 и 2 компенсируются, и сигнал на выходе датчика равен нулю.

При несимметричном расположении датчика относительно стыка контуры вихревых токов оказываются различными, ток $I_1 \neq I_2$. Это приводит к нарушению равенства магнитных потоков Φ_1 и Φ_2 и возникновению на выходе датчика ЭДС E , сигнализирующей об отклонении средней плоскости датчика от

плоскости стыка. Направление отклонения датчика от стыка видно по сдвигу фазы ЭДС относительно тока, протекающего в обмотке. При изменении направления отклонения на противоположное, фазовый сдвиг ЭДС изменится на 180° .



a – схема датчика; *б, в* – симметричное и несимметричное расположение вихревых токов относительно стыка; *1, 3* – измерительные обмотки; *2* – обмотка возбуждения; Φ_1, Φ_2 – магнитные потоки; I_1, I_2 – вихревые токи; E – ЭДС

Рисунок 10.3 – Принцип работы электромагнитного датчика

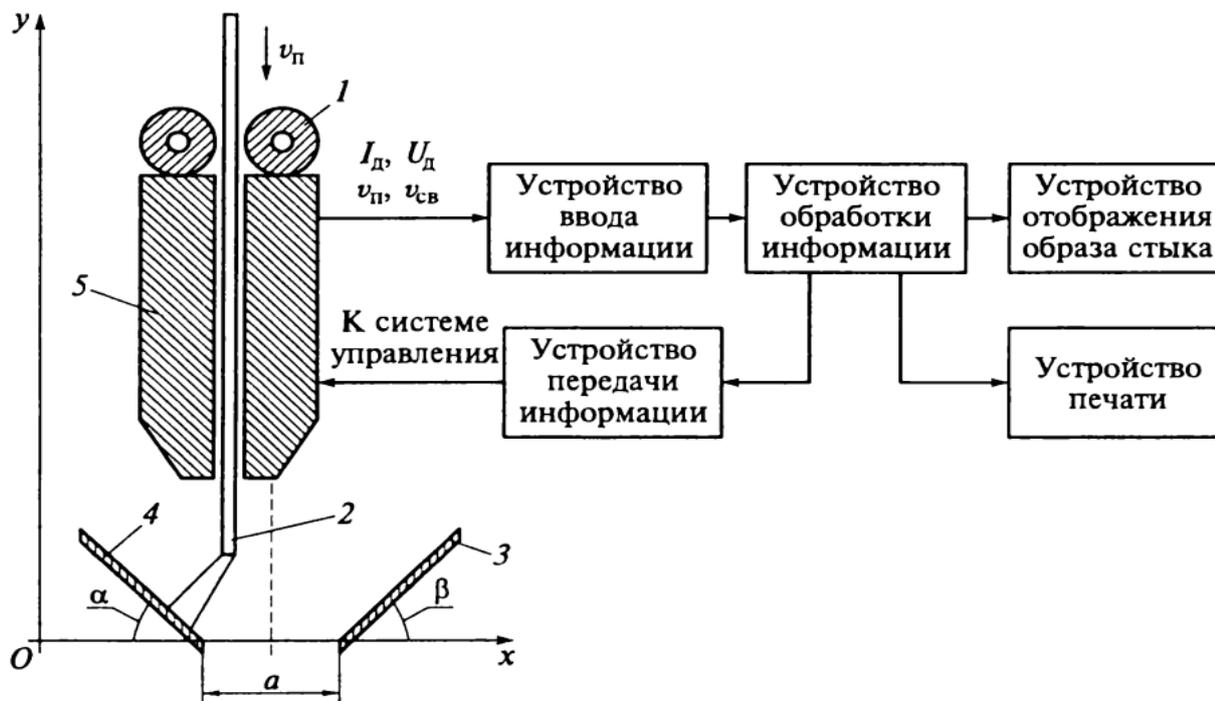
Электромагнитные датчики позволяют определять положение стыка без разделки кромок, кромки верхнего листа нахлесточного соединения, скосы кромок. Кроме того, такие датчики могут быть использованы для измерения расстояния до поверхности свариваемых элементов, ширины зазора, величины превышения кромок, для определения положения начала и конца свариваемого изделия или прихваток.

На выходной сигнал датчика оказывают влияние координаты стыка, отклонение геометрических параметров соединения, подготовленного под сварку, например, взаимное превышение кромок, различия электрических и магнитных свойств материала заготовок, вызванные изменениями химического состава и условиями предварительной механической обработки.

Еще один подход к распознаванию образа сварочного стыка и его положения в пространстве – получение информации по изменению тока и напряжения сварки, кроме того, информативными параметрами могут являться частота и скважность коротких замыканий при сварке плавящимся электродом. Следящие системы, в которых роль датчика играет электрическая дуга, относят к **системам с дуговыми датчиками**. При этом использование сварочной дуги в качестве измерительного преобразователя позволяет достигнуть определенных преимуществ: измерение производится непосредственно в зоне сварки, что исключает необходимость учета транспортного запаздывания; обеспечивается измерение положения соединения относительно сварочной ванны, снижение влия-

ния износа направляющих элементов сварочного инструмента, магнитного дутья и неточности правки электродной проволоки.

На рисунке 10.4 представлена функциональная схема информационно-управляющей системы, построенной на основе информации, получаемой от сварочной дуги.



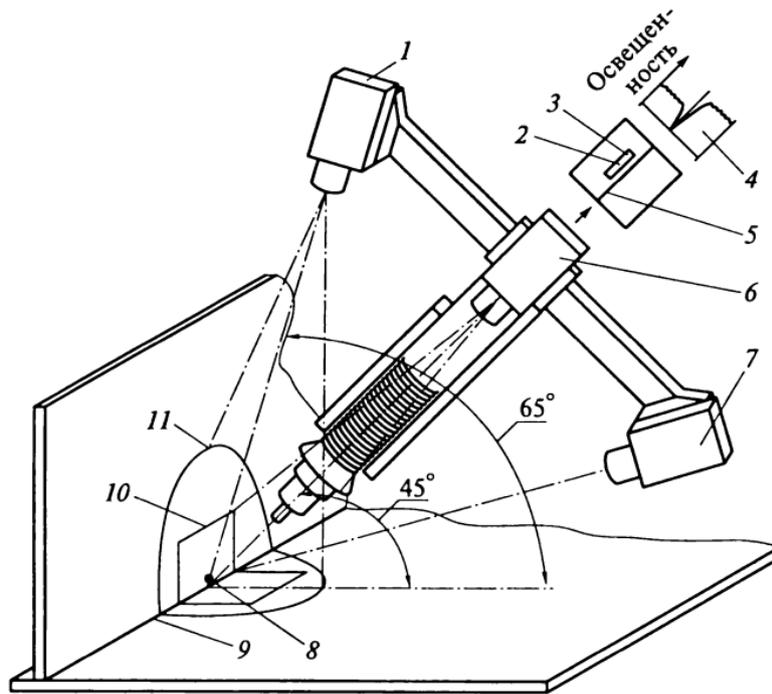
1 – ролики подачи электродной проволоки; 2 – электродная проволока; 3, 4 – кромки V-образного стыка; 5 – сварочная головка; α , β – углы разделки кромок; $v_{п}$ – скорость подачи проволоки

Рисунок 10.4 – Функциональная схема информационно-управляющей системы

К недостаткам таких систем можно отнести повышенную сложность обработки информации. Дополнительные трудности возникают при использовании сварочной аппаратуры, обеспечивающей импульсную подачу присадочной проволоки, а также при износе электрода при TIG-сварке.

Следящие системы с *телевизионными датчиками (видеосенсорами)* создаются на базе прикладных (промышленных) телевизионных установок замкнутого типа.

Для реализации телевизионного слежения, так же как и дистанционного наблюдения, необходимо, чтобы наблюдаемая часть объекта содержала светоконтрастные элементы, подобные тем, которые применяются для фотоэлектрических систем. При отсутствии на поверхности изделия светоконтрастных элементов применяют специальные способы освещения и выделения информации о положении линии соединения. На рисунке 10.5 представлена схема определения положения линии таврового соединения при отсутствии светоконтрастных элементов на поверхности изделия.



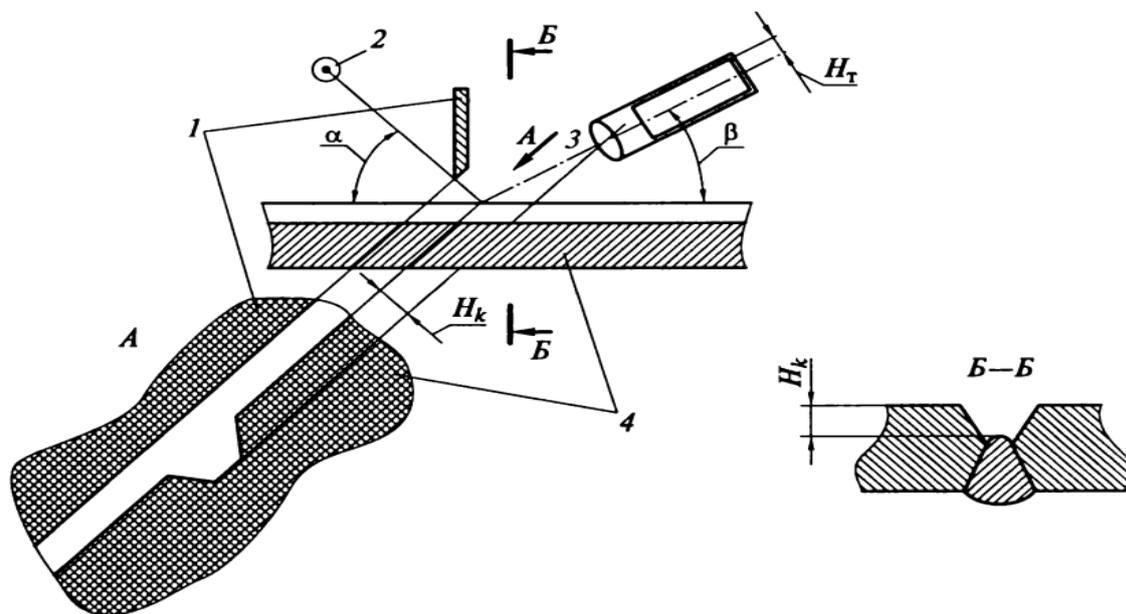
1 – проектор; 2 – изображение светового пятна на видеоконтрольном устройстве; 3 – зона, в которой находится изображение светового пятна при наличии под ним изделия; 4 – освещенность зоны видимости; 5 – изображение границы участков с различной освещенностью; 6 – ПЗС-приёмник (видеосенсор); 7 – проектор световой точки; 8 – световая точка; 9 – линия соединения свариваемых элементов; 10 – зона видимости; 11 – зона освещения

Рисунок 10.5 – Схема определения положения линии таврового соединения с помощью видеосенсора

С помощью мощной неоновой лампы проектор 1 освещает зону соединения под углом 65° к горизонтали, а видеосенсор 6 направлен на эту же зону под углом 45° . За счет разных углов падения светового потока на свариваемые элементы (вертикальный и горизонтальный) их освещенности 4 оказываются различными. В качестве фотоприемника используют полупроводниковую светочувствительную ПЗС-матрицу с числом элементов 50×50 . С элементов матрицы получают аналоговый сигнал, пропорциональный освещенности, который затем конвертируется в 4-цифровой сигнал (уровни освещенности 0–15). Этот сигнал поступает в микроЭВМ, которая обрабатывает и выдает информацию о положении стыка в пространстве. Чтобы определить положения начала и конца шва, в зону наблюдения с помощью проектора 7 проецируют точку 8 диаметром 3 мм. Появление точки 8 в определенном месте зоны наблюдения свидетельствует о наличии шва под сенсором, а ее исчезновение – о проходе конца шва под сенсором. Эта информация используется для включения и выключения сварки.

Другой пример получения контрастных элементов на поверхности стыковых соединений с двусторонней разделкой стыка – это *теневой метод* (рисунок 10.6). Световое сечение и изображение положения стыка при этом ме-

тоде получают от линейного источника света, расположенного параллельно поверхности изделия 4. Световой поток от линейного источника 2 падает под углом α к поверхности свариваемого изделия и частично экранируется шторкой 7, расположенной на расстоянии 10...15 мм от поверхности изделия. Приемник 3 изображения стыка реализован на ПЗС-матрице и расположен под углом β к плоскости свариваемого изделия.



1 – шторка; 2 – линейный источник; 3 – приёмник изображения стыка; 4 – изделие; H_T – высота изображения разделки; H_k – глубина разделки; α – угол падения тени от шторки на поверхность изделия; β – угол наблюдения

Рисунок 10.6 – Схема определения положения линии таврового соединения с помощью видеосенсора

При использовании телевизионного слежения значительные трудности создаются световыми помехами в виде светоконтрастных царапин, рисок, бликов, которые в реальных условиях могут появляться в поле зрения передающей камеры и быть причиной ложных сигналов, а также нестабильностью во времени освещенности наблюдаемых объектов, прежде всего переменным световым излучением дуги (при сварке в защитных газах и без защиты дуги).

10.2 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить принцип работы следящих систем с регуляторами прямого и непрямого действия.
- 2 Изучить конструкцию и принцип работы электромеханических, электромагнитных, дуговых датчиков слежения (сенсоров).
- 3 Изучить особенности и области применения различных систем слежения по стыку и видеонаблюдения сварочных головок (видеосенсоров).
- 4 Изучить технические характеристики и работу указанных преподавателем систем слежения по стыку.
- 5 Сделать выводы о проделанной работе.

10.3 Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать:

- цель работы;
- назначение, конструкцию, технические характеристики, особенности работы указанных преподавателем систем слежения по стыку;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите конструкцию и принцип работы тактильных систем слежения с электромеханическими датчиками.
- 2 Опишите конструкцию и принцип работы следящих систем с электромагнитными датчиками.
- 3 Приведите функциональную схему и опишите работу системы с дугowymi датчиками.
- 4 Опишите принцип работы следящих систем с телевизионными датчиками (видеосенсорами).
- 5 Сравните различные системы слежения по стыку.

11 Лабораторная работа № 11. Изучение сварочных позиционеров и манипуляторов

Цель работы

Изучить конструкцию и принцип работы сварочного манипулятора изделия Fanuc.

11.1 Общие сведения

Для механизации основных и вспомогательных операций при сварке применяют манипуляторы, позиционеры, кантователи, роликовые стенды, конвейеры и другие устройства.

Манипуляторы предназначены для установки изделий в удобное для сварки положение путём поворота их вокруг вертикальной, горизонтальной и наклонной осей, а также для вращения со сварочной скоростью. Область применения – автоматическая и механизированная сварка.

Позиционеры в отличие от манипуляторов не рассчитаны на вращение изделия со сварочной скоростью. Предназначены только для установки и поворота изделия в удобную для сварки позицию. Поворот изделия можно осуществлять относительно двух взаимно перпендикулярных плоскостей. Позиционеры применяют для сварки рамных, корпусных и других изделий.

Вращатели предназначены для установки изделий в удобное для сварки положение путём поворота их вокруг постоянной оси, а также вращения их со

сварочной скоростью при автоматической и полуавтоматической сварке. Это упрощенные манипуляторы, в которых отсутствует механизм наклона, ось вращения занимает постоянное положение.

Кантователи предназначены для установки изделий в удобное для сварки положение путём поворота их вокруг горизонтальной оси.

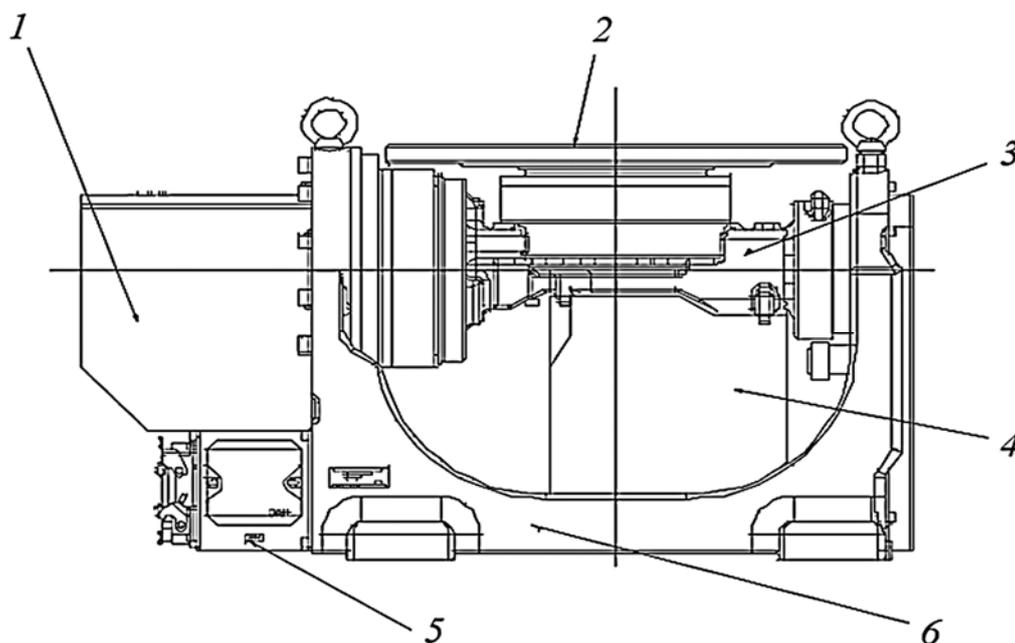
Роликовые стенды предназначены для вращения цилиндрических, конических и сферических изделий с маршевой скоростью – при сборке и сварке продольных швов, а также со сварочной скоростью при различных видах сварки кольцевых швов. Роликовые стенды с маршевой скоростью применяют также при отделке и контроле.

Сварочный манипулятор Fanuc (рисунок 11.1) предназначен для сварки кольцевых и продольных швов изделий любой конфигурации, обеспечивает плавную регулировку скорости вращения в широком диапазоне.

На рисунке 11.2 изображен механизм привода оси *J1*.

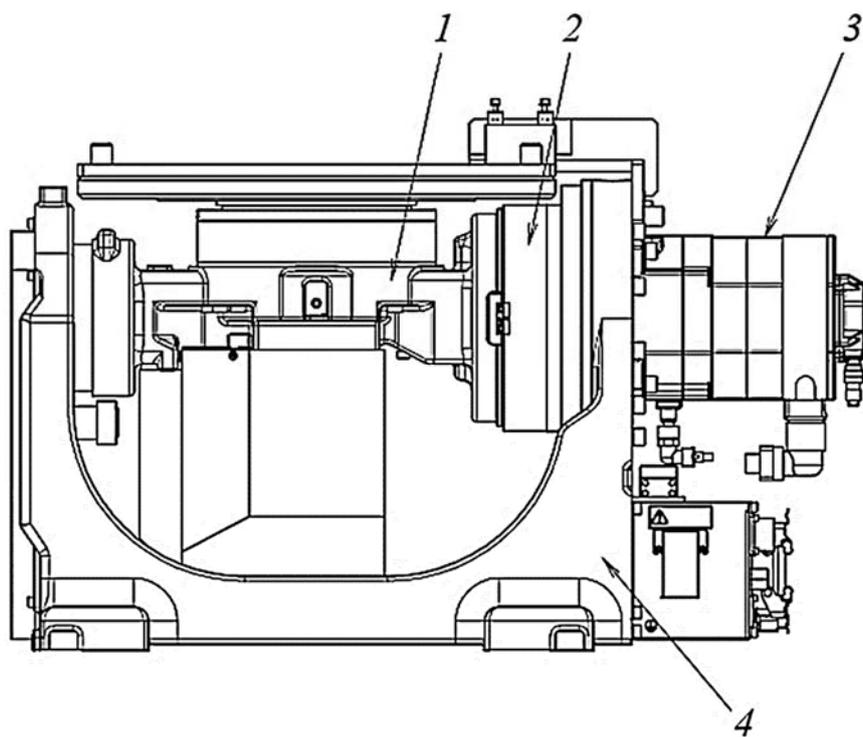
Механизм привода оси *J1* устроен так, что основание оси *J2* поворачивается при понижении скорости вращения серводвигателя переменного тока с редуктором. Основание оси *J2* удерживается на основании оси *J1* за счет редуктора.

На рисунке 11.3 изображен механизм привода оси *J2*. Приводной механизм оси *J2* вращает фланец при понижении скорости вращения серводвигателя переменного тока с редуктором.



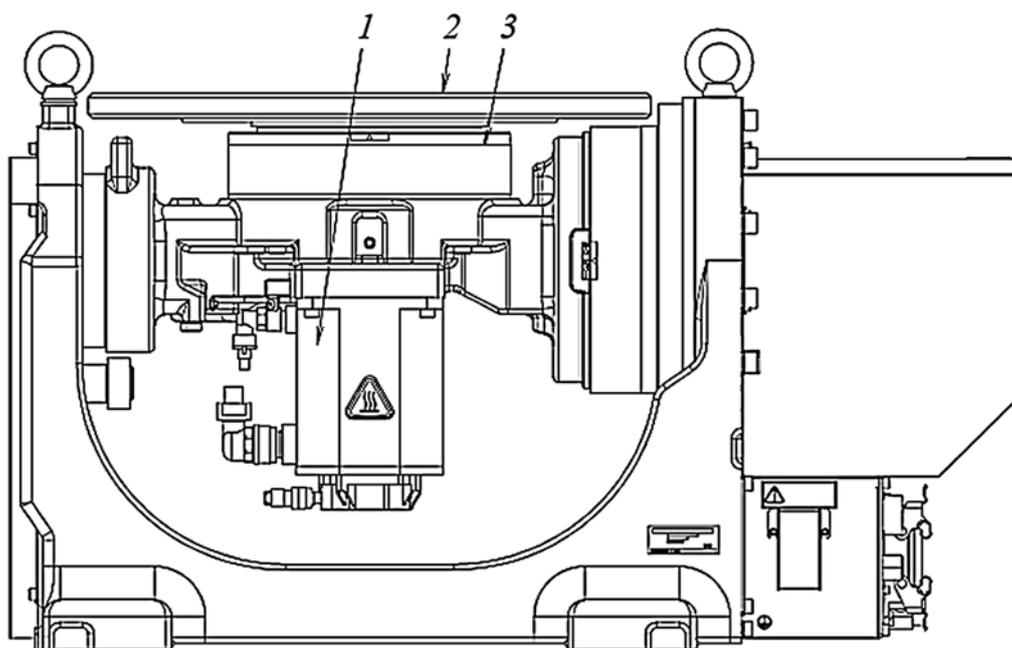
1 – серводвигатель переменного тока для оси *J1* (с тормозом); 2 – фланец; 3 – блок оси *J2*; 4 – серводвигатель переменного тока для оси *J2* (с тормозом); 5 – батарея; 6 – основание оси *J2*

Рисунок 11.1 – Сварочный манипулятор Fanuc



1 – блок оси J2; 2 – редуктор оси J1; 3 – двигатель M1; 4 – основание оси J1

Рисунок 11.2 – Механизм привода оси J1



1 – двигатель M2; 2 – фланец; 3 – основание оси J2

Рисунок 11.3 – Механизм привода оси J2

Резервная батарея предназначена для сохранения данных исходного положения каждой оси позиционера.

Основные технические характеристики сварочного манипулятора изделия Fanuc приведены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Технические характеристики манипулятора Fanuc

Наименование параметра	Значение
Количество осей	Две оси (J1, J2)
Диапазон движения: ось J1 ось J2	270° (от -135° до +135°) 4,72 рад (от -2,36 рад до +2,36 рад) 480° (от -240° до +240°) 8,38 рад (от -4,19 рад до +4,19 рад)
Максимальная скорость: ось J1 ось J2	120°/с 2,09 рад/с 190°/с 3,32 рад/с
Максимальная нагрузка	500 кг
Допустимый момент нагрузки: ось J1 ось J2	180 кгс·м 1764 Н·м 70 кгс·м 686 Н·м
Допустимая инерция нагрузки: ось J1 ось J2	3061 кгс·см·с ² 300 кг·м ² 1020 кгс·см·с ² 100 кг·м ²
Тип привода	Электрический сервопривод с серводвигателем переменного тока
Вес	295 кг

На рисунке 11.4 изображена рабочая зона манипулятора.

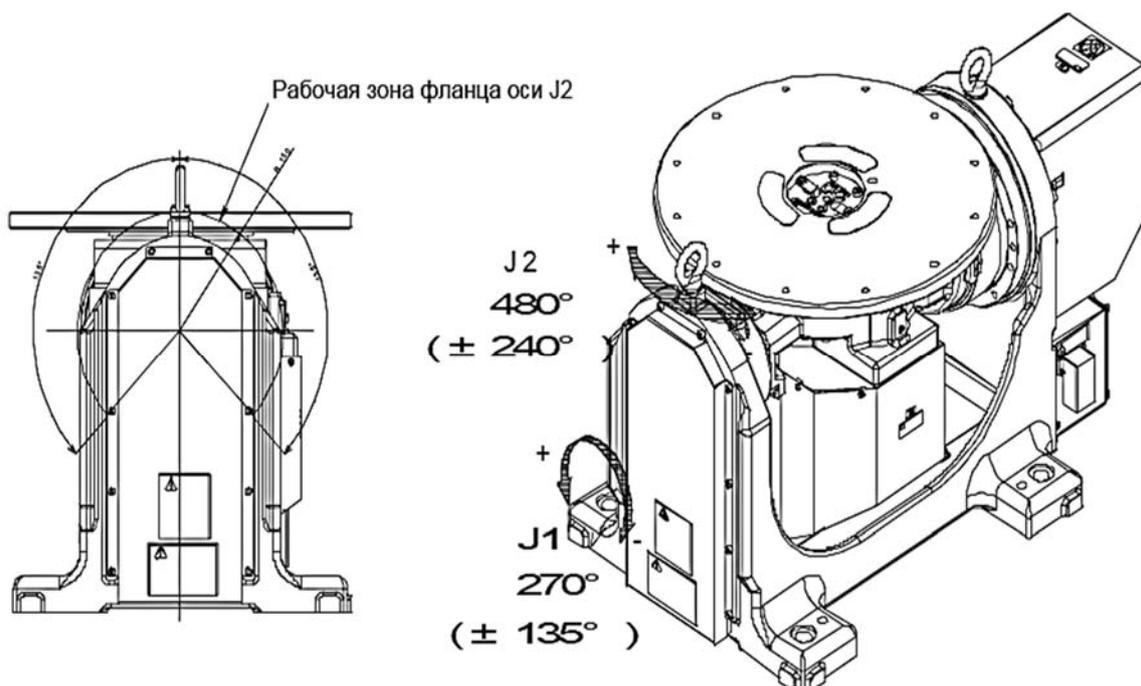


Рисунок 11.4 – Рабочая зона манипулятора

Управление манипулятором осуществляется контроллером FANUC R30iB. Лицевая панель контроллера представлена на рисунке 11.5. Слева от лицевой панели контроллера имеются черный тумблер включения («ON» – включено, «OFF» – выключено) и решетка с охлаждающего кулера.



Рисунок 11.5 – Лицевая панель контроллера робота

На лицевой панели находится тумблер переключения скоростных режимов перемещений манипулятора:

- 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 Robot ARC Mate 100iC представлен на рисунке 11.6.

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 за-

жимать их одновременно с небольшим усилием, т. к. они являются двухтактными.

а)



б)



Рисунок 11.6 – Лицевая (без дисплея) (а) и обратная (б) стороны пульта

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 – 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 и манипулятора;
- 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 и манипулятора;
- 23) -% – уменьшение скорости перемещения робота и манипулятора;
- 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 X, Y, Z в прямом направлении; для каждой из шести осей J1 – J6 перемещения вдоль трех координатных осей X, Y, Z 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 манипулятора изделия).

11.2 Порядок проведения работы

- 1 Изучить назначение, конструкцию и технические характеристики сварочного манипулятора Fanuc.
- 2 Изучить лицевую панель и пульт-контроллер FANUC R30iB.
- 3 Включить контроллер FANUC R30iB. С помощью пульта осуществить управление звеньями манипулятора по алгоритму, заданному преподавателем.
- 4 Сделать выводы о проделанной работе.

11.3 Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать:

- цель работы;
- назначение, технические характеристики, конструктивные элементы сварочного манипулятора Fanuc;
- алгоритм управления сварочным манипулятором;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите основные конструктивные элементы сварочного манипулятора.
- 2 Основные технические характеристики сварочного манипулятора.
- 3 Приведите описание контроллера FANUC R30iB и пульта оператора.
- 4 Опишите управление сварочным манипулятором с пульта оператора.

12 Меры безопасности при проведении лабораторных работ

Работа в лаборатории, связанная с эксплуатацией электрооборудования, находящегося под напряжением, требует организации и строгого соблюдения мер безопасности. Вопросы безопасности отражаются в инструкциях по эксплуатации, которыми снабжено поставляемое оборудование, сварочные установки. Характерным видом поражения, которому может подвергаться работающий в лаборатории, является поражение электрическим током. Во избежание поражения электрическим током при работе с электрооборудованием необходимо соблюдать следующие меры безопасности.

1 К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие обучение мерам безопасности с последующей проверкой знаний и зарегистрированные в соответствующем протоколе.

2 Студенту разрешается выполнение только той лабораторной работы, задание на которую выдал преподаватель.

3 Приступая к работе, студент обязан ознакомиться с методикой ее выполнения.

4 Сборка электрической схемы для лабораторной работы, изменение в схеме производятся при отключении питания сварочной установки, лабораторного оборудования и переведении всех выключателей в положение «отключено».

5 Переносное оборудование, необходимое для выполнения данной лабораторной работы, обязательно заземляется (согласно требованиям завода-изготовителя), что проверяется преподавателем в обязательном порядке.

6 Включение питания оборудования для выполнения лабораторной работы производится только после разрешения преподавателя.

7 Включение сварочной установки, измерительных приборов в цепь производится только одной рукой без прикосновения к металлическим частям.

При выполнении лабораторных работ в лаборатории запрещается:

- без разрешения преподавателя перемещать приборы и аппаратуру, выносить их из лаборатории;
- производить какие-либо работы по устранению неисправностей сварочной установки, лабораторного оборудования;
- оставлять без присмотра электроприборы, включенные в сеть;
- загромождать посторонними предметами рабочие места;
- находиться в лаборатории в верхней одежде.

При возникновении любой неисправности студент обязан немедленно отключить сварочную установку, лабораторное оборудование от электросети и сообщить об этом преподавателю.

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

- поражение электрическим током;
- поражение излучением дуги и другими источниками энергии;
- ожоги нагретым и расплавленным металлом;
- отравление вредными газами и дымом;

- взрыв сосудов с газами под давлением;
- возгорание оборудования и окружающих объектов.

Электрический ток представляет опасность, и 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 выдвижение 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 ши-

риной 50...100 мм краской желтого цвета, стойкой к истиранию.

При создании РТК должна быть предусмотрена возможность аварийного останова оборудования, причем органы аварийного останова (кнопки с грибовидным толкателем) следует располагать в легкодоступном месте.

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 **Куликов, В. П.** Технология сварки плавлением и термической резки: учебник / В. П. Куликов. – Москва: ИНФРА-М; Минск: Новое знание, 2016. – 463 с.

2 **Милютин, В. С.** Источники питания и оборудование для электрической сварки плавлением : учебник / В. С. Милютин, Р. Ф. Катаев. – Москва: Академия, 2010. – 368 с.

3 **Гладков, Э. А.** Автоматизация сварочных процессов: учебник / Э. А. Гладков, В. Н. Бродягин, Р. А. Перковский. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 421 с.

4 Сварочные тракторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.esab.ru/ru/ru/automation/saw/carriers/welding-tractors.cfm>. – Дата доступа: 02.09.2019.

5 Fanuc сервопозиционеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fanuc.eu/bg/en/robots/accessories/robot-motion/positioners>. – Дата доступа: 02.09.2019.