

**ЗАО «Лаборатория электроники»**

**Оптическая система слежения за стыком при  
сварке EL-502.**

**Руководство по эксплуатации.  
МДТУ. 421826.007РЭ**

г.Москва 2007.

**Оглавление.**

1.	Назначение.....	2
2.	Состав системы.....	3
3.	Описание принципа работы.....	4
4.	Технические характеристики.....	4
5.	Инструкция по эксплуатации.....	5
5.1.	Электронный блок.....	5
5.1.1.	Разъем для подключения питания и двигателя.....	5
5.1.2.	Разъем для подключения пульта ручного управления.....	6
5.1.3.	Элементы управления.....	6
5.1.4.	Дисплей электронного блока датчика стыка.....	6
5.1.5.	Подготовка к работе.....	8
5.1.6.	Положение электрода сварочной головки.....	8
5.1.7.	Эталонная функция.....	9
5.1.8.	Зона корреляции.....	10
5.1.9.	Параметры слежения.....	12
5.1.9.1.	Коэффициент пропорциональности.....	12
5.1.9.2.	Коэффициент интегрирования.....	13
5.1.9.3.	Период дискретизации.....	13
5.1.9.4.	Коэффициент корреляции.....	14
5.1.10.	Запуск слежения.....	15
5.1.11.	Загрузка/Сохранение параметров.....	16
5.1.12.	Настройка яркости подсветки дисплея.....	18
5.2.	Пульт ручного управления.....	18
5.3.	Оптическая головка.....	19
5.3.1.	Установка оптической головки.....	20
6.	Порядок использования.....	20
7.	Указания по эксплуатации.....	21
8.	Текущий ремонт.....	21
9.	Хранение.....	21
10.	Транспортирование.....	22
11.	Утилизация.....	22
12.	Гарантии изготовителя.....	22

**1. Назначение.**

Микропроцессорная оптико-электронная система слежения за стыком при сварке EL-502 предназначена для установки на сварочные головки, оснащенные приводом поперечной коррекции с коллекторным двигателем и позволяет:

- управлять скоростью вращения двигателя поперечной коррекции в ручном режиме
- определять положение линии стыка или контрастной линии, нанесенной на свариваемое изделие параллельно стыку
- управлять двигателем поперечного перемещения для постоянного наведения сварочной головки на линию стыка в автоматическом режиме при сварке.

Оптико-электронная система слежения может быть применена при TIG, MAG, MIG и других типах сварки, при условии защиты места измерения от засветки сварочной дугой

## 2. Состав системы.

В состав системы входят:

1. Электронный блок.
2. Оптическая головка.
3. Пульт ручного управления.

Электронный блок содержит:

- управляющий микроконтроллер
- гальванически развязанный интерфейс RS485 для связи с оптической головкой
- графический ЖКИ дисплей для отображения линии стыка и параметров управления
- энкодер для управления работой датчика стыка
- блок управления коллекторным двигателем поперечного перемещения горелки.

Оптическая головка датчика положения стыка содержит:

- фокусирующий объектив с изменяемым фокусным расстоянием
- фоточувствительную ПЗС линейку с 3648 элементами
- быстродействующий АЦП
- модуль вычисления положения стыка с цифровым сигнальным процессором
- интерфейс RS485 для связи с электронным блоком
- блок питания

Пульт ручного управления содержит:

- переключатель управления двигателем «Ручное» - «Автоматическое»

- тумблер «Включения двигателя в ручном режиме»
- регулятор «Скорости вращения двигателя» в ручном режиме.

Оптическая головка крепится на сварочной головке таким образом, чтобы в поле зрения объектива попадал стык или темная контрастная линия, нанесенная параллельно стыку на расстоянии 50-200мм перед сваркой. Оптическая головка должна перемещаться вместе со сварочной головкой. Электронный блок датчика стыка может быть расположен в любом, удобном для наблюдения за процессом, месте.

### 3. Описание принципа работы

Слежение за стыком производится опико-электронным датчиком положения стыка. Работа датчика основана на контрастном изображении стыка на фоне равномерно освещенной поверхности свариваемых деталей. Объектив формирует изображение зоны стыка на ПЗС линейке, содержащей 3648 светочувствительных элементов размером 8\*200мкм. Линейка ориентирована таким образом, что на ней формируется изображение линии перпендикулярной стыку. После преобразования, с помощью быстродействующего 12 разрядного АЦП, в цифровую форму сигнал поступает на DSP (digital signal processor, цифровой сигнальный процессор), где корреляционным методом вычисляется положение стыка в изображении. Это положение передается в электронный блок, где сравнивается с требуемым положением и вырабатывается аналоговый сигнал рассогласования, который подается на привод коллекторного двигателя для поперечного перемещения сварочной головки. Так как камера жестко закреплена на сварочной головке, то подача сигнала рассогласования на привод поперечного перемещения позволяет построить систему слежения за стыком.

### 4. Технические характеристики

Характеристика	Значение
Напряжение питания	24В±10%
Потребляемый ток, без учета двигателя	не более 1А
Тип двигателя поперечного перемещения	Коллекторный реверсивный
Номинальное напряжение двигателя	24В
Максимальный ток двигателя	2А
Погрешность слежения за центром стыка при контрасте изображения не менее 0,3 и максимальном увеличении объектива.	±0.1мм
Время непрерывной работы	не ограничено

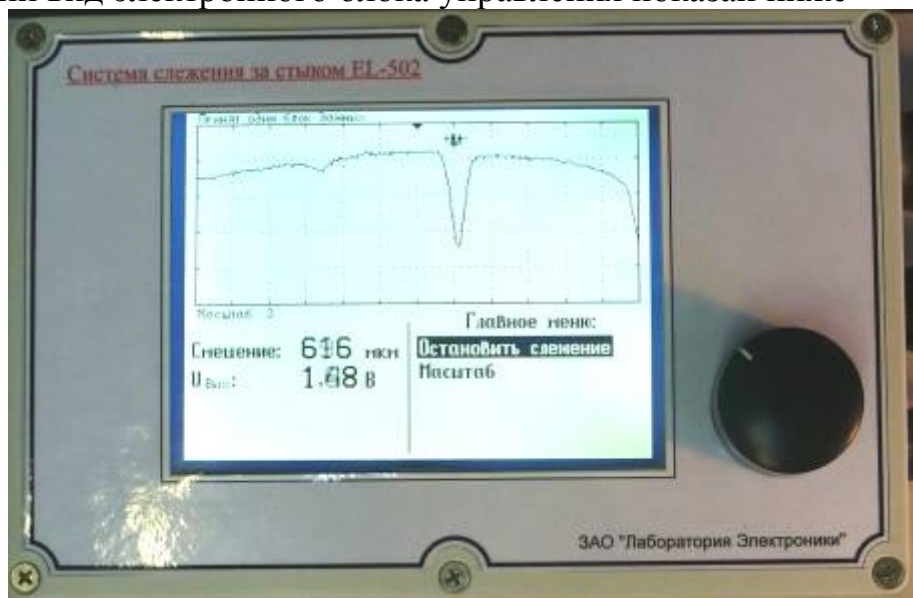
Диапазон рабочих температур

-5...+40°C

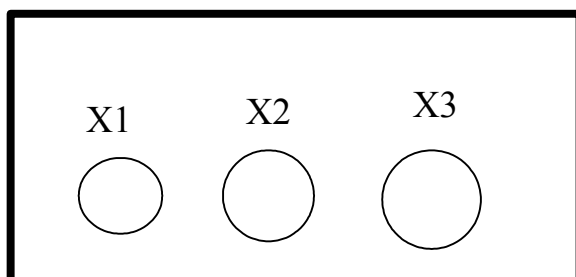
## 5. Инструкция по эксплуатации.

### 5.1. Электронный блок.

Внешний вид электронного блока управления показан ниже



Расположение разъемов боковой стенке электронного блока.



Назначение разъемов:

X1 – подключение питания и двигателя.

X2 – подключение оптического датчика.

X3 – подключение пульта ручного управления.

#### 5.1.1. Разъем для подключения питания и двигателя.

Назначение контактов разъема.

№	Назначение
1	+24В питание
2	-24В питание
3	Выход на двигатель
4	Выход на двигатель

### 5.1.2. Разъем для подключения пульта ручного управления.

Назначение контактов разъема.

№	Назначение
1	+5 на пульт
2	переключатель руч\авт с пульта
3	скорость в ручном режиме
4	пуск в ручном режиме
5	общий пульт
6	Концевой выключатель «влево»
7	Концевой выключатель «вправо»
8	«Общий» концевых выключателей
9	
10	

**Концевые выключатели должны размыкаться при достижении механизма крайнего положения.**

### 5.1.3. Элементы управления

Все операции, связанные с запуском слежения за стыком, просмотром, изменением параметров, выполняются при помощи энкодера, расположенного в правом нижнем углу передней панели электронного блока датчика стыка. Перемещение по пунктам меню, изменение в большую или меньшую сторону значений параметров электронного блока осуществляется вращением ручки энкодера влево или вправо. Выбор пункта меню, сохранение параметров в памяти прибора в процессе редактирования, выполнение различных действий из меню выполняются нажатием на ручку энкодера.

### 5.1.4. Дисплей электронного блока датчика стыка.

Основные элементы, отображаемые в рабочем окне электронного блока, показаны на рис.1, где цифрами обозначены:

- 1 - Координатная сетка. Шаг координатной сетки при полном изображении на экране (коэффициент масштабирования 12 пикселей ПЗС линейки на один пиксель дисплея) равен (2,43 мм \* увеличение объектива (от 0.05 до 0.5));
- 2 - Изображение области, попадающей в поле зрения объектива, принятое от оптического датчика;
- 3 - Позиция электрода сварочной головки;
- 4 - Указатель рассчитанной позиции свариваемого стыка;
- 5 - Реальное изображение свариваемого стыка, полученное от оптического датчика;
- 6 - «Смещение» - величина, равная отклонению рассчитанного положения стыка деталей от заданного положения электрода сварочной головки при увеличении 0.2;
- 7 - « $U_{\text{вых}}$ » - величина управляющего напряжения, подаваемого на аппаратуру отклонения сварочной головки;
- 8 - Пункты рабочего меню.

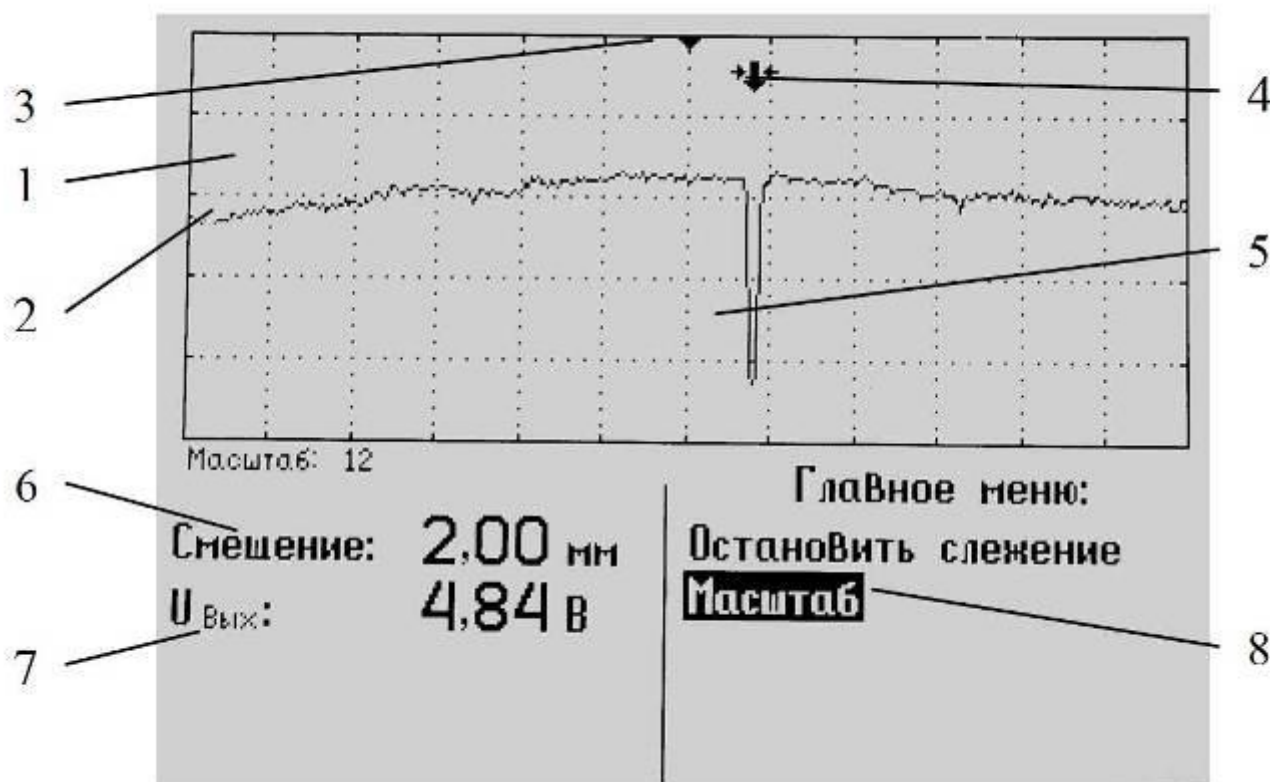


Рис. 1

### 5.1.5. Подготовка к работе

Этап подготовки электронного блока датчика стыка к процедуре слежения включает в себя следующие действия со стороны оператора:

- Устанавливается положение электрода сварочной головки (5.1.6);
- Задаётся вид эталонной функции (5.1.7);
- Задаётся зона корреляции в процессе слежения (5.1.8);
- Задаются параметры слежения (5.1.9);
- Устанавливается точка привязки (5.1.10);
- Запускается процесс слежения (5.1.10);

Все изменения в настройках, вносимые в прибор, могут быть при желании оператора сохранены в энергонезависимой памяти прибора в виде набора параметров (5.1.11).

### 5.1.6. Положение электрода сварочной головки

Процедура начальной установки электрода после монтажа элементов сварочной головки или оптического датчика.

Положение электрода определяет точку в поле зрения объектива, к которой стремится сварочная горелка в процессе слежения за счёт корректирующего управляющего сигнала. Опытным путём, изменяя на экране дисплея указатель положения электрода сварочной горелки, компенсируют несоосность электрода и центра объектива оптического датчика.

Параметр «Положение электрода» расположен в «Главное меню → Настройки → Изменение параметров → Эталонная функция → Положение электрода» (рис. 2).



Рис. 2

Нажатие энкодера на пункте меню «Положение электрода» позволяет, вращая энкодер, задать желаемую позицию указателя в верхней части экрана (рис.3).



Повторное нажатие фиксирует изменения и возвращает курсор к предыдущему меню.



Рис. 3

### 5.1.7. Эталонная функция

Эталонная функция является изображением идеального сварочного стыка. Аппаратура слежения в каждый момент времени, определяемый интервалом дискретизации (5.1.9.3), сравнивает изображение, принятое от объектива датчика, с идеальным стыком (эталонной функцией) и рассчитывает их степень подобия. Далее принимается решение – обнаружен сварочный стык или нет (5.1.9.4).

Эталонная функция задаётся двумя параметрами. Параметр «А» определяет ширину верхнего основания эталонной функции, параметр «В» задаёт нижнее основание эталонной функции как показано на рис.4.

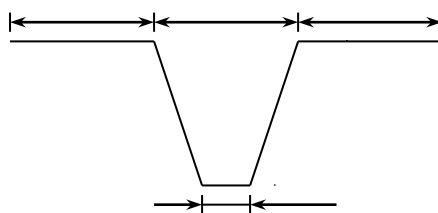


Рис. 4

Вид эталонной функции должен быть максимально похожим на изображение реального стыка.

Параметры «А» и «В» расположены в «Главное меню → Настройки → Изменение параметров → Эталонная функция → Параметр А (Параметр В)» (рис.5, 6).

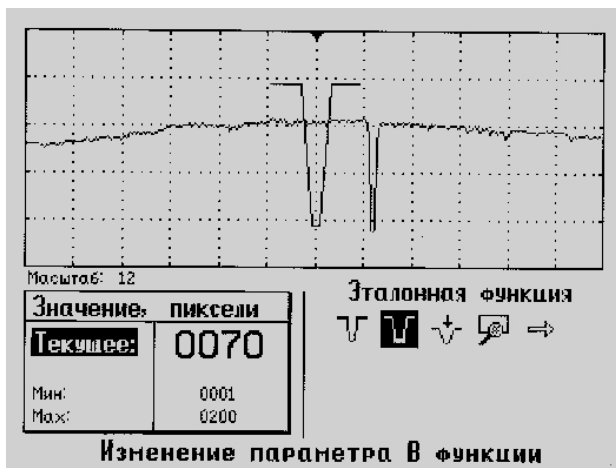


Рис. 5

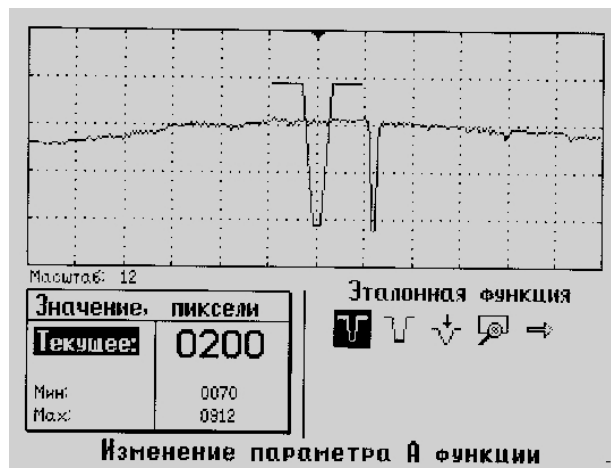


Рис. 6

Для редактирования текущих значений необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- выбрать в меню параметр «А» (параметр «В») (Рис. 5, 6);
- нажатием ручки энкодера войти в режим редактирования;
- вращая энкодер, выбрать разряд для редактирования и нажать ручку энкодера (Рис. 7);
- вращая энкодер, изменить значение текущего разряда;
- для сохранения значения нажать ручку энкодера.

Двойное нажатие энкодера возвращает курсор в меню «Эталонная функция».



Рис. 7

### 5.1.8. Зона корреляции

Зона корреляции задаёт область, в которой осуществляется мгновенный поиск положения стыка. При большом уровне помех (высокая шероховатость

поверхности) и относительно широкой зоне корреляции вычисленное значение позиции стыка может оказаться ложным. Поэтому рекомендуется назначать параметру значение чуть больше верхнего основания эталонной функции.

Уменьшение параметра «Зона корреляции» одновременно увеличивает скорость вычисления положения стыка, однако чрезмерно малое значение параметра (меньше верхнего основания эталонной функции) также может приводить к ошибкам в процессе слежения.

Данный параметр расположен в «Главное меню → Настройки → Изменение параметров → Зона корреляции → Зона корреляции» (Рис.8).

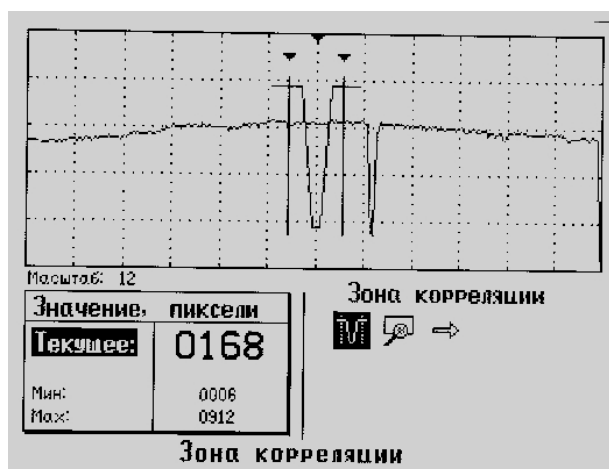


Рис. 8

Нажатие энкодера на пункте меню «Зона корреляции» позволяет, вращая энкодер, указать при помощи указателей в верхней части экрана желаемую ширину области корреляции (рис.9). Повторное нажатие фиксирует изменения и возвращает курсор к предыдущему меню.



Рис. 9

### 5.1.9. Параметры слежения

К параметрам слежения относят следующие:

- Коэффициент пропорциональности;
- Коэффициент интегрирования;
- Период дискретизации;
- Коэффициент корреляции.

#### 5.1.9.1. Коэффициент пропорциональности

Коэффициент пропорциональности участвует в расчёте управляющего сигнала П-регулятора, корректирующего положение сварочной головки относительно положения стыка.

Управляющий сигнал рассчитывается по следующей формуле:

$$U_{\text{упр}} = \frac{E(k) * K_p}{255}$$

где  $E(k)$  - ошибка между реальным положением стыка и заданным,  
 $K_p$  - коэффициент пропорциональности,  
 $U_{\text{упр}}$  - управляющий сигнал П-регулятора.

Параметр «Коэффициент пропорциональности» расположен в «Главное меню → Настройки → Изменение параметров → Параметры слежения → Коэффициент пропорциональности» (Рис.10).



Рис.10

Порядок действий при редактировании параметра такой же, как было описано в (5.1.7)

### 5.1.9.2. Коэффициент интегрирования

Коэффициент интегрирования участвует в расчёте управляющего сигнала ПИ-регулятора.

Указанный параметр расположен в «Главное меню → Настройки → Изменение параметров → Параметры слежения → Коэффициент интегрирования» (Рис.11) и не используется в данном оборудовании.



Рис.11

### 5.1.9.3. Период дискретизации

Величина периода дискретизации задаёт интервал времени, через который в режиме слежения за стыком происходит считывание изображения, формируемого объективом, и рассчитывается позиция свариваемого стыка. С такой же частотой выполняется расчёт управляющего корректирующего напряжения и выдача его на аппаратуру отклонения сварочной головки.

Параметр «Период дискретизации» расположен в «Главное меню → Настройки → Изменение параметров → Параметры слежения → Период дискретизации» (Рис.12).



Рис.12

Нажатие энкодера на пункте меню «Период дискретизации» позволяет, вращая энкодер, установить желаемую величину параметра. Повторное нажатие фиксирует изменения и возвращает курсор к предыдущему меню.

#### 5.1.9.4. Коэффициент корреляции

Параметр определяет степень подобия между заданной эталонной функцией (5.1.7) и реальным изображением стыка. Если рассчитанное значение коэффициента корреляции больше заданного, то слежение возможно. Величина коэффициента определяется опытным путём. Чем больше величина задаваемого параметра, тем более помехозащищённой становится аппаратура слежения, однако при этом может часто происходить потеря слежения за стыком.

Данный параметр расположен в «Главное меню → Настройки → Изменение параметров → Параметры слежения → Коэффициент корреляции» (Рис.13).



Рис.13

Порядок действий при редактировании параметра такой же, как было описано в (5.1.7)

### 5.1.10. Запуск слежения

Запуск режима слежения может быть осуществлён двумя способами:

- с автоматическим определением точки привязки;
- с ручным заданием точки привязки.

В автоматическом режиме «Главное меню → Автоматическая привязка» система управления сканирует всю видимую рабочую зону и автоматически определяет область изображения максимально похожую на стык. Степень подобия определяется параметрами эталонной функции. Запускается процесс слежения за свариваемым стыком (Рис.15).

В ручном режиме оператор самостоятельно при помощи меню «Главное меню → Задать привязку» на изображении, полученном от оптического датчика, устанавливает точку, принимаемую за середину стыка двух деталей (Рис.14). Далее, пункт меню «Главное меню → Запустить слежение» позволяет начать процесс слежения за стыком в позиции заданной пользователем при условии, что установленное положение и его ближайшая область изображения отвечают требованию подобия с эталонной функцией. Запускается процесс слежения за свариваемым стыком (Рис.15).



Рис.14

Нажатие энкодера на пункте меню «Задать привязку» позволяет, вращая энкодер, установить желаемую величину параметра. Повторное нажатие сохраняет в памяти заданное значение привязки.



Рис.15

Во время слежение на экране дисплея отображается величина «Смещение», равная отклонению рассчитанного положения стыка деталей от заданного положения электрода сварочной головки и «U<sub>вых</sub>» - величина управляющего напряжения, подаваемого на аппаратуру отклонения сварочной головки.

Указатель положения свариваемого стыка в виде  $\updownarrow$  означает выполнение процедуры слежения и выдачу корректирующего управляющего воздействия, пропорционально величине смещения. Если слежение отсутствует, указатель принимает следующую форму  $\downarrow$ . Это свидетельствует о том, что система слежения не может определить положение стыка.

#### 5.1.11. Загрузка/Сохранение параметров.

Электронный блок датчика стыка имеет энергонезависимую память на десять Наборов параметров.

Текущий набор параметров может быть сохранён в меню «Главное меню → Настройки → Сохранить параметры» (Рис.16). Вращая ручку энкодера, оператор устанавливает номер набора параметров (от 1 до 10), под которым будет сохранён текущий набор.





Рис.16

Если оператор внес изменения в любой из параметров меню «Главное меню → Настройки → Изменить параметры», при выходе в «Главное меню» будет предложено сохранить настройки как показано на рис.17.



Рис.17

Выбор пункта меню «Сохранить» сохраняет изменения в текущем наборе параметров.

Выбор пункта меню «Сохранить как...» позволяет выбрать номер, под которым будут сохранены изменённые параметры (Рис.16).

При работе с системой слежения оператор имеет возможность загрузить из энергонезависимой памяти любой из десяти наборов параметров. Меню «Главное меню → Настройки → Загрузить параметры» позволяет осуществить эту возможность (Рис.18).



Рис.18

### 5.1.12. Настройка яркости подсветки дисплея

Настройка яркости подсветки дисплея производится в меню “Главное меню → Настройки → Далее... → Контраст дисплея” как показано на рис.19.

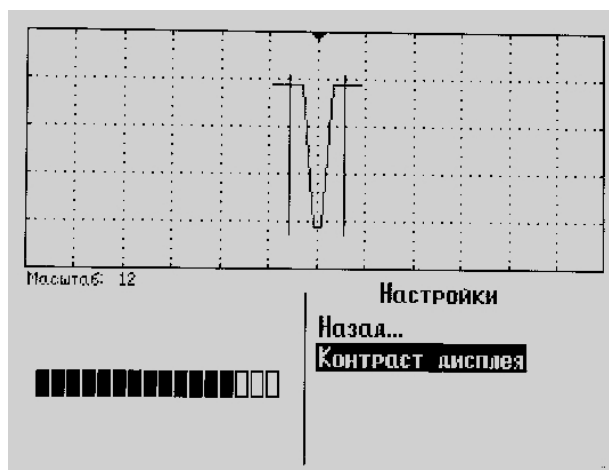


Рис.19

## 5.2. Пульт ручного управления.

Пульт ручного управления позволяет управлять двигателем перемещения сварочной головки в ручном режиме. Внешний вид пульта представлен Рис.20. Свечение индикатора указывает на включение питания системы.

Переключатель управления двигателем «Руч.» - «Авт.».

В положении «Руч.» позволяет управлять скоростью вращения двигателя с помощью регулятора. Включение двигателя производится с помощью тумблера «Вкл.руч». При отклонении ручки регулятора в одну или другую сторону двигатель вращается вправо или влево, причем скорость вращения увеличивается при увеличении угла отклонения регулятора.

В положении регулятора «Авт.» двигатель управляется сигналом от оптического датчика, значение которого показывается на дисплее « $U_{\text{вых}}$ ».

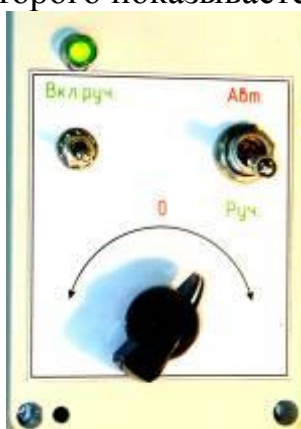


Рис.20

### 5.3. Оптическая головка.

Оптическая головка показана на Рис.21.



Рис.21.

Объектив оптической головки имеет три регулировочных кольца:

1. «Т - W» регулировка фокусного расстояния. При повороте кольца в сторону «W» увеличивается поле зрения оптической головки и погрешность измерения положения стыка. При повороте в сторону «Т» сужается поле зрения, а погрешность измерения уменьшается. Регулировка оптимального фокусного расстояния определяется экспериментально.
2. «С-О» регулировка диафрагмы. При повороте кольца в сторону «С» диафрагма закрывается, что приводит к уменьшению света, проходящего через объектив. При повороте в сторону «О» света через объектив проходит больше. Для регулировки диафрагмы следует установить головку в рабочее положение, запустить слежение и установить такое положение, при котором отчетливо виден стык и нет ограничения сигнала изображения на мониторе электронного блока.
3. «F-N» регулировка наведения на резкость. При вращении в сторону «F» более резкими будут объекты на большем расстоянии, при вращении в сторону «N» - на меньшем. Для точного наведения на резкость следует в рабочем положении оптической головки поместить вместо изделия лист белой бумаги с нанесенной черной полосой шириной 3-5 мм и, вращая регулировочное кольцо, добиться четкого изображения линии на экране монитора.

На объектив обязательно должен быть надет ультрафиолетовый защитный светофильтр.

### 5.3.1. Установка оптической головки.

Оптическая головка устанавливается на сварочную головку таким образом, чтобы она жестко была связана со сварочной горелкой. Габаритные и присоединительные размеры оптической головки показаны на Рис.22. Расстояние от плоскости крепления до измеряемой поверхности должно быть от 200 до 400мм.



Рис.22.

## 6. Порядок использования.

Порядок использования:

2. Установить оптическую головку на сварочную головку.
3. Установить в удобном для оператора месте электронный блок.
4. Подключить пульт дистанционного управления.
5. Подключить концевые выключатели.
6. Подключить двигатель и питание.

7. Установить на пульте режим «Руч.» и проверить движение двигателя и работу концевых выключателей.
8. Установить вместо свариваемого изделия белую бумагу с нарисованной темной полосой, шириной 3-5мм.
9. Запустить слежение и настроить объектив в соответствии с п.5.3.
10. Установить на пульте режим «Авт.» и, перемещая полосу в поперечном направлении, проверить работоспособность системы слежения.
11. Установить свариваемое изделие. Если темный стык не виден на изображении, то нанести темную линию параллельно стыку.
12. Настроить форму эталонной функции с соответствии с п.5.1.7.
13. В ручном режиме установить сварочную горелку строго на линию стыка.
14. Настроить требуемое положение сварочной головки с соответствии с п. 5.1.6.
15. Запустить слежение в автоматическом режиме.
16. После окончания сварки перевести переключатель режимов с положение «Руч.».

## 7. Указания по эксплуатации.

- на объективе оптического блока необходимо по мере запыления снимать и чистить защитные светофильтры
- запрещается наводить объектив на место сварки без светофильтра даже при выключенной аппаратуре
- запрещается включать и выключать разъемы при включенном питании
- не допускать попадания внутрь посторонних предметов и жидкостей.

## 8. Текущий ремонт

Ремонт модуля производится только у производителя.

## 9. Хранение

Модуль следует хранить в закрытых помещениях с естественной вентиляцией при температуре от минус 50 до плюс 50 °С и влажности 80 % при температуре плюс 20 °С. Наличие в воздухе паров кислот, щелочей и других агрессивных примесей не допускается.

## **10. Транспортирование**

Модуль может транспортироваться всеми видами закрытого транспорта в соответствии с правилами перевозок, действующими на каждом виде транспорта.

## **11. Утилизация**

Утилизация производится в порядке, принятом на предприятии-потребителе. При утилизации вредного влияния на окружающую среду не оказывается.

## **12. Гарантии изготовителя.**

Гарантийный срок эксплуатации системы слежения 12 месяцев с момента изготовления.