

ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» РСФСР  
Ленинградская организация  
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ДОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОПАГАНДЫ

**ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВАРОЧНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Ленинград  
1990

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СВАРОЧНЫМ ШВОМ

В статье описано программное обеспечение сенсорной системы для получения и обработки текущей информации о положении и параметрах сварного шва. Эта информация предназначена для решения задач адаптации роботов и автоматов дуговой сварки. Источником информации является разработанный во ВНИИЭСО оптический датчик.

Реальный путь расширения области автоматизации дуговой сварки - использование в составе систем управления автоматической дуговой сварки (СУ) внешних датчиков (сенсоров), обеспечивающих оценку состояния рабочей среды. Основными функциями внешних сенсоров являются получение и обработка в реальном масштабе времени данных, необходимых для адаптации управляющей программы в соответствии с фактическим положением и геометрическими параметрами сварного соединения (СС).

Основу для разработки требований к базе данных, алгоритмам и в целом к программному обеспечению (Про) внешних датчиков в составе СУ составляют: разнообразие, неоднозначность производственных ситуаций, необходимость обеспечения высокой надежности и достоверности результатов обработки при сильной зашумленности сигнала, работа в реальном масштабе времени, модифицируемость и расширяемость, обеспечение сервисных возможностей.

В силу жестких требований к быстродействию при обработке массивов данных (для описываемой разработки, 40 мс на ввод, интерпретацию и распознавание массива цифрового представления изображения из 256 однобайтных чисел) разработка Про должна проводиться на языке ассемблера.

Внешние датчики СУ представляют собой специализированную измерительную систему, в которой первичные измерительные преобразователи, устройства предварительной обработки данных и микроЭВМ (контроллер) сконфигурированы для последовательной обработки и вывода данных о фактическом положении горелки относительно линии сварного соединения (ЛСС) и геометрических параметрах СС.



Методы обнаружения, отслеживания положения ЛСС и измерения геометрических параметров СС основаны на определении положения поверхностей заготовок, формирующих СС, относительно сварочной горелки с размещенным на ней сенсором.

Оптический датчик (ОД) представляет собой оптико-электронное устройство, в котором информация о положении рабочей точки горелки относительно ЛСС получается посредством обработки изображения СС в окрестности зоны сварки. СС в контролируемой области освещается принудительно, например, встроенным в датчик лазером.

При этом оптическая система осветителя формирует на поверхностях заготовок структуру освещенности, изображение которой сравнительно просто может быть интерпретировано в результате цифровой обработки.

Аппаратный состав ОД, разработанного ВНИИЭСС, содержит: датчик, программируемый контроллер, блок управления, адаптер (пре-процессор).

Для определения расстояния до поверхностей свариваемых деталей в ОД используется триангуляция. Посредством наклонного к визирной оси ОД плоского светового пучка освещение контролируемых поверхностей заготовок структурируется. Пространственные координаты элементов светового сечения поверхностей заготовок, образующих сварное соединение, однозначно характеризуют положение линии СС в системе координат сенсора. Изображение анализируемой сцены на поверхности фоточувствительной ПЗС-матрицы, которое в условиях сварки характеризуется сильной зашумленностью, бинаризуется и интерпретируется для определения параметров и координат сварного соединения.

В блоке управления размещаются узлы управления ПЗС-матрицей и питания лазера. Выходными сигналами блока являются видеосигнал и импульсы геометрической привязки. Эти сигналы поступают на адаптер, который производит бинаризацию видеосигнала и вывод кода адреса засвеченных элементов в контроллер.

Цифровое представление анализируемой сцены обрабатывается в контроллере, так что выходными параметрами являются параметры разделки и координаты ЛСС в системе координат, связанной с ОД.

Контроллер реализован на базе серийно выпускаемой одноплатной микроЭВМ с процессором K1810BM86/87, имеет ОЗУ до 128 Кбайт,



ПЗУ до 64 Кбайт. Плата содержит также последовательный и параллельный интерфейсы, 2 программно управляемых таймера, контроллер прерываний и обеспечивает прием сигналов, поступающих от адаптера оптического сенсора, обработку и передачу обработанных данных, функционирование контроллера в режимах автоматическом, калибровки, тестирования. Связь с системой верхнего уровня осуществляется через двухпортовое ОЗУ.

Ресурсы, которыми должна быть наделена СУ, включающая внешнюю сенсорную систему для приобретения адаптивных свойств, существенно увеличивают сложность работы оператора и инженера-технолога, являющихся ее конечными пользователями. Поэтому функции, поддерживающие работу СУ с сенсорами и не относящиеся к составлению управляющей программы для конкретной производственной задачи, должны быть реализованы без участия пользователя или, по крайней мере, с применением формализованных методик.

К числу наиболее важных функций относятся следующие:

1. Настройка СУ на конкретный сенсор.
2. Построение моделей сварных соединений, в том числе в окрестности конца и начала шва, для их распознавания и идентификации по сенсорным данным.
3. Построение моделей конфигурации рабочей зоны и сенсоров для преобразования информации о пространственных отношениях (сенсор-среда).
4. Преобразование системы координат, связанной с сенсором, в базовую систему координат (сенсор-манипулятор).
5. Синхронизация процессов ввода-вывода и анализа сенсорных данных.

Выполнение указанных функций в полном объеме предполагает наличие у СУ определенной базы знаний и способности к развитому диалогу с пользователем.

При обработке сенсорной информации, осуществляемой на стадиях калибровки и обучения, реализуемых функциями 1-4, нет жестких требований к быстродействию контроллера.

Минимальное время обработки сенсорных данных необходимо в автоматическом режиме работы контроллера. Исходные предпосылки для разработки "быстрых" алгоритмов дает априорная информация о ана-



лизируемой сцене и учет малости отклонения результатов очередного цикла сенсорных измерений как от введенных в систему на стадии обучения, так и от результатов предыдущего цикла измерений.

Получение априорной информации производится во время обучения с помощью более сложных и медленных алгоритмов распознавания типа разделки и определения положения шва. При этом используется ряд алгоритмов: сегментации изображения, поиска характерных признаков изображения, по которым можно отнести полученное изображение к одной из моделей в имеющейся базе знаний. Учитывается, что удовлетворительной моделью светового сечения поверхностей, формирующих СС, является ломаная линия, представляющая собой совокупность отрезков прямых и криволинейных сегментов и др.

Инициализация контроллера производится после включения СУ. Здесь инициализируются таймеры, контроллер прерываний, контроллер параллельного ввода-вывода для связи с адаптером, ОЗУ, устанавливаются начальные значения переменных.

Модуль автоконфигурации обеспечивает самонастройку контроллера на конкретный тип ПЗС-матрицы. Это необходимо для работы как с полу-, так и с полноформатными телекамерами. Модуль определяет количество строк, получаемых от телекамеры в одном кадре, периоды следования строчных и кадровых синхроимпульсов. Эти значения используются в дальнейшем при работе модуля обработки изображения и драйвера связи с адаптером.

Модуль управления анализирует команды, поступающие от микроЭВМ верхнего уровня, запускает функциональные модули и разрешает прерывания, по которым запускаются драйверы связи с адаптером и микроЭВМ верхнего уровня.

Модуль обработки изображения включает подпрограммы поиска, слежения и калибровки, которые позволяют распознавать тип СС, определять координаты ЛСС в системе координат ПЗС-матрицы и приводить полученные координаты к системе координат относительно ОД.

Драйверы связи с адаптером и микроЭВМ верхнего уровня работают по прерываниям и обеспечивают бесконфликтное обращение к общим областям памяти при записи массивов, поступающих от адаптера,

обработке этих массивов, получении команд и передаче результатов в микроЭВМ верхнего уровня.

Вызов соответствующих модулей производится автоматически при выполнении пользователем калибровки ОД, обучения (отладке новой управляющей программы СУ) и при выполнении управляющей программы.