

УДК 621.791

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СБОРА ДАННЫХ О ПАРАМЕТРАХ РЕЖИМА
ДУГОВОЙ СВАРКИ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНОГО РЕГИСТРАТОРА
AUTOMATION OF THE PROCESS OF COLLECTING DATA ON ARC WELDING
MODE PARAMETERS USING A MOBILE RECORDER**

С.В. Болотов, Н.А. Толпыго

Белорусско-Российский университет, Могилев, Республика Беларусь

S.V. Bolotov, N.A. Tolpygo

Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus

Аннотация. Разработан программно-аппаратный комплекс для регистрации параметров процесса дуговой сварки, отличительной особенностью которого является использование мобильного устройства для отображения данных и передачи их на сервер. Описана структура программно-аппаратного комплекса и мобильного регистратора сварочных процессов, приведено описание протоколов обмена данными с сервером. Проведена апробация разработки при сварке магистральных трубопроводов

Ключевые слова: дуговая сварка, мобильный регистратор, параметры режима

Abstract. A software and hardware complex has been developed for recording parameters of the arc welding process, the distinctive feature of which is the use of a mobile device to display data and transfer it to the server. The structure of the hardware and software complex and the mobile recorder of welding processes is described, and a description of the protocols for data exchange with the server is given. The development was tested for welding main pipelines.

Keywords: arc welding, mobile recorder, mode parameters.

Введение

Дуговая сварка находит широкое применение при производстве сварных конструкций. Соблюдение технологии сварки является важнейшим условием получения качественных сварных соединений [1].

Зарубежные производители сварочного оборудования комплектуют сварочные источники питания автоматизированными системами регистрации параметров сварочных процессов. Наиболее известными из них являются WeldQAS фирмы ESAB (Швеция), WELDCUBE фирмы Fronius (Австрия), WELD EYE фирмы KEMPPİ (Финляндия), Q-Data фирмы Logch (Германия) [2-5]. Среди отечественных разработок можно выделить систему сетевого мониторинга Weld Web компании «Росвелд», а также выпускаемые регистраторы сварочных процессов, например, РСП-102Д фирмы ИТС [6,7].

Большинство автоматизированных систем работают только с оборудованием собственного производства, имеют высокую стоимость, закрытый код, что не позволяет перенастроить их под конкретное сварочное производство. Таким образом, разработка универсальных программно-аппаратных средств для автоматизации процесса сбора данных о параметрах режима дуговой сварки является актуальной задачей.

Разработка программно-аппаратного комплекса

В Белорусско-Российском университете разработана автоматизированная система регистрации сварочных процессов, которая предназначена для контроля за соблюдением технологии при производстве сварочных работ на объектах повышенной опасности [8,9]. Аппаратная часть системы состоит из основного блока регистрации, блока датчиков, пульта сварщика. Блоки регистратора достаточно габаритны, имеют проводное соединение, что затрудняет мобильность устройства, увеличивает время подготовки его к работе.

Предложено отдельные функции регистратора, такие как идентификация пользователя, ввод и отображение данных, сигнализация о нарушении параметров режима сварки, реализовать в мобильном устройстве (смартфоне). Такое решение позволяет значительно упростить аппаратную часть регистратора, уменьшить габариты и стоимость, повысить его мобильность и универсальность за счёт оперативного обновления программного обеспечения мобильного приложения.

Структурная схема программно-аппаратного комплекса представлена на рис.1. Основными элементами аппаратной части комплекса являются мобильное устройство (смартфон) с установленным на нём программным обеспечением и мобильный регистратор, который через блок датчиков сварочного тока и напряжения на дуге подключается к любому сварочному аппарату. Программная часть комплекса располагается на сервере и содержит базу данных сварочного оборудования, сварщиков, технологических инструкций, заданий на сварку и паспортов сварных соединений.

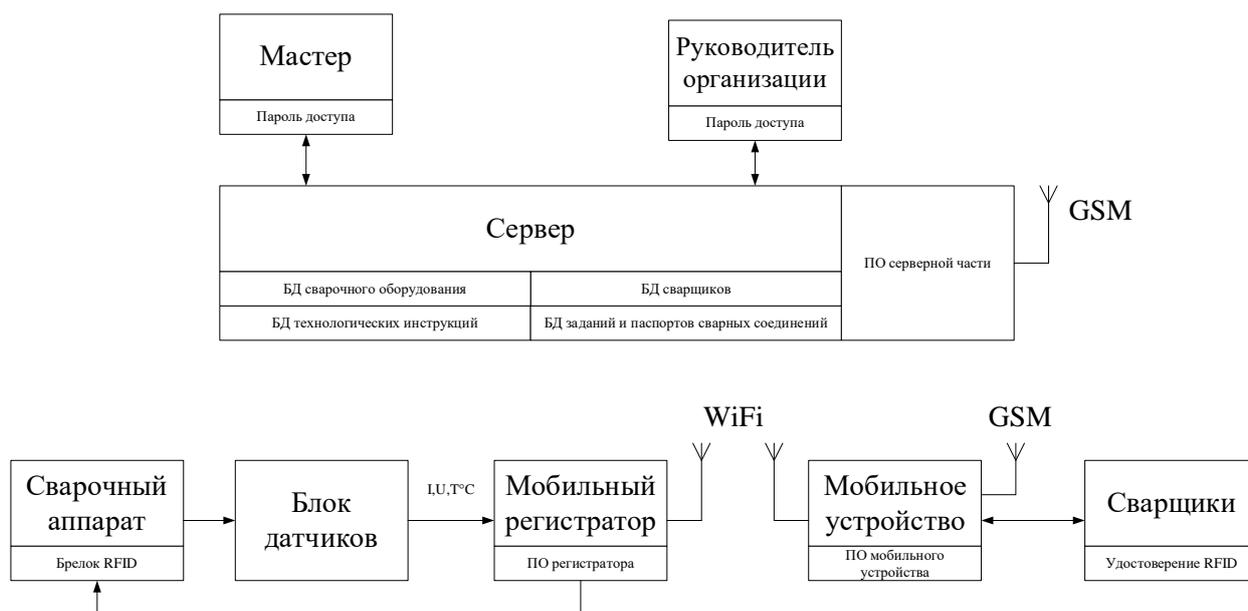


Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса

При проведении сварочных работ сварщик инициализируется удостоверением через RFID в мобильном устройстве. Мобильный регистратор управляет сварочным аппаратом при инициализации брелком RFID. Во время сварочных работ блок датчиков измеряет на сварочном аппарате сварочный ток и напряжение и передает данные на мобильное устройство по WiFi связи. Мобильное приложение обменивается данными с сервером по GSM связи. Мастер и руководитель организации имеют парольный доступ к программному обеспечению серверной части для формирования заданий на сварку, просмотра паспортов сварных соединений, отчетов о работе сварщиков и оборудования.

Основным элементом мобильного регистратора (рис. 2) является контроллер, который управляет блоком индикации и блоком управления сварочным аппаратом. По цифровому

каналу связи взаимодействует с блоком хранения данных от внешнего накопителя, который необходим для аккумуляции данных при нарушении связи по WiFi с мобильным приложением. Сигнал, приходящий с блока датчиков, дискретизируется с частотой 10 кГц и передается на контроллер по цифровому интерфейсу связи. Контроллер питается напряжением 3,3 В от аккумуляторной батареи, блок управления сварочным аппаратом питается напряжением 12 В, АЦП питается напряжением 3,3 В, блок датчиков двухполярным напряжением ± 15 В, блок хранения данных напряжением 3,3 В, внешний накопитель через USB-разъем напряжением 5 В. Контроллер осуществляет блокировку работы сварочного источника питания через блок управления сварочным аппаратом при длительном выходе за рекомендуемые технологической инструкцией параметры режима сварки.

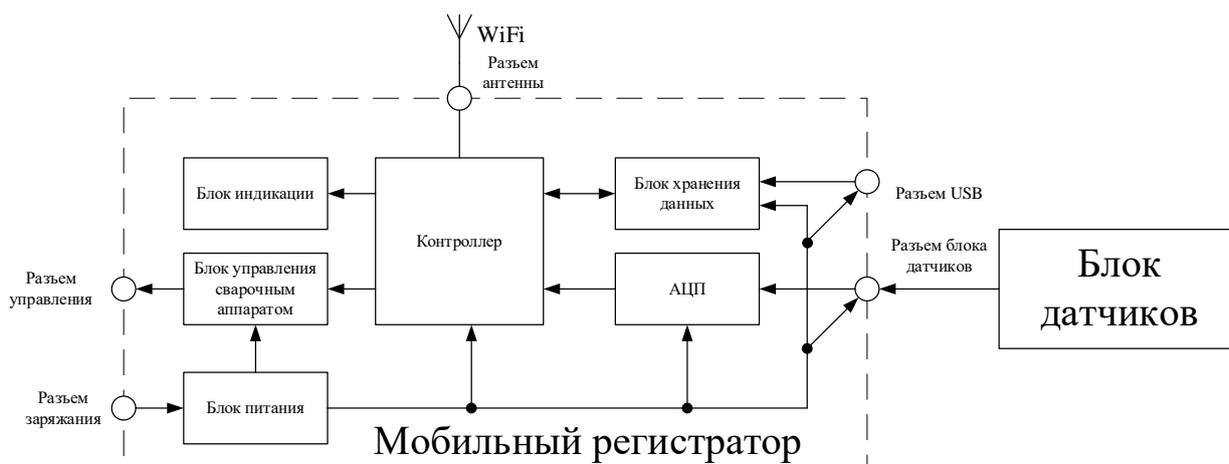


Рис. 2. Структурная схема мобильного регистратора

Протокол обмена данными между мобильным приложением и аппаратной частью комплекса содержит:

1. Экран установки соединения:

Mob -MAC?-> Esp, MAC? — команда на получение мак адреса;

Esp -> {пакет_данных} -> Mob;

RegID —идентификатор регистратора (заводской номер);

ErCode —код ошибки;

Charge —уровень заряда аккумулятора;

Форма:

```
[{"RegID": "0001", "ErCode": "0005", "Charge": "89"}]
```

2 Ручной режим и автоматический режимы:

Mob -STRT-> Esp, STRT - команда на начало получения данных сварочного процесса

Esp1 -> {пакет_данных} -> Mob

RegID (RegistarID) — идентификатор регистратора

Amp (Amperages) — массив значений тока

Volt (Volts) — массив значений напряжения

Форма:

```
[{"RegID": "0001", "Amp": [66,69,64,70,67,68,65,71,68,73], "Volt": [28,25,25,26,26,23,23,27,27,21]}]
```

Mob ->STOP->Esp, STOP – команда на прекращение передачи данных.

Протокол обмена данными с сервером базируется на HTTP протоколе, при помощи методов POST и GET запросов. Формат высокого уровня выбран с использованием технологии JSON — это распространённый скриптовый формат текстовых сообщений с использованием JavaScript между мобильным приложением и сервером.

Набор запросов содержит четыре POST запроса и два GET запроса.

Мобильное приложение (рис.3) представляет собой связующее звено между аппаратной и серверной частями программно-аппаратного комплекса. Мобильное приложение предназначено для удаленного получения данных, характеризующих сварочный процесс (ток и напряжение) с мобильного регистратора, выполнения обработки полученных данных, анализа отклонений параметров сварочных процессов от необходимых значений и уведомления пользователя о возникшем отклонении параметров режима сварки путем воспроизведения звукового сигнала.

ТАБЛИЦА 1.
ТИПЫ ЗАПРОСОВ И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

Метод запроса	Путь запроса	Назначение
POST	/api/account/login	Аутентификация пользователя
	/api/modem/finish/{id}	Подтверждение завершения задания
	/api/modem/data	Отправить собранные данные на сервер
	/api/manual/data	Отправить собранные данные на сервер в ручном режиме работы мобильного приложения
GET	/api/tasks	Получить список заданий, хранящийся на сервере
	/api/machines	Получить список сварочного оборудования, хранящийся на сервере

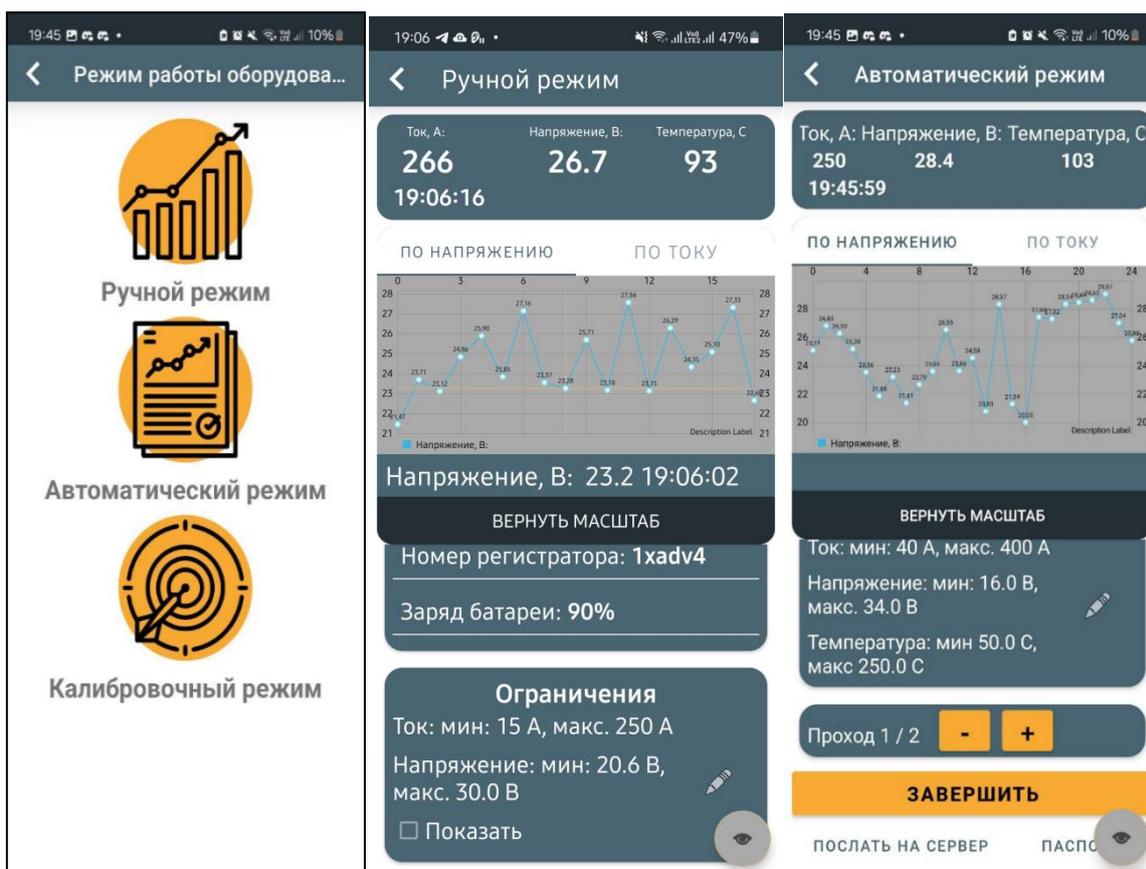


Рис. 3. Экранные формы мобильного приложения

Эксперименты

Экспериментальные исследования работы программно-аппаратного комплекса осуществляли при сварке магистральных трубопроводов ПУ «Нефтеспецстрой» РУП

«Производственное объединение «Белоруснефть». На рис.4 представлен фрагмент паспорта сварного шва (труба 235 x 8 мм из стали 20) корневого шва, выполненного на сварочном аппарате LORCH MicorStic 200 RC CP Pro аттестованным сварщиком.

Инструкцией на технологический процесс сварки предусмотрен диапазон изменения сварочного тока от 50 до 120 А при максимальном напряжении на дуге 40 В. Минимальное значение сварочного тока составило 75,0 А, максимальное 95,0 А (в момент начала сварки), среднее 86,0 А. Минимальное значение напряжения составило 17,3 В, максимальное 36,3 В, среднее 22,6 В. Допуски выполняются.

Проведена калибровка датчиков программно-аппаратного комплекса, который обеспечивает измерение сварочного тока в диапазоне от 0 до 500 А с погрешностью $\pm 1,5\%$ и напряжение на дуге в диапазоне от 10 до 100 В с погрешностью $\pm 1,5\%$.

С использованием программно-аппаратного комплекса было сварено более 100 стыков труб диаметрами 89 мм, 114 мм, 159 мм, 219 мм, 273 мм, 325 мм. Получены положительные отзывы о работе комплекса, отмечена простота его использования, мобильность и надёжность.

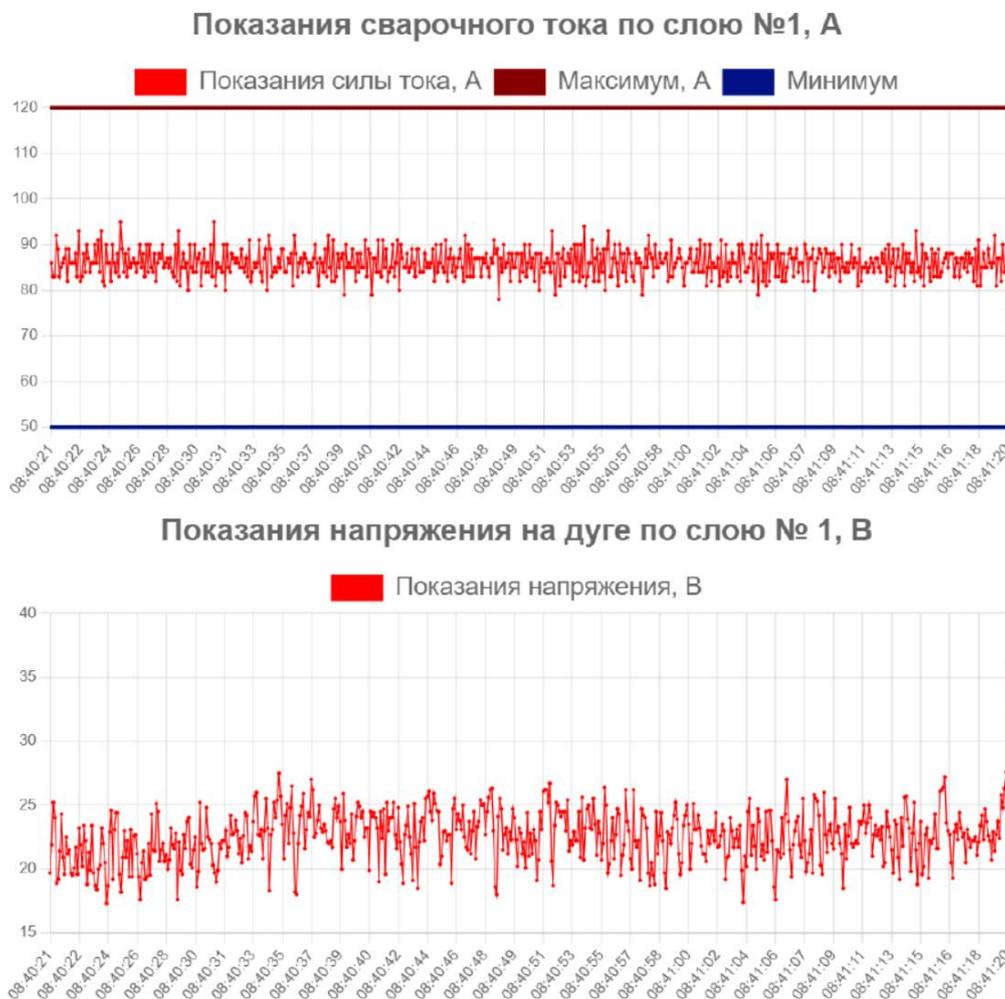


Рис. 4. Фрагмент паспорта сварного соединения

Выводы и заключение

Разработанный программно-аппаратный комплекс позволяет автоматизировать процесс сбора данных о параметрах режима дуговой сварки. Использование мобильного

регистратора и мобильного устройства значительно упрощает аппаратную часть комплекса, уменьшает габариты и стоимость, повышает его мобильность и универсальность.

Программно-аппаратный комплекс прошёл испытания при сварке магистральных трубопроводов ПУ «Нефтеспецстрой» РУП «Производственное объединение «Белоруснефть».

Использование разработанного программно-аппаратного комплекса актуально при выполнении сварки на объектах повышенной опасности, где требуется высокое качество сварки, строгое соблюдение параметров технологических процессов, оперативное получение документации, подтверждающей соответствие проведенных сварочных работ инструкциям и стандартам.

Список источников

1. Куликов В. П. Технология сварки плавлением и термической резки : учеб. Минск : Новое знание, 2019. 463 с.
2. WeldQAS // HKS-PROZESSTECHNIK : website. URL: <https://www.esab.ru/ru/ru/products/digital-solutions/quality-assurance/weldqas.cfm> (date accessed: 27.04.2024).
3. WeldCube. Welding production at a glance // Fronius Perfect Welding : website. URL: <https://www.fronius.com/en/welding-technology/products/digital-products/digital-products/weldcube/weldcube-basic> (date accessed: 27.04.2024).
4. Q-DATA BY LORCH // Lorch : website. URL: <https://www.lorch.eu/en/productworld/q-data/> (date accessed: 27.04.2024).
5. WELD EYE // KEMPMI : website. URL: <https://www.kemppi.com/en-US/offering/family/weldeye/> (date accessed: 27.04.2024).
6. Система сетевого мониторинга Weld Web: выводим сварку на новый уровень // DeltaSVAR : website. URL: <https://deltasvar.ru/articles/svarochnoe-oborudovanie/sistema-setevogo-monitoringa-weld-web-vyvodim-svarku-na-novyy-uroven/> (date accessed: 27.04.2024).
7. Регистратор параметров сварочных процессов РСП-102Д // Инженерный и технологический центр : сайт. URL: https://npfets.ru/catalog/ets/prochee/registratoru/registrator_parametrov_svarochnuh_processov_rsp_102d/ (дата обращения: 28.06.2024).
8. Болотов С. В., Захарченков К. В., Куликов В. П. Автоматизированная система контроля качества дуговой сварки. DOI 10.24412/2077-8481-2023-3-144-152 // Вестник Белорусско-Российского университета. 2023. № 3 (80). С. 144–152. EDN WGENFZ.
9. Болотов С. В., Захарченков К. В., Бобков Н. К. Разработка автоматизированной системы регистрации сварочных процессов // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. / Белорус.-Рос. ун-т ; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. Могилев : Изд-во Белорус.-Рос. ун-та, 2022. С. 20–22. EDN FEWLCU.