

УДК 621.791.793

Кассов В. Д., Иванык А. В.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ

Одним из важных условий получения швов высокого качества является устойчивое протекание процесса электрошлаковой сварки. Автоматизация системы контроля над устойчивостью процесса сварки, является одним из самых важных требований для получения качественного сварного соединения, соответствующего современным технологическим требованиям [1–3].

Для получения точной информации о стабильности процесса электрошлаковой сварки требуется запись основных показателей режима сварки в реальном времени и последующий вывод данных в том виде, который будет удобен для анализа и дальнейшей обработки экспериментально полученных данных [3–5]. Промышленное оборудование для управления процессом электрошлаковой сварки позволяет контролировать процесс по уже заложенному в него производителем алгоритму. Однако при проведении исследовательских работ и проектировании новых систем управления необходимо строить принципиально новые схемы, алгоритм работы которых может не поддерживаться стандартной аппаратурой.

Цель работы – определить значение основных параметров режима электрошлаковой сварки в режиме реального времени и получить графический отчет о стабильности процесса.

Электрошлаковая сварка представляет собой сложный электротермический процесс со взаимосвязью между параметрами, характер изменения которых в реальных условиях зависит от целого ряда факторов, которые в течение процесса сплавления основного и присадочного металла изменяются в широких пределах [5]. Устойчивость электрошлакового процесса, форма шва и глубина проплавления основного металла зависят от параметров режима сварки. К основным параметрам относятся: сварочный ток и напряжение сварки [6–8].

Стандартная аппаратура управления электрошлаковым процессом имеет некоторые недостатки, к которым следует отнести: отсутствие возможности точного фиксирования основных показателей режима сварки в реальном времени и последующего вывода данных в том виде, который позволит отследить стабильность процесса электрошлаковой сварки на любой его стадии [9–12].

Для реализации системы автоматического контроля режима электрошлаковой сварки на базе микропроцессорной техники были решены следующие задачи: выбраны датчики тока и напряжения, выбран микроконтроллер, спроектирован источник питания для микроконтроллера, выбран исполнительный механизм и разработана структурная схема.

Для электрошлаковой сварки использовался сварочный аппарат А-645 в сочетании с источником питания, трансформатором ТШС-1000-1. Данный трансформатор является экономичным по сравнению с источником постоянного тока, имеет небольшой вес, высокий коэффициент полезного действия. Технические характеристики трансформатора тока ТШС-1000-1 приведены в табл. 1.

Преобразователи силы переменного тока измерительные разъемные ДТР-01 предназначены для преобразования силы переменного тока в силу постоянного тока стандартного интерфейса «токовая петля 4/20 мА» с гальванической изоляцией входной шины от цепей питания и выхода.

ДТР-01 предназначены для работы в составе измерительных и управляющих систем. Выбранный датчик тока подключен к вторичной обмотке трансформатора тока. Датчик ДТР-01 был установлен в количестве 1 штука, так как трансформатор однофазный (рис. 1).

Таблица 1

Технические характеристики трансформатора

Тип	Ток номинальный, А	Первичное напряжение, В	Вторичное напряжение, В	Наибольшая потребляемая мощность, кВт	Частота питающей сети, Гц	Число ступеней
ТШС-1000-1	1000	380	38–62	54	50	18

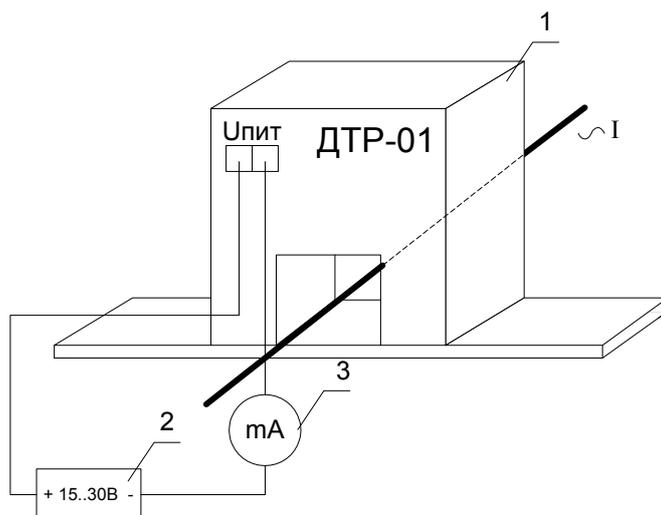


Рис. 1. Схема включения преобразователя тока ДТР-01:

1 – преобразователь переменного тока; 2 – источник питания датчика; 3 – амперметр

Ко вторичной обмотке трансформатора подключен датчик напряжения. Выбран датчик напряжения ДНТ-051 для работы в однофазных цепях (рис. 2). ДНТ-051 содержит независимый канал, который гальванически изолирован.

В рассматриваемой системе управления принято решение использовать микроконтроллер LPC2138 (рис. 3). Эти микроконтроллеры основаны на 32-х разрядном ядре ARM7 и имеют структуру, типичную для контроллеров на этом ядре.

В основе контроллеров ARM7 лежит ядро ARM7TDMI-S. В ядро интегрирован JTAG-интерфейс, позволяющий выполнять программирование и пошаговую отладку микроконтроллера.

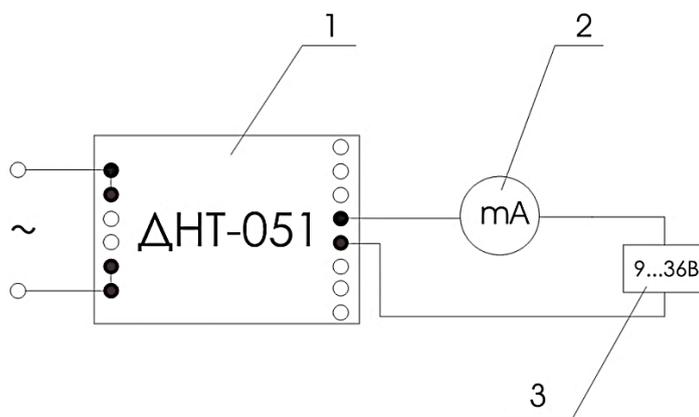


Рис. 2. Схема включения преобразователя напряжения ДНТ-051:

1 – датчик напряжения; 2 – амперметр; 3 – источник питания датчика

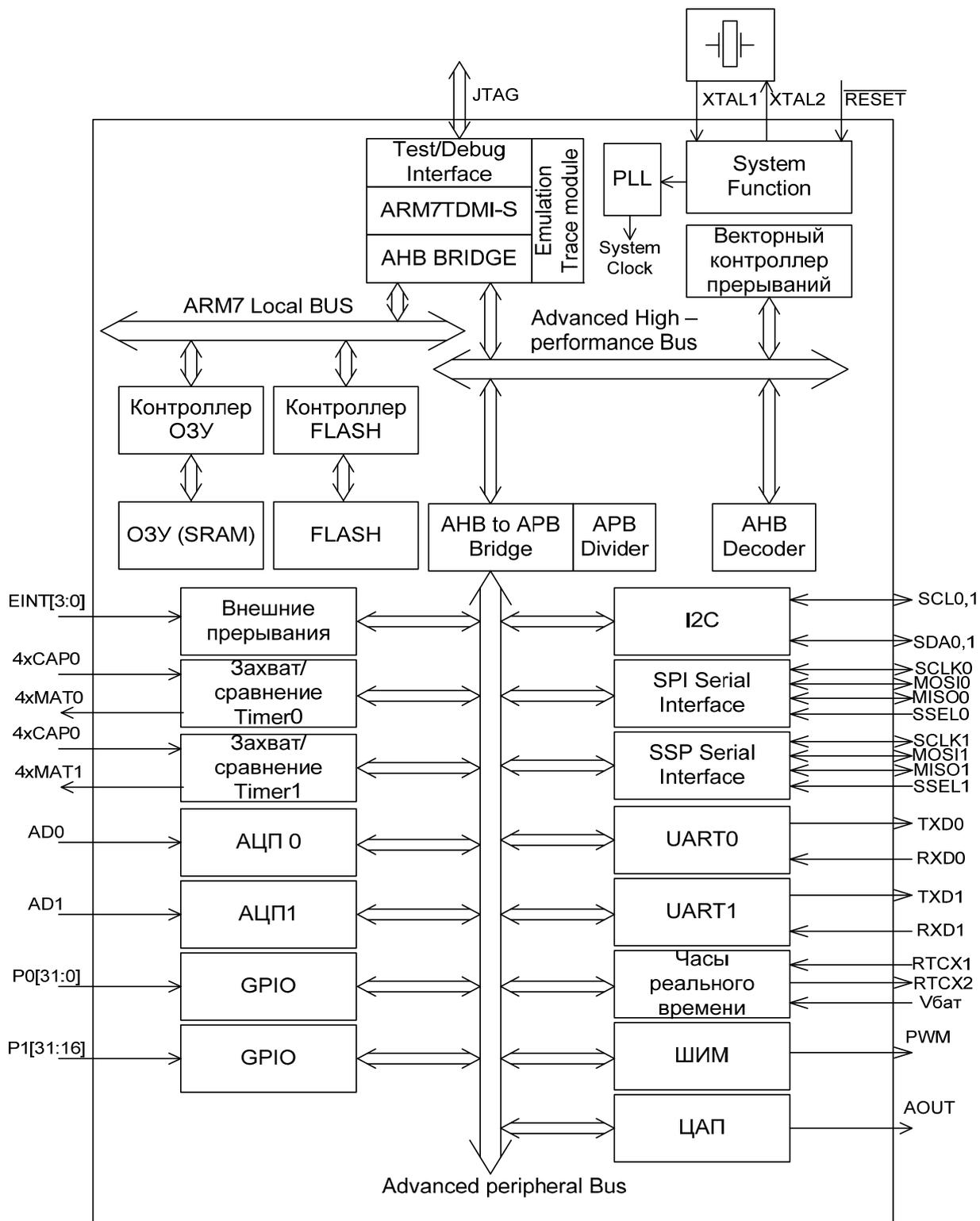


Рис. 3. Структурная схема микроконтроллера LPC2138

Контролируемым параметром является напряжение и ток. Номинальное напряжение – 380 В. Схема будет работать следующим образом: ток и напряжение – основные параметры будут контролироваться постоянно. Ток со вторичной обмотки трансформатора передается на датчик тока, который в свою очередь будет, преобразовывает его в токовую петлю 4/20 мА. Далее через фильтр нижних частот (который необходим для фильтрации высокочастотных импульсных помех), на АЦП.

Определим разрядность АЦП:

$$N_{\text{АЦП}} = \log_2 \frac{I_k}{I_{\text{ном}}} = \log_2 \frac{16000}{1200} = 1,5. \quad (1)$$

Поскольку разрядность АЦП не превышает 10, то был использован АЦП, встроенный в микроконтроллер.

Информативность о напряжении контроллер получает следующим образом: с трансформатора сигнал поступает на датчик тока и через ФНЧ на микроконтроллер.

Для работы микроконтроллера написана программа на основании составленной блок-схемы алгоритмов.

Блок-схема алгоритма включает в себя 3 основных подпрограммы: инициализация данных; ручная настройка; автоматическая настройка.

В основной функции происходит инициализация глобальных переменных и задач, их описание, присвоение идентификаторов, запуск системы реального времени. На рис. 4 изображена блок-схема алгоритма работы функции.

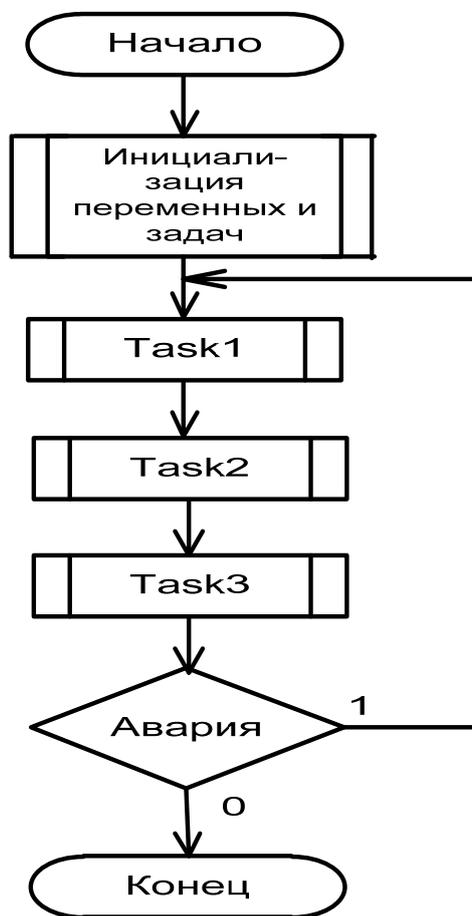


Рис. 4. Блок-схема алгоритма работы функции

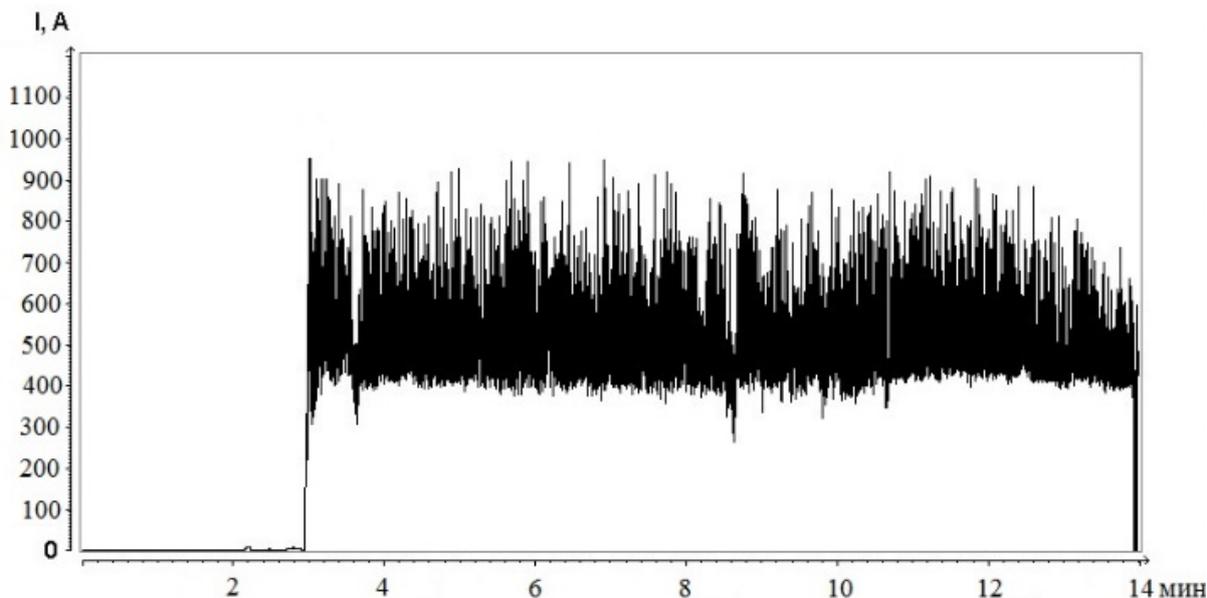
Задача Task1 предназначена создания всех последующих задач, присвоения им приоритета. Задача Task2 предназначена для инициализации и запуска АЦП, чтение и сохранение данных принимаемых с датчиков. Задача Task3 предназначена для вывода информации на индикацию.

После доукомплектования сварочной установки, разработанной аппаратура для контроля и мониторинга процесса сварки, были проведены экспериментальные работы по выявлению надежности работы микроконтроллера. Исследование проводилось на образцах из стали 35

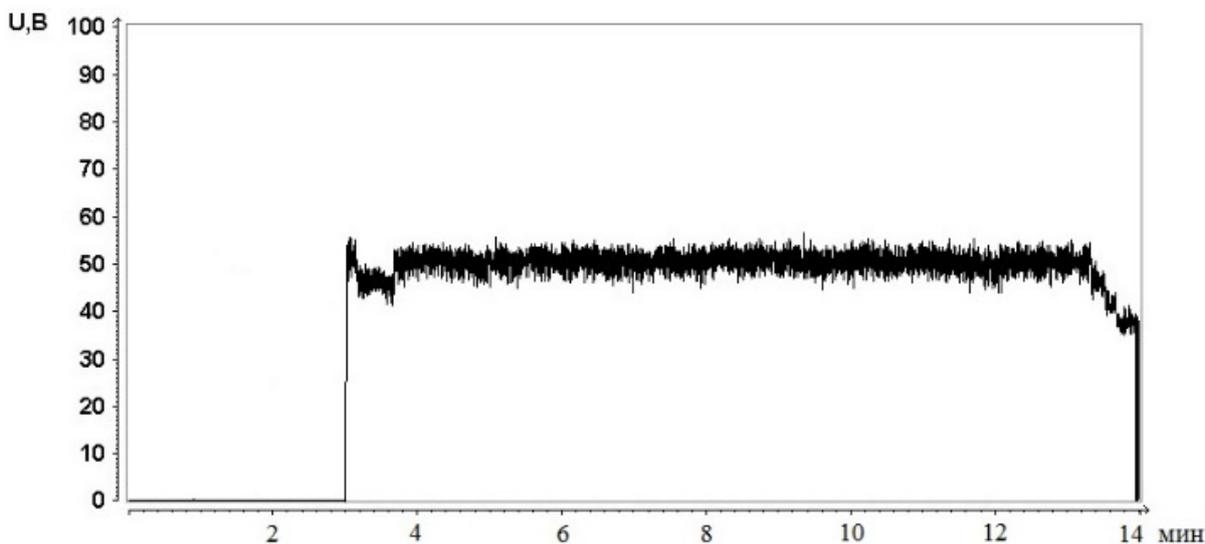
размером $160 \times 160 \times 160$ мм, в одной из плоскостей, которых сверлилось имитирующее разделку дефекта отверстие диаметром 60 мм, глубиной 100 мм с углом раскрытия конуса донной части 120° .

В процессе сварки система контролировала и фиксировала значения тока, и напряжения в режиме реального времени.

Результатом работы системы мониторинга стабильности процесса электрошлаковой сварки является графическое отображение контролируемых параметров (тока и напряжения), как функции от времени.



а



б

Рис. 5. Результат работы программы системы мониторинга:
а – параметр силы тока; б – параметр напряжения

Полученные графики тока и напряжения свидетельствуют о том, что процесс сварки проходил стабильно, имели место незначительные отклонения от заданного оптимального значения (для напряжения $U_{\text{опт}} = 54\text{--}56$ В, для тока $I_{\text{опт}} = 650\text{--}700$ А).

ВЫВОДЫ

Таким образом, была разработана микроконтроллерная система мониторинга процесса электрошлаковой сварки, а именно основных показателей отвечающих за стабильность процесса сварки и качество сварного соединения: силы тока и напряжения.

Построенная быстродействующая система измерения и регистрации параметров процесса электрошлаковой сварки, не только отображает значение основных показателей сварки в реальном времени, но и записывает график стабильности процесса по каждому из параметров, что дает возможность анализировать полученные графические результаты и определять оптимальный алгоритм программы управления, с целью получения качественного сварного соединения.

Благодаря использованию контроллера для электрошлаковой сварки системой автоматического управления и мониторинга охватываются основные параметры процесса, что позволяет внедрить в реальный производственный процесс полученные теоретические зависимости и рекомендуемые режимы сварки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов В. М. Изготовление крупных сварных конструкций с применением электрошлаковой сварки: монография / В. М. Семенов – Краматорск : ДГМА, 2012. – 228 с.
2. Иванык А. В. Целесообразность использования электрошлакового процесса в тяжелом машиностроении. / А. В. Иванык, В. М. Семенов, В. Д. Кассов // *Материалы 4-й международной научно-технической конференции «Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве»*. – Краматорск, 2013. – С. 118–120.
3. Ярославцев В. М. Общий подход к оценке параметров качества изделия при восстановлении. / В. М. Ярославцев, Н. А. Ярославцева // *Наука и образование*. – 2012. – № 5. – С. 18–23.
4. Иванык А. В. Перспективы использования ванно-шлаковых технологий в тяжелом машиностроении. / А. В. Иванык // *Материалы XI Международной научно-технической конференции «Тяжелое машиностроение. Проблемы и перспективы развития»*. – Краматорск, 2013. – С. 53.
5. Кассов В. Д. Совершенствование электрошлаковых технологий в машиностроении / В. Д. Кассов, В. М. Семенов, А. В. Иванык // *Материалы девятой международной научно-технической конференции «Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования»*. – Вологда, 2014. – С. 101–104.
6. Semenov V. M. Manufacture of welded designs from the carbon and alloyed steels in machine building. / V. M. Semenov, Ivanuk A. V., Taric M., Serif V. S. // *Metallurgia international*. – 2013. – №9 (vol. XVIII). – P. 59–64.
7. Иванык А. В. Анализ эффективности электрошлаковых технологий с учетом современных требований к производственным условиям. / А. В. Иванык, В. М. Семенов. // *Материалы 4-й межвузовской научно-технической конференции «Энерго- та ресурсосберегающие технологии при эксплуатации машин и оборудования»*. Донецк, 2012. – С. 41–43.
8. Кассов В. Д. Оптимизация режима при заварке дефектов электрошлаковым способом. / В. Д. Кассов, А. В. Иванык. // *Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии : сборник научных трудов*. – Краматорск : ДГМА, 2014. – № 2 (33). – С. 14–17.
9. Кассов В. Д. Исправление дефектов литья электрошлаковым способом. / В. Д. Кассов, А. В. Иванык // *Материалы 4-ой Международной научно-практической конференции «Современные инновации в науке и технике»*. – Курск, 2014. – С. 238–240.
10. Малыгина С. В. Разработка измерительной системы для определения процесса сварки открытой дугой. / С. В. Малыгина, Е. В. Бережная, М. А. Турчанин, В. Д. Кассов. // *Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии : сборник научных трудов*. – Краматорск : ДГМА, 2012. – № 4 (29). – С. 175–179.
11. Ларичев О. Н. Теория и методы принятия решений / О. Н. Ларичев. – М. : Логос, 2006. – 392 с.
12. Бережная Е. В. Микроконтроллерная система мониторинга интенсивности износа наплавленного металла. / Е. В. Бережная, Ю. А. Чепель, В. Д. Кассов. // *Вестник Донбасская государственная машиностроительная академии : сборник научных трудов*. – Краматорск : ДГМА, 2012. – № 2 (27). – С. 141–144.