

# ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Л. М. ЛОБАНОВ, Е. В. ШАПОВАЛОВ, В. А. КОЛЯДА

ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ. 03680, г. Киев-150, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Рассмотрены примеры применения современных информационных технологий для решения различных задач по трем направлениям: автоматизация технологических процессов в трубосварочном производстве на базе систем технического зрения, разработка робототехнических сварочных комплексов и автоматизированный контроль геометрических параметров железнодорожного пути. Предложен ряд законченных технических решений, разработанных в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, и определены перспективные области дальнейших исследований. Библиогр. 8, рис. 12.

*Ключевые слова:* информационные технологии, автоматизация процессов, системы технического зрения, трубосварочное производство, робототехнический сварочный комплекс, контроль геометрических параметров, железнодорожный путь

На сегодня развитие технологий сделало возможным эффективное внедрение систем автоматизированного управления и контроля в различные отрасли промышленности и народного хозяйства. Автоматизация технологических процессов поднимает качество производства на уровень, который практически недостижим для человека, т. е. позволяет человеку контролировать производственный процесс, не участвуя в нем непосредственно. Благодаря комплексной автоматизации производственных процессов повышается их производительность, поскольку получение и использование данных для управления и контроля осуществляется автоматически. На современных предприятиях автоматизация производства осуществляется с целью повышения надежности оборудования, снижения себестоимости продукции, увеличения производительности, улучшения условий труда и создания производства более безопасного для человека. Автоматизация технологических процессов в рамках одного производственного процесса позволяет организовать основу для внедрения систем управления производством и систем управления предприятием. Таким образом, разработка новых и совершенствование существующих средств автоматизированного управления и контроля является достаточно важной и актуальной задачей.

В последнее время для решения задач автоматизации различных технологических процессов все чаще стали применяться системы технического зрения (СТЗ). Основное достоинство СТЗ – бесконтактный способ получения данных о состоянии объекта управления или контроля. Современные СТЗ отличаются достаточно высоким бы-

стродействием, что позволяет их использовать для наблюдения за объектами с высокой динамикой. СТЗ широко применяются как датчики обратной связи в системах автоматического управления, а также как средства контроля геометрических параметров объектов в системах технической диагностики.

На промышленных предприятиях постоянно расширяется применение промышленных роботов для позиционирования, обработки и сборки заготовок и изделий. Чаще всего промышленные роботы функционируют в соответствии с жесткой, наперед заданной, программой, т. е. многократно повторяют одну и ту же запрограммированную операцию. Но существует значительное количество технологических процессов, для которых необходима адаптация поведения работа под возможные изменения состояния объекта в процессе выполнения операции. При этом для автоматической коррекции программы управления роботом применяются различные датчики, обеспечивающие связь робота с внешним окружением. В некоторых случаях наиболее удачным является «симбиоз» промышленного робота и СТЗ, поскольку современные оптические датчики имеют высокую информативность и позволяют одновременно контролировать несколько параметров объекта.

**Технические средства для создания СТЗ.** В состав любой СТЗ входят два основных элемента: прибор регистрации оптического излучения и устройство обработки полученного видеосигнала. В более ранних моделях СТЗ для регистрации изображений объекта применяли аналоговые видеокамеры, для их обработки – компьютеры, оснащенные средствами аналогово-цифрового



преобразования телевизионного сигнала [1]. С развитием средств микропроцессорной техники на замену аналоговым видеокерам пришли миниатюрные фотоприемные сенсоры, которые могут самостоятельно преобразовывать оптическое излучение в цифровой код. А вместо компьютеров начали применяться специализированные микропроцессорные контроллеры, ориентированные на эффективное решение задач, связанных с цифровой обработкой изображений. Это позволило создавать миниатюрные СТЗ, характеризующиеся высоким быстродействием и широкими функциональными возможностями. В зависимости от принципа работы в оптических сенсорных системах применяется ряд дополнительных элементов, таких как источники структурированного и рассеянного подсвета рабочей области, различные светофильтры, рефлекторы и т. д. [2].

В ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины (ИЭС) разработано несколько модификаций микропроцессорных контроллеров, предназначенных для создания СТЗ. Это приборы небольшого размера, построенные на базе цифровых сигнальных или DSP (Digital Signal Processor) процессоров, основное назначение которых – высокопроизводительная обработка потоковых данных.

Контроллеры снабжены оперативной и постоянной памятью, интерфейсами для подключения матричных фотоприемников и портами для передачи результатов обработки внешним потребителям. Печатные платы содержат восемь слоев металлизации. Используются электронные компоненты только в промышленном исполнении. Предусмотрено подключение фотоприемников с разной разрешающей способностью и частотой обновления данных в выходном буфере, что дает возможность более гибко конфигурировать СТЗ в зависимости от особенностей конкретной решаемой задачи. Интерфейсы обмена данными с внешними устройствами также характеризуются разнообразием – разработаны модификации контроллеров, оснащенные портами типа SPORT, RS-422/RS-485 и Ethernet. Также разработана специализированная операционная система, предназначенная для управления аппаратными ресурсами устройств при обработке цифровых изображений в соответствии с пользовательскими алгоритмами. По сути разработанные контроллеры представляют собой специализированные миникомпьютеры, при создании которых применены последние достижения в области микропроцессорной техники. На их базе был разработан ряд СТЗ для автоматизации различных технологических процессов.

**Разработка СТЗ для автоматизации трубосварочного производства.** Технологический процесс изготовления сварных труб состоит из

множества отдельных операций, которые включают правку стальных листов, приварку технологических планок, подготовку продольных кромок, контроль качества фасок, предварительную и окончательную формовку трубной заготовки, сварку сборочного, внутреннего и внешнего рабочих швов, ультразвуковой и рентгеновский контроль сварного шва, правку и торцовку концов, контроль геометрии, нанесение антикоррозионного покрытия на внешнюю поверхность труб и др. Многие из этих операций могут быть полностью или частично автоматизированы с помощью СТЗ. Например, применение СТЗ позволяет полностью автоматизировать процесс контроля качества фасок на продольных кромках стальных листов. От точности подготовки фасок напрямую зависят геометрические параметры разделки стыка трубной заготовки. Следовательно, измерительный контроль размеров фасок – обязательная и достаточно важная технологическая операция. Сейчас измерение параметров фасок чаще всего выполняется в локальных точках с помощью ручного измерительного инструмента, что негативно влияет на достоверность результатов контроля. В ИЭС разработана бесконтактная сенсорная система ACS-100-KL, предназначенная для непрерывного автоматического контроля угловых и линейных размеров фасок на продольных кромках стальных листов. В состав системы входят два двухканальных сенсорных блока и контроллер. Сенсорные блоки, расположенные с двух сторон листа, измеряют необходимые геометрические параметры фасок непосредственно в процессе его движения. Контроллер сравнивает измеренные размеры с номинальными значениями и оценивает качество подготовки фасок по заданному критерию. Также на контроллер возлагаются задачи визуализации, архивации и паспортизации результатов контроля (рис. 1).

Принцип измерения размеров фасок следующий. Каждый сенсорный блок оснащен двумя цифровыми видеокерами и двумя лазерными излучателями, которые формируют световую плоскость. След

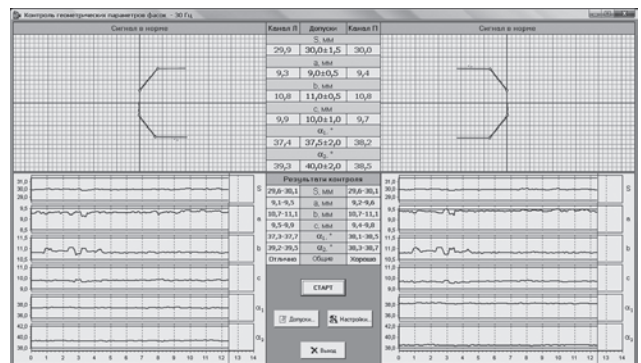


Рис. 1. Визуализация процесса контроля геометрических параметров фасок листов с помощью бесконтактной сенсорной системы ACS-100-KL

от пересечения световой плоскости с объектом измерения фиксируется видекамерами. Результатом обработки видеосигналов является кривая, описывающая профиль фасок в системе координат изделия. По точкам перегиба кривой вычисляются все необходимые параметры фасок. Обработка изображений выполняется с помощью микропроцессорных контроллеров на базе DSP процессоров, встроенных в сенсорные блоки. Точность измерения составляет 100...200 мкм. Система работает в масштабе реального времени, обеспечивая не менее 60-ти измерений в секунду. Благодаря применению специальных светофильтров сенсорные блоки полностью инвариантны к внешним оптическим помехам. Опытный образец системы ACS-100-KL успешно прошел предварительные испытания в производственных условиях на предприятии ЗАО «Ижорский трубный завод» (РФ), проводятся работы по подготовке рабочего образца.

Частичная автоматизация предполагает встраивание СТЗ в полуавтоматическую или механизированную технологическую установку. Например, в ИЭС разработана микропроцессорная система слежения за стыком для станов наружной сварки труб STS-200-NS, предназначенная для автоматического наведения сварочной головки на стык по двум координатам (в поперечном направлении и по вертикали) при сварке продольных наружных швов труб большого диаметра (рис. 2). В случае отсутствия следящей системы сварка труб обычно выполняется в полуавтоматическом режиме, при котором трубная заготовка подается автоматически, а наведение электродов на стык выполняется оператором-сварщиком вручную с помощью корректирующих механизмов.

Система STS-200-NS характеризуется следующими функциональными возможностями:

- распознавание стыков с V-образной разделкой кромок, в том числе с частичным заполнением после сборочного прохода;
- обнаружение центра разделки с точностью не хуже  $\pm 0,25$  мм;

- слежение за стыком с глубиной разделки от 1,5 до 20 мм;

- цифровое масштабирование изображения стыка за счет применения матричного фотоприемника высокого разрешения (5 Мпикс.);

- непрерывное отображение объекта слежения на внешнем дисплее (интерфейс VGA).

За счет статистической обработки данных, поступающих от специализированного лазерного сенсора, система STS-200-NS функционирует без сбоев при наличии различных помех в зоне стыка (бликов, царапин, частичек флюса, наплывов и др.). Система снабжена средствами интерактивного взаимодействия с оператором-сварщиком с помощью жидкокристаллического дисплея и сенсорного экрана. Оборудование системы создано с использованием современных электронных компонентов и печатных плат промышленного назначения, что обеспечивает его повышенную надежность и долговечность. Реализована гальваническая развязка питания и сигнальных цепей. Система слежения может встраиваться в состав любой установки для сварки наружных швов труб. Доступны следующие интерфейсы подключения: дискретные и/или аналоговые входы/выходы, RS-485 (Modbus), Ethernet, Profibus DP. Система слежения STS-200-NS используется в составе установок наружной сварки рабочих швов труб на предприятиях ПАО «Харьковский трубный завод» (Украина) и ОАО «Выксунский металлургический завод» (РФ).

Еще одним примером успешного внедрения СТЗ в трубное производство является система слежения за валиком усиления сварного шва для установок автоматизированного УЗ контроля (АУЗК) SF-100. Система предназначена для автоматической стабилизации поперечного положения УЗ датчиков относительно центра валика усиления в процессе УЗ контроля продольных сварных швов труб. Система SF-100 представляет собой независимый контур слежения за швом для одного механоакустического блока с УЗ датчиками.

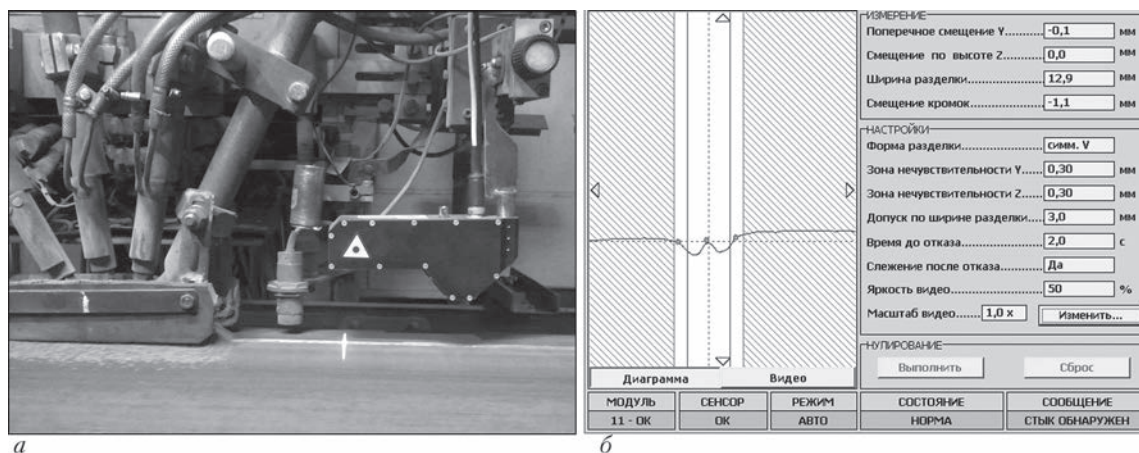


Рис. 2. Система слежения за стыком STS-200-NS при сварке продольных швов труб: а – лазерный сенсор; б – интерфейс оператора



Как правило, установки АУЗК оснащаются двумя или тремя контурами слежения в зависимости от их типа. Каждый такой контур состоит из лазерного датчика, функционирующего на основании принципа оптической триангуляции, и коммуникационного контроллера, предназначенного для обеспечения взаимодействия между датчиком, оператором и внешними устройствами через различные интерфейсы (дискретные входы/выходы, RS-485, Profibus DP). Лазерный датчик и коммуникационный контроллер являются микропроцессорными устройствами в промышленном исполнении (рис. 3). Вычислительные ядра устройств построены на базе DSP и ARM (Advanced RISC Machine) процессоров соответственно. Реализована гальваническая изоляция всех силовых и сигнальных цепей.

Система слежения SF-100 отличается высокими показателями помехозащищенности, надежности, быстродействия и чувствительности к высоте сварного шва. Лазерный датчик системы оснащен средствами вывода телевизионного сигнала, который может применяться для визуального наблюдения за процессом слежения. Система SF-100 внедрена в производство на предприятиях ОАО «Выксунский металлургический завод» и ЗАО «Ижорский трубный завод» (РФ), причем данной системой оснащены все установки предварительного и сдаточного УЗ контроля предприятий.

СТЗ также могут применяться для автоматизации отдельных технологических операций при нанесении антикоррозионного покрытия на внешнюю поверхность сварных труб. В ИЭС создана система SFS-P08, предназначенная для бесконтактного автоматического обнаружения сварного шва при вращении трубы и формирования сигналов управления дозировкой полимера [3]. При нанесении антикоррозионного полимерного покрытия на сварные трубы большого диаметра важно, чтобы толщина покрытия была одинаково

ва по всей поверхности трубы. Горячий полиэтилен достаточно пластичен и подвержен деформации валками, вращающими трубу. Полиэтилен в зоне сварного шва раскатывается валками сильнее и его толщина уменьшается, что приводит к неравномерной толщине покрытия. Принцип работы системы основан на лазерно-телевизионном сканировании поверхности вращающейся трубы с одновременным распознаванием образа валика усиления сварного шва (рис. 4). Благодаря обработке видеосигнала с помощью DSP процессора в режиме жесткого реального времени разработанная система позволяет гарантировано обнаруживать валик усиления сварного шва и в момент нанесения покрытия на валик увеличивать дозировку полимера. Предусмотрено подключение лазерного датчика к цеховой магистрали сжатого воздуха для охлаждения корпуса и принудительного обдува окон-иллюминаторов. Система SFS-P08 внедрена в производство на предприятиях ПАО «Харьковский трубный завод» (Украина) и ОАО «Выксунский металлургический завод» (РФ).

Перспективным направлением дальнейшего развития СТЗ для трубосварочного производства является разработка средств бесконтактного автоматизированного контроля геометрии готовых труб, поскольку измерение размеров труб с помощью ручного инструмента является достаточно длительной и трудоемкой операцией. В соответствии с технологией производства необходимо контролировать длину, диаметр, овальность, прямолинейность, перпендикулярность торцов и другие геометрические параметры труб.

**Автоматизация сварочных процессов на базе робототехнических комплексов.** Одним из направлений научных исследований, которое активно развивается в ИЭС, является роботизация сварочных процессов. Разработан автоматизированный сварочный комплекс для МИГ/МАГ

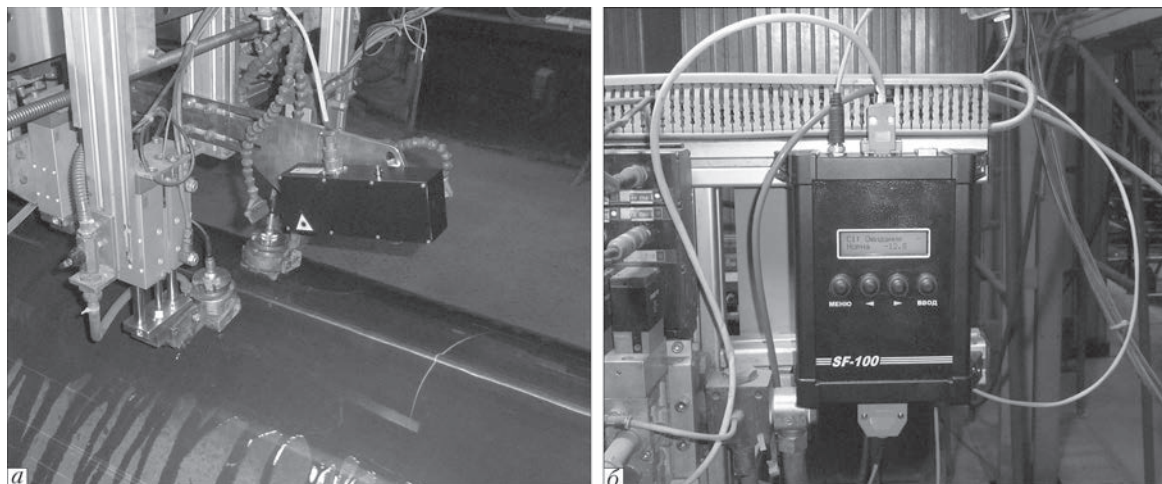


Рис. 3. Система слежения за валиком усиления сварного шва на установке АУЗК: а – лазерный датчик на механоакустическом блоке; б – коммуникационный модуль

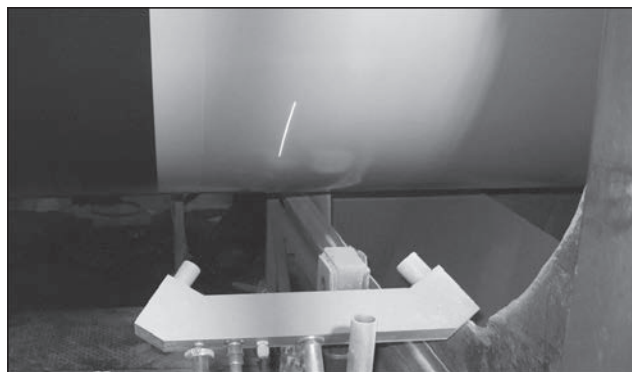


Рис. 4. Сканирование поверхности вращающейся трубы лазерным датчиком системы обнаружения сварного шва SFS-P08

сварки, оснащенный трехкоординатным манипулятором сварочного инструмента. Манипулятор построен на базе высокоточных модулей линейных перемещений с абсолютными датчиками положения, что обеспечивает высокую точность позиционирования ( $\pm 0,1$  мм). Функциональные возможности комплекса соответствуют сварочному роботу с прямоугольной системой координат. Реализовано три способа формирования траектории движения сварочной горелки при сварке: полуавтоматическое обучение по точкам; автоматическое обучение с помощью СТЗ и обучение «на лету» непосредственно в процессе сварки. В последнем случае траектория движения сварочного инструмента постоянно корректируется на основании данных, получаемых от СТЗ, с учетом компенсации транспортного запаздывания между горелкой и датчиком. В зависимости от типа решаемой задачи сварочный комплекс может оснащаться различными сенсорными подсистемами. Для сварки изделий в стык с зазором, близким к нулю, разработан стереоскопический датчик с рассеянным подсветом объекта сварки (рис. 5, а). Такой датчик за один такт позволяет измерять пространственное положение сразу некоторого

отрезка линии стыка [4]. Для сварки угловых соединений предусмотрен специальный малогабаритный лазерный датчик (рис. 5, б).

Создан микропроцессорный контроллер для непосредственного управления сварочным источником, т. е. реализована возможность регулирования режима сварки в реальном времени. На базе комплекса разработан ряд сварочных процессов, среди которых можно выделить полностью автоматическую дуговую сварку по криволинейной траектории с компенсацией смещений положения стыка, возникающих из-за тепловых деформаций свариваемых конструкций. Также разработан процесс многопроходной МИГ/МАГ сварки толстостенных конструкций с компенсацией погрешностей подготовки и сборки деталей. Расчет траектории и режимов сварки для каждого участка многослойного сварного шва выполняется полностью автоматически на основании данных от лазерного датчика и разработанной математической модели формирования сварного соединения.

Естественно, что область применения сварочных роботов с прямоугольной системой координат является ограниченной из-за фиксированной ориентации сварочного инструмента по отношению к объекту сварки. Для сварочных процессов, которые предполагают изменение углового положения сварочной дуги относительно стыка, необходимо применять более сложные манипуляторы. В ИЭС создан роботизированный сварочный комплекс на базе современного промышленного робота АВВ и сварочного оборудования ESAB. Комплекс включает сам робот типа «гибкая рука» с шестью степенями подвижности, двухкоординатный манипулятор изделия и комплект оборудования для МИГ/МАГ сварки. Промышленные роботы АВВ обеспечивают высокоточное позиционирование сварочной горелки в соответствии с заданной траекторией сварки – погрешность позиционирования

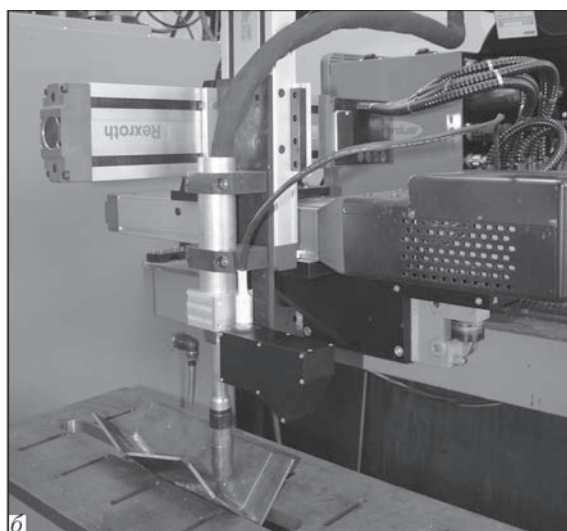
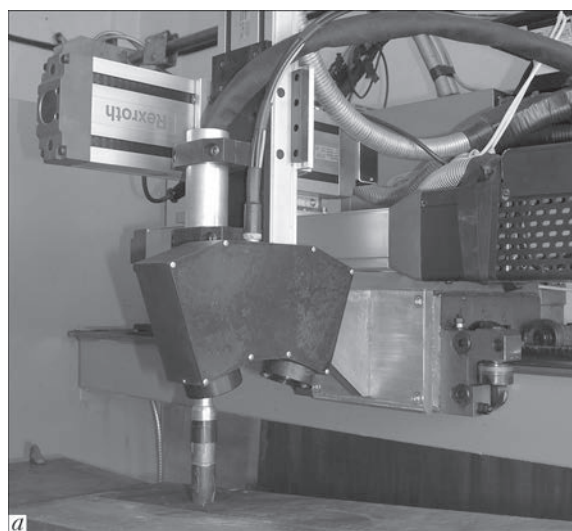


Рис. 5. Автоматизированный сварочный комплекс для МИГ/МАГ сварки с разными СТЗ: а – стереоскопический датчик стыка; б – малогабаритный лазерный датчик



не превышает 0,1 мм. Применяемый сварочный источник Aristo Mig U500iw представляет собой последнее поколение цифровых источников, обеспечивающих ток до 500 А при ПВ 60 %. Источник обеспечивает стабильную работу в широком диапазоне токов с отличными характеристиками при сварке короткой дугой, поддерживает высокоскоростную сварку «быстрой дугой» и уникальную технологию импульсной сварки SuperPulse. В случае необходимости сварочный робот может оснащаться СТЗ, предназначенной для реализации функций автоматической компенсации погрешностей сборки и подготовки конструкций под сварку (рис. 6). Сенсорный блок разрабатывается индивидуально в зависимости от характеристик объекта сварки. СТЗ интегрируется в систему управления сварочным роботом на уровне программного обеспечения и совместного протокола обмена данными.

На сегодня существует значительное количество перспективных направлений дальнейших исследований в области автоматизации технологических процессов с применением промышленных роботов, таких как роботизированная сварка под флюсом, пламенная резка, автоматизация трудоемких процессов неразрушающего контроля и т. д.

**Автоматизированный контроль геометрических параметров железнодорожного пути.** Безопасность движения железнодорожного транспорта в значительной степени зависит от качества периодического контроля геометрии рельсовой колеи. На всех железных дорогах проводятся мероприятия по организации систематического измерения геометрических параметров пути с помощью раз-

личных технических средств. Получаемые данные дают возможность оценивать состояние пути, корректировать графики текущего содержания и ремонта, временно ограничивать скорость движения поездов на конкретных участках. Из-за роста объемов железнодорожных перевозок и скоростей движения необходимо одновременно повышать как производительность, так и качество процессов контроля геометрии рельсового пути, что может быть достигнуто только за счет применения современных информационных технологий. Данное направление разработок и научных исследований не осталось без внимания специалистов ИЭС. Разработана автоматизированная система бесконтактного контроля геометрических параметров железнодорожного пути. Работа системы базируется на бесконтактном лазерно-телевизионном сканировании рельсов в процессе движения путеизмерительного поезда. Значения контролируемых параметров определяются путем обработки потока двумерных видеосигналов в масштабе реального времени. Для обработки данных, анализа и архивации результатов контроля используется распределенная вычислительная подсистема, построенная на базе микропроцессорных контроллеров и промышленных компьютеров. Предусмотрено несколько возможных конфигураций системы. В базовой конфигурации система позволяет контролировать следующие параметры железнодорожного пути: ширину колеи, полный профиль катания головки рельсов; вертикальный, боковой износ и подуклонку рельсов (рис. 7).

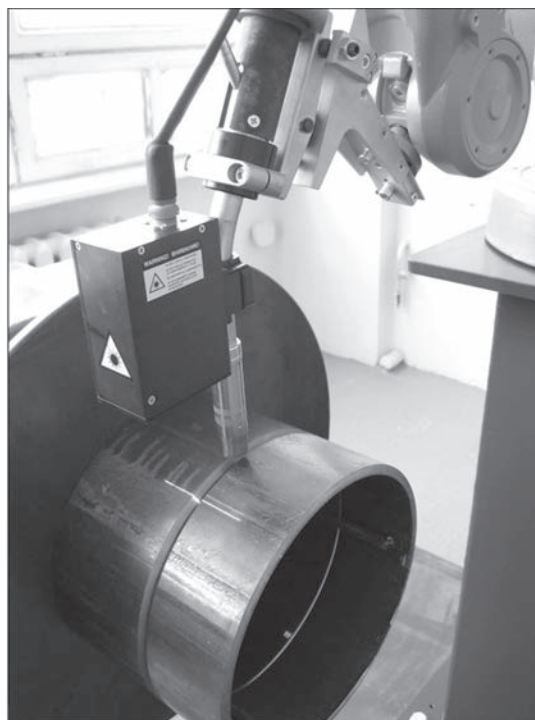


Рис. 6. Сварочный робот с лазерным датчиком, разработанным в ИЭС

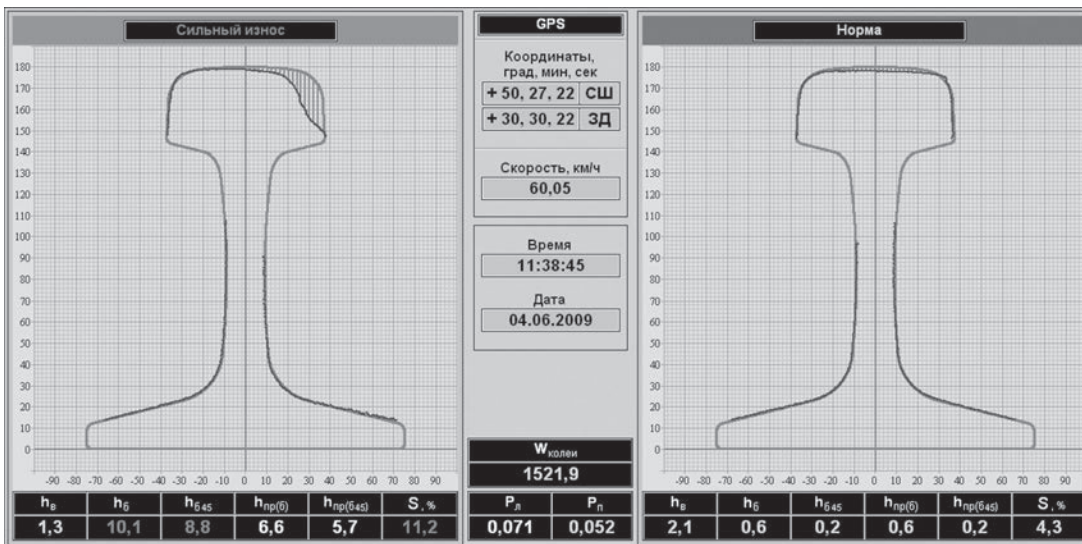


Рис. 7. Визуализация результатов бесконтактного измерения параметров железнодорожного пути

В расширенной конфигурации перечень контролируемых параметров дополняется стрелами изгиба рельсовых нитей в горизонтальной и вертикальной плоскостях, уровнем колеи и короткими неровностями поверхности катания рельсов. Дискретность измерительных каналов составляет 0,2 мм. Приведенная точность измерения – не хуже  $\pm 0,5$  мм. На существующих путеизмерительных вагонах, применяемых в путевом хозяйстве Украины, в качестве чувствительных элементов используются контактные датчики, которые прижимаются к боковым граням рельсов. Контактные датчики характеризуются значительной инерционностью, т. е. результаты измерения в значительной степени зависят от скорости движения вагона. Отсюда следует основное преимущество разработанной системы, которое заключается в бесконтактном способе измерения, позволяющем контролировать параметры пути при высоких скоростях движения без снижения характеристик точности и износа измерительных датчиков. Проведены успешные испытания оборудования системы в составе действующего путеизмерительного вагона типа КВЛ-П на участках железнодорожного пути общей протяженностью 700 км (рис. 8).

В ходе испытаний установлено, что естественный свет и оптическое излучение от искусственных источников света практически не влияют на работу системы. Факторы, которые действуют на электрифицированных участках железнодорожного пути, такие как электромагнитные помехи, также не влияют на работу экспериментального оборудования. Система стабильно функционирует во всем диапазоне рабочих скоростей движения вагона, которые зарегистрированы во время проведения экспериментов. Результаты измерений, полученные с помощью бесконтактной системы, соответствуют показаниям штатного оборудования путеизмерительного вагона. В среднем отклонение между результатами измере-

ния не превышают  $\pm 1$  мм, что коррелируется с характеристиками точности штатных измерительных датчиков. Таким образом, получено, что бесконтактные средства измерения параметров пути являются хорошей альтернативой контактным датчикам, особенно в перспективе создания высокоскоростных путеизмерительных вагонов.

Вместе с разработкой современной измерительной аппаратуры для путеизмерительных вагонов не теряет своей актуальности и обновление парка съемных средств контроля геометрии железнодорожного пути, таких как путеизмерительные тележки. Это связано с тем, что, как правило, вагонами контролируются только главные железнодорожные пути, тогда как контроль геометрических параметров приемо-отправных и сортировочных путей осуществляется с помощью съемных средств. Кроме того, если за отчетный период по каким-либо причинам отсутствует оценка состояния участка пути, полученная с помощью путеизмерительного вагона, то должны использоваться данные путеизмерительных тележек. В институте создан опытно-промышленный образец путеизме-

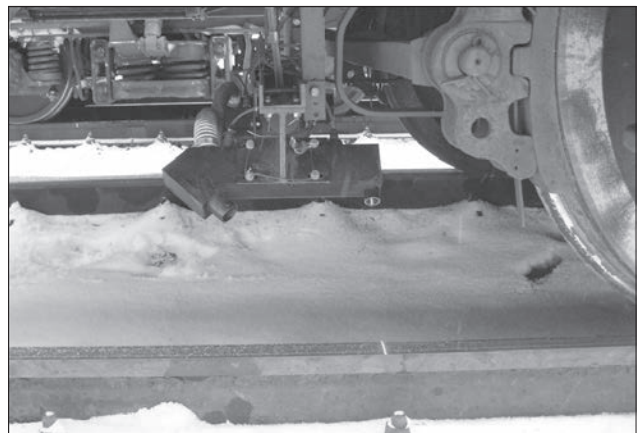


Рис. 8. Сенсорный блок системы бесконтактного контроля геометрических параметров железнодорожного пути, установленный на путеизмерительном вагоне



рительной тележки КВ-1П, предназначенный для сплошного автоматизированного контроля ширины и уровня железнодорожной колеи с привязкой к путевой координате [5]. Тележка оснащена современным микропроцессорным контроллером, который обеспечивает функции регистрации и индикации результатов измерений. Для взаимодействия с оператором предусмотрены жидкокристаллический цветной дисплей и мембранная клавиатура. Результаты измерений сохраняются в энергонезависимую память микропроцессорного блока. К основным особенностям устройства относятся индикация результатов измерения в виде цифровых значений и графических диаграмм и обнаружение значительных отклонений от норм содержания железнодорожного пути «на лету» непосредственно в процессе работы. Тележка успешно прошла как сертификационные, так и эксплуатационные испытания. Подверженные погрешности измерения ширины и уровня колеи составляют  $\pm 1,0$  и  $\pm 1,5$  мм соответственно в диапазоне температур от  $-30$  до  $50$  °С. Эксплуатационные испытания проводили совместно с Главным управлением Укрзализныци на протяжении шести месяцев в летний и зимний периоды (рис. 9).

Для детальной обработки результатов измерений и формирования отчетных документов разработано специализированное программное обеспечение KvDecoder (рис. 10). В ходе автоматизированной обработки данных определяются следующие неисправности пути: сужения и уширения колеи; перекосы и плавные отклонения уровня; ненормативные отводы возвышений внешней рельсовой нити в кривых. Путьеизмерительная тележка КВ-1П по техническим характеристикам, уровню автоматизации и исполнения не уступает лучшим зарубежным аналогам.

В ИЭС разработана еще одна путьеизмерительная тележка КР-1П-КР, снабженная функцией контроля подвески контактного рельса метрополитена (рис. 11). Тележка предназначена для бес-

контактного измерения ширины, уровня колеи, и параметров, определяющих положение контактного рельса относительно рельсов ходовой колеи, в условиях метрополитена.

В конструкции тележки КР-1П-КР используется исключительно бесконтактная измерительная аппаратура. Для измерения ширины колеи и параметров подвески контактного рельса применяются три лазерных датчика, для измерения уровня – электронный датчик угла наклона. Регистрация результатов измерений выполняется в электронном виде, что существенно упрощает обработку, дублирование и перемещение данных. Тележка одновременно измеряет как параметры ходового пути, так и параметры подвески контактного рельса с привязкой к путевой координате, что позволяет комплексно представлять и анализировать измерительную информацию. Обработка результатов измерений выполняется в автоматизированном режиме. Оператор вносит в базу данных программного обеспечения только паспортные данные пути, а отклонения от норм содержания ходового пути и подвески контактного рельса определяются автоматически. Также программное обеспечение обеспечивает автоматическое

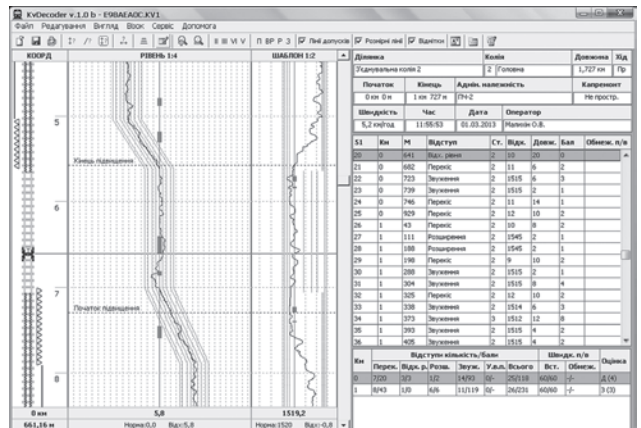


Рис. 10. Главное диалоговое окно программного обеспечения KvDecoder, предназначенного для автоматизированной обработки результатов измерений путьеизмерительной тележки КВ-1П



Рис. 9. Эксплуатационные испытания путьеизмерительной тележки КВ-1П в зимний период



Рис. 11. Бесконтактная путьеизмерительная тележка КВ-1П-КР с функцией контроля параметров подвески контактного рельса для метрополитена





формирование отчетных документов и их вывод на печать или в файл. Данный путеизмерительный комплекс успешно прошел предварительные испытания в условиях Киевского метрополитена. На сегодня бесконтактная тележка КВ-1П-КР является уникальным устройством, не имеющим аналогов на постсоветском пространстве.

**Другие направления деятельности в области информационных технологий.** В ИЭС работками и исследованиями в сфере автоматизации технологических процессов занимается коллектив отдела «Автоматизированные системы управления технологическими процессами». Кроме решения задач автоматизации трубного производства, внедрения сварочных роботов и измерения геометрических параметров железнодорожного пути специалисты отдела также интересуются проблемами видеонаблюдения за сварочными процессами, обнаружения дефектов сварных соединений с помощью рентгено-телевизионных и акустико-эмиссионных методов неразрушающего контроля [6–8]. С 2013 г. определено новое для отдела направление исследований, связанное с разработкой современных микропроцессорных средств УЗ дефектоскопии железнодорожных рельсов.

В целом сфера научной и прикладной деятельности отдела отличается широким многообразием. В отдел все время привлекаются молодые специалисты, что позволяет двигаться в ногу со

временем. На текущий момент отдел по среднему возрасту сотрудников является самым молодым отделом института.

1. Кисилевский Ф. Н., Шаповалов Е. В., Коляда В. А. Система лазерного слежения за валиком усиления сварного шва // Автомат. сварка. – 2006. – №1. – С. 60–62.
2. Кисилевский Ф. Н., Шаповалов Е. В. Оптические генераторы световой плоскости для средств технического зрения систем автоматизации дуговой сварки // Там же – 2004. – № 6. – С. 47–49.
3. Шаповалов Е. В., Коляда В. А. Система слежения за расположением шва в установках для нанесения антикоррозионного покрытия // Там же. – 2009. – №5. – С. 52–54.
4. Коляда В. А., Шаповалов Е. В. Стереоскопическое измерение пространственных координат стыков в сварочном производстве // Там же. – 2007. – № 6. – С. 51–54.
5. Розробка та дослідження сучасних засобів автоматизованого контролю геометричних параметрів залізничних колій / В. А. Коляда, Е. В. Шаповалов, Н. Ф. Луценко, Д. Д. Топчев // Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин: Зб. наук. статей за результатами, отриманими в 2010–2012 рр. Цільова комплексна програма НАН України. – Київ: ІЕЗ ім. С. О. Патона НАН України, 2012. – С. 399–404.
6. Коляда В. А. Система видеонаблюдения за процессом сварки ТИГ титановых конструкций // Автомат. сварка. – 2011. – №11. – С. 56–58.
7. Исследование алгоритмов сегментации рентгено-телевизионных изображений сварных швов для автоматического обнаружения дефектов / Я. П. Лазоренко, Е. В. Шаповалов, Т. Г. Скуба и др. // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2009. – № 4. – С. 37–42.
8. Разработка системы анализа сигналов акустической эмиссии, возникающих в процессе контактной точечной сварки / Е. В. Шаповалов, В. В. Долиненко, Р. М. Галаган, Ф. С. Клишар // Вісн. Інженер. академії України. – 2012. – Вип. 3–4. – С. 155–159.

The article discusses examples of modern information technology application to solve various problems in three areas: technological processes automation in the pipe-welding production based on vision systems, the robotic welding systems development and automated control of the railway track geometric parameters. A number of complete technical solutions, developed in PWI, is proposed and promising areas for further research is identified.

*Keywords: information technology, process automation, vision systems, pipe-welding production, robotic welding system, control of geometrical parameters, the railway track*

*Поступила в редакцию  
09.07.2014*



Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД) проводит Вторую ежегодную выставку средств и технологий неразрушающего контроля Территория NDT–2015, которая пройдет с 3 по 6 марта 2015 г. в Москве, в Павильоне №2 ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне.

В 2014 г. форум Территория NDT проводился впервые, тем не менее, он собрал более 100 ведущих российских и зарубежных компаний. Выставку посетили более 2500 человек из России, Украины, Германии, Чехии, Италии, Болгарии, Китая, Великобритании, Франции, Сербии. В круглых столах приняли участие более 400 специалистов. Обсуждения велись по актуальным вопросам применения НК в различных отраслях. Свое участие в выставке Территория NDT-2015 подтвердили компании Helling GmbH, НУЦ Контроль и диагностика, АКА-контроль, Olympus, Алтек, ПромГруппПрибор, STARMANS, Просек-Рус, ИНТРОН ПЛЮС, ТЕККНОУ, НИКИМТ-Атомстрой, ТКС, Энергодиагностика, НПП Монотест, Юнитест, НПП ПРОМПРИБОР, НИИИИ МНПО «Спектр», АКС, КОНСТАНТА, НУЦ «Качество».

В экспозиции Территории NDT-2015 будут представлены современные приборы НК и ТД, основанные практически на всех известных физических методах, от рентгеновских и акустических до капиллярных и теческанирования.

Основные разделы выставки: неразрушающий контроль и техногенная диагностика, лабораторный и измерительный контроль, промышленная автоматизация измерений и испытания материалов.

[www.expo.ronktd.ru](http://www.expo.ronktd.ru)