



## НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ТРУБ

**В. Л. НАЙДА, А. А. МОЗЖУХИН, О. Ф. ЛОБАНОВ**, инженеры (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Описаны установки нового поколения для автоматического ультразвукового контроля сварных труб, выполненные на современных элементных базах механики и электроники. С помощью установок осуществляют контроль сварных швов и концевых участков труб диаметром 508...1420 мм и толщиной стенки 7...50 мм.

*Ключевые слова:* сварные трубы, массовое производство, неразрушающий контроль, автоматизированный ультразвуковой контроль, установки, металл шва

В современном мире постоянно возрастают требования к сварным трубам, применяемым при строительстве магистральных трубопроводов, в частности к их эксплуатационной надежности. В борьбе за рынки сбыта трубные заводы, несмотря на большие затраты, вынуждены использовать самые современные средства автоматизированного ультразвукового контроля (АУЗК), чтобы обеспечить надежное обнаружение возможных дефектов в сварных швах и концевых участках труб и тем самым гарантировать высокое качество выпускаемой продукции.

ОАО «Выксунский металлургический завод» («ВМЗ»), имеющее опыт многолетнего сотрудничества с ИЭС им. Е. О. Патона, одной из своих приоритетных задач считает освоение выпуска труб для магистральных трубопроводов, соответствующих требованиям Американского нефтяного института. Решение же поставленной задачи невозможно без применения современного оборудования для АУЗК сварных швов и концевых участков труб как одного из составляющих, обеспечивающих требования стандарта API Spec Q1.

В октябре 2003 г. ОАО «ВМЗ» пригласило ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона принять участие в тендере на поставку следующего оборудования:

двух установок для АУЗК концевых участков труб диаметром 508...1067 мм толщиной стенки 7...34 мм;

установки для АУЗК продольных сварных швов труб диаметром 508...1420 мм толщиной стенки 7...50 мм;

трех установок для АУЗК продольных сварных швов труб диаметром 508...1067 мм.

Несмотря на предельно сжатые сроки поставки оборудования, было решено принять участие в тендере совместно с давним партнером НИИ НК «Интроскоп» (Республика Молдова) — поставщиком многоканальной ультразвуковой (УЗ) аппаратуры.

Условия тендера были на редкость жесткими. По требованию заказчика заявки на участие в нем должны были содержать подробное описание конфигурации системы контроля, эскизный проект создаваемого оборудования, схемы прозвучивания, описание уровня автоматизации, основные технические характеристики акустической части.

Кроме того, требовалась базовая информация о предполагаемом поставщике оборудования, включающая сведения об основных видах произведенной ранее продукции по АУЗК (табл. 1); список потребителей этой продукции (табл. 2); опыт работы с ОАО «ВМЗ».

Как видно из таблиц, у сотрудников ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона имелся достаточный опыт работ в этом направлении. Для ОАО «ВМЗ» был создан

**Таблица 1. Основные виды производимой продукции в последние годы по УЗ и вихретоковому контролю (ВТК)**

Вид продукции	Основные модификации и характеристики
НК 106	8 УЗ каналов, контроль прямых сварных швов труб 530...1420, масса 800 кг
НК 147	4 УЗ канала, контроль биметалла деталей ракет, масса 350 кг
НК 148	4 УЗ канала, контроль сварных швов ракетной техники, масса 450 кг
НК 164	8 УЗ каналов, контроль сварных швов корпусов ракет, масса 300 кг
НК 193	8 УЗ каналов, контроль сварных швов трубопроводов АЭС, масса сканера 30 кг
НК 300	4 УЗ канала, контроль сварных швов топливных каналов РБМК-1000, масса 150 кг
НК 310	8 УЗ каналов, контроль кольцевых швов магистральных трубопроводов, масса 250 кг (экспериментальный образец)
НК 321	8 УЗ каналов, контроль кольцевых сварных швов трубопроводов АЭС, масса сканера 15 кг
НК 331	ВТК перемычек коллекторов парогенераторов АЭС, масса 50 кг

Таблица 2. Основные потребители продукции

Вид продукции	Потребители
НК 147, НК 148, НК 164, АУЗК	«Южмашзавод» Днепропетровск
НК 193, НК 300, НК 321, НК 331	Чернобыльская АЭС, Запорожская АЭС
НК 310, АУЗК магистральных трубопроводов (экспериментальный образец)	НЭК «Укртрансгаз»
НК 106 УЗК сварных швов труб	Харьковский трубный завод

комплекс НК 180 для АУЗК (6 установок), поставленный в 1989–1990 гг.

Тендер проводили в два этапа. На первом (заочном) проанализировали все присланные заявки по следующим основным критериям:

соответствие характеристик предлагаемой продукции техническим требованиям ОАО «ВМЗ»; экономическая эффективность продукции (соотношение цена/качество);

ценовые характеристики и привлекательность условий оплаты;

репутация фирмы.

По результатам анализа заявок к участию во втором (очном) этапе тендера были приглашены предприятие «Алест» (г. Москва); ЗАО «Конс-

трукция» (г. Москва); ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона (Украина) совместно с НИИ НК (Республика Молдова); KARL DEUTSCH (Германия); ScanMaster Systems (Израиль); INDURO Krautkramer — представитель AGFA NDT GmbH (GE Inspection Technologies GmbH/Германия).

Во время проведения второго этапа были заслушаны сообщения представителей, участвовавших в тендере организаций. По итогам заседания тендерного комитета ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона признано основным поставщиком оборудования и с ним был подписан контракт на поставку шести установок АУЗК.

Первая установка НК 362 для АУЗК концевых участков труб диаметром 508... 1067 мм (рис. 1)

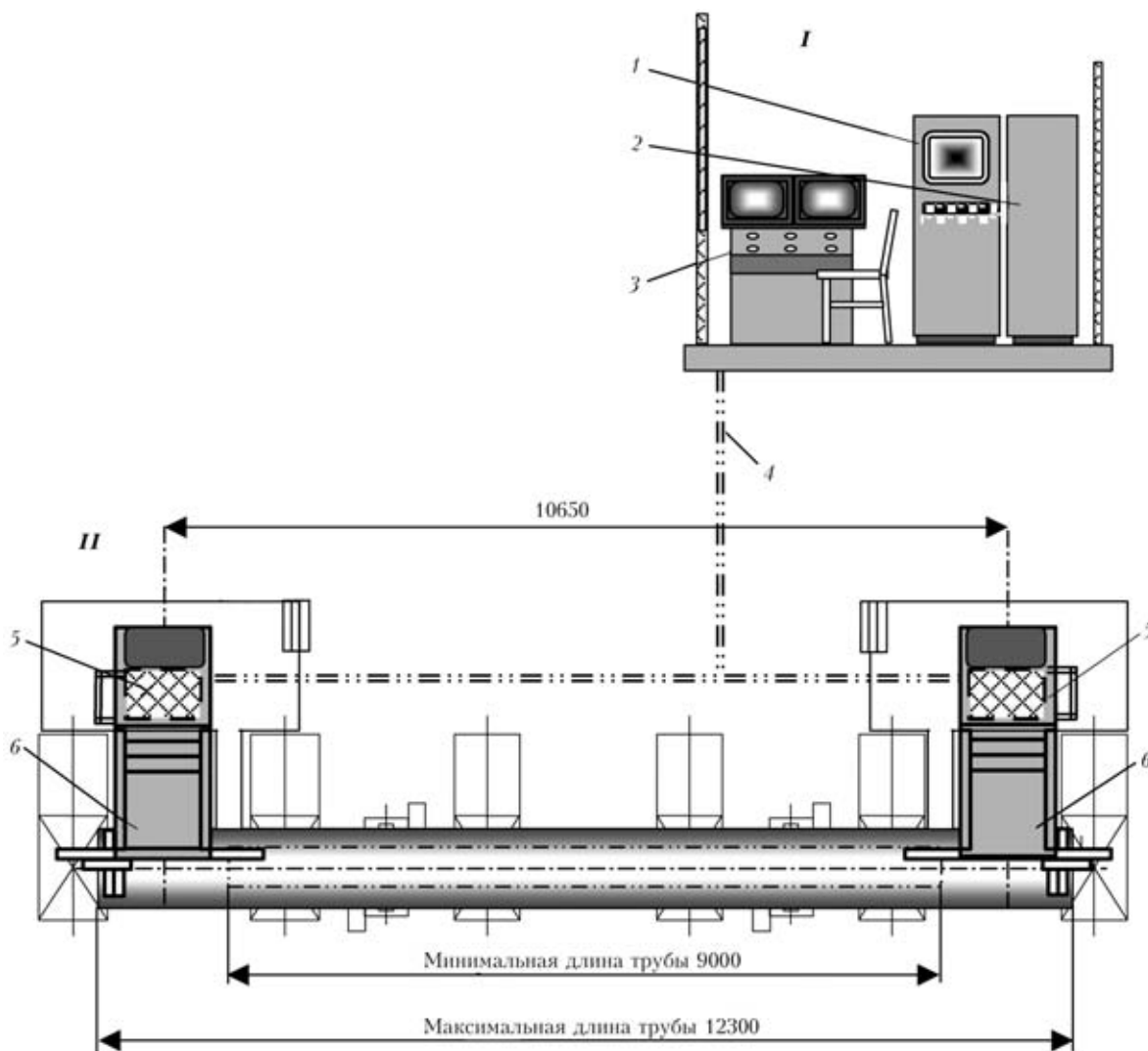


Рис. 1. Схема установки НК 362 для АУЗК концевых участков труб диаметром 508... 1067 мм: I — кабина оператора дистанционного управления; II — размещение установки на рольганге (вид в плане); 1 — многоканальный УЗ дефектоскоп; 2 — шкаф управления; 3 — пульт управления с телемониторами; 4 — кабельные связи; 5 — силовой шкаф управления; 6 — агрегаты АУЗК концевых участков труб с акустическими головками



уже прошла функциональные испытания в присутствии представителя заказчика. Еще две установки, в том числе НК 360 для АУЗК продольных сварных швов труб диаметром 508... 1420 мм толщиной стенки 7... 450 мм (рис. 2) находятся в стадии сборки.

Жесткие требования по перенастройке при переходе на контроль труб другого типоразмера (время перенастройки и установления рабочего режима не должно превышать соответственно 30 и 10 мин), а также требования по надежности системы АУЗК определили архитектуру системы управления установками. Система управления реализована на программируемом контроллере «Siemens» Simatic S7-300 с двумя распределенными станциями ET-200m. Управление установками осуществляется по сети PROFIBUS-DP, ручное управление — с программируемых пультов фирмы «Siemens» OP-17. На всех установках применены серводвигатели комплектных приводов фирмы «Rexroth Bosch». Интерфейс блоков управления выполняют приводами PROFIBUS-DP. Обе установки (НК 360 и НК 362) сконструированы по модульному принципу и состоят из аналогичных узлов.

Базовой сборочной единицей установок, обеспечивающей подачу акустических блоков на позицию контроля, является несущий модуль вертикального перемещения, жесткость конструкции которого служит обеспечению стабильности и повторяемости результатов УЗ контроля. На несущем модуле смонтированы модули горизонтального пе-

ремещения. Установка НК 360 включает систему лазерного слежения за валиком усиления сварного шва на базе промышленного компьютера, разработанную в ИЭС им. Е. О. Патона. На модулях горизонтального перемещения смонтированы акустические блоки с УЗ головками, каждая из которых имеет свой пневматический привод подъема и опускания, обеспечивающий надежный прижим к поверхности трубы. Кроме того, на модулях горизонтального перемещения установлены ручные приводы для регулировки расстояния между УЗ головками при настройке. Установки укомплектованы датчиками пути (НК 360 — продольного перемещения, НК 362 — вращения трубы), краскоотметчиками дефектов, устройством смачивания. Для каждого краскоотметчика используют внешнюю индивидуальную емкость с краской, находящуюся под давлением. Обнаружение дефектов, обработку данных контроля, регистрацию результатов калибровки обеспечивает многоканальный УЗ дефектоскоп, поставляемый НИИНК «Интероскоп» (Республика Молдова).

Управление всеми компонентами установок осуществляется контроллером «Simatic S7-300», а многоканальный дефектоскоп управляется своим технологическим компьютером. Преобразование сигналов и их запись в буферную память АЦП осуществляется согласно программно установленным временным stroбам. В результате анализа и обработки сигналов, накопленных в памяти АЦП, производится идентификация дефектов, вычисление их параметров

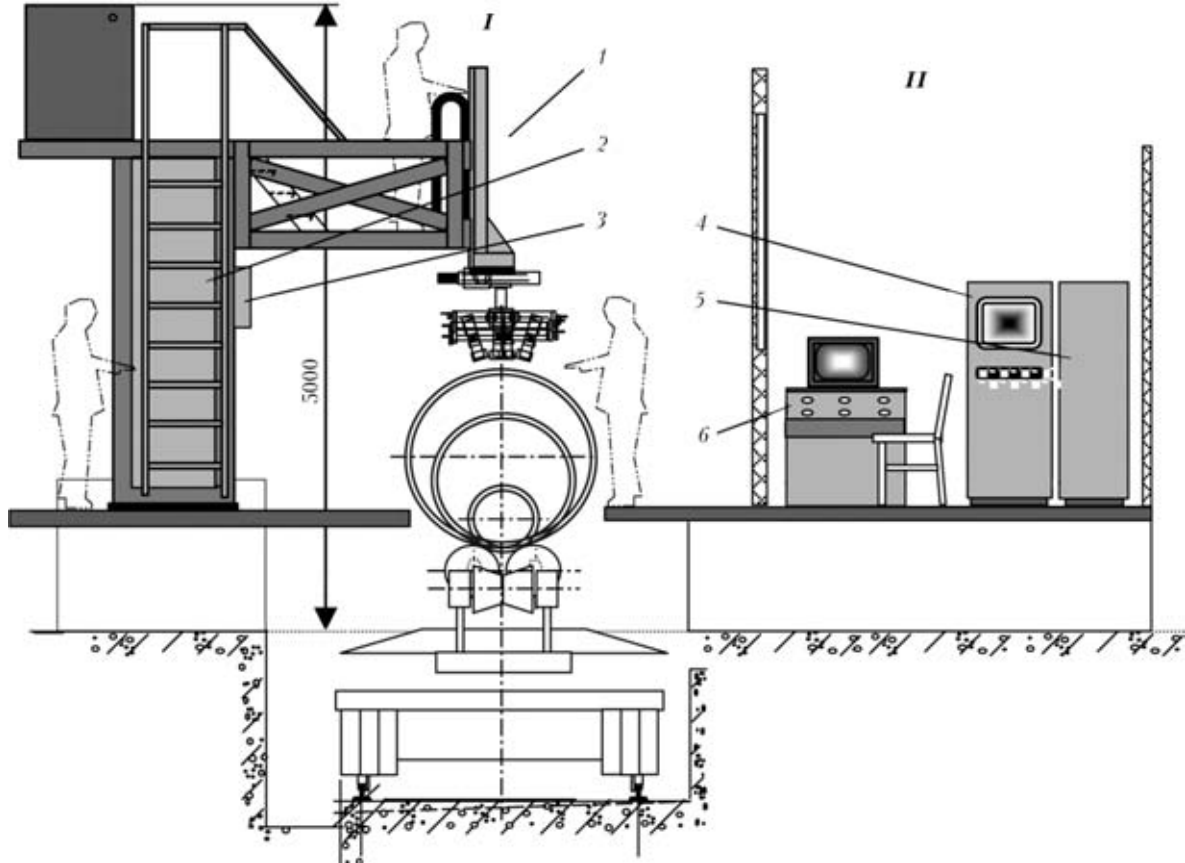


Рис. 2. Схема установки НК 360 для АУЗК сварных швов труб диаметром 508... 1420 мм: I — размещение установки на линии контроля (вид сбоку); II — кабина оператора; 1 — технологический агрегат АУЗК; 2 — шкаф силовой; 3 — пульт настройки режимов; 4 — многоканальный УЗ дефектоскоп; 5 — шкаф управления; 6 — пульт управления с телемонитором

и координат. На основе полученной информации выполняется регистрация дефектов и вывод их параметров на экран монитора.

Цикл контроля отображается на экране монитора, что позволяет оператору фиксировать текущие результаты выполненного контроля с возможностью вывода на экран А-развертки по одному из рабочих каналов. Результатом АУЗК является файл дефектов, помещаемый в базу данных, и протокол контроля, выводимый на печать. Имеется интерфейс для обмена информацией с АСУ ТП цеха.

Разработанная в установках система АУЗК позволяет:

программировать и запоминать параметры режимов работы и настройки чувствительности, быстро изменять программу управления (скорость, путь), а также параметры настройки;

реализовывать различные акустические схемы и контролировать акустический контакт;

осуществлять сбор и обработку данных без участия оператора УЗ контроля, чем обеспечивается объективность результатов контроля;

контролировать УЗ параметры и работу механизмов по выводимым на экран дисплея данным.

**Основные технические характеристики установки НК 362 для АУЗК концевых участков труб**

диаметром 508... 1067 мм толщиной стенок 7... 34 мм

Рабочая частота, МГц .....	2,5; 4,0
Линейная скорость контроля, м/мин, макс. ....	20
Диапазон регулирования скорости, не менее .....	1... 100
Количество УЗ каналов, шт. ....	20
Запас чувствительности по каналам в динамическом режиме, дБ, не хуже .....	12
Неконтролируемая зона в районе сварного шва, мм, не более .....	15
Неконтролируемая зона на концах труб, мм, не более .....	10
Регулировка акустического зазора, мм .....	0... 5
Расход воды, л/мин, не более .....	50
Потребляемая мощность, кВт·А, не более .....	8

Установка обеспечивает за один оборот трубы прозвучивание по всему периметру концов труб по всей толщине стенки, выявление дефектов типа расслоение на ширине 60 мм от торца и продольно ориентированных дефектов типа трещина на ширине 30 мм от торца; автоматический контроль качества акустического контакта по всем дефектоскопическим каналам.

Установка обеспечивает производительность контроля концевых участков труб не менее 25 труб в час.

Чувствительность системы достаточна для автоматического обнаружения следующих дефектов: типа расслоения, амплитуда эхо-сигнала от которого равна или превышает эхо-сигналы от искусственного отражателя в виде сверления с плоским дном диаметром 5,0 мм;

типа продольной трещины, амплитуда эхо-сигнала от которой равна или превышает эхо-сигналы от искусственных отражателей в виде прямоугольных продольных пазов шириной 1 мм протяженностью 50 мм и глубиной 5 % толщины стенки, нанесенных на наружной и внутренней поверхностях труб.

**Основные технические характеристики установки НК 360 для АУЗК продольных сварных швов труб**

диаметром 508... 1420 мм толщиной стенок 7... 50 мм

Рабочая частота, МГц .....	2,5; 4,0
Скорость контроля, м/мин, макс. ....	30
Диапазон регулирования скорости, не менее .....	1... 100
Количество УЗ каналов, шт. ....	24
Частота следования зондирующих импульсов, по каждому каналу, обеспечивающая посылку импульсов на 1 мм длины шва, не менее .....	2
Запас чувствительности по каналам в динамическом режиме, дБ, не хуже .....	12
Неконтролируемая зона на концах труб, мм, не более .....	30
Точность слежения за валиком усиления сварного шва в горизонтальной плоскости, мм .....	±0,5
Регулировка акустического зазора, мм, .....	0... 5
Расход воды, л/мин, не более .....	50
Потребляемая мощность, кВт·А, не более .....	8

Установка обеспечивает прозвучивание сварного шва по всей толщине стенки труб с обеих сторон шва, выявление различно ориентированных (про-

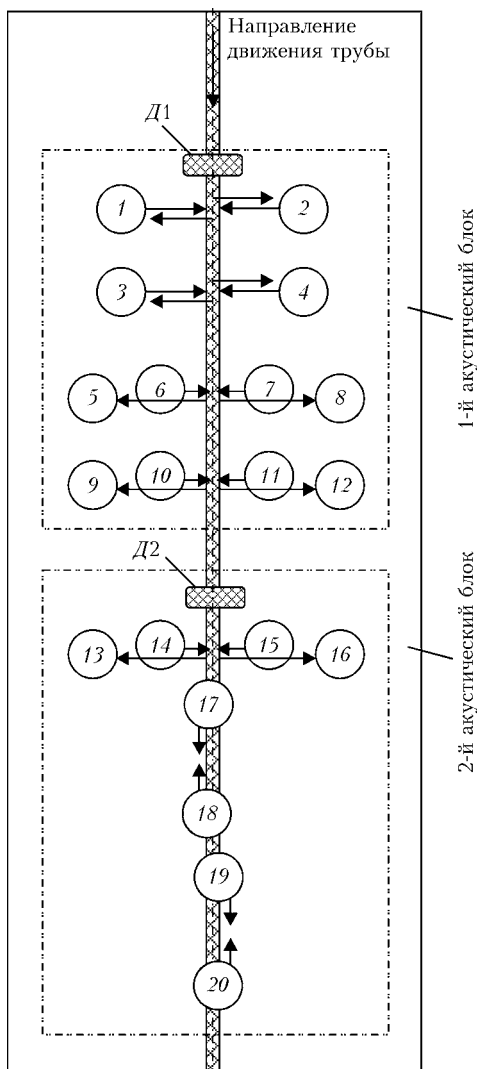


Рис. 3. Схема расположения ПЭП для контроля продольных сварных соединений труб диаметром 508... 1420 мм и толщиной стенки 7... 50 мм: D1 и D2 — лазерные датчики слежения за валиком усиления сварного шва; 1-4 — группа наклонных УЗ преобразователей; 5-16 — УЗ преобразователи, работающие в тандемных схемах; 17-20 — УЗ преобразователи, стоящие на сварном шве и работающие в иммерсионном варианте на обнаружение поперечных дефектов



дольных, поперечных и пр.) дефектов; автоматический контроль качества акустического контакта по всем дефектоскопическим каналам.

Чувствительность системы достаточна для автоматического обнаружения дефектов сварного шва, амплитуда эхо-сигналов от которых равна или превышает эхо-сигналы от искусственных отражателей в виде прямоугольного паза шириной 1 мм протяженностью 50 мм и глубиной 5 % толщины стенки труб, сквозного отверстия в шве диаметром 1,6 мм, прямоугольного паза, выполненного поперек шва, глубиной 5 % толщины стенки труб.

Временная нестабильность установки по каждому каналу не должна превышать 2 дБ за 8 ч непрерывной работы.

На рис. 3 показан вариант схемы акустического контроля и расположения пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП) при реализации процесса АУЗК сварных швов.

Количество работающих тандемных блоков зависит от толщины стенки. При толщине стенки 50 мм работают все тандемные схемы. Контроль осуществляется в иммерсионном варианте.

Такое решение заменяет Х- и К-образные схемы и превалирует сегодня в зарубежных установках для контроля.

Для всех установок предусмотрено следующее: нанесение на поверхность трубы отметок разного цвета, определяющих тип и местоположение

дефектов, а также участков с неудовлетворительным акустическим контактом;

на каждую трубу выдается протокол контроля, включающий как минимум номер трубы, амплитуды эхо-сигналов обнаруженных дефектов с указанием их координат, протяженности, номера канала, обнаружившего дефект;

при фиксировании результатов контроля регистрируется дефектограмма каждого канала с возможностью просмотра или печати информации по всем или части каналов на бумажном носителе;

калибровку проводят на стандартных образцах предприятия — имитаторах дефектов как в статическом, так и динамическом режиме при скорости их перемещения, близкой к скорости перемещения (вращения) труб в процессе контроля. Результаты калибровки протоколируются;

установка обеспечивает передачу информации о результатах контроля в систему АСУ ТП цеха посредством локальной сети.

В ближайшем будущем эксплуатация установок НК 362, НК 360 на ОАО «ВМЗ» покажет, насколько были оправданы наши амбиции по созданию современного оборудования АУЗК труб в условиях их массового производства. Мы надеемся на положительный результат и готовы к сотрудничеству с трубными заводами Украины и других стран.

Units of the new generation for automatic ultrasonic testing, designed using sophisticated elements of mechanics and electronics, are presented. Units can control welds and conic areas of pipes of diameter from 508 to 1420 mm and thickness from 7 to 50 mm.

Поступила в редакцию 28.07.2004

<p><b>3-6 НОЯБРЯ</b></p> <p>Москва, Экспоцентр на Красной Пресне павильон "Форум"</p> <p><b>2004</b></p>		<p><b>ЭКСПО</b></p> <p>при поддержке                  Министерства экономического развития и торговли РФ                  Russian Federation ministry of economic development and trade                  Российского научно-технического сообщества (РНТСО) / Russian Welding society (RWS)</p> <p><b>СВАРКА</b></p> <p>экспосварка</p> <p>ПЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА                  THE 5th INTERNATIONAL SPECIALIZED EXHIBITION</p>	
<p><b>ОРГАНИЗАТОРЫ:</b></p> <p>M.S.I., ООО "Мессе Сервис"                  Российское Научное                  Техническое сварочное                  общество</p>	<p><b>ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ И ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ</li> <li>◆ МЕТОДЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ</li> <li>◆ СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ</li> <li>◆ СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПАЙКИ</li> <li>◆ АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ</li> <li>◆ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА</li> <li>◆ СПЕЦОДЕЖДА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ СВАРЩИКОВ</li> <li>◆ СЕРТИФИКАЦИЯ</li> </ul>	<p><b>ORGANIZERS:</b></p> <p>M.S.I., "Messe Servis"                  The Russian Scientific                  Technical welding society</p> <p>Тел.: +7(095) 105-6561/62                  Факс: +7(095) 248-0734</p>	
<p>welding@msiexpo.ru</p>	<p>www.msiexpo.ru</p>	<p>Информационный спонсор выставки: <b>ОБОРУДОВАНИЕ</b></p> <p>Информационная поддержка: <b>Сварбика</b> <b>СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС</b></p>	