

УДК 621.791

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СИСТЕМА СНЯТИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ АЭС

А.И. Трофимов, М.А. Трофимов,
С.И. Минин, К.А. Косырев,
Д.В. Васильковский

Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной
энергетики

Предлагается техническое решение задачи снятия остаточных напряжений, образующихся при сварке циркуляционных трубопроводов АЭС, с помощью ультразвукового устройства. Представлена функциональная схема устройства и его конструкция.

Ключевые слова: остаточные напряжения, сварка, ультразвуковой метод снятия напряжений, ультразвук.

Повышение надежности сварных конструкций является одной из важных проблем безопасности АЭС. Работоспособность сварных конструкций определяется надежностью сварного соединения, несущая способность которого значительно уступает таковой основного металла. Это связано с термометформационными процессами, а также с фазовыми и структурными превращениями при сварке, в результате которых в сварных соединениях образуются остаточные напряжения. Они складываются с напряжениями от внешних нагрузок и являются основной причиной разрушения сварных конструкций [1].

На кафедре «Автоматика, контроль и диагностика» ИАТЭ НИЯУ МИФИ (г. Обнинск) предложен и разработан ультразвуковой метод снятия остаточных напряжений в сварных соединениях металлов и сплавов. Создан опытный образец автоматизированного устройства, функциональная схема которого приведена на рис. 1.

Для обеспечения эффективного снятия остаточных напряжений необходимо непрерывное воздействие ультразвуком на образец, поэтому в устройстве используется 2 (~3 кВт) генератора ультразвука с во-

**AUTOMATED ULTRASONIC SYSTEM
RESIDUAL STRESSES IN THE WELDED
JOINTS OF THE CIRCULATION PIPE NPP**

A.I. Trofimov, M.A. Trofimov,
S.I. Minin, K.A. Kosirev,
D.V. Vasilkovsky

The article proposed technical solution relieve stresses formed during welding plant circulation piping, using an ultrasonic device which performs input of ultrasonic waves in the metal pipe during welding. Describes the functional diagram of the device and its mechanical design.

KEYWORDS: residual stresses, welding, ultrasonic method of stress relief, and ultrasound.

данным охлаждением. Блок управления 1 осуществляет управление шаговыми приводами перемещения преобразователей вдоль трубопровода. Блок управления 2 управляет электрическими тормозами, чтобы удерживать преобразователи на трубе между перемещениями; определяет положение сварочного электрода относительно преобразователей с помощью оптических датчиков и передает эту информацию в микроконтроллер блока управления 1 с помощью интерфейса RS485. Кроме того, имеется система визуального контроля положения сварочного аппарата относительно ультразвуковых преобразователей.

Устройство состоит из следующих функциональных частей:

- Источник бесперебойного питания, обеспечивающий стабилизированное питание наиболее важных частей устройства: блоков управления и визуального контроля.
- Генераторы мощного ультразвука и магнитострикционные преобразователи. Эти устройства создают ультразвуковую волну необходимой мощности. Для правильной работы устройства необходимо непрерывное воздействие ультразвуком на об-

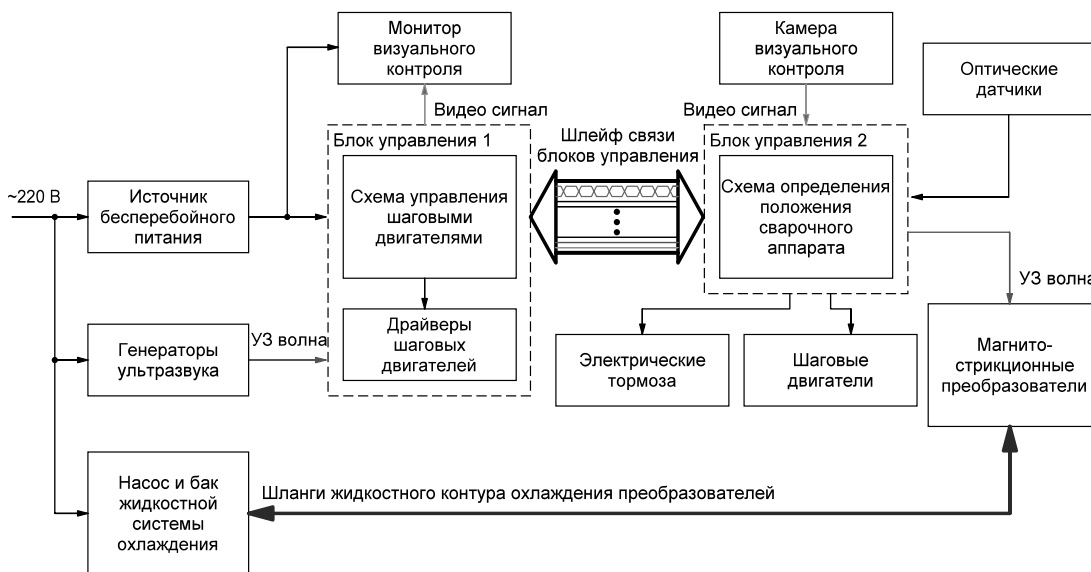


Рис. 1.
 Функциональная схема устройства

разец, поэтому в устройстве будет использовано 2 генератора.

- Насос и бак жидкостной системы охлаждения магнитострикционных преобразователей. Поскольку для снятия остаточных напряжений требуется высокоэнергетическая волна (3 кВт), то используются относительно громоздкие магнитострикционные ультразвуковые преобразователи. Кроме того, они выделяют достаточно много тепловой энергии, которую наиболее эффективно можно отводить с помощью жидкостной системы охлаждения.
- Блок управления 1, осуществляющий управление шаговыми приводами перемещения преобразователей вдоль образца.
- Драйвер управления шаговыми двигателями (составная часть блока управления 1). Микроконтроллер, являющийся основой блока управления 1, не может работать с сигналами выше 5 В. Этого не достаточно для управления промышленными шаговыми двигателями, которые предполагается использовать для перемещения преобразователей вдоль образца. Поэтому требуется специальная усилительная схема, которая называется драйвером.
- Блок управления 2 выполняет следующие функции:
 - управление электрическими тормозами, чтобы удерживать преобразователи на образце между перемещениями;
 - определение положения сварочного электрода относительно преобразователей (между преоб-

разователями или нет) с помощью оптических датчиков;

- передача информации о положении сварочного электрода в микроконтроллер блока управления 1 с помощью интерфейса RS485.
 - Видеосистема визуального контроля положения сварочного аппарата относительно ультразвуковых преобразователей. Видеосигнал передается по отдельному коаксиальному кабелю.
- Механическая конструкция обеспечивает крепление следующих частей устройства:
- ультразвуковых преобразователей к трубопроводу ДУ-300;
 - электрических двигателей, перемещающих ультразвуковые преобразователи вдоль сварного шва, а также в направлении к/от трубы каждого из них;
 - прочих частей устройства, расположенных вблизи сварного шва: блока управления 2, камеры визуального контроля и фотодатчиков.

Кроме того, конструкция должна отвечать следующим требованиям:

- отсутствие соскальзывания устройства под собственным весом при любом положении трубопровода;
 - легкость конструкции и простота установки;
 - малые массогабаритные показатели;
 - наличие удобных ручек для переноски устройства.
- Эскиз механической конструкции приведен на рис. 2.

Ультразвуковые магнитострикционные преобразователи 1 вместе с шаговым двигателем 8 устанавливаются на крепление 3, свободно перемещающееся вдоль направляющей 4. Направляющие крепятся к

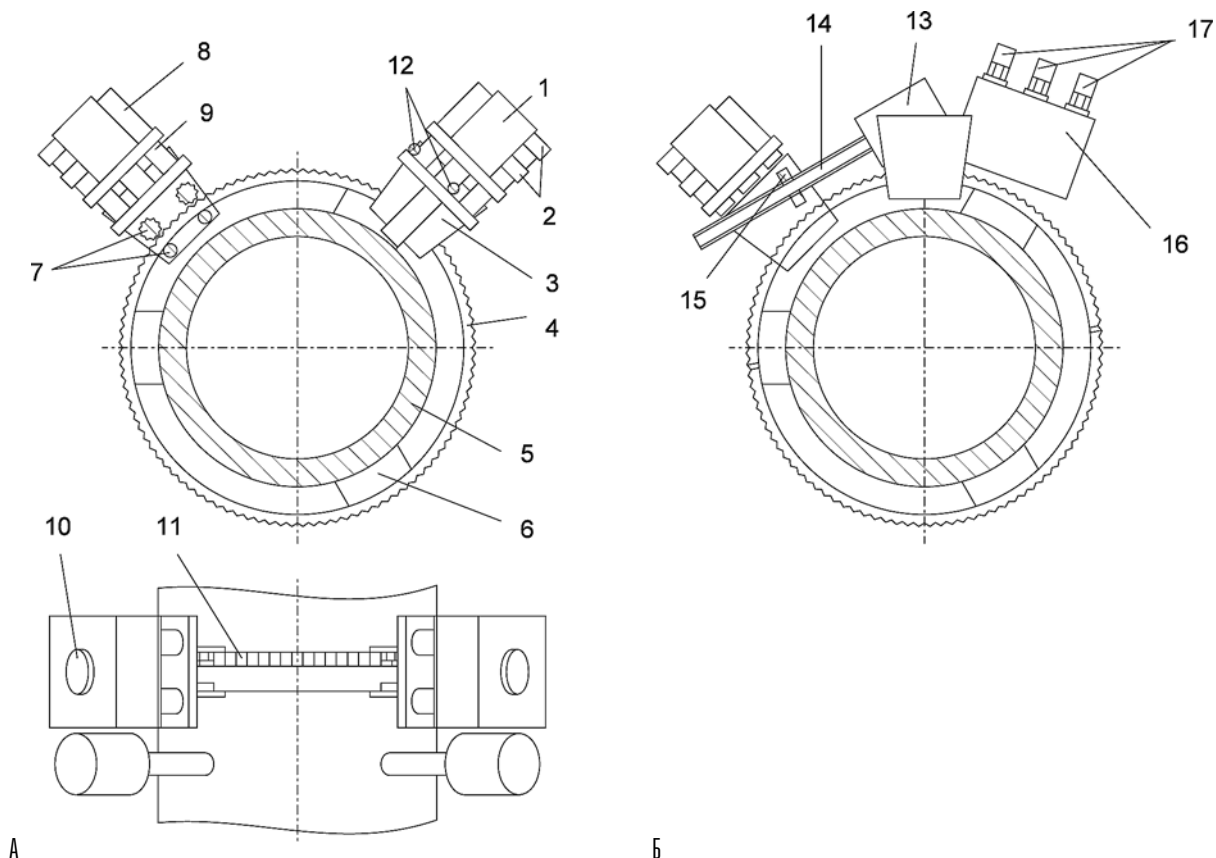


РИС. 2.

Эскиз механической конструкции устройства: а) перемещение ультразвуковых преобразователей к/от трубы; б) взаимное перемещение ультразвуковых преобразователей

свариваемой трубе 5 с помощью трех профилированных под диаметр трубы оснований 6. Шестеренки зубчатой передачи и гладкие колеса 7 перемещаются вдоль направляющей 4, обеспечивая плавное взаимное перемещение преобразователей. Шаговые двигатели 8, установленные рядом с каждым из преобразователей служат для перемещения волноводов преобразователей к и от свариваемой трубы. Перемещение осуществляется с помощью вала 10. Пара фотодатчиков 12 служит для определения положения сварочной горелки относительно ультразвуковых преобразователей.

Взаимное перемещение ультразвуковых преобразователей осуществляется шаговым двигателем 13 и валом 14, прикрепленным к гайке 15. Вращение вала 14 через зубчатую передачу (не показано) передается к шестеренкам 7 и производит сдвигание или раздвижение преобразователей друг относительно друга. На рис. 2, б показаны блок управления 16 и его соединительные провода 17.

В настоящее время опытный образец автоматизированной системы снятия остаточных напряжений применяется при сварке циркуляционных трубопроводов на Курской АЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов А.И. Ультразвуковой метод снятия остаточных напряжений в процессе сварки. М: Энергоатомиздат, 2008.

Трофимов Адольф Иванович,
 д.т.н., профессор, зав. кафедрой автоматизации, контроля и диагностики ИАТЭ НИЯУ «МИФИ»,
 ☎ тел.: +7 (910) 528-12-55, e-mail: i.e.trofimova@iate.obninsk.ru

Трофимов Максим Адольфович,
 д.т.н., профессор, кафедры автоматизации, контроля и диагностики ИАТЭ НИЯУ «МИФИ»,
 ☎ тел.: +7 (903) 635-91-43, e-mail: trofimovma@mail.ru

Минин Сергей Иванович,
 к.т.н., доцент, кафедра АКид ИАТЭ НИЯУ «МИФИ»,
 ☎ тел.: +7 (910) 540-00-45, e-mail: akid@inbox.ru

Косырев Константин Александр,
 ведущий электроник кафедры автоматизации, контроля и диагностики ИАТЭ НИЯУ «МИФИ»,
 ☎ тел.: +7 (920) 611-92-01, e-mail: kstn.kas@yandex.ru

Васьковский Денис Вячеславович,
 инженер-программист, кафедры автоматизации, контроля и диагностики ИАТЭ НИЯУ «МИФИ»,
 ☎ тел.: +7 (985) 808-94-09, e-mail: d.wsky@yandex.ru

☎ 249040, Калужская обл., г. Обнинск, Студгородок, д. 1