

УДК 621(075.8)

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АДАПТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ К ИЗМЕНЕНИЮ ГЕОМЕТРИИ СТЫКА ПРИ СВАРКЕ КОРНЕВОГО СЛОЯ ШВА

Шварц Михаил Валерьевич

*Студент 6 курса,*

*кафедра «Технологии сварки и диагностики»,*

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Малолетков А.В.,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии сварки и диагностики»*

Автоматизация процессов сварки плавлением может резко увеличить производительность процесса, уменьшить и полностью исключить образование дефектов сварного соединения.

Одна из проблем автоматической сварки это отклонение сварочной горелки от запрограммированной линии стыка. Происходит это из-за разброса по различным причинам геометрических параметров заготовок свариваемых деталей (зазор, угол разделки, плоскостность деталей и т.д.). Непостоянство геометрии стыка обуславливается целым рядом различных факторов:

- неточность изготовления труб (овальность и т.д.)
- неточность обработки торцов труб
- неточность сборки, позиционирования
- деформация труб в процессе сварки

В тоже время, при сварке магистральных трубопроводов, предъявляются повышенные требования к точности сборки стыков труб. Это приводит к значительному снижению производительности монтажа трубопровода из-за увеличения временных затрат на обработку кромок, сборку стыка: в среднем, при автоматической сварке около 90% от всего времени идёт на сборку стыка, и лишь 10% на сварку.

Одним из способов повышения производительности монтажа трубопроводов является расширение возможностей автомата компенсировать неточности сборки стыка. То есть, система управления процессом сварки должна получать информацию о геометрии стыка и соответствующим образом изменять режимы сварки. Так как геометрия может меняться в процессе сварки (от сварочных деформаций), то процесс мониторинга необходимо вести в темпе со сваркой.

За счёт подобной адаптации сварочного автомата возможно добиться снижения требований по точности сборки стыка, и как следствие, снизить время сборки и обработки труб перед сваркой. При этом повысится качество и производительность процесса укладки трубопровода в целом.

Решение подобных задач в мире проводилось преимущественно с использованием экспертных моделей, построенных на основе экспериментальных данных. В основу работы экспертной модели заложен поиск функции, аппроксимирующей экспериментальные данные.

В настоящее время для аппроксимации функций широко используются подходы на основе искусственного интеллекта: нейронные сети, аппарат нечёткой логики и нейро-нечёткие системы.

Искусственные нейронные сети (ИНС) — сети, в качестве вершин которых выступают искусственные нейроны (ИН). ИНС осуществляет преобразование вектора входных сигналов  $X$  в вектор выходных сигналов  $Y$ . В данном случае входные параметры - параметры геометрии стыка, выходные - параметры режимов сварки. ИНС

в настоящее время рассматривается как грубая (первого приближения) модель мозга человека и других живых существ[1].

В работе были рассмотрены сети на основе многослойного перцептрона (MLP-сети, Multi Layer Perceptron), сети на основе радиально базисных функций (RBF-сети, Radial-Basis Functions) и обобщённо - регрессионные нейронные сети (GRNN - сети, General Regression Neural Networks). Выбор именно этих сетей обусловлен тем, что для этих сетей существует теорема об универсальной аппроксимации, смысл которой в том что, данные сети способны аппроксимировать любую последовательность с заданной точностью[1].

Аппарат нечёткой логики (Fuzzy Logic), используется в различного рода экспертных и управляющих системах. Механизм нечётких выводов имеет в основе базу знаний в виде совокупности нечётких правил вида: если  $X$  равно  $A$ , то  $Y$  равно  $B$ . Используя специальный алгоритм нечёткого вывода (в данной работе алгоритм Мамдани), находят связь между входными ( $X$ ) и выходными параметрами ( $Y$ ), которой нет в базе знаний[2].

Теоретически, системы с нечёткой логикой и ИНС эквиваленты друг другу, однако, у них также имеются свои достоинства и недостатки. Данное соображение легло в основу аппарата гибридных сетей, в которых выводы делаются на основе аппарата нечёткой логики, но настройка происходит с использованием алгоритма обучения нейронных сетей [2].

Исследование проводилось в среде Matlab 7.0, имеющей средства для проектирования, моделирования, обучения и использования множества известных парадигм аппарата искусственных нейронных сетей (пакет Neural Network Toolbox). Среда также позволяет создавать нечёткие экспертные системы, а также адаптивные нечёткие (гибридные) системы(Fuzzy Logic Toolbox)[2].

Обучение моделей проводилось по экспериментальным данным, получение которых проходило в два этапа. На первом этапе проводилась сборка(на прихватках) под сварку стыка труб диаметром 1220 мм и толщиной стенки 17 мм. Затем, с помощью системы слежения триангуляционного типа проводилось сканирование разделки и получение информации о её геометрии. Измеряемые параметры представлены на рис. 1.

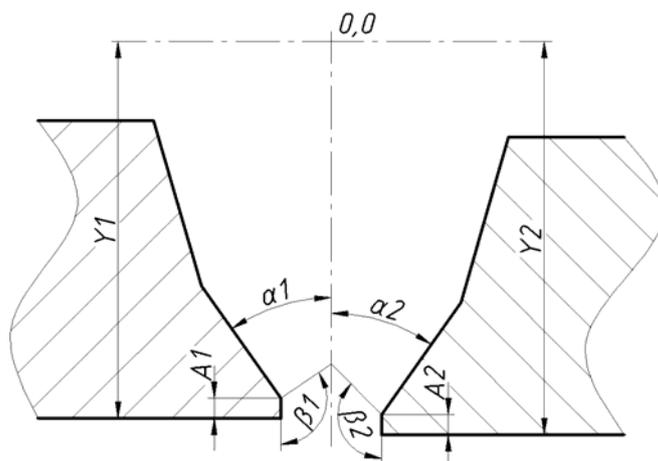


Рис. 1. Измеряемые параметры геометрии стыка

На втором этапе стык был сварен автоматом УАСТ-1 для сварки плавящимся электродом в защитном газе, при этом квалифицированный сварщик имел возможность в темпе с процессом корректировать режимы сварки, что регистрировалось и сохранялось в памяти компьютера. Таким образом, были получены входные и выходные параметры обучающей выборки, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Входные и выходные параметры обучающей выборки

Входные параметры		Выходные параметры	
Депланация кромок, мм	Y1	Скорость сварки, мм/с	V <sub>св</sub>
	Y2		
Притупление комок, мм	A1	Базовый ток, А	I
	A2		
Угол разделки, °	$\alpha_1$	Скорость подачи проволоки, мм/с	V <sub>пп</sub>
	$\alpha_1$		
Наличие зазора/прихватки	$\beta_1$	Размах колебаний, мм	A
	$\beta_2$		

Изменение геометрии стыка представлено на рис. 2 Здесь номер измерения, это точки окружности трубы в которых проводилось измерение геометрии.

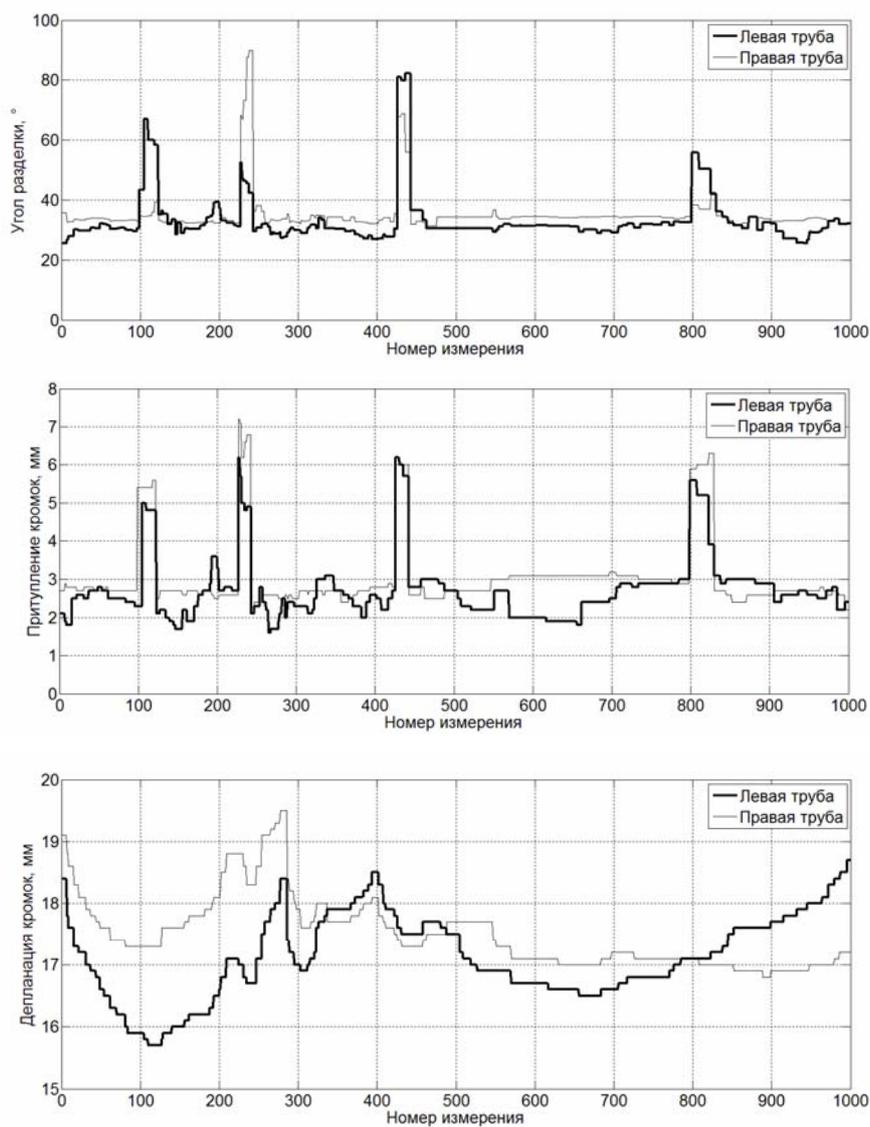


Рис. 2. Изменение геометрии стыка

Результаты обучения для скорости сварки представлены рис. 3-8.

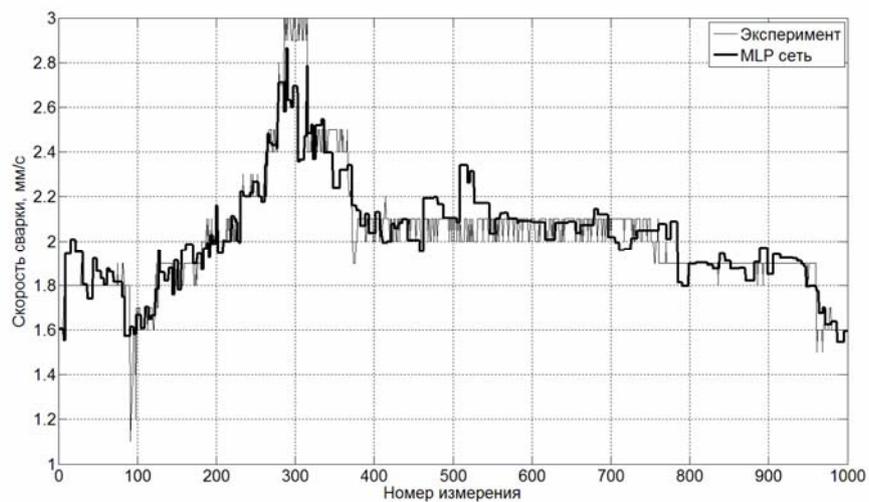


Рис. 3. Результат обучения MLP сети

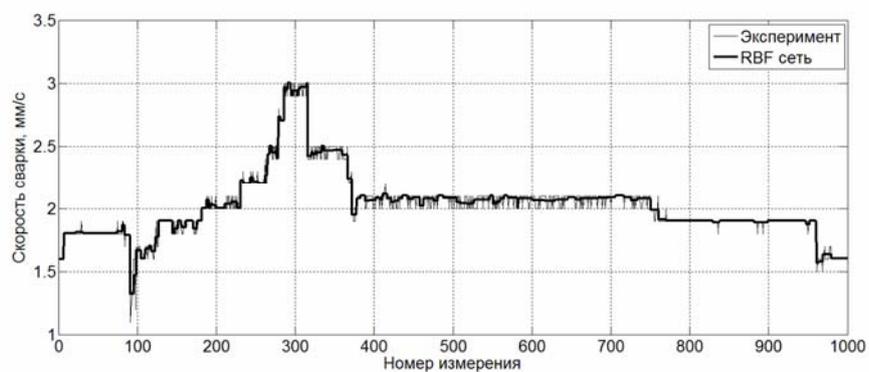


Рис. 4. Результаты обучения RBF сети, метод обучения newtbe[2]

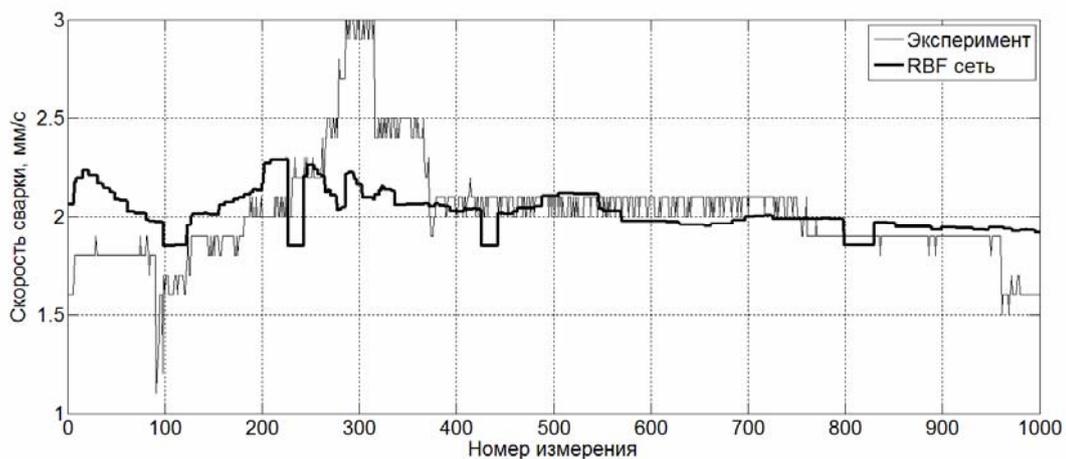


Рис. 5. Результаты обучения RBF сети, метод обучения newrb[2]

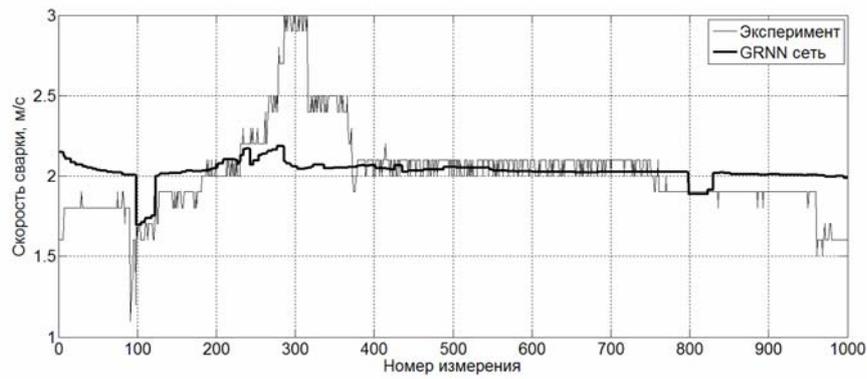


Рис. 1. Результаты обучения GRNN сети

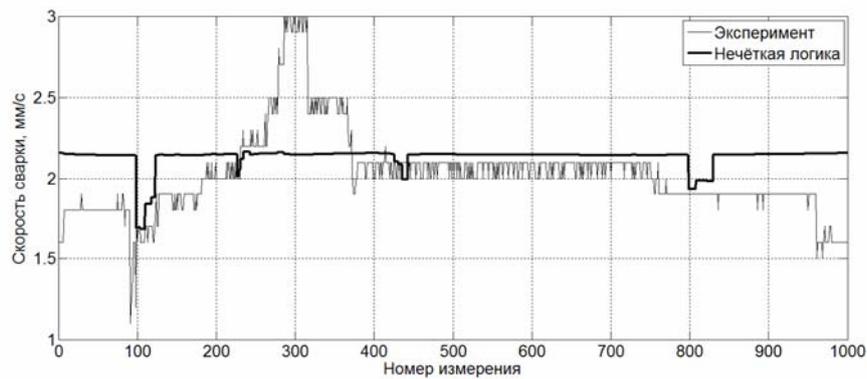


Рис. 2. Результаты нечёткого вывода

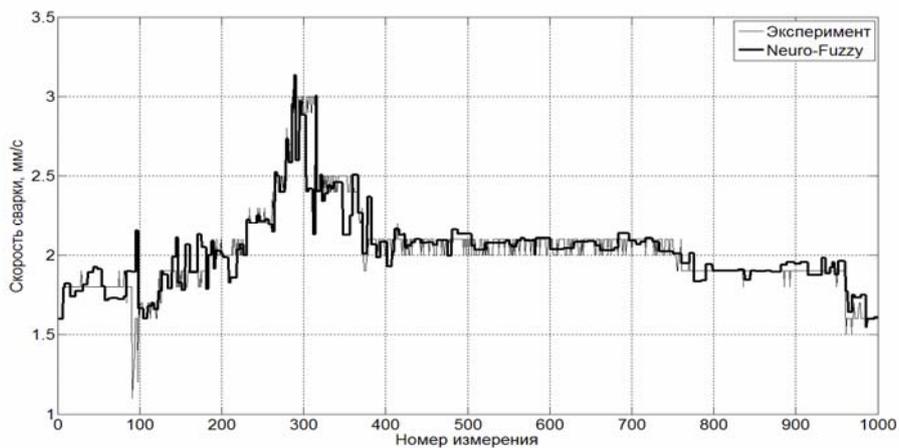


Рис. 3. Результаты работы нейро-нечёткой системы

Резюмируя вышесказанное, можно сделать следующие выводы.

1. Установлена принципиальная возможность использования экспертных моделей для адаптации сварочного автомата к изменению геометрии стыка.
2. Разработаны алгоритмы адаптации автомата, которые можно условно разделить на три группы:
  - 2.1. алгоритмы, при реализации которых чётко прослеживается связь между изменением геометрии стыка и изменением режимов сварки;
  - 2.2. алгоритмы, воспроизводящие действия опытного сварщика;
  - 2.3. алгоритмы, объединяющие свойства в п.2.1. и п.2.2.

### Литература

1. *Хайкин С.* Нейронные сети. Полный курс. – М.: ООО "И.Д.Вильямс", 2008.
2. *Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю.* Нечёткая логика и искусственные нейронные сети. – М: "Физматлит", 2001.
3. *Гладков Э.А.* Управление процессами и оборудованием при сварке – М. : Издательский центр "Академия", 2006. - 432 с.
4. *Гладков Э.А., Малолетков А.В* Управление технологическими параметрами сварочного оборудования для дуговой сварки: учебное пособие – М. : Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007. - 148 с.
5. *Мустафин, Ф. М. Блехерова Н.Г., Квятковский О. П. и др.* Сварка трубопроводов: учебное пособие – М.: ООО "НедраБизнесцентр", 2002. - 350 с.