

.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения 11/03/20165).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБОПРОВОДОВ**

*Непорожня Т.Г.*

*Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники, г. Томск*

*Научный руководитель: Солдатов А.И., д. т. н. кафедры  
промышленной и медицинской электроники, профессор Томского  
политехнического университета*

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что одной из важных и сложных проблем современного неразрушающего контроля качества сварных соединений разных типов является поиск и определение в них дефектов в единой комплексной системе факторов. Структурно–механическая неоднородность – дефекты сварного шва – конструктивный и технологический концентратор напряжений, т.е. зон с высокой неоднородностью напряженно–деформированного состояния или зон концентрации напряжений (ЗКН). Это важно, как при изготовлении сварных соединений, т.е. непосредственно после сварки, для оптимизации технологического процесса, так и при их эксплуатации.

Одним из решений проблемы неразрушающего контроля сварного шва является мобильный робот, который двигаясь по шву способен, с помощью определенных датчиков, сканировать сварной шов на наличие дефектов и осуществляющий передачу данных по беспроводному каналу на ПК.

Главной целью является исследование алгоритмов управления движением мобильного робота перемещающегося вдоль траектории сварного шва.

Рассматривались различные алгоритмы управления перемещением мобильного робота по линии: алгоритм с использованием одного и двух датчиков освещенности, алгоритм с использованием  $n$  датчиков освещенности расположенных в одну линию, алгоритм пропорционально-интегрально-дифференциального управления (ПИД-управление).

Достоинства алгоритма с использованием одного или двух датчиков освещенности – это простота расположения датчиков на

работе и достижение более высокой скорости передвижения. Однако этот алгоритм имеет существенные недостатки. Во-первых, количество датчиков должно быть больше, для более точного измерения отклонения робота относительно исследуемого сварного шва. Во-вторых, скорость перемещения не должна быть слишком высокой, так как роботу необходимо успевать осуществлять передачу определенного объема данных о просканированном участке шва. Поэтому был выбран алгоритм с ПИД-управлением.

Каждый из элементов регулятора (пропорциональное, интегральное и дифференциальное звенья) выполняет свою задачу и оказывает свое специфическое воздействие на функционирование системы. Пропорциональный закон отвечает за настоящее (реагирует на текущую ошибку), дифференциальный – за будущее (реагирует на тенденцию изменения ошибки), а интегральный – за прошлое (накапливая предыдущие ошибки и сглаживая высокочастотные шумы). Выходы этих элементов складываются между собой и формируют управляющий сигнал для устройства. На Рис. 1 представлена схема полученного ПИД-регулятора.

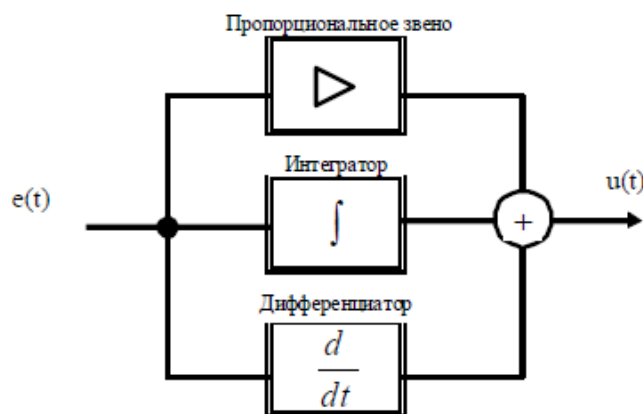


Рисунок 2. ПИД-регулятор

Закон ПИД-управления выглядит как сумма входящих в состав ПИД-регулятора управляющих компонент:

$$U_{pid}(t) = U_p(t) + U_i(t) + U_d(t) = k_p e(t) + k_i \int e(t) dt + k_d (y(t) - y(t-1))$$

где  $U(t)$  – управляющий сигнал,  $k$  – постоянный коэффициент,  $e(t)$  – сигнал ошибки (отклонение),  $y(t)$  – текущее значение выходного сигнала в момент времени  $t$ ,  $y(t-1)$  – предыдущее значение выходного сигнала в момент времени  $t-1$ .

Итоговая структурная схема системы, использующей ПИД-регулятор, изображена на Рис. 2.

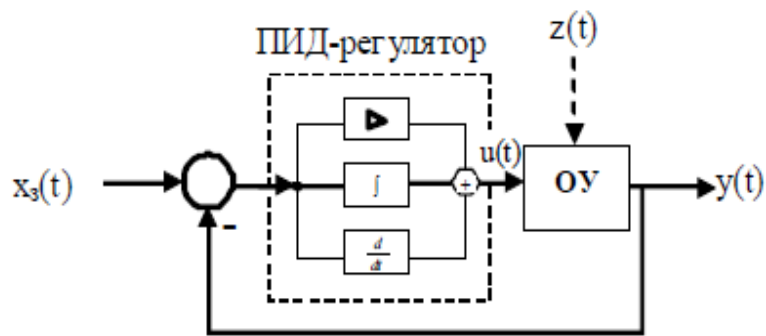


Рисунок 3. Система с ПИД-регулятором.

$x_3(t)$ – задающее воздействие,  $z(t)$ –помехи,  $y(t)$ – выходной сигнал,  $e(t)$ – ошибка (отклонение), ОУ – объект управления

За основу робота был взят существующий прототип, который создан компанией Freescale corp. Робот построен на базе двухосевого шасси. Он имеет два механизма управления:

а) управление двигателями ведущих колёс (в нашем случае задний привод) т.е. управление скоростью вращения колёс;

б) управление углом поворота передних колёс, и соответственно траекторией движения робота. Управление углом поворота осуществляется с помощью сервопривода.

Также на роботе установлен энкодер с двумя прорезями (10 сигналов = 10,5см), отсчитывающий расстояние, пройденное роботом и его скорость. Робот распознает линию, по которой перемещается, с помощью установленной камеры (128 фоточувствительных элементов; 2,3 элемента на одно измерение). Сканирование шва на наличие дефектов осуществляется ультразвуковым датчиком (УД) размером 10x10 мм. (матрица 8x8 элементов).

Учитывая размеры УД необходимо, чтобы робот осуществлял перемещение с шагом  $\approx 4,5$  мм., чтобы не было неконтролируемых зон между соседними сканируемыми участками. Также необходимо учесть, что скорость перемещения робота должна коррелировать со скоростью передачи данных, чтобы не было непроконтролируемых участков. Также для данной задачи не подходит энкодер, установленный на данном роботе и имеющий всего два импульса на одно вращение. Необходим более точный энкодер, с большим числом импульсов, для увеличения точности измерения. При этом лучше использовать абсолютный энкодер, который показывает текущую координату сразу при включении, без необходимости предварительной установки в исходное положение. Камера, отвечающая за положение робота

относительно шва, должна быть расположена ближе к сварному шву, чтобы угол обзора был меньше.

### Список информационных источников

- 1) Википедия  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Ультразвуковая\\_дефектоскопия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ультразвуковая_дефектоскопия)
- 2) Википедия <https://ru.wikipedia.org/wiki/ПИД-регулятор>
- 3) Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – 3-е изд., стереотип. – СПб.: Политехника, 2015 – 302с.
- 4) ИКА Logic <https://www.ikalogic.com/line-tracking-sensors-and-algorithms/>

## ИЗУЧЕНИЕ КОНТАКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Обач И.И., Абуеллаиль А.А., Солдатов А.А., Солдатов А.И.  
Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Солдатов А.И., д.т.н., профессор  
кафедры промышленной и медицинской электроники*

### Введение

В контроле металлов и сплавов часто используют термоэлектрический метод. Но на результат контроля влияет неоднородность и шероховатость исследуемой поверхности, вследствие чего контакт получается многоточечным. Влияние качества исследуемой поверхности на результат контроля отражено в работе [1]. В эквивалентной схеме многоточечный контакт можно изобразить как параллельное соединение нескольких термопар, имеющих различные характеристики за счет локальных колебаний химического состава исследуемого металла или сплава. Для того, чтобы учитывать влияние термопар на результаты контроля, нужно изучить их характеристики.

### Исследование

В данной работе были исследованы характеристики нескольких термопар в диапазоне  $(160^{\circ} - 400)^{\circ}\text{C}$ . Были исследованы характеристики термопар хромель-алюмель, нихром-константан и их параллельное соединение.

Экспериментальная установка, представлена на Рис.1.

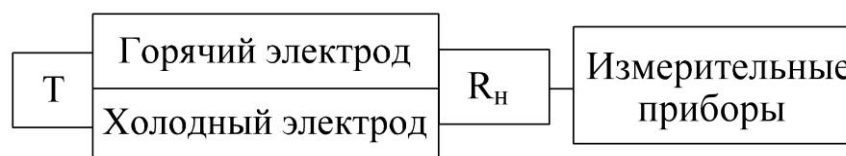


Рис.1. Структурная схема эксперимента