

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ С ВНУТРЕННЕЙ СТОРОНЫ ТРУБКИ ТРУБНОГО ПУЧКА В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РЕЖИМЕ

Авторы: *Попов Даниил Михайлович (Уфимский государственный нефтяной технический университет)*

Аннотация: *В статье анализируется обобщение патентных исследований по устройствам определения геометрии внутренней поверхности трубок теплообменного аппарата. Спроектировано устройство с датчиком углового перемещения для определения геометрии внутренней поверхности трубок. Произведены пуско-наладочные работы устройства и измерения внутренней поверхности трубы. Устройство передает данные на ПК, после чего строят профиль внутренней поверхности трубы.*

Ключевые слова: *определение геометрии трубы, теплообменный аппарат, датчик углового перемещения, построение профиля трубы.*

Annotation: *The article analyzes the generalization of patent research on devices for determining the geometry of the inner surface of the tubes of a heat exchanger. A device with an angular displacement sensor has been designed to determine the geometry of the inner surface of the tubes. The commissioning of the device and the measurement of the inner surface of the pipe were carried out. The device transfers data to a PC, and then build a profile of the inner surface of the pipe.*

Keywords: *determination of pipe geometry, heat exchanger, angular displacement sensor, construction of a pipe profile.*

Изучение тепло- и массообменных процессов установок дает возможность правильно осуществлять выбор теплоиспользующего оборудования для решения вопросов по экономии энергоресурсов на промышленных объектах, а это является важной задачей в работе инженера [1, с. : <https://sapr.ru/article/1716115>].

Как было выяснено в первой научно-исследовательской работе существующие способы оценки состояния материала трубок теплообменников не дают полной информации состоянию и о сроке службы трубок [2, с. 212].

Обобщение патентных исследований по устройствам сканирования для внутритрубной диагностики трубок свидетельствует о том, что существующие устройства имеют ряд недостатков, таких как: дорогая стоимость производства и ненадежность. Вследствие этого было принято решение спроектировать собственное устройство для диагностирования состояния материала трубок теплообменного аппарата.

Узел движения сканирующего устройства представляет собой электрическую машину с восемью колесами, на все колеса подается привод. Источником энергии для машины служат заряжаемые аккумуляторы Li-Ion18650.

Диагностическое устройство представлено на рисунке 1, оно 99 мм диаметром,

270 мм длиной и имеет массу 250 грамм. Для приведения в движение устройства используются мотор редукторы DC 3-6V, а для регулирования скорости устройства используется Arduino Nano, которая принимает сигнал от пульта беспроводного управления 3-15 МГц с помощью модуля беспроводного приемника и уменьшает скорость вращения валов двигателей до нужной для измерения, также в схеме есть драйвер двигателей [3, с. 1].

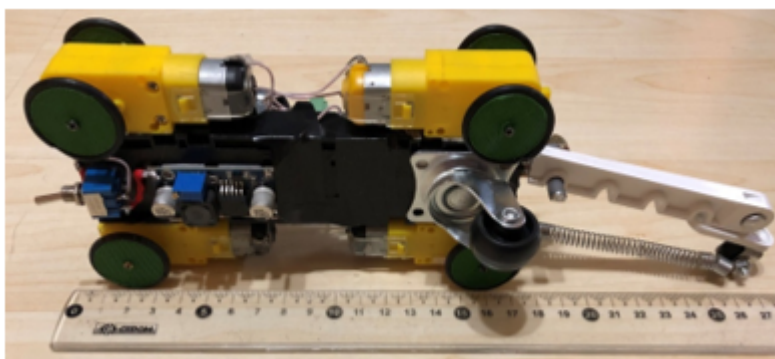


Рисунок 1. Сканирующее устройство

Узел измерения состоит из потенциометра, Arduino Nano, блютуз модуля HC-06, спомощью которого передается информация с потенциометра на ПК.

Потенциометр - переменный резистор, включенный как делитель электрического напряжения. Устройство потенциометра представлено на рисунке 2. На выводы его резистора идет напряжение, которое нужно регулировать. Подвижный контакт - регулирующий элемент, который приводится в действие вращением ручки. От контакта снимается напряжение, которое находится от нуля до большей величины, равной входному напряжению, и зависит от положения подвижного контакта.

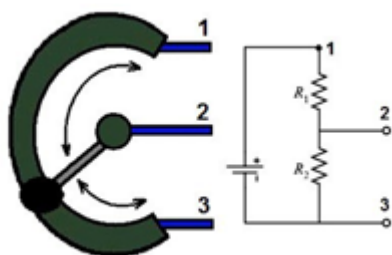


Рисунок 2. Устройство потенциометра

Опытным путем была произведена калибровка датчика для того чтобы можно было производить расчет [4, с. 3]. Зависимость между тангенсом угла отклонения потенциометра и изменением профиля трубы экспериментально подтверждена. Для более быстрого и точного измерения профиля трубы нужно использовать от четырех и более потенциометров расположенных по окружности через равный угол. Измерительное

устройство помещается в исследуемую трубу и проводит измерения по 4-8 образующим за несколько проходов. В режиме реального времени имеем профиль трубы в 1-4 образующих одновременно (в зависимости от количества установленных датчиков).

На рисунке 3 представлены график зависимости внутреннего профиля трубы по всей длине нижней образующей. Исследуемая труба изготовлена из стали марки 20Х25Н20С2. Это жаропрочная высоколегированная сталь для деталей печей, работающая при температуре до 1100 °С в воздушной и углеводородной атмосферах. Данная труба проработала 1300 часов на производстве при температуре 950 °С, в течение этого времени она была подвергнута ремонту (сварке из двух частей).

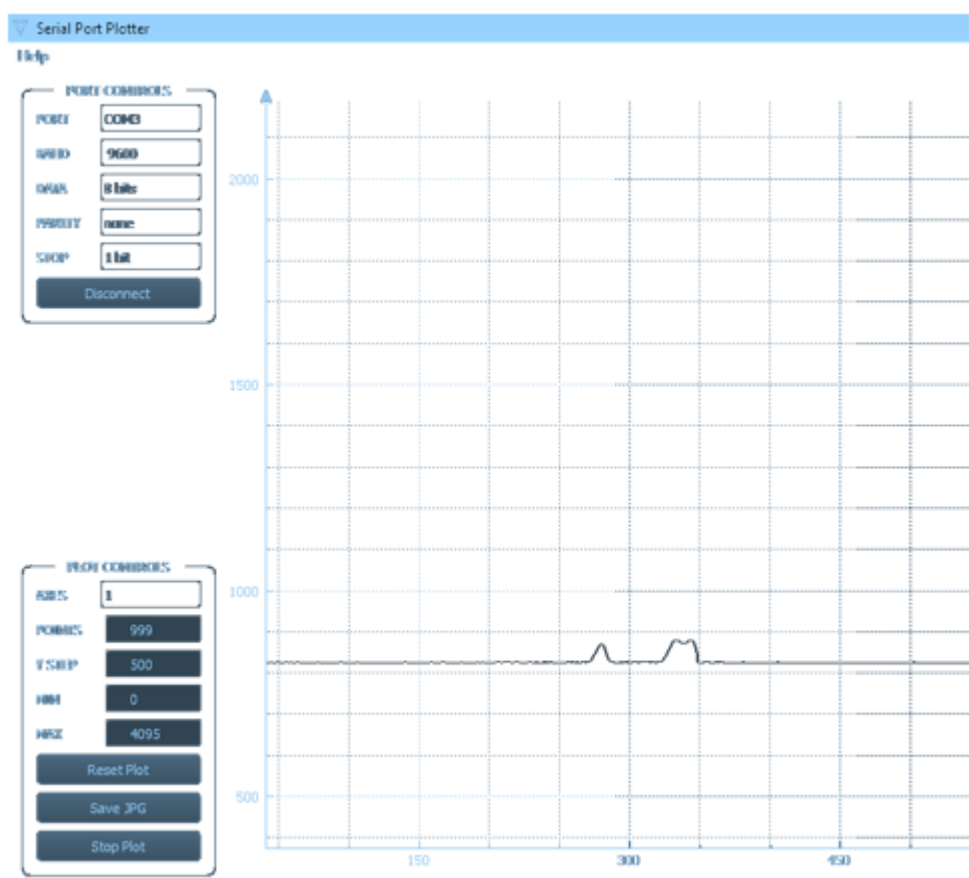


Рисунок 3. Построение геометрии внутренней поверхности трубы по всей длине исследуемого участка в программе Serial Port Plotter

Как видно из графика на 280 мм от начала трубы имеется маленький дефект глубиной 1 мм, а на 317-328-м мм видим дефект большего размера 4 мм высотой, это стык труб (сварной шов затек на внутреннюю поверхность трубы).

Устройство управляется с пульта по радио связи, можно регулировать скорость движения, останавливаться, и возвращаться обратно задним ходом. Устройство передает данные на ПК и строит профиль внутренней поверхности трубы в программе. По полученным графикам видно, что датчик зафиксировал стык труб при каждом измерении образующих. Внутренняя поверхность трубы прямолинейная и гладкая, за исключением пары дефектов и сварного стыка. Толщина стенки трубы

экспериментально проверена и равна 7 мм, диаметр внутренний 100 мм, как и было изначально.

Использованные источники

1 Дрейцер Г.А. Исследование работы теплообменного аппарата при имитационном моделировании: Методическое пособие к лабораторной работе. – М.: Изд-во МАИ, 2001. – 34 с.

2 Архаров А.М. Теплотехника: Учебник для вузов / Под общ. ред. А.М. Архарова и В.Н. Афанасьева. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 712 с.

3 Конструктор для создания плат [Электронный ресурс]. – URL: <https://easyeda.com/ru>(дата обращения 04.08.2019).

4 Новейшая технология создания трехмерной модели для решения задач проектирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://sapr.ru/article/17161>(дата обращения 04.08.2019).