

Разработка системы компьютерного зрения для детектирования дефектов на внешней поверхности трубы

Д.В. Шустанов

Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева
Самара, Россия
den.shustanov@gmail.com

П.Ю. Якимов

Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева
Самара, Россия
pavel.y.yakimov@gmail.com

Аннотация—В настоящей работе описывается разработка автоматизированной системы для контроля качества внешней поверхности трубы. Описывается метод обработки данных лазерного сканирования: оценка диаметра трубы, измерение отклонения точек поверхности от идеального цилиндра, разворачивание трёхмерной поверхности, сшивка в единую сканограмму трубы, детектирование и определение геометрических параметров дефектов.

Ключевые слова— лазерное сканирование, облако точек, метод наименьших квадратов, сшивание изображений, кластеризация, DBSCAN.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время контроль качества труб осуществляется посредством ручного визуально-измерительного контроля. Вследствие этого результаты оценки могут быть искажены человеческим фактором.

Перспективы выявления дефектов связываются с автоматизацией и стандартизацией процесса контроля качества. Поэтому, автоматизация визуально-измерительного контроля внешних поверхностей труб является актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы, которая позволит по данным полученным с лазерных профилометров, движущихся вдоль трубы, составить развёртку внешней поверхности трубы, определить наличие на ней дефектов и рассчитать их геометрические параметры.

2. СОСТАВЛЕНИЕ СКАНОГРАММЫ ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБЫ

Структура программной части системы приведена на Рис. 1 в виде модулей, работающих последовательно.

После захвата поток профилей поступает на модуль интерпретации данных, который производит сшивку профилей в 3D-модель части поверхности трубы. Сектора, поступают в модуль предварительной обработки, в результате чего формируется карта глубин сектора, которая затем поступает на вход модуля сшивки сканограммы. Далее производится детектирование и оценка параметров дефектов по полученной сканограмме.

Синхронизация съёмки профилей происходит с помощью импульсов энкодера, определяющего положение профилометра относительно трубы. По номеру синхроимпульса рассчитывается положение профиля. Все полученные профили размещаются в одном координатном пространстве. Методом наименьших квадратов оценивается окружность для каждого профиля.

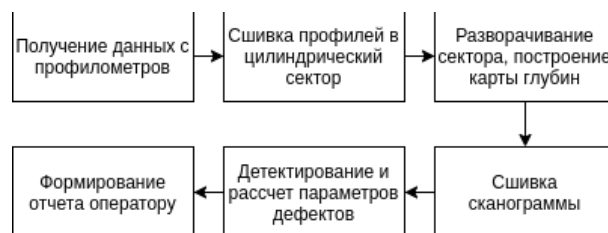


Рис. 1. Структура программной части системы

Далее производится разворачивание профиля — переход от системы координат облака точек в систему координат относительно поверхности сектора. Карты глубин для каждого сектора сшиваются в общую карту поверхности трубы путем сдвига каждой точки сектора вдоль оси на значение энкодера, определяющего поворот трубы. Полученная карта глубин преобразуется в сканограмму - rgb-изображение, цвет каждой точки которого рассчитывается по её глубине с использованием цветовой схемы (Рис. 2).

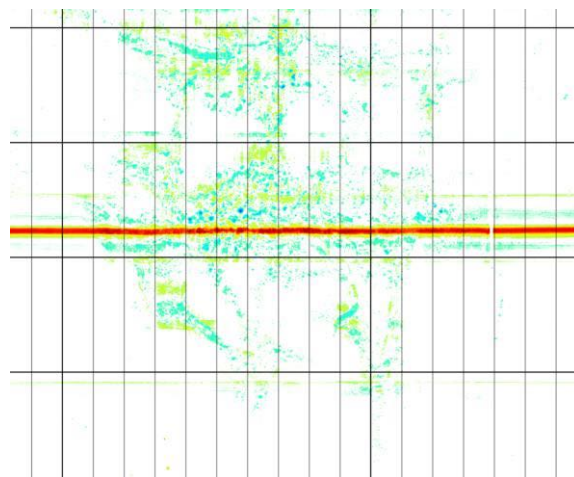


Рис. 2. Часть сканограммы наружной поверхности трубы

3. ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ

Детектирование дефектов производится путём сегментации изображения и кластеризации мелких дефектов для получения крупных дефектных областей. По карте глубин определяются геометрические параметры областей — максимальная глубина и расстояния от продольного шва и торца трубы.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

На Таблице I представлены параметры дефектов трубы, измеренные методами визуально-измерительного контроля и разработанной системой. Погрешность

измерений системой составили 0.58 мм для диаметра и 0.38 мм для глубины дефекта.

ТАБЛИЦА I. ПАРАМЕТРЫ ДЕФЕКТОВ, ИЗМЕРЕННЫЕ ВИК И СИСТЕМОЙ

Дефект	Диаметр			Глубина		
	Измеренный ВИК, мм	Измеренный системой, мм	Погрешность, мм	Измеренная ВИК, мм	Измеренная системой, мм	Погрешность, мм
1	5.6	6.32	0,76	2,6	2,69	0,09
2	5.4	5.32	0,08	2,7	3,32	0,62
3	5.6	5.69	0,09	2,8	2,39	0,41
4	6.0	6.0	0	1,8	1,79	0,01
5	6.1	5.24	0,86	3,0	3,07	0,07

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы была описана программная часть разработанной системы. Реализованы и протестированы программные модули для шивки и развёртки облака точек, детектирования и определения параметров дефектов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" за финансирование проекта, ООО НПЦ «Самара» за проектирование и создание прототипа установки для лазерного сканирования трубы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zhang, D. Automatic pavement defect detection using 3D laser profiling technology / D. Zhang, Q. Zou, H. Lin, X. Xu, L. He, R. Gui, Q. Li // Automation in Construction. – 2018. – Vol. 96. – P. 350-365.
- [2] Valero, E. Automated defect detection and classification in ashlar masonry walls using machine learning / E. Valero, A. Forsterb, F. Boschéa, E. Hyslopс // Automation in Construction. – 2019. – Vol. 106.
- [3] Park, H.-S. Development of inspection system for defect detection in precast parts using laser scanning data / H.-S. Park, T.U. Mani // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 69. – P. 931-936.
- [4] Jovancevic, I. 3D point cloud analysis for detection and characterization of defects on airplane exterior surface / I. Jovancevic, H.-H. Pham, J.-J. Orteu // Journal of Nondestructive Evaluation. – 2017. – Vol. 36. – P. 74.