

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 654.94

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕВЕРСИНЖИНИРИНГА
ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Р. Ю. Чубукин, доц., к.т.н., О. В. Доброходова, к.т.н., М. Н. Токарев, к.т.н.,
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры**

Аннотация. Исследована возможность применения дальномера Sharp GP2Y0A02YK для определения геометрических размеров и взаимного положения элементов механического оборудования, что в сочетании с устройствами углового позиционирования позволяет осуществлять трехмерное сканирование элементов оборудования. Установлено влияние свойств отражающей поверхности на точность измерений.

Ключевые слова: механическое оборудование, дальномер, 3D сканирование, обработка результатов измерений.

ГЕОДЕЗИЧНІ МЕТОДИ РЕВЕРСІНЖІНІРІНГА ПРОМИСЛОВОГО
УСТАТКУВАННЯ

**Р. Ю. Чубукін, доц., к.т.н., О. В. Доброходова, к.т.н., М. М. Токареєв, к.т.н.,
Харківський національний університет будівництва та архітектури**

Анотація. Досліджено можливість застосування далекоміра Sharp GP2Y0A02YK для визначення геометричних розмірів і взаємного положення елементів механічного устаткування, що поєднанні з облаштуваннями кутового позиціонування дозволяє здійснювати тривимірне сканування елементів устаткування. Встановлено вплив властивостей відзеркалювальної поверхні на точність вимірів.

Ключові слова: механічне устаткування, далекомір, 3d сканування, обробка результатів вимірів.

GEODESIC METHODS OF INDUSTRIAL EQUIPMENT REVERS ENGINEERING

**R. Chubukin, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), O. Dobrokhodova, Ph. D. (Eng.),
M. Tokarev, Ph. D. (Eng.),
Kharkiv National University of Building and Architecture**

Abstract. The possibility of application of the range-finder Sharp GP2Y0A02YK for determination of geometrical sizes and mutual position of elements is studied, mechanical equipment and in combination with the devices of angular positioning allows to carry out the three-dimensional scan-out of equipment elements. The influence of catoptr properties on exactness of measuring is determined.

Key words: mechanical equipment, range-finder, 3d scan-out, processing of measuring results.

Введение

В процессе эксплуатации промышленного оборудования необходимо определение формы, размеров и взаимного расположения от-

дельных его частей [1], определение кинематических и динамических характеристик.

Такие задачи зачастую решаются путем эскизирования оборудования с применением контактных методов (с использованием ли-

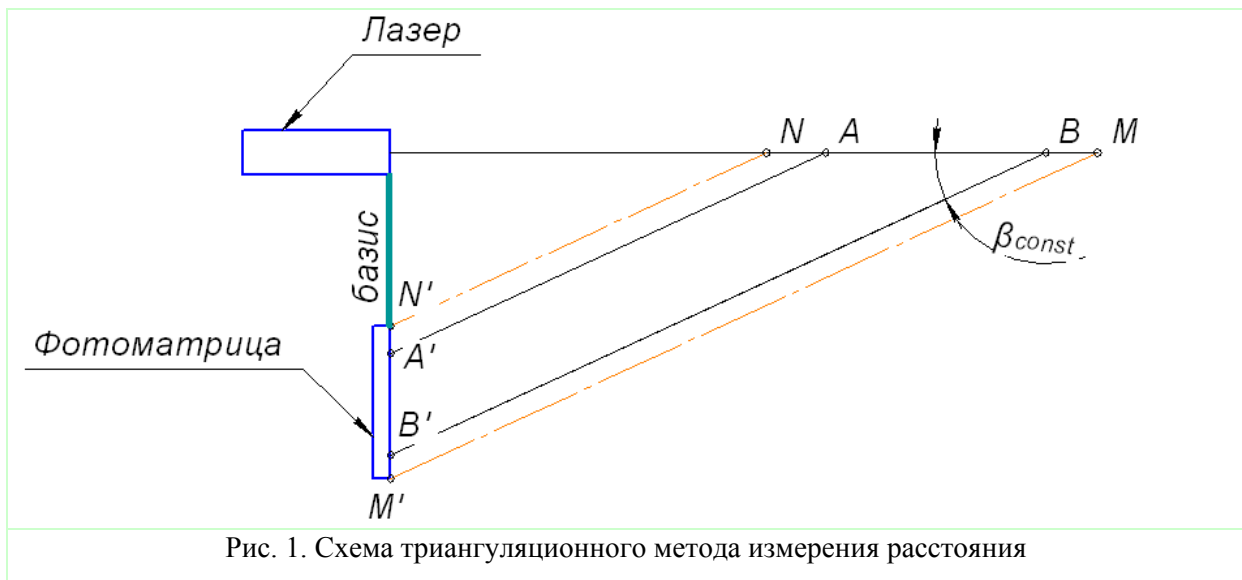
неек, штангенциркулей и др.). Если результаты измерений используются для реконструкции оборудования, инженер должен воспроизвести замеры в виде чертежа или 3D модели, которые используются в дальнейшей работе (т.е. выполняется реверс инжиниринг машины). При масштабной реконструкции оборудования такой метод является трудоемким и мало производительным. Если элементы машины представляют собой кривые второго или третьего порядка, его использование невозможно.

Анализ публикаций

Для решения указанных проблем возможно использование бесконтактных методов измерения расстояний с применением источников электромагнитных излучений [2] или путем программной обработки серии фотоснимков

объекта [3]. В результате в автоматическом режиме получаем облако точек, из которых может быть сформирована 3d модель для экспорта в систему САПР.

Выделяют следующие методы бесконтактного измерения расстояний: а) временной; б) фазовый; в) триангуляционный [4]. Наиболее точным методом измерения расстояний является метод б), основанный на измерении разности фаз между излученным и принятым сигналом. Такие дальномеры позволяют измерять расстояние с точностью ≤ 1 мм. К недостаткам данного метода следует отнести сложность оптической и электронной схемы устройства, что оказывает влияние его на стоимость. Для небольших расстояний до от 3см до 5 м. Возможно использование триангуляционного метода измерений (рис. 1).



Лазерный луч, отражаясь под углом β_{const} от объекта, который находится в т. А, попадает на фотоматрицу в т. А'. При перемещении объекта в т. В, отраженный лазерный луч смещается в т. В'. Воздействуя на элементарную фотоячейку матрицы, лазерный луч изменяет ее выходное напряжение.

Диапазон измерений NM ограничивается физическими размерами матрицы при постоянном базисе.

Несмотря на малый диапазон измерений такие датчики находят применение в при измерениях промышленного оборудования. Например, контроль геометрических параметров деталей железнодоро-

рожного транспорта. Их выпускают такие предприятия как, Sharp Corporation (Япония), ООО "РИФТЭК" (Республика Беларусь) и др. В технической документации приводятся идеализированные характеристики оборудования, что не отражает реальных условий эксплуатации (например, геометрические и физические свойства отражающей поверхности).

Цель и постановка задачи

В качестве объекта исследования был использован дальномер с триангуляционным методом определения расстояний Sharp GP2Y0A02YK с диапазоном измерений 20...150 см.

Выходное напряжение дальномера функционально зависит от измеряемого расстояния. Анализом паспортной характеристики дальномера установлено, что гарантированная детекция напряжения возможна в диапазоне расстояний 20..100 см. С увеличением расстояния свыше 100 см. возвращаемое значение является справочным и не может использоваться для точного определения параметров оборудования.

Геодетические методы реверсинжиниринга

Для проведения экспериментальных исследований была использована схема согласно (рис.2).

В качестве экспериментальных образцов были использованы бумажная, бетонная и стеклянная поверхности 1, которые устанавливались на расстояниях 20, 30...100 см от дальномера. Сигнал с дальномера 3 (рис. 2) поступает на аналоговый вход микроконтроллера Atmega 32, входящего в состав платформы Arduino UNO 4 (рис. 3). Сигнал оцифровывается встроенным в микроконтроллер АЦП и передается в ПЭВМ 5 через USB разъем.

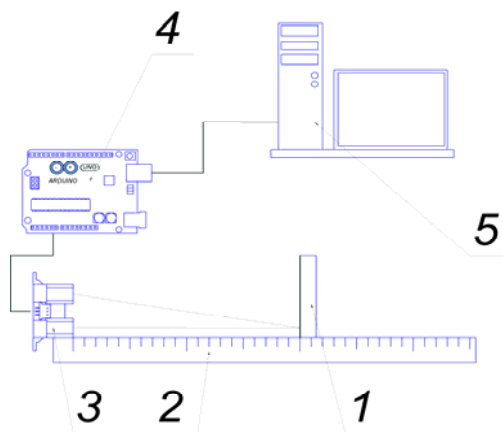


Рис. 2. Схема экспериментальной установки: 1 – контрольный образец; 2 – линейка; 3 – дальномер Sharp; 4 – микроконтроллерная схема Arduino UNO; 5 – ПЭВМ

Оцифровка сигнала выполняется по формуле (1)

$$S = \frac{V_{in} \cdot 2^K}{V_{ref}}, \quad (1)$$

где S – целочисленный код, соответствующий входному напряжению V_{in} ; K – раз-

рядность АЦП ($K=10$); V_{ref} – опорное напряжение АЦП ($V_{ref} = 5$ В);

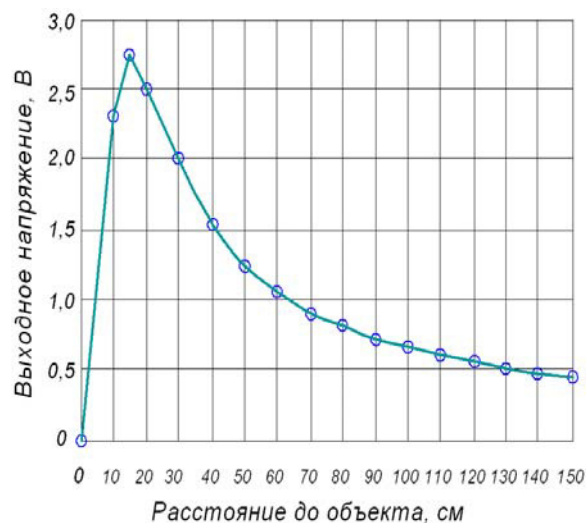


Рис. 3. Паспортная характеристика дальномера Sharp GP2Y0A02YK

Поток данных обрабатывается в ПЭВМ с использованием программы LabView 8.6 (рис. 4). Обработка данных предусматривает настройку аппаратных средств на прием данных (область 1), преобразование типов данных текстовый тип → целочисленный тип → тип “Результат измерений“ (область 2), запись данных в файл измерений (Write To Measurement File) (область 3).

Данные обрабатывались в пакете электронных таблиц Excel. Из потока данных выбирался наиболее длинный поток данных, соответствующий измеряемому расстоянию.

Фактическое расстояние определилось по формуле

$$L_{\text{факт}} = \frac{L_{\text{пасп}} \cdot S_{\text{пасп}}}{S_{\text{факт}}} \quad (2),$$

где $L_{\text{факт}}$ – расстояние определенное экспериментально; $L_{\text{пасп}}$ – эталонное расстояние (рис. 2); $S_{\text{пасп}}$ – код АЦП, соответствующий $L_{\text{пасп}}$; $S_{\text{факт}}$ – код АЦП, определенный по результатам эксперимента.

Согласно табл. 1 отклонение расстояния от паспортных значений не превышает 3 мм, что в большинстве случаев вызвано неточностями фиксации $L_{\text{пасп}}$.

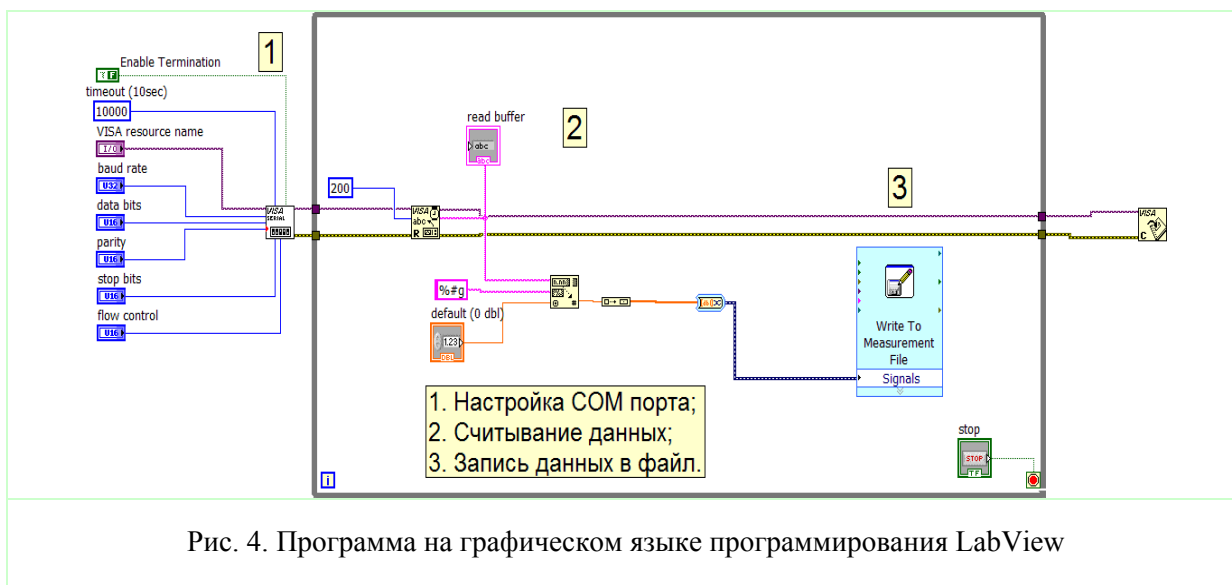


Рис. 4. Программа на графическом языке программирования LabView

Таблица 1 Результаты экспериментальных исследований (размеры в см)

Паспортные данные	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00
Каргон	19,92	29,93	39,36	49,61	59,43	69,10	79,57	90,23	101,19
Стекло	19,25	29,49	41,93	52,15	58,59	72,82	81,50	93,16	104,03
Бетон	20,66	31,24	42,57	51,37	62,50	71,70	82,47	91,99	103,32
Среднее значение	19,94	30,22	41,29	51,04	60,17	71,21	81,18	91,80	102,85
Среднекв. отклонение	0,58	0,75	1,53	1,18	1,68	1,67	1,34	1,50	1,86

При устранении указанного недостатка точность измерений может составлять $\pm 1-1,2$ мм. Стекло, полированный металл и другие светоотражающие поверхности вносят существенные погрешности в результаты измерений, что требует внесения корректив в методику их проведения.

Выводы

Применение датчика Sharp GP2Y0A02YK позволяет с достаточной точностью (сопоставимой с точностью слесарной линейки) бесконтактно определять размеры и взаимное положение элементов оборудования, исследовать закономерности движения материала в машине. В сочетании с устройствами углового позиционирования (шаговые и серводвигатели) позволяет осуществлять трехмерное сканирование элементов оборудования.

Литература

1. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения /

А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – М.: Машиностроение, 1987. – 204 с.

2. Filiberto Chiabrando, Roberto Chiabrando, Dario Piatti, Fulvio Rinaudo Sensors for 3D Imaging: Metric Evaluation and Calibration of a CCD/CMOS Time-of-Flight Camera / Filiberto Chiabrando // Sensors 2009, 9, с. 80-96; doi:10.3390/s91210080. Режим доступа: (www.mdpi.com/journal/sensors).

3. Назаров А.С. Фотограмметрия: учебное пособие для студентов вузов / А.С. Назаров. – Минск: ТетраСистемс, 2006. – 276 с.

4. Селиванов Д. Высокоскоростной лазерный дальномер / Д. Селиванов // Схемотехника. – 2003. – № 11. – С. 10–12.

Рецензент: В.П. Кожушко, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 14 сентября 2015 г.