

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ ЛИФТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**А. В. Богданович, З. А. Якубовский,  
С. Н. Семенович, И. П. Стецко**

---

*Белорусский государственный университет  
Минск, Беларусь  
e-mail: [izmer@bsu.by](mailto:izmer@bsu.by)*

Описываются макет устройства для измерения линейной скорости поверхностей движущихся объектов лифтового оборудования и алгоритм вычисления скорости и расстояния; приводятся оценки ошибок измерений в зависимости от скорости движения поверхности.

*Ключевые слова:* измерение; линейная скорость; энкодер; движущаяся поверхность.

## **DEVICE FOR MEASURING LINEAR SURFACE SPEED OF MOVING OBJECTS OF LIFTING EQUIPMENT**

**A. V. Bogdanovich, Z. A. Jakubovsky,  
S. N. Semenovich, I. P. Stetsko**

---

*Belarusian State University  
Minsk, Belarus*

Described prototype of device for measuring linear surface speed of moving objects of lifting equipment, an algorithm for computing the speed and distance evaluating measurement errors depending on the movement speed.

*Keywords:* measuring; linear velocity; encoder; moving surface.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Разработанный в Белорусском государственном университете регистратор параметров движения лифтового подъемного оборудования В-590 «ПАЛТУС» [1] имеет функцию измерения линейной скорости контролируемого объекта. Однако этот параметр вычисляется в приборе с помощью программно-математической обработки массива измерительных данных, представляющих собой мгновенные значения ускорений через регулярные промежутки времени. К сожалению, для ряда практических измерительных задач такой подход оказывается недостаточно эффективным вследствие эффекта накопления разного рода погрешностей при относительно длительных измерениях. В программном обеспечении прибора В-590 реализованы определенные меры по

снижению влияния упомянутого эффекта, однако в полной мере избавиться от его последствий невозможно.

Возникла задача разработки устройства для измерения линейной скорости поверхностей движущихся объектов лифтового оборудования, которым линейная скорость измерялась бы более прямыми способами, не столь подверженными внешним факторам, искажающим результаты измерений.

## ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

Разработанное устройство предполагается использовать не только в качестве приставки к регистратору В-590 «ПАЛТУС», дополняющего его функциональные возможности, но и как самостоятельный измерительный прибор.

В качестве датчика скорости было изготовлено специальное приспособление с ручкой для удержания оператором в процессе измерений и свободно вращающимся прорезиненным мерным колесом, к оси которого присоединен оптический датчик угловых перемещений (инкрементный энкодер) ВЕ-178. Имеется несколько типов мерного колеса, различающихся диаметром, формой контактной поверхности (выпуклая/вогнутая), степенью контакта с измеряемой поверхностью (коэффициентом трения). Также были исследованы различные варианты конструкции измерительного приспособления.

Схема устройства приведена на рисунке.

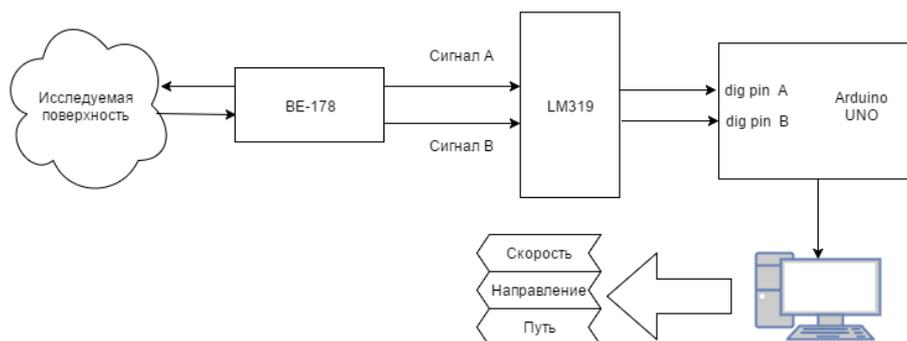


Схема макета устройства для измерения линейной скорости

Электронная часть устройства была выполнена на базе макетной платы платформы NI ELVIS II. Для улучшения надежности работы и метрологических характеристик схемы сигналы выходов оптического энкодера ВЕ-178 подаются на входы компаратора LM319. Это необходимо для получения достаточно резких фронтов импульсов (особенно при малых скоростях вращения оптического энкодера) и для того, чтобы получить сигнал с рабочими логическими уровнями управляющего микропроцессора. С выходов компаратора сигналы подаются на два цифровых входа управляющего микропроцессора, в качестве которого была использована платформа Arduino Uno. Микропроцессор Arduino Uno обрабатывает эти импульсы с помощью описанного ниже алгоритма для вычисления текущих значений скорости и пройденного расстояния.

Микропроцессор Arduino Uno имеет три таймера: таймер 1 используется в качестве счетчика импульсов с цифрового входа; таймер 2 – для обработки прерываний, необходимых для измерения скорости и расстояния; таймер 0 – для обработки преры-

ваний, необходимых для определения направления вращения колеса. Прерывание представляет собой остановку выполнения программы при достижении определенного значения счетчиком таймера и последующее выполнение команд, содержащихся в обработчике прерываний.

Обработчик прерываний запускается таймером 2 каждые 16 мс. Обработчик состоит из двух логических блоков (подпрограмм) вычисления скорости и расстояния.

Функционирование первого блока происходит следующим образом: каждые 16 мс фиксируется количество импульсов, пришедшее за время работы таймера 1. Это значение, умноженное на коэффициент 62,5 (1 с/16 мс), дает значение текущей усредненной частоты прихода импульсов с энкодера. Зная частоту импульсов, легко вычислить текущий усредненный период между ними. Текущая линейная скорость может быть найдена путем деления известного значения линейного расстояния, соответствующего повороту мерного колеса на угол между соседними равномерно нанесенными метками (рисками) на кодовом диске оптического энкодера, на полученное значение усредненного текущего периода. При этом в программе имеется определенное условие, состоящее в ограничении максимального значения периода во избежание вычисления скоростей, стремящихся к нулю.

Вычисление пройденного расстояния может быть осуществлено путем суммирования текущего отрезка пути с пройденными ранее, при этом текущий отрезок равен текущей скорости, умноженной на период работы таймера 2 (16 мс).

Работа второго блока происходит аналогичным образом. Однако опытным путем было установлено, что если собирать данные о количестве пришедших импульсов реже, можно повысить точность измерений. Например, для периода таймера, равного 200 мс, значение линейной скорости может быть измерено с погрешностью менее 1 %. Переключение между блоками обработки может быть адаптивным к текущим значениям измеряемой скорости и расстояния.

В дальнейшем устройство планируется оснастить беспроводным интерфейсом путем подключения встроенного Bluetooth-модуля, что позволит осуществлять передачу данных на компьютер (либо смартфон), встроенной буферной памятью для сохранения полезных измерительных данных на основе microSD-карты памяти, встроенным источником питания (на основе аккумулятора) для обеспечения автономной работы устройства, встроенным символьным ЖКИ-дисплеем, на котором можно будет наблюдать текущие значения скорости и пройденное расстояние, и элементами управления (кнопки) для выбора режима записи данных и обнуления счетчика расстояния.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ**

1. ТУ ВУ 100235722.235-2015. Регистраторы параметров движения лифтового подъемного оборудования В-590 «ПАЛТУС».