

Пильцов Михаил Владимирович,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: mpilcov@yandex.ru

Воронова Тамара Сергеевна,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: candell@mail.ru

Позднухов Алексей Александрович,

обучающийся группы ЭН-21-1, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: aleksejdragunov910@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДИАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ ДАТЧИКАМИ РАССТОЯНИЯ

Pilcov M.V., Voronova T.S., Pozdnukhov A.A.

USAGE OF MEDIAN FILTERING TO IMPROVE THE QUALITY OF MEASUREMENTS BY ULTRASONIC DISTANCE SENSORS

Аннотация. Рассмотрен вариант повышения качества измерений дальности ультразвуковыми датчиками за счёт применения медианной фильтрации. Подобный подход позволяет исключить негативную особенность ультразвуковых датчиков, которая заключается в том, что из-за особенностей окружающей среды, в которой производится измерение расстояния, датчик периодически определяет это расстояние некорректно. С точки зрения метрологии это означает, что в ряду измерений расстояния часто появляются результаты измерения, резко отличающиеся от остальных в этом ряду.

Ключевые слова: медианная фильтрация, пьезоэлектрический эффект, качество измерений.

Abstract. An option has been considered to improve the quality of range measurements by ultrasonic sensors through the use of median filtering. This approach allows us to eliminate the negative feature of ultrasonic sensors, which is that due to the characteristics of the environment in which the distance is measured, the sensor periodically determines this distance incorrectly. From a metrological point of view, this means that in a series of distance measurements, measurement results often appear that differ sharply from the rest in this series.

Keywords: median filtering, piezoelectric effect, measurement quality.

Для измерения расстояний находят широкое применение ультразвуковые датчики. Их работа основана на прямом и обратном пьезоэффектах. Типовой датчик содержит две пластины кварца, вырезанных определённым образом. На одну пластину подаётся переменное напряжение с ультразвуковой частотой, из-за чего пластина начинает деформироваться с этой же частотой и излучать в окружающую среду звуковые колебания. Эти колебания доходят до объекта, который не должен обладать звукопоглощающей поверхностью, и отражаются от него. После чего они возвращаются и начинают воздействовать на вторую пластину кварца, деформируя её. На гранях этой пластины возникают заряды и, соответственно, напряжение, которое и фиксирует измерительная цепь датчика. Зная время с момента излучения ультразвуковых колебаний до момента их возвращения, а также скорость распространения ультразвука в воздухе,

можно определить расстояние до объекта. Принцип работы ультразвукового датчика расстояния поясняется на рисунке 1.

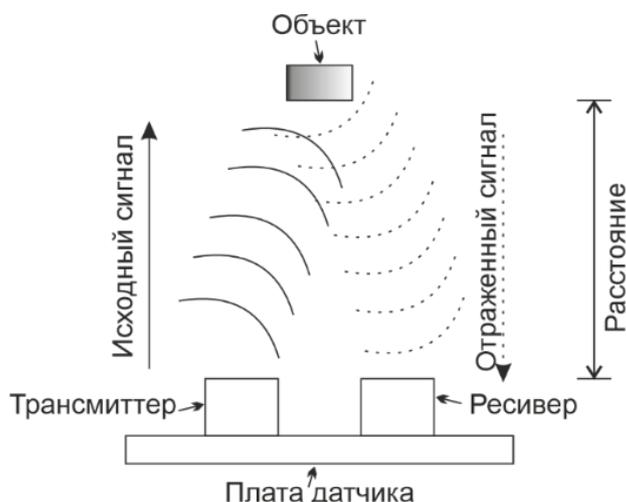


Рисунок 1 – Принцип работы ультразвукового датчика расстояния

Подобные датчики используют не только для измерения расстояний, а также для определения уровня жидкостей, скорости потока жидкости или газа, определения расхода [1]. Несколько видов таких датчиков приведены на рисунке 2.

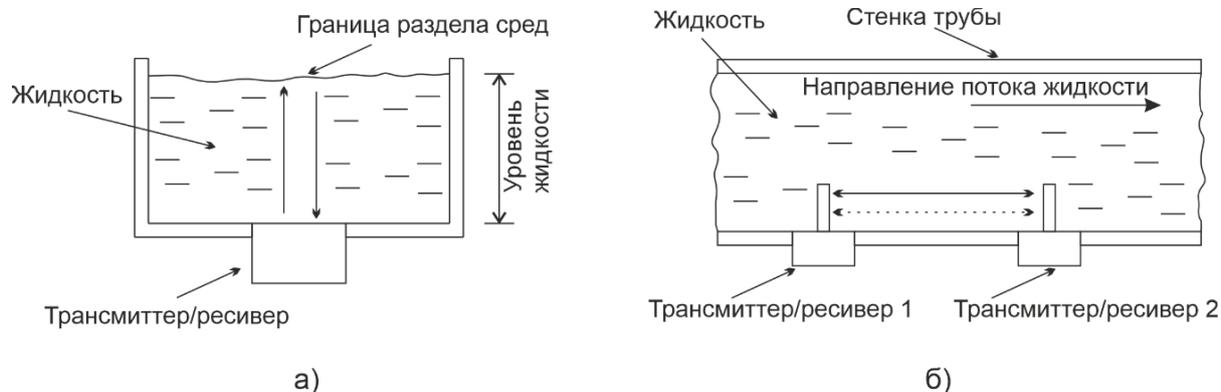


Рисунок 2 – Виды ультразвуковых датчиков: а) ультразвуковой уровнемер; б) ультразвуковой расходомер

Работа ультразвукового уровнемера аналогична работе ультразвукового датчика расстояния, при этом звуковая волна отражается от границы раздела сред. Ультразвуковой расходомер состоит из двух трансмиттер/ресиверов, которые попеременно могут как излучать колебания, так и принимать их. При этом, ультразвуковые колебания распространяются как по потоку жидкости, так и против него. Разность фаз принятых колебаний будет пропорциональна скорости потока, на основании которой вычисляется расход.

При практическом применении подобных датчиков можно столкнуться с одной их особенностью, которая заключается в том, что при измерении расстояния до неподвижного объекта из-за особенностей окружающей среды и распространения ультразвука часто в ряду измерений присутствуют значения расстояния, которые однозначно попадают под определение грубых промахов, т. е. они резко отличаются от других измерений в этом же ряду. Очевидно, что использовать данные с датчика без их предварительной обработки нельзя.

Решить подобную проблему можно при помощи применения медианной фильтрации, реализовать которую можно непосредственно на микроконтроллере, который получает сигнал измерительной информации с датчика. На рисунке 3 приведено пояснение принципа работы медианного фильтра.

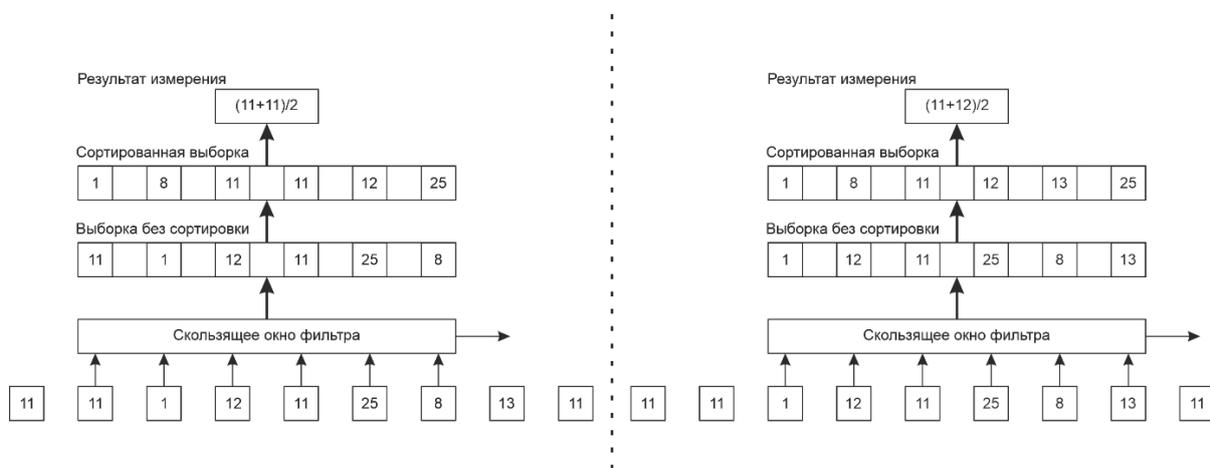


Рисунок 3 – Принцип работы медианного фильтра

Медианная фильтрация выполняется следующим образом.

1. На первом этапе микроконтроллер получает от датчика несколько значений расстояния до объекта. Их число ограничено быстродействием датчика и расстоянием до объекта. Из рисунка 3 видно, что для последующей обработки берётся шесть значений расстояний до некоторого объекта.

2. На втором этапе значения расстояний данной выборки ранжируются (выстраиваются) в порядке возрастания. На рисунке 3 это соответствует получению сортированной выборки.

3. Если число значений расстояния нечётное, то за результат измерения принимается значение, расположенное посередине в данной выборке. Если число измерений чётное, то за результат измерения принимается среднее арифметическое значение двух измерений, расположенных посередине данной выборки. Именно такой случай и демонстрирует рисунок 3.

4. На последнем этапе из выборки исключается первое значение измерения (сделанное первым) и добавляется новое измерение, после чего весь алго-

ритм повторяется, что соответствует сдвигу окна фильтра на одно измерение вправо.

На рисунке 4 приведён алгоритм, реализующий медианный фильтр для обработки результатов измерений с датчика расстояния.

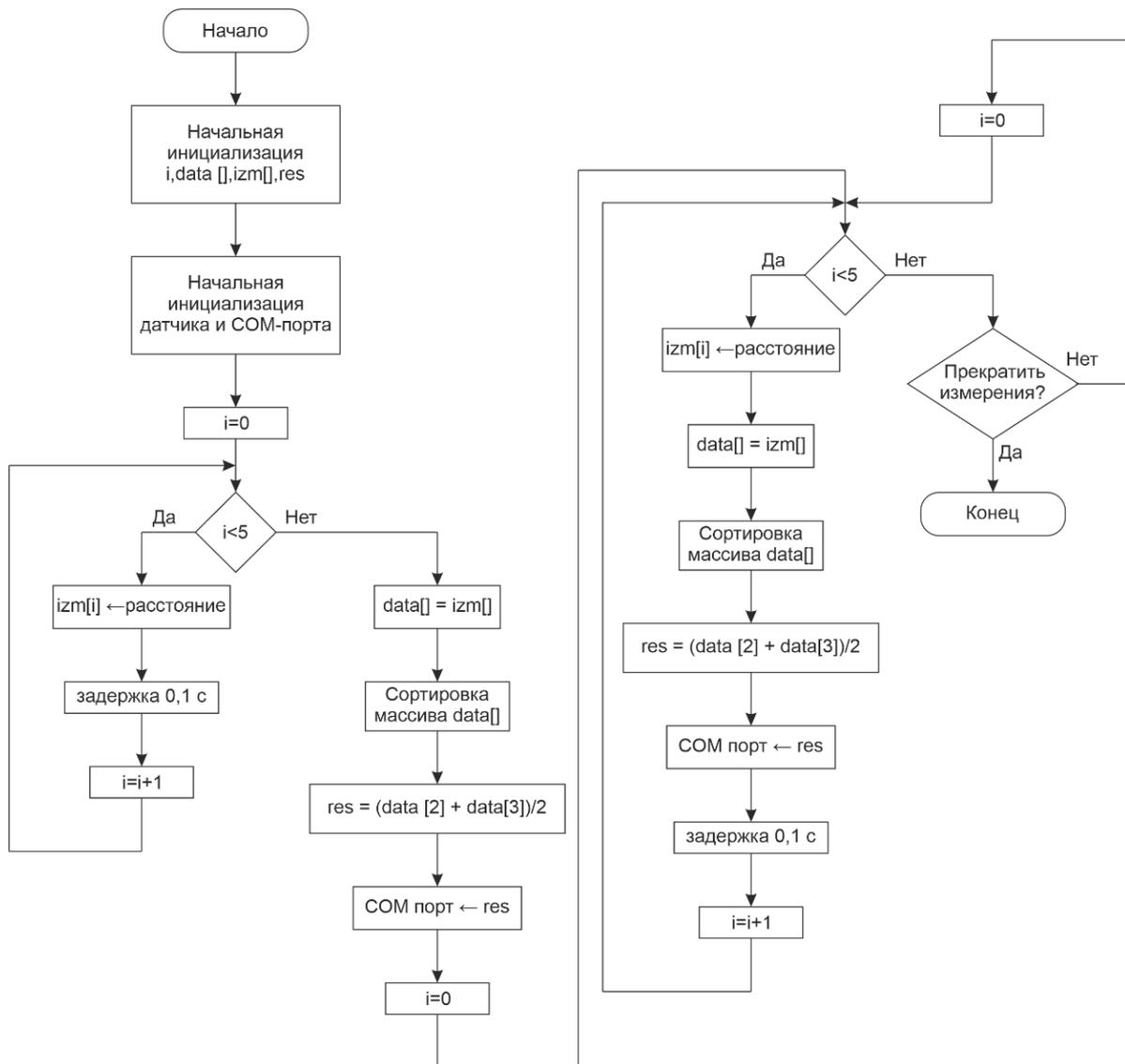


Рисунок 4 – Алгоритм медианной фильтрации

Алгоритм использует служебную переменную «i», при помощи которой реализуются циклы на шесть итераций. В служебную переменную «res» помещают итоговое значение расстояния. Также алгоритм использует два массива на шесть элементов «izm[]» и «data[]». В первый массив помещаются значения расстояния, полученные от датчика. Второй массив содержит эти же самые значения, сортированные при помощи метода сортировки обменами (метод Пу-

зырька). Значения расстояний попадают в массив «izm[]» и выходят из этого массива по принципу «первый вошёл, первый вышел».

Для экспериментальной проверки эффективности медианной фильтрации была собрана измерительная установка, состоящая из платы быстрой разработки Arduino Uno и ультразвукового датчика расстояния HC-SR04. Для визуального контроля работы устройства и вывода дополнительной измерительной информации использовался ЖК-индикатор MT10S1. Измеренные значения расстояния передавались на персональный компьютер при помощи USB интерфейса и сохранялись на его жёстком диске. Структурная схема измерительной установки и упрощённое изображение экспериментального стенда приведены на рисунке 5.

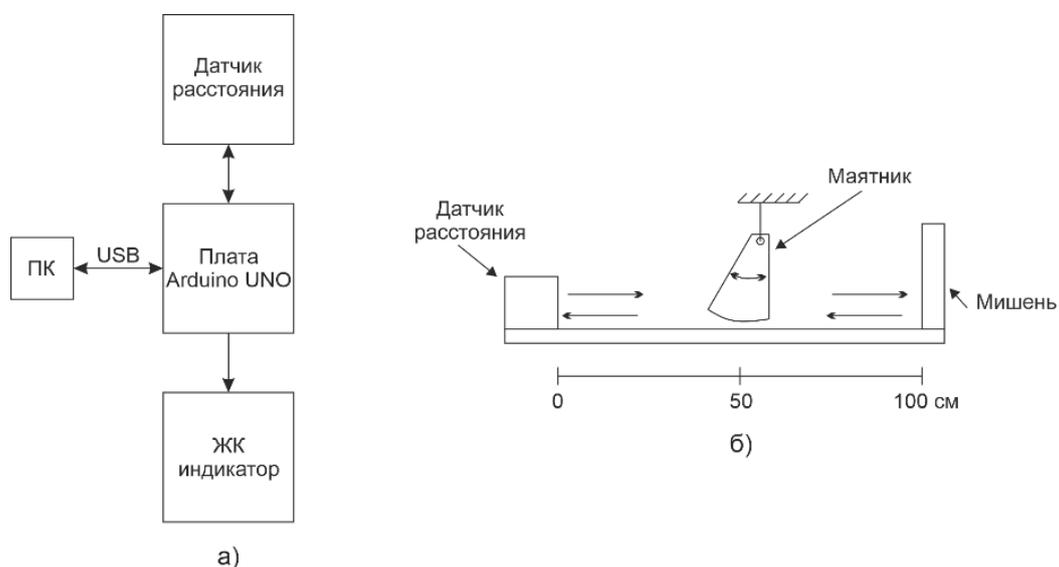


Рисунок 5 – Экспериментальное оборудование: а) структурная схема измерительной установки; б) экспериментальный стенд

В собранном экспериментальном стенде ультразвуковой датчик HC-SR04 должен измерять расстояние до мишени, удалённой от него на 100 см. При этом возникновение грубых промахов должно моделироваться при помощи импровизированного маятника, который с определённой периодичностью будет оказываться между датчиком и мишенью. Удаление маятника от датчика составляет около 50 см. При этом в процессе эксперимента расстояние до мишени будет определяться двумя способами: с использованием медианной фильтрации (алгоритм на рисунке 4); без использования медианной фильтрации, когда измеренные значения расстояния берутся напрямую с датчика и никак предварительно не обрабатываются.

На рисунке 6 приведены результаты проведённого эксперимента.

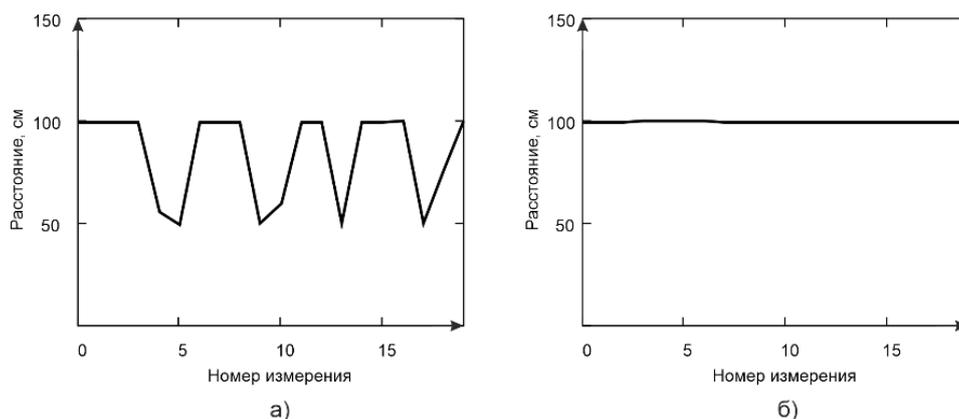


Рисунок 6 – Результаты измерений расстояния: а) измерения, полученные без медианной фильтрации; б) измерения, полученные с использованием медианной фильтрацией

Анализируя графики на рисунке 6 можно увидеть присутствие грубых промахов (вносимых маятником) в значениях расстояния, полученных без применения фильтрации. Это проявляется в виде периодического уменьшения расстояния до мишени до 50 см. При этом в значениях расстояния, полученных с применением медианной фильтрации, таких промахов не наблюдается, несмотря на то, что маятник использовался и в этом случае. Хотя, очевидно, что, если повысить частоту колебаний маятника, в какой-то момент он будет гораздо чаще находиться между датчиком и мишенью, и данного фильтра, использующего выборку из шести значений, будет не хватать, а результат измерений начнёт отклоняться от 100 см. Исправить это можно увеличением объёма выборки, что в свою очередь увеличит инерционность измерителя. Это означает, что медианный фильтр (объем его выборки) необходимо настраивать под конкретную задачу, чтобы найти баланс между отсутствием промахов в ряду измерений и быстродействием применяемой измерительной системы.

Применение медианных фильтров для обработки измерительной информации с ультразвуковых датчиков расстояния, предложенное в данной работе, позволяет исключать грубые промахи и использовать данные с датчиков напрямую. Недостатком подобного подхода является необходимость в сортировке значений измерений, которая требует времени и снижает общее быстродействие измерительной системы, в которой реализованы подобные фильтры.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Келим, Ю. М.** Типовые элементы систем автоматического управления / Ю. М. Келим. – Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2002. – 384 с.