

Для цитирования: Величко М.А., Гладких Ю.П., Сатлер О.Н. Калибровка ультразвукового расходомера по сети Wi-Fi с помощью Web-браузера. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018;45 (3):94-102. DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-3-94-102

For citation: Velichko M. A., Gladkikh Yu.P., Satler O.N. Calibration of ultrasonic flowmeter for Wi-Fi network with the help of Web browser. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2018; 45(3):94-102. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-3-94-102

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.8

DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-3-94-102

КАЛИБРОВКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСХОДОМЕРА ПО СЕТИ WI-FI С ПОМОЩЬЮ WEB-БРАУЗЕРА

Величко М.А.¹, Гладких Ю.П.², Сатлер О.Н.³

¹⁻³Белгородский государственный национальный исследовательский университет,

¹⁻³308007, Белгородская область, г. Белгород, ул. Студенческая, 14, Россия,

¹e-mail: maxvel@inbox.ru, ²e-mail: Gladkikh@bsu.edu.ru, ³e-mail: Satler@bsu.edu.ru

Резюме. Цель. Цель работы заключалась в изменении способа передачи сигнала, содержащего метрологическую информацию, от промышленного импульсного ультразвукового расходомера газа на вычислительное устройство (ВУ). Планировалось расширить спектр устройств, выступающих в качестве вычислителей расхода газа. Планировалась разработка аппаратно-программного комплекса (АПК) для проведения автоматической калибровки/поверки ультразвуковых расходомеров. Указанный АПК должен был одинаково хорошо работать в различных операционных системах. Обмен информацией между ВУ и расходомером должен был осуществляться по беспроводной связи. **Метод.** В качестве протокола беспроводной связи был использован протокол Wi-Fi. Микроконтроллером для обеспечения функционала Wi-Fi был выбран энергоэффективный контроллер ESP8266. Плата ESP8266 выступала в роли точки доступа Wi-Fi сети, к которой для обмена данными подключалось ВУ. Микроконтроллер ESP8266 также служил HTTP сервером. Обмен метрологической и прочей информацией осуществлялся методом GET-запросов. Учитывая необходимость проведения непрерывных измерений расхода и одновременного общения пользователя с расходомером, запросы серверу передавались с помощью технологии AJAX. Программная часть АПК состояла из 3 программ: программы, осуществляющей измерение расхода и передающей информацию далее в микроконтроллер ESP8266, серверной программы, записанной в ESP8266, обеспечивающей ответ на запросы пользователей ВУ, и клиентской программы, установленной на ВУ. В статье рассмотрены ключевые моменты работы АПК. **Результат.** В результате выполнения данной работы был переработан АПК для проведения калибровки/поверки ультразвуковых расходомеров газа. Впервые этот процесс для промышленных расходомеров был реализован с помощью Wi-Fi контроллера ESP8266 в качестве точки доступа. В качестве ВУ стало возможно использовать любой стационарный или портативный компьютер или мобильное устройство с современным браузером. **Вывод.** Предложенный в работе метод существенно упростил обмен данными между вычислительным устройством и расходомером, удешевил процесс создания ПО благодаря единому для различных операционных систем подходу.

Ключевые слова: ультразвуковой расходомер, HTTP, UART, Wi-Fi, микроконтроллер, ESP8266, Arduino

TECHNICAL SCIENCE
COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

CALIBRATION OF ULTRASONIC FLOWMETER FOR WI-FI NETWORK
WITH THE HELP OF WEB BROWSER

Maxim A. Velichko¹, Yulia P. Gladkikh², Olga N. Satler³

¹⁻³Belgorod State National Research University,

¹⁻³14 Student Str., Belgorod region, Belgorod 3308007, Russia,

¹e-mail: maxvel@inbox.ru, ²e-mail: Gladkikh@bsu.edu.ru, ³e-mail: Satler@bsu.edu.ru

Abstract. Objectives The purpose of the work was to change the method of signal transmission containing metrological information from industrial time-pulse ultrasonic gas flow meter to a computing device (CD). It was planned to expand the range of devices serving as gas flow calculators. A hardware-software complex (HSC) for automatic calibration / verification of ultrasonic flowmeters was to be developed. This HSC should work equally well on different operating systems. The information exchange between the CD and the flowmeter was to be carried out wirelessly. **Method.** The Wi-Fi Protocol was used as a wireless Protocol. The energy-efficient ESP8266 controller was chosen as microcontroller to provide the functionality of Wi-Fi. The ESP8266 board acted as a Wi-Fi access point on the network to which CD was connected for data exchange. The ESP8266 microcontroller also served as a HTTP server. Exchange of metrological and other information was carried out by GET-requests. Given the need for continuous flow measurements and simultaneous communication between the user and the flow meter, requests to the server were transmitted using AJAX technology. The software part of the APK consisted of 3 programs: a program that measured the flow and transmitted the information further to the ESP8266 microcontroller, a server program recorded in ESP8266, providing a response to the requests of CD users, and the client program installed on the CD. The article discusses the key points of the HSC. **Result.** As a result of this work, the HSC was processed for calibration/verification of ultrasonic gas flow meters. For the first time this process for industrial flow meters was implemented using the ESP8266Wi-Fi controller as an access point. As a WU, it became possible to use any desktop or laptop computer or mobile device with a modern browser. **Conclusion.** The method proposed in the paper significantly simplified the data exchange between the VU and the flowmeter, reduced the cost of software development due to the common approach for different operating systems.

Keywords: ultrasonic flowmeter, HTTP, UART, wifi, MSU, ESP8266, Arduino

Введение. Освоение ультразвуковых расходомеров газа активно ведется в течение последнего десятилетия [9]. Среди ультразвуковых методов измерения объемного расхода обычно выделяют три основных: доплеровский, время-импульсный и корреляционный методы. Выбор конкретного метода зависит от типа измеряемой среды.

Для измерения расхода многофазных (гетерогенных) сред лучше всего подходит доплеровский метод измерения.

На самом деле, эта задача технически сложна и решена только в некоторых случаях. В основе доплеровского метода лежит изменение частоты при отражении от движущихся неоднородностей измеряемой среды.

Постановка задачи. Для измерения расхода однофазных (гомогенных) сред лучше всего подходит время-импульсный метод измерения. Этот принцип основан на послышке в акустический канал расходомера ультразвуковых сигналов по потоку и против него. Скорость потока определяется по разности времени прохождения сигналов. Данный метод обладает высокой точностью измерения и возможностью обеспечения высокого быстродействия расходомеров (время «реакции» на изменения расхода).

Корреляционный метод измерения основан на принципе определения времени перемещения неоднородностей потока между двумя измерительными сечениями трубопровода. Время, которое

проходит между появлением сигналов с приблизительно одинаковой модуляцией в различных измерительных сечениях, соответствует скорости жидкости.

Преимущества этого метода измерений следующие: обеспечение низкой зависимости качества измерений от физико-химических свойств жидкости, состояния трубопровода, распределения скоростей по сечению потока и от точности монтажа первичных преобразователей на трубопроводе.

Важнейшим функциональным узлом ультразвуковых расходомеров являются излучатели-приемники (преобразователи) ультразвуковых волн, во многом определяющие эксплуатационные возможности и технический уровень приборов.

Наиболее часто излучатели-приемники выполняются на основе пьезокерамических элементов, причем конструкция и технические характеристики непосредственно пьезоэлектрических преобразователей в документации отечественных и зарубежных производителей, как правило, не приводятся.

Методы исследования. В представленной работе мы использовали промышленный времяимпульсный ультразвуковой расходомер газа, принцип действия которого заключается в измерении времени прохождения ультразвуковых (УЗ) импульсов по направлению потока газа в трубопроводе и против него [4].

Возбуждение импульсов производилось пьезоэлектрическими преобразователями [9], которые были установлены в корпусе расходомера [6-8]. Электронный блок осуществлял управление ультразвуковыми приемопередатчиками, прием, обработку, преобразование и передачу в вычислительное устройство (ВУ) сигналов, содержащих, в том числе, информацию о времени распространения УЗ импульсов [10-12], необходимую для вычисления объемного расхода газа в рабочих условиях:

$$v = \frac{L \cdot (t_2 - t_1)}{2 \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot \cos \alpha}, \quad (1)$$

где

v – скорость потока в трубопроводе,
 L – расстояние между приемопередатчиками,
 α – угол между осью установки датчиков и осью трубопровода,
 t_1 и t_2 – времена распространения УЗ импульсов по потоку и против

Передача сигналов в ВУ осуществлялась по интерфейсу RS-232 (стандарт физического уровня для асинхронного протокола UART).

В качестве вычислительного устройства ранее использовался персональный компьютер (ПК) под управлением операционной системы (ОС) Windows. Это имело ряд неудобств, связанных с организацией проводной связи и использованием USB-COM преобразователей, для работы которых необходимо устанавливать драйверы, отличающиеся для каждой версии ОС.

В нашу задачу входило упрощение процесса подключения расходомера к ВУ и расширение спектра ВУ для обработки и сохранения метрологических данных [3, 5]. При этом в качестве логического интерфейса передачи информации мы должны были оставить протокол UART.

Обсуждение результатов. Мы установили в электронный блок расходомера дополнительный модуль ESP8266 [1,2], разработанный китайской компанией Ai-thinker и построенный на базе процессора с одноименным ядром. Ядро ESP8266 интегрировано в Tensilica L106 – 32-битный микроконтроллер с ультранизким энергопотреблением. Модуль ESP8266 работает с тактовыми частотами 80 и 160 МГц, поддерживает операционную систему реального времени (RTOS), встроенный Wi-Fi функционал, имеет микрополосковую антенну на плате.

Модуль поддерживает стандарт IEEE802.11, полный стек TCP/IP протоколов. Модуль можно использовать либо в качестве дополнения для подключения какого-либо устройства к сети, либо в качестве отдельного сетевого контроллера.

В нашей задаче ESP8266 выступал в качестве точки доступа, и организованная им Wi-Fi сеть [13, 14] была видна при стандартном поиске сетей на ПК или мобильных устройствах. Информация о времени распространения УЗ импульсов передавалась в ESP8266 по асинхронному последовательному интерфейсу. ESP8266 обеспечивал предварительную обработку этой информации и дальнейшую ее передачу по сети Wi-Fi.

Модуль служил Web-сервером [15]: принимал HTTP-запросы от клиентов и выдавал им HTTP-ответы, содержащие, в том числе, необходимые для калибровки расходомера метрологические данные.

Встроенная в ESP8266 флэш-память позволила записать в него HTML/CSS страницы с программой проведения калибровки и функции предварительной обработки в виде скриптов JavaScript, текстовые формы отчета, JSON-файлы и прочие данные, которые передавались вместе с HTTP-ответами Web-клиентам. Для обмена сообщениями использовался метод GET.

Для программирования модуля ESP8266 мы выбрали среду разработки Arduino IDE, загрузив дополнительные файлы для работы с Wi-Fi модулем.

Arduino и Arduino-совместимые платы спроектированы таким образом, чтобы их можно было при необходимости расширять, добавляя в устройство новые компоненты. Эти платы расширений подключаются к Arduino посредством установленных на них штыревых разъёмов.

Существует ряд плат с унифицированным конструктивом, допускающим конструктивно жесткое соединение процессорной платы и плат расширения в стопку через штыревые линейки. Кроме того, выпускаются платы уменьшенных габаритов (например, Nano, Lilypad) и специальных конструктивов для задач робототехники.

Независимыми производителями также выпускается большая гамма всевозможных датчиков и исполнительных устройств, в той или иной степени совместимых с базовым конструктивом Arduino. ESP8266 – одна из таких плат.

Микроконтроллеры для Arduino отличаются наличием предварительно прошитого в них загрузчика. С помощью этого загрузчика программа загружается в микроконтроллер без использования традиционных отдельных аппаратных программаторов. Загрузчик соединяется с компьютером через интерфейс USB (если он есть на плате) или с помощью отдельного переходника UART-USB. Поддержка загрузчика встроена в Arduino IDE и выполняется в один щелчок мыши.

На случай затирания загрузчика или покупки микроконтроллера без загрузчика разработчики предоставляют возможность прошить загрузчик в микроконтроллер самостоятельно. Для этого в Arduino IDE встроена поддержка нескольких популярных дешевых программаторов, а большинство плат Arduino имеет штыревой разъем для внутрисхемного программирования.

В концепцию Arduino не входит корпусной или монтажный конструктив. Разработчик выбирает метод установки и механической защиты плат самостоятельно. Сторонними производителями выпускаются наборы робототехнической электромеханики, ориентированной на работу совместно с платами Arduino. Сторонние разработчики портировали в Arduino поддержку Wi-Fi микроконтроллера ESP8266. Теперь компилировать и загружать прошивку для ESP8266 со своими скетчами и поддержкой Wi-Fi можно прямо из Arduino IDE, получая одноплатную схему с поддержкой сети Wi-Fi.

Язык программирования Arduino является стандартным C++ (используется компилятор AVR-GCC) с некоторыми особенностями. Программы, написанные на Arduino, называются наброски (или иногда скетчи — калька от англ. sketch) и сохраняются в файлах с расширением .ino. Эти файлы перед компиляцией обрабатываются препроцессором Ардуино. Также существует возможность создавать и подключать к проекту стандартные файлы C++.

Обязательную в C++ функцию main () препроцессор Arduino создает сам, вставляя туда необходимые «черновые» действия. В текст своей программы (скетча) не обязательно вставлять заголовочные файлы используемых стандартных библиотек. Эти заголовочные файлы добавляет препроцессор Arduino в соответствии с конфигурацией проекта.

Менеджер проекта Arduino IDE имеет нестандартный механизм добавления библиотек. Библиотеки в виде исходных текстов на стандартном C++ добавляются в специальную папку в рабочем каталоге IDE. При этом название библиотеки добавляется в список библиотек в меню IDE. Программист отмечает нужные библиотеки и они вносятся в список компиляции.

Для тестирования работы клиент-серверного приложения мы использовали объект Serial, который работал точно также, как и с платами Arduino. Помимо аппаратного FIFO (по 128 байт для приема и передачи) был определен и программный буфер размером по 256 байт для приема и передачи данных. Прием и передача данных происходила по прерываниям, прозрачно для

скетча. Функции записи и чтения блокировали выполнение скетча, только когда аппаратный FIFO и программный буфер переполнялись.

Serial использовал аппаратный UART0, работающий на входе-выходе GPIO1(TX – передатчик) и GPIO3(RX – приемник). Эти пины были переназначены на GPIO15 (TX) и GPIO13 (RX) вызовом функции Serial.swap(); после Serial.begin();. Повторный вызов Serial.swap(); возвращал все на свои места. Serial1 использовал аппаратный UART1, работающий только на передачу (UART1 TX это GPIO2). Для включения Serial1 использовали Serial1.begin();. По умолчанию, отладочная информация библиотек WiFi выключалась, при вызове функции Serial.begin(). Для включения отладочной информации на UART0 использовался Serial.setDebugOutput(true); Для перенаправления вывода отладочной информации на UART1 применялась команда Serial1.setDebugOutput(true);.

И Serial и Serial1 поддерживали 5, 6, 7, 8 бит данных, odd (O), even (E), и no (N) режимы четности, и 1 или 2 стоп бита. Для выбора нужного режима вызывался Serial.begin(baudrate, SERIAL_8N1); или Serial.begin(baudrate, SERIAL_6E2); и т.д.

Для разработки программы калибровки расходомера (в нашем случае: процесса подстройки показаний объемного расхода газа в рабочих условиях на расходомере до достижения согласования с эталонной величиной расхода на эталонных критических соплах с учётом оговоренной точности) были подключены файлы:

- FS.h для работы с файловой системой SPIFFS модуля и распознавания таких файлов как .htm, .html, .js, .txt, .json, .css и пр.,
- ESP8266WiFi.h для поддержания режимов работы в сети WiFi, в частности режима точки доступа,
- ESP8266WebServer.h для обработки запросов Web-клиентов и отправки ответов,
- ESP8266SSDP.h для включения режима обнаружения Simple Service Discovery Protocol.

Во флэш-память ESP8266 были записаны необходимые html-страницы интерфейса калибровки расходомера (рис. 1).

При внесении изменений в каждое поле формы или при нажатии кнопки на html-странице в ESP8266 отправлялся запрос с помощью технологии AJAX, заключающейся в «фоновом» обмене данными браузера с веб-сервером. AJAX — это аббревиатура, которая означает Asynchronous Javascript and XML. При использовании AJAX нет необходимости обновлять каждый раз всю страницу, так как обновляется только ее конкретная часть. Это существенно повышает скорость работы Web-приложения, а в случае постоянного обмена данными с приборами без AJAX обойтись достаточно трудно. Обмениваться данными с сервером можно двумя способами.

Первый способ — это GET-запрос. В этом запросе обращение идет к документу на сервере, аргументы ему передаются через сам URL. Не рекомендуется делать GET-запросы к серверу с большими объемами данных. Для этого существует POST-запрос.

Типоразмер счетчика газа		
<input type="radio"/> G 6.0	<input type="radio"/> G 2.5	<input type="radio"/> G 1.0
<input type="radio"/> G 4.0	<input type="radio"/> G 1.6	<input checked="" type="radio"/> G 0.6
Контрольные точки поверки (м ³ /ч)		
<input checked="" type="radio"/> 0.600 ± 0.018	<input type="radio"/> 0.0600 ± 0.0018	
<input type="radio"/> 0.300 ± 0.009	<input type="radio"/> 0.0300 ± 0.0009	
Перепад давления ΔP = кПа		
Температура газа T = °C		
Начать измерение		
Данные, полученные от расходомера		
T1 + T2 = ... мкс		
T1 - T2 = ... мкс		
Скорость потока v = ... (м/с)		
Текущий расход Q _{cur} ... (м ³ /ч)		
Усредненный расход Q _{av} ... (м ³ /ч)		
Создать отчет (.txt)		

Рис.1. Пример Web-страницы для проведения калибровки
Fig.1. Sample Calibration Web-Page

Клиент часть, написанная на Javascript, должна обеспечивать необходимую функциональность для безопасного обмена с сервером и предоставлять методы для обмена данными любым из вышеперечисленных способов. Серверная часть должна обрабатывать входные данные, и на основе их генерировать новую информацию, и отдавать ее обратно клиенту. Например, для запроса информации с сервера можно использовать обычный GET-запрос с передачей нескольких и небольших по размеру параметров, а для обновления информации, или добавления новой информации потребуется использовать уже POST-запрос, так как он позволяет передавать большие объемы данных.

AJAX использует асинхронную передачу данных. Это значит, что пока идёт передача данных, пользователь может совершать другие, необходимые ему действия. Индикация во время обмена данными позволяет понять, что не произошло зависание приложения. Ответ от сервера может быть не только XML, как следует из названия технологии. Помимо XML, можно получить ответ в виде обычного текста, или же JSON (Javascript Object Notation). Если ответ был получен простым текстом, то его можно сразу вывести в контейнер на странице. При получении ответа в виде XML, обычно происходит обработка полученного XML документа на стороне клиента и преобразование данных к (X)HTML. При получении ответа в формате JSON достаточно выполнить лишь принятый код для получения полноценного объекта Javascript. В разных браузерах данный объект обладает разными свойствами, но в целом он совпадает. Мы для этой цели использовали объект XMLHttpRequest, позволявший из JavaScript делать HTTP-запросы к серверу (ESP8266 модулю) без перезагрузки страницы. Пример JavaScript функции запроса приведен ниже:

```
function loadIndexData()
{
    var xhr = new XMLHttpRequest();
    xhr.open('GET', 'starting.json', true);
    xhr.send();
    xhr.onreadystatechange = function()
    {
        if (xhr.status == 200)
        {
            var indexData = JSON.parse(xhr.responseText);
            console.log(indexData.verificatorName + ", " + indexData.verificationObject);
        }
    };
}
```

Для «перехвата» запросов на сервере на каждой итерации работы WiFi-модуля вызывалась функция-метод веб-сервера *handleClient()*. HTTP-метод вида *on("/starting.json", handleStartingJson)* вызывался после запроса браузера на получение информации о значении различных переменных. Информация для этой цели предварительно записывалась в файл *starting.json*:

```
void handleStartingJson()
{
    String json = "{}";
    json += "\"verificatorName\":";
    json += "\"";
    json += verificatorName;
    json += "\"";
    json += "\"verificationObject\":";
    json += "\"";
    json += verificationObject;
    json += "\"";
}
```

```
    json += "}";  
    HTTP.send(200, "text/json", json);  
}
```

Вывод. После внесенных нами аппаратных и программных изменений в качестве конечного обработчика метрологических данных может служить любой персональный или мобильный компьютер, планшет или смартфон. Практически единственным требованием к ВУ стало наличие современного браузера, поддерживающего основные возможности протокола HTML5. При этом устройство может находиться под управлением Windows, Mac OS, Android, iOS, Linux и прочих операционных систем. Необходимость в установке дополнительных драйверов также отпала.

Библиографический список:

1. Величко М.А., Гладких Ю.П., Сатлер О.Н., Нигматуллин М.Ю. Разработка программно-технического комплекса для создания и последующего мониторинга карты тепловых потерь зданий и сооружений с помощью беспилотных летательных аппаратов // Успехи современной науки. – 2017. – том 4, №1. - С. 96-98.
2. Величко М.А., Гладких Ю.П., Сатлер О.Н. Использование дрона в качестве точки доступа Wi-Fi в процессе создания энергетической карты местности // Успехи современной науки. 2017. Т. 1. № 5. С. 78-80.
3. Гершман Э.М., Пругло С.Д., Фафурин А.В., Явкин В.Б. Оценка погрешности измерения расхода ультразвуковым расходомером в потоке с неоднородным распределением скорости звука // Труды Академэнерго. 2015. № 3. С. 7-16.
4. Кузнецов Е. Ультразвуковые расходомеры // Сборник: Шаг в науку материалы VI региональной научно-образовательной конференции. 2016. С. 70-71.
5. Фафурин В.А., Яценко И.А., Фефелов В.В., Сабирзянов А.Н. Расчет метрологических характеристик ультразвуковых расходомеров // Законодательная и прикладная метрология. 2010. № 3 (106). С. 45-47.
6. Тихонов А.И., Краев В.М. Инвестиционный потенциал рынка беспилотных летательных аппаратов // Современный ученый. 2017. Т. 1. № 1. С. 42-46.
7. Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Цифровая модернизация нефтегазового комплекса России // Нефтяное хозяйство. 2017. № 10. С. 54-58.
8. Воронин К.С., Авад М.А. Усовершенствование систем измерения количества нефти и нефтепродуктов путем переоснащения узлов учета ультразвуковыми расходомерами // В сборнике: Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы Международной научно-практической конференции. 2010. С. 69-72.
9. Богущ М.В., Кузьмичева Е.В., Пикалев Э.Ж., Богущ А.М. Пьезоэлектрические акустические преобразователи и ультразвуковые расходомеры на их основе // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2010. № 2. С. 21-24.
10. Гришанова И.А., Покрас И.С. Усовершенствование ультразвуковых расходомеров // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2010. № 10 (106). С. 54-57.
11. Sun J., Lin W., Zhang C., Shen Z., Zhang H. Time Delay Estimation In The Ultrasonic Flowmeter in The Oil Well // В сборнике: Physics Procedia International Congress on Ultrasonics, ICU 2009. Sep. "International Congress on Ultrasonics, ICU 2009" Santiago, 2010. pp. 781-788.
12. Luca A., Marchiano R., Chassaing J.-C. Numeric Simulation Of Transit-Time Ultrasonic Flowmeters By A Direct Approach // IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control. 2016. Т. 63. № 6. pp. 886-897.
13. Chang C.-Y., Kuo C.-H., Chen J.-C., Wang T.-C. Design And Implementation of An IoT Access Point For Smart Home // Applied Sciences (Switzerland). 2015. Т. 5. № 4. pp. 1882-1903.
14. Verton D. New Risk For Wireless Access Points // Computerworld. 2002. Т. 36. № 34. pp. 1-2.
15. Rhee Y.Ju., Kim J.B., Kim G.Ho., Yi S.H., Kim T.Yu. Efficient Connection Management For Web Applications // Lecture Notes in Computer Science. 2002. Т. 2468. pp. 54-63.
16. Рева И.Л., Богданов А.А., Малахова Е.А. Применение точек доступа Wi-Fi для регистрации движения на объекте // Новосибирский государственный технический университет. 2017. №3(68). С. 104-125.
17. Bankov D., Khorov E., Lyakhov A., Stepanova E. Fast Centralized Authentication in WI-FI Halow Networks // 2017 Ieee International Conference on Communications, ICC. 2017. С.1167-1173.
18. Raschella A., Bouhafs F., Mackay M., Shi Q., Seyedebrahimi M. Quality Of Service Oriented Access Point Selection Framework For Large WI-FI Networks // IEEE Transactions on Network and Service Management. 2017. Т. 14. № 2. С. 441-455.
19. Mikhalevskiy D., Naugolnykh E., Melnykh V. Traffic Transfer In WI-FI Networks While Switching Between Access Points // Modern scientific research and their practical application. 2014. Т. 21410. С. 161-165.
20. Глушнев В.Д., Панов М.М. Тенденции совершенствования современных ультразвуковых расходомеров // Вестник Московского энергетического института. 2018. № 3. С. 94-100.

References:

1. Velichko M.A., Gladkikh YU.P., Satler O.N., Nigmatullin M.YU. Razrabotka programmno-tehnicheskogo kompleksa dlya sozdaniya i posleduyushchego monitoringa karty teplovykh poter' zdaniy i so-oruzheniy s pomoshch'yu bespilotnykh letatel'nykh apparatov // Uspekhi sovremennoy nauki. – 2017. – tom 4, №1. - С. 96-98. [Velichko M. A., Gladkikh, Yu. P., Sutler O. N., Nigmatullin, M. Y. Development of software and hardware complex for creation and subsequent monitoring card of thermal losses of buildings and structures with unmanned aerial vehicles // Advances of modern science. – 2017. – vol. 4, No. 1. - P. 96-98. (In Russ)]
2. Velichko M.A., Gladkikh YU.P., Satler O.N. Ispol'zovaniye drona v kachestve tochki dostupa Wi-Fi v protsesse sozdaniya energeticheskoy karty mestnosti // Uspekhi sovremennoy nauki. 2017. T. 1. № 5. S. 78-80. [Velichko M. A., Gladkikh, Yu. P., Sutler O. N. The use of drone as a point of access Wi-Fi in the process of creating energy maps // Advances of modern science. 2017. Vol. 1. No. 5. P. 78-80. (In Russ)]
3. Gershman E.M., Pruglo S.D., Fafurin A.V., Yavkin V.B. Otsenka pogreshnosti izmereniya raskhoda ul'trazvukovym raskhodomerom v potoke s neodnorodnym raspredeleniyem skorosti zvuka // Trudy Akadem-energo. 2015. № 3. S. 7-16. [Gershman, E. M., D. S. Pruglo, Fafurin V. A., V. B. Yavkin Estimation of error of flow measurement by ultrasonic flowmeter in the flow with inhomogeneous distribution of the speed of sound // transactions of academ-energo. 2015. No. 3. Pp. 7-16. (In Russ)]
4. Kuznetsov Ye. Ul'trazvukovyye raskhodometry // Sbornik: Shag v nauku materialy VI regional'noy nauchno-obrazovatel'noy konferentsii. 2016. S. 70-71. [Kuznetsov E. Ultrasonic flowmeters // Collection: Step into science proceedings of the VI regional scientific-educational conference. 2016. P.70-71. (In Russ)]
5. Fafurin V.A., Yatsenko I.A., Fefelov V.V., Sabirzyanov A.N. Raschet metrologicheskikh kharakteristik ul'trazvukovykh raskhodomerov // Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya. 2010. № 3 (106). S. 45-47. [Fafurin V. A., Yatsenko I. A., Fefelov V. V., Sabirzyanov A. N. The calculation of the metrological characteristics of the ultrasonic flowmeter // Legislative and applied Metrology. 2010. № 3 (106). P. 45-47.
6. Tikhonov A.I., Krayev V.M. Investitsionnyy potentsial rynka bespilotnykh letatel'nykh apparatov // Sovremennyy uchenyy. 2017. T. 1. № 1. S. 42-46. [Tikhonov A. I., Kraev V. M. the Investment potential of the market of unmanned aerial vehicles // Modern scientist. 2017. Vol. 1. No. 1. P. 42-46. (In Russ)]
7. Abukova L.A., Dmitriyevskiy A.N., Yeremin N.A. Tsifrovaya modernizatsiya neftegazovogo kompleksa Rossii // Neftyanoye khozyaystvo. 2017. № 10. S. 54-58. [Abukova L. A., Dmitriyevskiy A. N., Eremin, N.A. Digital modernization of oil and gas complex of Russia // Oil industry. 2017. No. 10. S. 54-58. (In Russ)]
8. Voronin K.S., Avad M.A. Uovershenstvovaniye sistem izmereniya kolichestva nefti i nefteproduktov putem pereosnashcheniya uzlov ucheta ul'trazvukovymi raskhodomerami // V sbornike: Problemy funktsionirovaniya sistem transporta. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2010. S. 69-72. [Voronin K. S., Awad M. A. Improving the measurement of the amount of oil and oil products by retrofitting metering ultrasonic flow meters // In collection: problems of functioning of transport systems. Materials of International scientific-practical conference. 2010. PP. 69-72. (In Russ)]
9. Bogush M.V., Kuz'micheva Ye.V., Pikalev E.ZH., Bogush A.M. P'yezoelektricheskiye akusticheskiye preobrazovate-li i ul'trazvukovyye raskhodometry na ikh osnove // Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz' v neftyanoy pro-myshlennosti. 2010. № 2. S. 21-24. [Bogush M. V., Kuzmicheva E. V., Pikulev E. F., Bogusz A. M. Piezoelectric acoustic transducers and ultrasonic flow meters based on them // automation, telemechanization and communication in oil industry. 2010. No. 2. S. 21-24. (In Russ)]
10. Grishanova I.A., Pokras I.S. Uovershenstvovaniye ul'trazvukovykh raskhodomerov // Santekhnika, otople-niye, konditsionirovaniye. 2010. № 10 (106). S. 54-57. [Grishanova A. I., Pokras I. S. Improvement of ultrasonic flowmeters // Plumbing, heating, air conditioning. 2010. No. 10 (106). P. 54-57. (In Russ)]
11. Sun J., Lin W., Zhang C., Shen Z., Zhang H. Time Delay Estimation In The Ultrasonic Flowmeter in The Oil Well // In the book: Physics Procedia, International Congress on Ultrasonics, ICU 2009. Ser. "International Congress on Ultrasonics, ICU 2009" Santiago, 2010. P. 781-788.
12. Luca A., Marchiano R., Chassaing J.-C. Numeric Simulation Of Transit-Time Ultrasonic Flowmeters By A Direct Approach // IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control. 2016. T. 63. No. 6. pp. 886-897.
13. Chang C.-Y., Kuo C.-H., Chen J.-C., Wang T.-C. Design And Implementation of An IoT Access Point For Smart Home // Applied Sciences (Switzerland). 2015. Vol. 5. No. 4. pp. 1882-1903.
14. Verton D. New Risk For Wireless Access Points // Computerworld. 2002. Vol. 36. No. 34. S. 1-2.
15. Rhee Y. Ju., Kim J. B., Kim G. Ho., Yi S. H., Kim T. Yu. Efficient Connection Management For Web Applications // Lecture Notes in Computer Science. 2002. T. 2468. pp. 54-63.
16. Reva I.L., Bogdanov A.A., Malakhova Ye.A. Primneniye tochek dostupa Wi-Fi dlya registratsii dvizheniya na ob'yekte // Novosibirskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. 2017. №3(68). S. 104-125. [Reva I. L., Bogdanov A. A., Malakhova E. A. application of Wi-Fi access points for traffic registration at the facility // Novosibirsk state technical University. 2017. №3 (68). pp. 104-125. (In Russ)]
17. Bankov D., Khorov E., Lyakhov A., Stepanova E. Fast Centralized Authentication in WI-FI Halow Networks // 2017 Ieee International Conference on Communications, ICC. 2017. pp. 1167-1173.

18. Raschella A., Bouhafs F., Mackay M., Shi Q., Seyedebrahimi M. Quality Of Service Oriented Access Point Selection Framework For Large WI-FI Networks // IEEE Transactions on Network and Service Management. 2017. Т. 14. № 2. С. 441-455.
19. Mikhalevskiy D., Naugolnykh E., Melnykh V. Traffic Transfer In WI-FI Networks While Switching Between Access Points // Modern scientific research and their practical application. 2014. Т. 21410. pp. 161-165.
20. Glushnev V. D., Panov M. M. trends of improvement of modern ultrasonic flowmeters // Bulletin of the Moscow power engineering Institute. 2018. No. 3. pp. 94-100.

Сведения об авторах:

Максим Андреевич Величко – кандидат физико-математических наук, доцент.

Гладких Юлия Петровна – кандидат физико-математических наук, доцент.

Сатлер Ольга Николаевна – кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors.

Maxim A. Velichko – Cand. Sci. (Physical and Mathematical), Assoc.Prof.

Yulia P. Gladkikh – Cand. Sci. (Physical and Mathematical), Assoc.Prof.

Olga N. Satler – Cand. Sci. ((Technical), Assoc.Prof.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию 01.06.2018.

Received 01.06.2018.

Принята в печать 29.08.2018.

Accepted for publication 29.08.2018.