

## АВТОМАТИКА, КОМП'ЮТЕРНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.725.5

### Застосування інтернету речей для контролю температури та вологості повітря

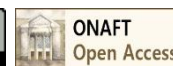
В. І. Сахаров, С. В. Сахарова

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, Одеса, 65039, Україна

*В рамках дослідження основна увага приділена розробці мікроконтролерних пристроїв та елементів Інтернету речей в галузі холодильної техніки. Наявність можливості отримувати інформацію про поточний стан температурних параметрів з датчиків та при необхідності дистанційно змінювати значення цих параметрів значно підвищує ефективність керування технологічним процесом, в якому задіяна холодильна техніка. Метою роботи є підвищення ефективності контролю температури та вологості повітря в приміщенні за рахунок розробки мікроконтролерного пристрою дистанційного контролю. Одна з вирішених задач – розробка алгоритму реалізації пристрою дистанційного контролю температурних параметрів для використання в локальній комп'ютерній мережі. Сформовано пояснення для реалізації розробленого алгоритму. Значна частина роботи зосереджена на виборі програмних та технічних засобів, що дозволять реалізувати розробку пристрою, проведено детальний аналіз існуючих можливостей з обґрунтуванням вибору, вказаними перевагами та недоліками. Серед критеріїв вибору – вартість приладу, час розробки, складність сприйняття, ступінь зручності та простоти мови програмування, відкритість архітектури і програмного коду. В якості основних мікросхем для розробки приладу дистанційного контролю температури та вологості повітря вибрано мікросхеми фірми Microchip однокристальні Ethernet чипи ENC28J60, ENC424J600 та KSZ8441. В якості середовища розробки програм запропоновано використовувати безкоштовне середовище і мову програмування Arduino (апаратні засоби Arduino Duemilanove плюс Arduino EthernetShield V1.0, а також стек програм TCP/IP), середовище розробки програм WinAVR. Пристрій програмується через інтерфейс USB без використання програматорів. Пристрої на базі Arduino отримують інформацію про навколишнє середовище (температуру, вологість, тощо) за допомогою різних датчиків, а також можуть управляти різними виконавчими пристроями. Змонтований пристрій підключається до локальної мережі, в EEPROM мікроконтролеру прописуються IP-адреси пристрою, сервера та маски підмережі при допомозі інтерфейсу типу RS232. Також розроблено підпрограму, яка дозволяє отримати дані про температуру та вологість повітря з датчику DHT-22, який дає можливість калібрувати цифровий сигнал на виході. Підпрограма працює кожні дві секунди і використовується додатком для передачі даних через локальну мережу на екран комп'ютера при допомозі стандартних програм Telnet, Putty або інших. Проведений аналіз програмних та технічних засобів дозволив вибрати зручне та безкоштовне середовище розробки та мову програмування. Використання результатів проведеного аналізу дозволить знизити часові затрати та підвищити ефективність реалізації приладу. Запропоновані матеріали розраховані на популяризацію застосування мікроконтролерів та однокристальних Ethernet інтерфейсів для побудови економічного доступу до локальних комп'ютерних мереж з метою збору і передачі інформації від датчиків різного типу, таких як температура, вологість та інші.*

**Ключові слова:** Інтернет речей; Мікроконтролер; Інтерфейс; Ethernet; Контроль температури.

© The Author(s) 2018. This article is an open access publication  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY)  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



#### 1. Вступ

Останнім часом розробка пристроїв, для дистанційного контролю різних технологічних процесів за допомогою елементів Інтернету речей набула особливої актуальності. Сучасні технічні засоби контролю та управління можуть бути використані у вигляді повністю інтегрованої системи або системи, що складається з функціонально незалежних компонентів. В рамках дослідження основна увага приділена розробці мікроконтролерних пристроїв та елементів Інтернету речей в галузі холодильної техніки. На сьогоднішній день розробка елементів Інтернету речей для дистанційного контролю температури та вологості

повітря є досить актуальною задачею. Наявність можливості отримувати інформацію про поточний стан температурних параметрів з датчиків та при необхідності дистанційно змінювати значення цих параметрів значно підвищує ефективність керування технологічним процесом, в якому задіяна холодильна техніка.

Основні принципи розробки приладів та систем із застосуванням мікроконтролерів, а також аналіз стану питання в галузі Інтернету речей наведено в [1-4]. Грунтуючись на проведені дослідження виконаних робіт в рамках обраної тематики зроблено висновок о доцільності використання мікроконтролерів з вбудованим інтерфейсом MII або RMII, наприклад

мікросхем *AT90RM9600* та їм подібні, при розробці систем дистанційного контролю температури та вологості повітря, але при цьому необхідно використовувати фронтальні інтерфейси *Ethernet*, наприклад *DV9161* фірми *Davicom*. Крім того, на платі слід використовувати зовнішню оперативну пам'ять, для зберігання прийнятих пакетів і використовувати зовнішню програмну пам'ять, що приводить до значного подорожчання приладу. На ці вбудовані мікрокомп'ютери, як правило, встановлюють операційну систему *Linux*, яка забезпечує всі необхідні протоколи для роботи в локальній мережі. Значний прорив в напрямі дослідження зробила компанія *Microchip* розробивши однокристальні *Ethernet* чипи - *ENC28J60*, *ENC424J600* і *KSZ8441*.

Метою роботи є підвищення ефективності контролю температури та вологості повітря в приміщенні за рахунок розробки мікроконтролерного пристрою дистанційного контролю та елементів Інтернету речей.

Об'єктом дослідження є процес дистанційного контролю температури та вологості повітря.

Предметом є методи розробки мікроконтролерних пристроїв та елементів Інтернету речей.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд задач.

1. Аналіз сучасних методів дистанційного контролю технологічних процесів та елементів Інтернету речей.

2. Обґрунтування необхідності дистанційного контролю температури та вологості повітря та обґрунтування актуальності розробки запропонованого приладу.

3. Розробка алгоритму реалізації приладу для дистанційного контролю температури та вологості повітря.

4. Формування пояснень для реалізації розробленого алгоритму.

5. Вибір засобів для програмної реалізації розробленого алгоритму.

6. Вибір технічних засобів для реалізації приладу.

## 2. Основна частина

Розробка алгоритму реалізації приладу дистанційного контролю температури та вологості повітря із застосуванням Інтернету речей основана на результатах автора, приведених в [1]. На рисунку 1 в попередній роботі автора [1] зображено алгоритм реалізації приладу для використання в локальній комп'ютерній мережі, пунктирними лініями на якому виділені блоки, які виконуються розробниками виробу та авторами представленої статті.

Для початку роботи необхідно розробити структурну, функціональну схеми і реалізувати прилад дистанційного контролю температури та вологості повітря. На структурній схемі вказано інтерфейс для підключення Інтернету речей, що є необхідним для створення можливості дистанційного контролю. Одним із основних інтерфейсів для підключення Інтернету речей є інтерфейс *Ethernet*, який традиційно був досить складним. Всі *Ethernet* чипи мають велику кількість контактів і їх досить складно адаптувати до маленького мікроконтролеру з невеликою кількістю оперативної пам'яті. Наступний етап – підготовка середовища

програмування. В рамках представленої роботи запропоновано скористатись програмним забезпеченням, описаним в [5], де детально розглянуто порядок створення *Ethernet* інтерфейсу і його використання. Для прискорення процесу розробки *Ethernet* інтерфейсу, також можна скористатися [6].

Серед задач, що вказано в алгоритмі, вирішено автором із запропонованого алгоритму:

1. побудова проекту,
2. розпаковка пакету *uIP*,
3. розробка *Make* файлу,
4. розробка додатку,
5. компіляція проекту,
6. розробка скетчу,
7. компіляція скетчу.

Значна частина роботи зосереджена на виборі програмних та технічних засобів, що дозволять реалізувати розробку, проведено детальний аналіз існуючих можливостей з обґрунтуванням вибору, вказаними перевагами та недоліками. Серед критеріїв вибору – вартість приладу, час розробки, складність сприйняття, ступінь зручності та простоти мови програмування, відкритість архітектурі і програмного коду.

В якості основних мікросхем для розробки приладу дистанційного контролю температури та вологості повітря вибрано мікросхеми *ENC28J60* та *ENC424J600*, що представляють із себе невеликі чіпи з 28 та 44 контактами, відповідно. Мікросхема *ENC28J60* має інтерфейс *SPI*, який легко використовувати з будь-якого мікроконтролеру, а чіп *ENC424J600* крім інтерфейсу *SPI* може обмінюватись даними через паралельний інтерфейс шириною 8 або 16 біт, що значно прискорює передачу та прийом пакетів даних. Параметри мікросхеми *KSZ8441* відповідають рекомендаціям *IEEE1588v2 PTP and Clock Synchronization*, дозволяє підключати волоконно-оптичну лінію типу *100BASE-FX*, має 8/16 біт інтерфейс для обміну даними з керуючим мікроконтролером, дозволяє передавати пакети довжиною 2000 байт і сумісний з протоколом *IPv6*. Ця мікросхема підтримує режим роботи *WOL* (*Wake-on-Line*), має можливість в пасивному стані переходити в режим зберігання енергії, при отриманні пакети типу *magic packet*, здійснюється активізація обладнання і підключення до мережі. Це відкриває цілий світ зовсім нових прикладних задач, дає можливість створювати невеликі пристрої, які можуть поширитися на все в приміщенні і просто будуть підключені в мережу *Ethernet*. Всі прилади легко підключити через інтерфейс *Ethernet*, цієї мікросхеми. Відстань перестає бути обмежуючим фактором, з'єднання *Wi-Fi* можливі, так як можливо підключити пристрої до бездротового мосту, наприклад при використанні бездротового модулю типу *ESP8266*, який легко адаптувати до Інтернету речей. Модуль *ESP8266* може працювати в режимі серверу або в режимі клієнта.

В якості середовища розробки програм можна використовувати безкоштовне середовище і мову *Arduino*, що можна завантажити з [6]. При цьому, використовується вбудований програматор, який працює через інтерфейс *USB*, який присутній на платформах *Arduino*.

*Arduino* – це електронний конструктор і зручна платформа швидкої розробки електронних пристроїв.

Завдяки зручності і простоті мови програмування, а також відкритій архітектурі і програмному коду платформа користується величезною популярністю в усьому світі.

Пристрій для дистанційного контролю температури та вологості повітря програмується через інтерфейс *USB* без використання програматорів. *Arduino* дозволяє комп'ютеру вийти за рамки віртуального світу в фізичний та взаємодіяти з ним. Пристрої на базі *Arduino* можуть отримувати інформацію про навколишнє середовище (температуру, вологість, тощо) за допомогою різних датчиків, а також можуть управляти різними виконавчими пристроями.

Мікроконтролер на платі програмується за допомогою мови *Arduino* (заснований на мові *Wiring*) і середовища розробки *Arduino* (заснована на середовищі *Processing*). Проекти пристроїв, засновані на *Arduino*, можуть працювати самостійно, або ж взаємодіяти з програмним забезпеченням на комп'ютері (напр.: *Flash*, *Processing*, *MaxMSP*). Плати можуть бути зібрані користувачем самостійно або куплені в зборі. Основною перевагою є те, що програмне забезпечення доступне для безкоштовного скачування, вихідні креслення схем (файли *CAD*) є загальнодоступними.

Мова програмування пристроїв *Arduino* заснована на мові програмування *C/C++*, що є простою в засвоєнні. На даний момент *Arduino* – це, один з найзручніших способів програмування пристроїв на мікроконтролерах.

Існує кілька версій платформ *Arduino*. В якості платформи можна використовувати *Arduino UNO*, або *Arduino Duemilanove*. Ці платформи добре підходять для сполучення з *Arduino EthernetShield V1.0* інтерфейсом, виконаного на основі мікросхеми *ENC28J60*. *Arduino Mega* не стикуються з цим інтерфейсом при допомозі роз'ємів, які є на платах, тому необхідно розробити перехідні кабелі. Плата *Arduino EthernetShield V1.0* являє собою окремий виріб на якому розташована мікросхема *ENC28J60*, лінійний трансформатор, роз'єм *RJ-45* і мікросхема *74HCT08D* – узгоджувач рівнів, так як плата має живлення 5В. Доступ до *EthernetShield* здійснюється за допомогою послідовного інтерфейсу *SPI*.

Також зручно використовувати середовище розробки програм *WinAVR*. Середовище програмування *WinAVR* являє собою потужний *C* та *C++* компілятор, який використовує бібліотеки *GCC* операційної системи *Linux* і працює на платформі *Microsoft Windows*. Даний програмний продукт ні в чому не поступається пакету *IAR Embeded Workbench for AVR*. В склад *WinAVR* включено зручний редактор програміста та інтегрована середовище розробки (*IDE*), компілятор мов *C/C++* для *AVR*, стандартні бібліотеки мов *C/C++ AVR* для використання з *GCC*, асемблер для мікроконтролерів *AVR*, програматор (програма для завантаження і вивантаження коду мікроконтролерів), автоматичний генератор *Make*-файлів *for AVR GCC* та інші. автоматичний генератор *Make*-файлів допомагає розробити *Make*-файл для компіляції проекту, що значно спрощує роботу з даним програмним середовищем.

Для побудови пристрою для контролю температури та вологості повітря можна використовувати апаратні засоби *Arduino Duemilanove* плюс *Arduino EthernetShield V1.0*, а також стек програм

*TCP/IP*, розроблений фірмою *Microchip* і адаптований для мікроконтролерів типу *AVR*, який є в прикладах проектів *Arduino*. Можна скористатись пакетом програм *uip-1.0-refman.zip* The *uIP Embedded TCP/IP Stack* під авторством *Adam Dunkels* з *Swedish Institute of Computer Science*.

В якості датчику температури та вологості зручно використати датчик типу *DHT-22* фірми *Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd.* *DHT-22* це цифровий датчик температури та вологості, що дозволяє калібрувати цифровий сигнал на виході. Складається з емнісного датчика вологості і термістора. Також, датчик містить в собі АЦП для перетворення аналогових значень вологості і температури.

Живлення становить 3.3-6.0В.

Визначення вологості 0-100% з 0,1% точністю.

Визначення температури -40...+125 град. з точністю 0,1 град.

Частота опитування не більше 0,5 Гц.

Розміри 15.5мм x 12мм x 5.5мм

Нумерація контактів датчика *DHT-22*:

1. *Vcc* (3-5В живлення).

2. *Data out* – виведення даних.

3. Не використовується.

4. Загальний.

Для обміну даними датчик *DHT-22* використовує *1-Wire* протокол (однопровідний протокол). Це низькошвидкісний двонаправлений напівдуплексний послідовний протокол обміну даними, що використовує всього один сигнальний дріт. Крім того потрібно ще і зворотній (земляний) провід. *1-Wire* протокол був розроблений фірмою *Dallas Semiconductor* в кінці 90-х років.

Є декілька типів сигналів, визначених *1-Wire* протоколом – «імпульс скидання», «імпульс присутності», «запис 0», «запис 1», «читання 0» та «читання 1». Всі ці сигнали, за винятком імпульсу присутності, формуються на шині головним пристроєм – *MASTER*. У нашому випадку це мікроконтролер *AVR*.

Принцип формування сигналів у всіх випадках однаковий. У початковому стані *1-Wire* шина за допомогою резистора підтягнута до плюса живлення. Головний пристрій «провалює» на певний час *1-Wire* шину в нуль, потім «відпускає» її та, якщо потрібно, «слухає» відповідь підлеглого (*SLAVE*) пристрою. У нашому випадку підлеглий пристрій – датчик *DHT-22*.

Операція запису біта наступна. Вивід мікроконтролеру встановлюється в режим виходу і на ньому встановлюється логічний нуль. Витримується пауза, тривалість якої залежить від значення переданого біта (0 або 1), потім вивід переводиться в режим входу в стані *Hi-z* і знову витримується пауза.

Операція читання біта проходить наступним чином. Вивід мікроконтролеру встановлюється в режим виходу і на ньому встановлюється логічний нуль. Витримується певна пауза, висновок переводиться в режим входу в стані *Hi-z*, витримується пауза, а потім мікроконтролер зчитує потенціал виведення.

Всі сеанси зв'язку мікроконтролеру з датчиком *DHT-22* починаються з сигналу скидання. Мікроконтролер на 480 мкс «провалює» *1-Wire* шину в нуль, а потім «відпускає» її. Якщо до шини підключений датчик *DHT-22*, то він виявляє позитивний перепад і після паузи в 15-60 мкс

відповідає мікроконтролеру імпульсом присутності – «провалює» шини в нуль на час від 60 до 240 мкс.

Обмін даними по 1-Wire шині відбувається послідовно, молодшим бітом вперед. Передача або прийом одного біта даних виконуються протягом фіксованого проміжку часу, так званого тайм слота (*time slot*). Розрізняють тайм слоти запису і тайм слоти читання. Тривалість усіх тайм слотів повинна бути більше ніж 60 мкс, а пауза між тайм слотами більше 1 мкс. Для передачі нуля мікроконтролер «провалює» 1-Wire шини на час від 60 до 120 мкс. Потім «відпускає» її і перед записом наступного біта витримує паузу більше 1 мкс.

Для передачі одиниці мікроконтролер «провалює» 1-Wire шини на час від 1 до 15 мкс, «відпускає» її і витримує паузу. Пауза повинна бути такою, щоб тривалість тайм слота була більше ніж 60 +1 мкс.

Датчик DHT-22 є підлеглим пристроєм і може передавати дані, тільки коли мікроконтролер формує на 1-Wire шині тайм слоти читання. Для формування тайм слоту читання мікроконтролер «провалює» 1-Wire шини на час від 1 до 15 мкс, а потім «відпускає» її, передаючи управління станом 1-Wire шини датчику DHT-22. Якщо DHT-22 передає нуль, він утримує шини в «проваленому» стані (у стані логічного нуля) до кінця тайм слота. Якщо він передає 1, він залишає шини в «підтягнутому» стані.

Мікроконтролер може зчитувати дані датчика DHT-22 через 15 мкс після початку тайм слота читання. Більше інформації про роботу датчика DHT-22 можна знайти в документі [3] фірми Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd.

Змонтований пристрій для дистанційного контролю температури та вологості повітря підключається до локальної мережі, в EEPROM мікроконтролеру прописуються IP-адреси пристрою, сервера та маски підмережі при допомозі інтерфейсу типу RS232.

Також розроблено підпрограму, яка дозволяє отримати дані про температуру та вологість повітря з датчику DHT-22.

Підпрограма працює кожні дві секунди і використовується додатком для передачі даних через локальну мережу на екран комп'ютера при допомозі стандартних програм Telnet, Putty або інших.

## Висновки

Запропоновані матеріали розраховані на популяризацію застосування мікроконтролерів та однокристальних Ethernet інтерфейсів для побудови економічного доступу до локальних комп'ютерних

мереж з метою збору і передачі інформації від датчиків різного типу, таких як температура, вологість і т.д.

На базі даних пристроїв розроблено прилади для дистанційного керування об'єктами при допомозі локальних та глобальних мереж, в даному випадку реалізовано застосування Інтернету речей при розробці приладу для дистанційного контролю температури та вологості повітря, використання якого дозволить підвищити ефективність керування технологічним процесом, в якому задіяна холодильна техніка.

Проведений аналіз програмних та технічних засобів дозволив вибрати зручне та безкоштовне середовище розробки та мову програмування. Використання результатів проведеного аналізу дозволить знизити часові затрати та підвищити ефективність реалізації приладу.

## Література

1. Сахаров, В.И. (2013) Использование локальной сети для контроля температуры и влажности воздуха. Холодильная техника и технология, 3(143), 80.
2. Сахаров, В. И., Сахарова, С.В. (2014) Экономичный Ethernet доступ на микроконтроллере. Научные работы ДонНТУ, 2 (27), 80-85.
3. Сахаров, В.И. (2010) Виртуальные технологии навчання. Застосування повноекранного програмного стимулятора ACS-51 фірми Фітон для лабораторних робіт з дисципліни «Мікроконтролерні системи». Збірник наукових праць VI Всеукраїнської науково-методичної конференції, 85.
4. Сахаров, В. И., Сахарова, С.В. (2014) Использование встроенного TCP/IP стека для передачи информации через GPRS. Збірник наукових праць Дон. інститут залізничного транспорту Укр. держ. академії залізничного транспорту, 37, 41-47.
5. Ethernet – устройство на микроконтроллере AVR – Microchip – ENC28J60 Електронний ресурс: <http://www.rlocman.ru> [5.10.2017].
6. Аппаратная платформа Arduino. Електронний ресурс: [www.arduino.ru](http://www.arduino.ru)[5.10.2017].
7. Digital-output relative humidity&temperature sensor/module AM2303 Електронний ресурс: <http://www.adafruit.com> [5.10.2017]
8. Microchip Technology Inc. Електронний ресурс: [www.microchip.com](http://www.microchip.com) [5. 10.2017]
9. Atmel Corporation – Microcontrollers, 32 bit, and touch solution Електронний ресурс: [www.atmel.com](http://www.atmel.com) [5. 10.2017]
10. Introduction to the tuxgraphics TCP/IP stack, 3rd generation Електронний ресурс: <http://tuxgraphics.org> [5.10. 2017]

## The use of the Internet of things to control the temperature and humidity of the air

V. I. Sakharov, S. V. Sakharova

Odessa National Academy of Food Technologies, 112 Kanatna str., Odessa, 65039, Ukraine

The study focuses on the development of microcontroller devices and Internet items in the field of refrigeration technology. The availability of information on the current state of the temperature parameters from the sensors and, if necessary, remotely change the values of these parameters greatly increases the efficiency of control of the technological process in which the refrigerating equipment is involved. The aim of the work is to increase the efficiency of control of temperature

and humidity in the room due to the development of a microcontroller remote control device. One of the solved tasks is the development of an implementation algorithm for remote control of temperature parameters for use in a local computer network. An explanation for the implementation of the developed algorithm is formed. Much of the work focuses on the selection of software and hardware that will enable the device to be developed, a detailed analysis of existing options with justification of the choice, the advantages and disadvantages given. Among the criteria for choosing - the cost of the device, the time of development, the complexity of perception, the degree of convenience and simplicity of the programming language, open architecture and software code. Microchip microchip single chip Ethernet chips ENC28J60, ENC424J600 and KSZ8441 have been selected as the main chips for the development of a remote control of temperature and humidity. As a development environment, it is proposed to use the free Arduino programming environment and language (Arduino Duemilanove hardware plus Arduino EthernetShield V1.0, as well as the TCP / IP software stack), the WinAVR application development environment. The device is programmed through the USB interface without the use of programmers. Devices based on Arduino receive environmental information (temperature, humidity, etc.) with different sensors, and can control various actuators. The mounted device connects to the LAN, the IP addresses of the device, server and subnet masks are written to the EEPROM microcontroller using the RS232 interface. Also developed is a subroutine that allows you to get data on temperature and humidity of air from the sensor DHT-22, which allows you to calibrate the digital signal on the output. The subroutine runs every two seconds and is used by the application to transfer data through the local network to the computer screen with the help of standard programs Telnet, Putty or others. The analysis of software and hardware enabled us to choose a convenient and free development environment and programming language. Using the results of the analysis will reduce the time expenditures and increase the efficiency of the implementation of the device. The proposed materials are intended to popularize the use of microcontrollers and single-chip Ethernet interfaces for building economic access to local computer networks for the purpose of collecting and transmitting information from sensors of various types, such as temperature, humidity, and others.

**Keywords:** Internet of things, microcontroller, interface, Ethernet, temperature control

## References

1. **Saharov, V.I.** (2013) Ispolzovanie lokalnoy seti dlya kontrolya temperatury i vlazhnosti vozduha. Holodilna tehnika i tehnologiya, 3(143), 80.
2. **Saharov, V.I., Saharova, S.V.** (2014) Ekonomichnyiy Ethernet dostup na mikrokontrollere. NaukovI pratsI DonNTU, 2 (27), 80-85.
3. **Saharov, V.I.** (2010) VIRTUALI tehnologIYi navchannya. Zastosuvannya povnoekrannogo programnogo stimulyatora ACS-51 flrmi Flton dlya laboratornih roblt z dis-tsiplIni «MikrokontrolernI sistemi». ZbIrnik naukovih prats VI VseukraYinskoYi nauково-metodichnoYi kon-ferentsIYi, 85.
4. **Saharov, V.I., Saharova, S.V.** (2014) Ispolzovanie vstroennogo TCP/IP steka dlya peredachi informatsii cherez GPRS. ZbIrnik naukovih prats Don. Institut zallznichnogo transportu Ukr. derzh. akademiYi zallznichnogo transportu, 37, 41-47.
5. Ethernet – ustroystvo na mikrokontrol-ere AVR – Mikrochip – ENC28J60 Elektronniy resurs: <http://www.rlocman.ru> [5.10.2017].
6. Apparalnaya platforma Arduino. Elektronniy resurs: [www.arduino.ru](http://www.arduino.ru)[5.10.2017].
7. Digital-output relative humidity&temperature sensor/module AM2303 Elektronniy resurs: <http://www.adafruit.com> [5.10.2017]
8. Mikrochip Technology Inc. Elektronniy resurs: [www.microchip.com](http://www.microchip.com) [5. 10.2017]
9. Atmel Corporation – Microcontrollers, 32 bit, and touch solution Elektronniy resurs: [www.atmel.com](http://www.atmel.com) [5. 10.2017]
10. Introduction to the tuxgraphics TCP/IP stack, 3rd generation Elektronniy resurs: <http://tuxgraphics.org> [5.10.2017]

Received 16 December 2017  
Approved 02 February 2018  
Available in Internet 27 February 2018