

времени нагрева электрооборудования // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2012. – № 1. – С. 66 – 68.

12. ГОСТ 14209-97 (МЭК 354-91) Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. – Минск: Межгосуд. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 80 с.

**Белак Владислав Юрьевич**  
аспирант кафедры «Электроснабжение и электропривод»  
ЮРГПУ имени М.И. Платова

УДК 621.317

## МОДЕЛЬ И СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ ГРАФИКА НАГРУЗКИ ЧЕРЕЗ ИНТЕРНЕТ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

**Belak Vladislav Yuryevich**  
postgraduate student of the Department "power Supply and electric drive"  
South-Russian state Polytechnic University of M.I. Platov name

### MODEL AND CONTROL THE LOAD VIA THE INTERNET IN RURAL AREAS

**Аннотация.** В статье показано, что одной из действенных мер по борьбе с хищениями электроэнергии является внедрение автоматизированных систем контроля и учета расхода (АСКУЭ). В качестве одного из вариантов реализации АСКУЭ рассматривается целесообразность применения счетчиков электроэнергии с модемом GPRS/3G/4G. Рассмотрены модели хранения и отправки данных о потреблении электроэнергии каждого потребителя энергии. Разработано устройство, удовлетворяющее требованиям предлагаемой модели. Указаны способы подключения данного устройства к любому микропроцессорному счётчику. Разработано необходимое программное обеспечение.

**Abstract.** The article shows that one of the most effective measures to combat the theft of electricity is the introduction of automated control systems and metering (AMR). As one of variants of implementation of the AMR examines the feasibility of applying electricity meters with modem GPRS/3G/4G. Considered a model store and send data about electricity consumption of each energy consumer. A device was developed that meets the requirements of the proposed model. Shows you how to connect this device to any microprocessor-based meter. Developed the required software.

*Ключевые слова:* учёт электроэнергии, хищение, интернет.

*Key words:* metering, theft, Internet.

#### 1. Общие положения

В настоящее время при контроле и учёте электроэнергии существует ряд проблем, связанных с неточностью данных, получаемых со счётчиков электропотребителей (ЭП). Причиной могут быть как инструментальные погрешности измерительных приборов, так и потери при хищении электроэнергии со стороны ЭП [1]. Поэтому вопросы уменьшения потерь электроэнергии являются весьма актуальными и подкрепляются правительственными постановлениями. Так, 1 апреля 2017 года премьер-министр Российской Федерации Дмитрий Медведев распорядился: 1) внести в Госдуму законопроект, который закрепит понятие системы учёта электрической энергии (мощности), 2) наделить правительство полномочиями по утверждению состава и правил предоставления услуг интеллектуальными счётчиками. Законопроект также предусматривает, что с 1 июля 2018 года электросетевые организации смогут устанавливать только «умные» счётчики.

#### 2. Хищения электроэнергии и их предотвращение

Хищения электроэнергии возникает при недостаточно хорошо организованном контроле за потребителями со стороны электроснабжающих организаций. Также причинами такого поведения ЭП можно указать повышения тарифа на

электроэнергию, снижение покупательной способности населения и увеличение количества электроприёмников в связи с техническим прогрессом, которое влечёт за собой увеличение потребляемой энергии. Так как коммерческие потери, связанные с хищениями не имеют математического описания их нужно выявлять индивидуально, либо предотвращать.

Одним из важнейших мероприятий по снижению коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях, и, в частности, потерь от хищения электроэнергии, является повсеместное внедрение автоматизированных систем контроля и учета расхода (АСКУЭ).

#### 3. Реализация наименее затратной модели АСКУЭ в сельской местности

Так как потребители сельской местности не столь плотно рассредоточены на местности как потребители городов и не у каждого энергопотребителя имеется доступ к сети интернет, а если и имеется, то является объектом частной собственности, то возникает вопрос о том, какой канал связи необходимо организовать между счётчиком электроэнергии и электроснабжающей организацией. Практически сразу в голову приходит мысль, о том, что у каждого потребителя должен быть установлен современный счётчик, с модемом GPRS/3G/4G. Однако на практике данный способ является слишком финансово затратным,

поскольку для его реализации понадобится провести следующие мероприятия:

1) Заменить установленные счётчики электроэнергии на недорогие аналоги с модемом GPRS/3G/4G.

2) Согласовать и поставить условия сотрудничества с предпочитаемым оператором сотовой связи, поскольку пользоваться розничной тарифной линейкой операторов сотовой связи для

таких малых объёмов передаваемых данных не является целесообразным. Также использование большого количества сим-карт потребует дополнительных соглашений.

3) Согласовать с оператором сотовой связи дополнительную перегрузку сети мобильной связи.

Схема АСКУЭ с использованием счётчиков электроэнергии со встроенным GPRS модемом приведена на рис. 1.

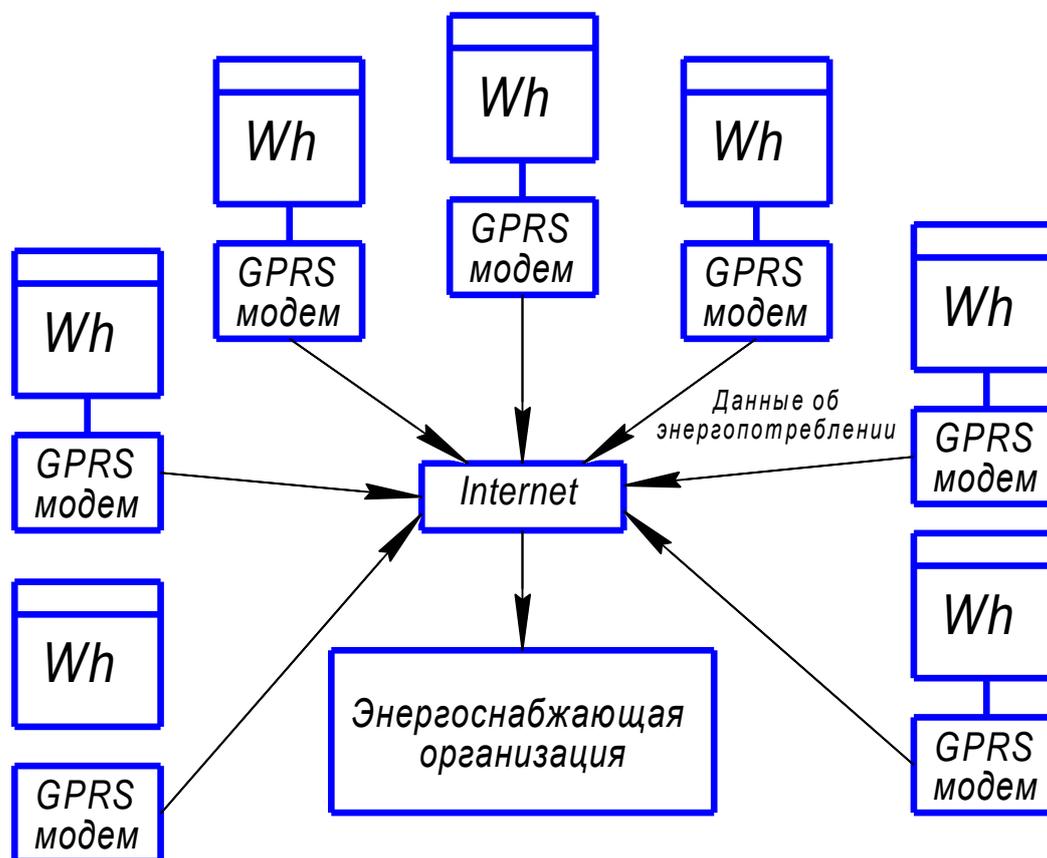


Рис. 1. Схема системы сбора данных с использованием счётчиков электроэнергии со встроенным GPRS модемом

Как видим, система выглядит вполне работоспособной, но её реализация может стоить больших капиталовложений. Поэтому далее рассмотрим вариант системы, которая позволит организовать сбор данных при меньших капиталовложениях, не используя GPRS-модем счётчика.

Поскольку не все современные счётчики электроэнергии могут хранить данные о суточных графиках нагрузки, также возникает потребность в устройстве, имеющем функцию хранения данных.

Основываясь на описанных выше соображениях, была разработана универсальная

система отправки данных посредством смартфона (в качестве которого может использоваться любая из имеющихся в наличии реализаций), на котором подключен мобильный интернет. Может использоваться как смартфон потребителя, так и работника энергоснабжающей организации, в случае если у потребителя бытового сектора смартфона нет.

Схема способа отправки данных о потреблении электроэнергии с использованием смартфона приведена на рис. 2.

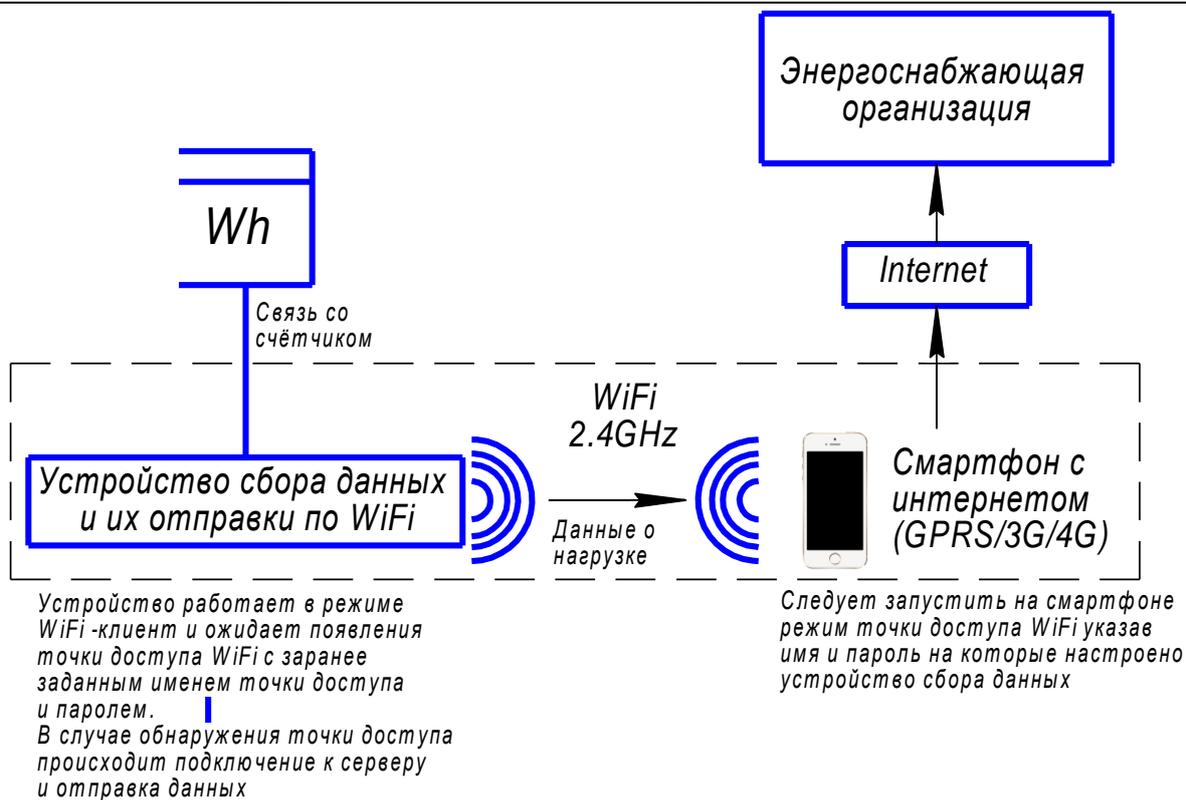


Рис.2. Схема способа отправки данных о потреблении электроэнергии с использованием смартфона

К счётчику электрической энергии подключается устройство сбора данных, способное обнаруживать точки доступа беспроводной сети Wi-Fi. Варианты подключения к счётчику могут быть разнообразны. Это может быть подключение по протоколу RS-485, оптопорту, импульсному датчику, а когда доступ к данным интерфейсам затруднителен или они отсутствуют, можно собрать простую схему преобразователя для подсчета импульсов с импульсного светодиода.

#### 4. Разработка устройства сбора данных

В качестве прототипа устройства для сбора данных был выбран одноплатаый миниатюрный компьютер (МК) Raspberry Pi 3 Model B [2 – 5].

Основными критериями в пользу его выбора послужило наличие встроенного модуля Wi-Fi, USB-выходов, контактов ввода/вывода общего назначения (GPIO) и относительно простота настройки.

МК Raspberry Pi 3 Model B работает на архитектуре ARM под управлением операционной системы семейства Linux.

Давайте рассмотрим, какими методами можно получить информацию со счётчиков, в зависимости от того, какие интерфейсы он имеет. Для работы с Raspberry Pi используем язык программирования Python.

При подключении к счётчику через RS-485 возможен контроль информации о суммарной потреблённой энергии со счётчика за определенный период времени. Для того, чтобы получить ответ от счётчика необходимо отправить

запрос по серийному интерфейсу. У каждого счётчика запрос отличается, он основывается на используемом им протоколе.

Ниже приведен пример запроса и сохранения полученного значения в переменную x:

```
import serial
ser = serial.Serial('/dev/ttyUSB0') # открываем порт
ser.write(01040000000131ca) # отправить запрос на счётчик
x = ser.readline() # сохранить полученный ответ в переменную x
ser.close() # закрываем порт
```

Запрос данных при подключении к счётчику через оптопорт не отличается от приведённого выше примера. Единственным отличием является фиксированная скорость обмена данными, равная 9600 бит/с.

На счётчиках, не снабжённых цифровыми интерфейсами, обычно имеется светодиодный индикатор, а также может находиться импульсный датчик, дублирующий мигание лампочки. На лицевой стороне счётчика указан параметр A [imp/kW·h], указывающий, какое количество энергии расходуется при одном импульсе. Например, если A=1000 imp/kW·h, тогда при одном импульсе  $W=1/A=1/1000$  [imp/kW·h]=1W·h.

Сбор данных с импульсного датчика реализуется следующим методом:

схема подключения GPIO Raspberry Pi к датчику импульсов приведена на рис. 3.

### Телеметрический выход счетчика

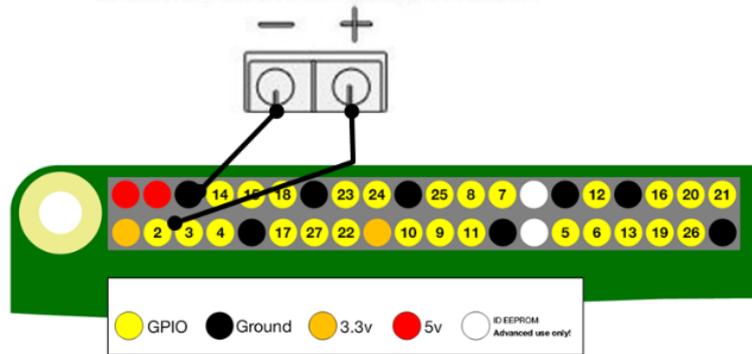


Рис.3. Схема подключения GPIO Raspberry Pi к импульсному датчику

```

Подпрограмма записи количества импульсов в
переменную x:
from gpiozero import Button # Подключаем
GPIO библиотеку
from signal import pause
x=0
def zagorelas():
    x=x+1
button = Button(2)

```

```

button.when_pressed = zagorelas
pause()

```

Для регистраций световых импульсов с помощью Raspberry Pi 3 используется простой датчик-преобразователь импульсов, схема которого содержит фоторезистор, резистор, потенциометр и АЦП Microchip MCP3008.

Схема устройства для считывания световых импульсов приведена на рис. 4.

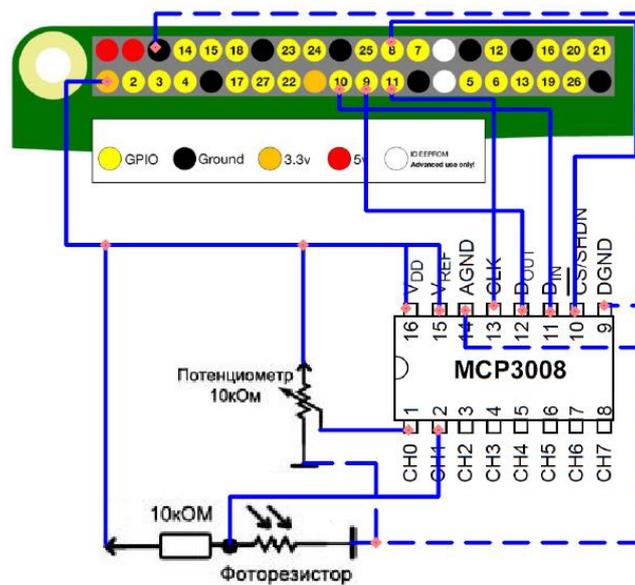


Рис.4. Схема устройства для считывания световых импульсов

```

Подпрограмма записи количества импульсов
переменную x:
from gpiozero import MCP3008
from time import sleep
x = 0
pot = MCP3008(channel=0)
phot = MCP3008(channel=1)
while True:
    if phot.value < pot.value:
        x = x + 1
        sleep(0.5)

```

МК сравнивает сопротивления фоторезистора и потенциометра, и, при условии, что первое меньше второго, регистрирует импульс в памяти устройства хранения данных. С помощью ползунка потенциометра представляется возможным настроить чувствительность срабатывания

системы. Для корректной работы данной модели фоторезистор вплотную прикрепляется к светодиоду импульсов счётчика. Фоторезистор для защиты от внешней подсветки должен быть закрыт светонепроницаемым кожухом и плотно прижат к счётчику.

#### 5. Хранение данных в МК

Рассмотрим способы хранения данных в МК с интервалом усреднения в 1 час.

В том случае, если доступ к счётчику производится через цифровой интерфейс, такой как RS-485 или оптопорт, задача сводится к сравнению суммарной потреблённой энергии за два соседних часа. Разница предыдущего зарегистрированного значения и текущего значения будет равна значению потреблённой за этот период электрической энергии.

$$W_{\Delta t} = W_{t_n} - W_{t_{n-1}} \quad (1)$$

где  $W_{\Delta t}$  – количество потреблённой энергии за время  $\Delta t$ ;

$W_{t_n}$  – показание суммарной энергии, снятое со счётчика в текущий момент времени;

$W_{t_{n-1}}$  – показание суммарной энергии, снятое ранее за период времени  $\Delta t$  до накопления показаний  $W_{t_n}$ ;

$\Delta t$  – интервал, равный 1 час.

Таким образом, для регистрации показания в базу данных на Raspberry Pi необходимо сохранять дату, время, текущее показание суммарной мощности за весь период  $W_{t_n}$ , и разность текущего и предыдущего показания суммарной мощности  $W_{\Delta t}$ . Для сбора показаний каждый час необходимо использовать утилиту Cron, которая каждый новый

наступивший час будет запускать подпрограмму для нахождения  $W_{\Delta t}$  и сохранять его в базу данных Raspberry Pi 3.

В отличие от цифровых интерфейсов, сбор данных от импульсов светодиода и импульсного датчика подразумевает не почасовой, а непрерывный контроль устройством сбора данных.

Таким образом для сбора и хранения данных понадобится две таблицы базы данных и две подпрограммы.

Первая подпрограмма (см. рис. 5), которая работает непрерывно, будет заполнять первую таблицу базы данных, а точнее одну её ячейку (целочисленного типа). При регистрации импульса программой скрипта значение данной ячейки будет увеличиваться на 1. Таким образом ячейка накапливает количество импульсов.

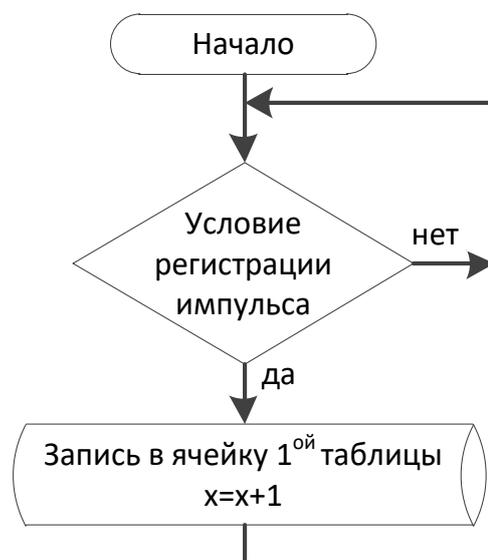


Рис. 5. Бесконечный цикл регистрации импульсов

Вторая подпрограмма (см. рис. 6) будет запускаться каждый новый наступивший час посредством утилиты Cron. Назначение подпрограммы состоит в том, чтобы преобразовать количество импульсов, сохранённых в первой таблице, в количество энергии и сохранить во второй таблице, указав дату, время, и количество потреблённой энергии  $W_{\Delta t}$  за  $\Delta t$ . После регистрации значений во второй таблице, значение ячейки в первой таблице приравнивается к нулю.

Для того, чтобы рассчитать количество потреблённой энергии, зная количество импульсов, необходимо использовать параметр счётчика  $A[\text{imp/kW}\cdot\text{h}]$ .

$$W_{\Delta t} = \frac{n_{\Delta t}}{A} [\text{kW}\cdot\text{h}], \quad (2)$$

где  $n_{\Delta t}$  – количество импульсов, зарегистрированных за период  $\Delta t$ ;

$\Delta t$  – интервал времени, равный 1 час.

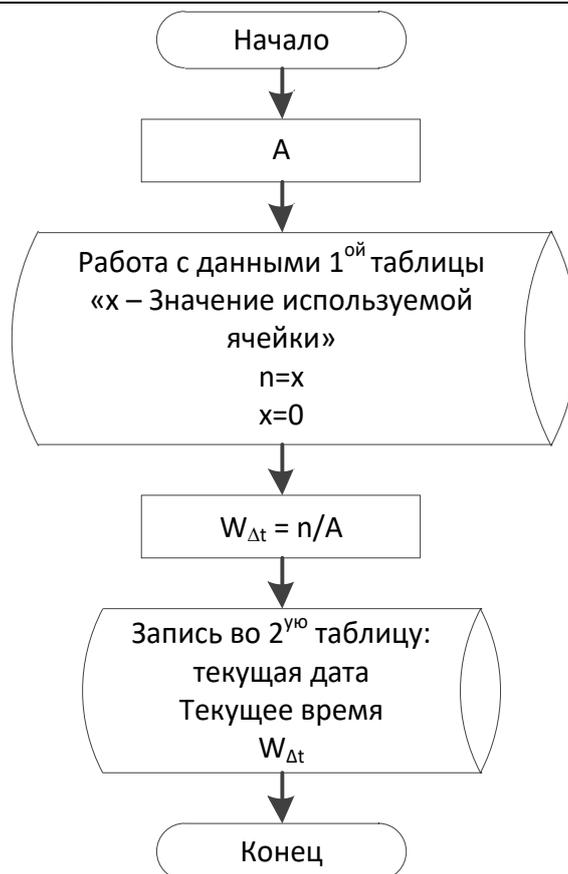


Рис. 6. Блок-схема подпрограммы, преобразующая количество импульсов в количество потреблённой энергии с почасовой регистрацией импульсов

### 6. Отправление данных в сервер

Учитывая, что основной расчёт выполняется в МК непрерывно и то, что необходимая Wi-Fi сеть создаётся смартфоном потребителя, алгоритм должен быть быстродействующим. Поэтому было принято решение об исполнении подпрограммы

для отправления данных каждую минуту. Так как запуск подпрограммы строго не привязан к отчётности, то используется утилита Anasron (см. рис. 7), которая является разновидностью указанной ранее утилиты Cron.



Рис.7. Блок-схема алгоритма отправки данных

## 7. Выводы

Экспериментальная проверка опытного образца описанного устройства показала его хорошие эксплуатационные возможности.

### Библиографический список

1. 102 способа хищения электроэнергии / В.В. Красник. – М. : ЭНАС, 2013. -160с.
2. Raspberry Pi. Руководство по настройке и применению / Магда Ю.С. - М.:ДМК Пресс, 2014. – 188 с.
3. Микрокомпьютеры Raspberry Pi. Практическое руководство. / Петин В.А. - СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 240 с.
4. Arduino и Raspberry PI в проектах Internet of Things. / Петин В.А. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 320 с.

5. Learn Raspberry Pi Programming with Python (Technology in Action) - Wolfram Donat, 2014 – 231 с.

### Bibliographical list

1. 102 method of theft of electricity / V. V. Sochi. – M. : ENAS, 2013. -160 p.
2. Raspberry Pi. Setup guide and application / Magda S. - M.:DMK Press, 2014. – 188 p.
3. The Microcomputer Raspberry Pi. A practical guide. / Petin V. A. - SPb.: Cisco press, 2015. – 240 p.
4. Arduino and Raspberry PI projects in the Internet of Things. / Petin V. A. – SPb.: Cisco press, 2016. – 320 p.
5. Learn Raspberry Pi Programming with Python (Technology in Action) - Wolfram Donat, 2014 – 231 с.