

Министерство образования и науки Российской Федерации

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ

КАФЕДРА ФИЗИКИ МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Направление подготовки: 011800.62 – Радиофизика

Профиль подготовки: Физика магнитных явлений

КУРСОВАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**Разработка и изготовление системы
дистанционного автоматического учета
расхода жидкого гелия**

Работа завершена:

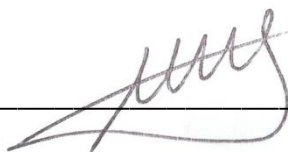
" 21 " мая 2015 г. _____ (Д.Г.Исмаилов)

Работа допущена к защите:

Научный руководитель

к.ф.-м.н., доцент

" 21 " мая 2015 г. _____ (И.Р.Мухамедшин)



Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

" ____ " _____ 2015 г. _____ (М.С.Тагиров)

Казань – 2015

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Обзор устройств, предназначенных для снятия показаний газового счётчика	
1.1. Датчик импульсов типа IN-Z61.....	4
1.2 Коммуникационный модуль UniSmart от компании "Metrix"	4
Глава 2. Автоматическая система сбора и передачи показаний счётчика на сервер	
2.1. Arduino Uno.....	5
2.1.1. Выводы питания	5
2.1.2. Память.....	6
2.1.3. Входы и выходы	6
2.2. Arduino Ethernet Shield.....	7
2.3. Датчик Холла "АН201"	7
Глава 3. Программа Arduino Uno для автоматической системы сбора и передачи показаний счётчика на сервер	
3.1. Сборка.....	8
3.2. Программирование AVR	9
3.3. Cron	9
Глава 4. Внесение изменений в сайт ppms.kpfu.ru	
4.1. Сайт ppms.kpfu.ru	10
4.2. Symfony 1.4	10
4.3. Интерфейс счётчика	11
Заключение.....	12
Список использованных источников.....	13

Введение

В Институте физики Казанского федерального университета используется многофункциональная система измерения физических свойств со сверхпроводящим магнитом PPMS-9, использующая ^4He в качестве хладагента. Так как данная система является установкой коллективного пользования, то требуется учитывать объем жидкого гелия, испарившегося во время проведения эксперимента конечным пользователем. Поскольку цена газообразного ^4He непрерывно растёт, после испарения газообразный гелий собирается, а затем вновь ожижается. Поэтому для учета потраченного ^4He используется газовый диафрагменный счетчик "Metrix G10". В данный момент запись показаний газового счетчика ведется вручную и данные хранятся в бумажном журнале. Это неудобно и занимает время оператора установки, а так же нет возможности автоматически подсчитывать количество потраченного за эксперимент жидкого гелия.

Передо мной была поставлена задача разработать и изготовить систему автоматического учета потраченного ^4He .

Принцип работы диафрагменного счетчика

Принцип работы бытовых диафрагменных счетчиков основан на поочередном вытеснении газа из рабочих камер за счет попеременного перемещения диафрагм входным давлением газа. Счетный механизм считает число ходов диафрагм. За каждый цикл вытесняется объем газа равный сумме объемов всех камер.

Стадии работы счетчика изображенные на рисунке 1.

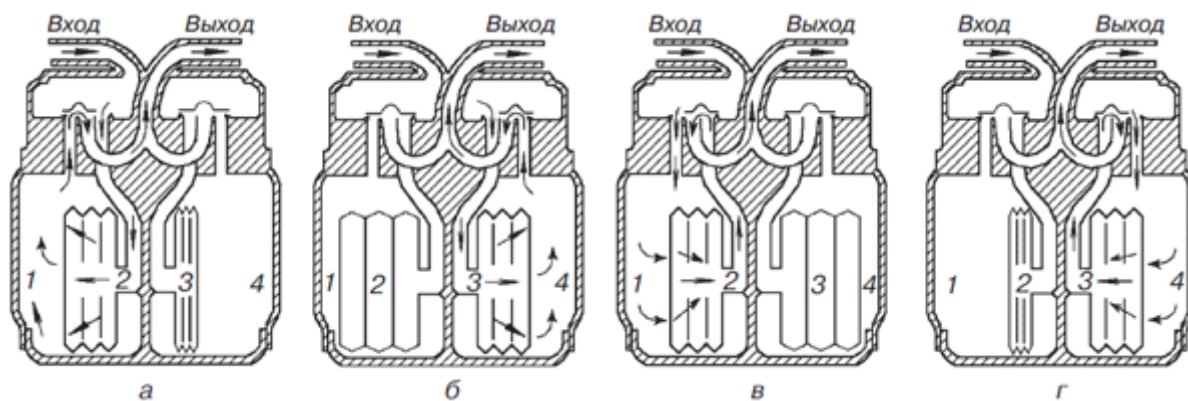


Рисунок 1 - Стадии работы диафрагменного счетчика.

В ролике младшего разряда отсчетного устройства газового счётчика "Metrix G10" встроена магнитная вставка, что позволяет сконструировать устройство, подсчитывающее число оборотов младшего разряда. Также уже существуют устройства использующие эту вставку для сбора информации с счетчика.

Глава 1. Обзор устройств, предназначенных для снятия показаний газового счётчика

1.1. Датчик импульсов типа IN-Z61

Для использования в автоматизированных системах сбора информации счетчик газа может быть оснащен НЧ генератором импульсов IN-Z 6X, состоящим из 2 язычковых контактов. Один из них срабатывает от магнитной вставки, встроенной в ролик младшего разряда отсчетного устройства. Второй контакт предназначен для сигнализации влияния на контакт внешним магнитным полем. Минусом данного датчика является то, что на его выходе установлен интерфейс RS-232, который имеет максимальную дальность действия 15 метров и, следовательно, датчик должен подключаться к компьютеру, расположенному недалеко от газового счетчика.

1.2 Коммуникационный модуль UniSmart от компании "Metrix"

UniSmart это новейший продукт компании "Metrix" (Польша) для систем автоматической системы сбора и передачи данных в газовой промышленности.

Данный модуль использует для передачи данных радиочастотный интерфейс WMBus, что требует наличие устройства приема-передачи, которое в свою очередь так же нужно подключать к отдельному компьютеру.

Важно отметить, что решения для дистанционного считывания показаний газовых счетчиков можно найти в каталогах производителей счетчиков либо фирм, занимающихся автоматическими системами сбора и передачи данных в газовой промышленности. Однако купить эти устройства в штучном количестве практически нереально, а цена их слишком высока для использования в лабораториях.

Глава 2. Автоматическая система сбора и передачи показаний счётчика на сервер

На рисунке 2 представлена блок-схема системы дистанционного считывания показаний газового счетчика. В качестве датчика положения

магнитной вставки в младшем разряде отсчетного устройства газового счетчика был использован цифровой датчик Холла АН201. Основой нашего устройства является контроллер Arduino Uno. Для подключения устройства к сети Ethernet используется плата Ethernet Shield. Данные от устройства передаются на сервер сайта <http://ppms.kpfu.ru>, который записывает и обрабатывает информацию о состоянии установки PPMS-9.

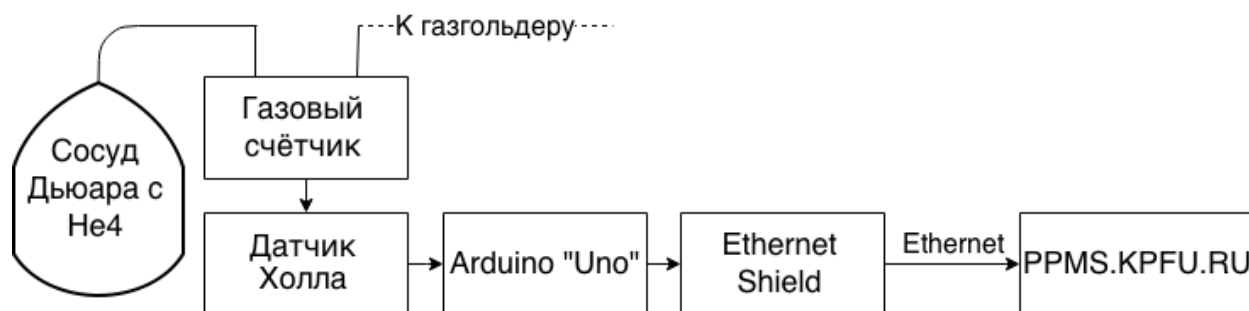


Рисунок 2 - Блок схема проекта.

2.1. Arduino Uno

Arduino Uno - программируемый контроллер, построенный на базе микроконтроллера ATmega328. Контроллер имеет 14 цифровых вход/выходов, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор на частоту 16 МГц, разъем USB, разъем для подключения питания микроконтроллера, разъем для программирования микроконтроллера ICSP и кнопку перезагрузки.

Питание может подаваться через подключение USB или от внешнего источника питания.

2.1.1. Выводы питания

- V_{IN} . Вход используется для подачи питания от внешнего источника (в отсутствие 5 В от разъема USB или другого регулируемого источника питания). Подача напряжения питания происходит через данный вывод.
- 5V. Выход регулируемого источника напряжения, используемого для питания микроконтроллера и компонентов на плате. Питание на него может подаваться от вывода V_{IN} через регулятор напряжения, или от разъема USB, или другого регулируемого источника напряжением 5 В.
- 3V3. Выход напряжения 3.3 В, генерируемое встроенным регулятором на плате. Максимально допустимое потребление тока внешним потребителем 50 мА.
- GND. Выводы заземления.

2.1.2. Память

Микроконтроллер ATmega328 располагает 32 кБ флэш памяти, из которых 0.5 кБ используется для хранения загрузчика, а также 2 кБ ОЗУ (SRAM) и 1 Кб EEPROM.

2.1.3. Входы и выходы

Каждый из 14 цифровых выводов Uno может быть настроен как вход или выход. Выводы работают при напряжении 5 В. Каждый вывод имеет нагрузочный резистор (по умолчанию отключен) 20-50 кОм и может пропускать ток до 40 мА.

Некоторые выводы имеют особые функции:

- Последовательная шина: 0 (RX) и 1 (TX). Выводы используются для получения (RX) и передачи (TX) данных TTL. Данные выводы подключены к соответствующим выводам микросхемы последовательной шины ATmega8U2 USB-to-TTL.

- Внешнее прерывание: 2 и 3. Данные выводы могут быть сконфигурированы на вызов прерывания либо при низком напряжении на выводе, либо на переднем или заднем фронте, или при изменении значения напряжения.
- ШИМ(Широтно-импульсная модуляция): 3, 5, 6, 9, 10, и 11. Любой из выводов обеспечивает ШИМ с разрешением 8 бит.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Посредством данных выводов осуществляется связь (Serial Peripheral Interface), или последовательный периферийный интерфейс, для чего используется библиотека SPI.
- LED: 13. Встроенный светодиод, подключенный к цифровому выводу 13. Если значение на выводе имеет высокий потенциал, то светодиод горит.

На платформе Uno установлены 6 аналоговых входов (обозначенных как A0 .. A5). Разрядность встроенного аналого-цифрового преобразователя (АЦП) 10 бит (т.е. может принимать 1024 различных значения). Стандартно входа имеют диапазон измерения от 0 до 5 В относительно земли, но имеется возможность изменить верхний предел. Некоторые выводы имеют дополнительные функции:

- I2C: 4 (SDA) и 5 (SCL). Посредством выводов осуществляется связь I2C (TWI), для создания которой используется библиотека Wire.

-

2.2. Arduino Ethernet Shield

Ethernet Shield — это плата расширения, которая устанавливается поверх самого Arduino Uno. Она даёт возможность использовать Arduino Uno в роли сетевого устройства и общаться по проводной сети как с аналогичными устройствами, так и с обычными компьютерами, сервисами в интернете и прочими сетевыми ресурсами со скоростью 10/100 Мбит/с.

Плата основана на чипе Wiznet W5100, который поддерживает как TCP, так и UDP протоколы. Одновременно открытыми может быть до четырёх подключений.

Плата обладает стандартным ethernet-портом для подключения к сети с помощью патч-корда витой пары и набором контактов для подключения к Arduino. Для общения между собой Ethernet Shield и Arduino используют контакты 4-й и с 10-го по 13-й, поэтому их использование в других целях в присутствии платы расширения невозможно. Все остальные контакты соединены с базовой платой напрямую, то есть по сути являются «удлинителями».

2.3. Датчик Холла "АН201"

Датчик Холла "АН201" выполнен в виде интегральной схемы, состоящей из собственно датчика Холла, стабилизатора напряжения на нем, дифференциального усилителя, триггера Шмитта, контура компенсации температуры и транзистора с общим эмиттером. Так как в датчике используется транзистор с открытым коллектором, необходимо использование подтягивающего резистора на 10 кОм. На рисунке 3 представлены блок-схема работы и схема включения данного датчика.

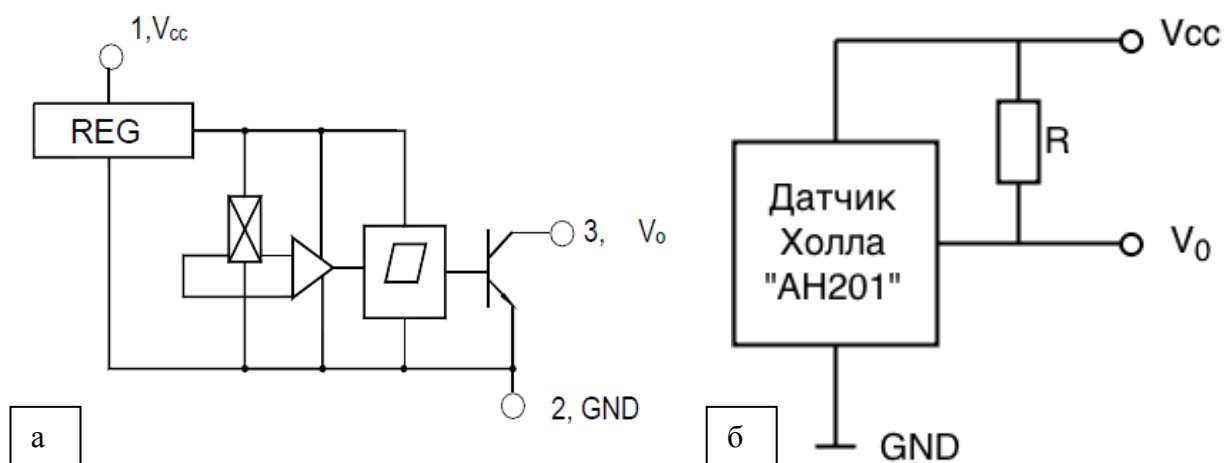


Рисунок 3 - а) Блок-схема б) Схема включения датчика Холла АН201.

Заявленная производителем магнитная чувствительность датчика АН201 составляет от 2 до 11 мТ. Проверка показала, что из 4 датчиков, имевшихся у нас, для использования в системе считывания показаний счетчика "Metrix G10" по чувствительность подошел только один.

Глава 3. Программа Arduino Uno для автоматической системы сбора и передачи показаний счётчика на сервер



Рисунок 4 - Блок схема устройства.

3.1. Сборка

Датчик Холла подключен к 3 цифровому входу Arduino Uno, позволяющему вызвать внешнее прерывание микроконтроллера. Плата контроллера, подключена к сети Ethernet, через Ethernet-shield.

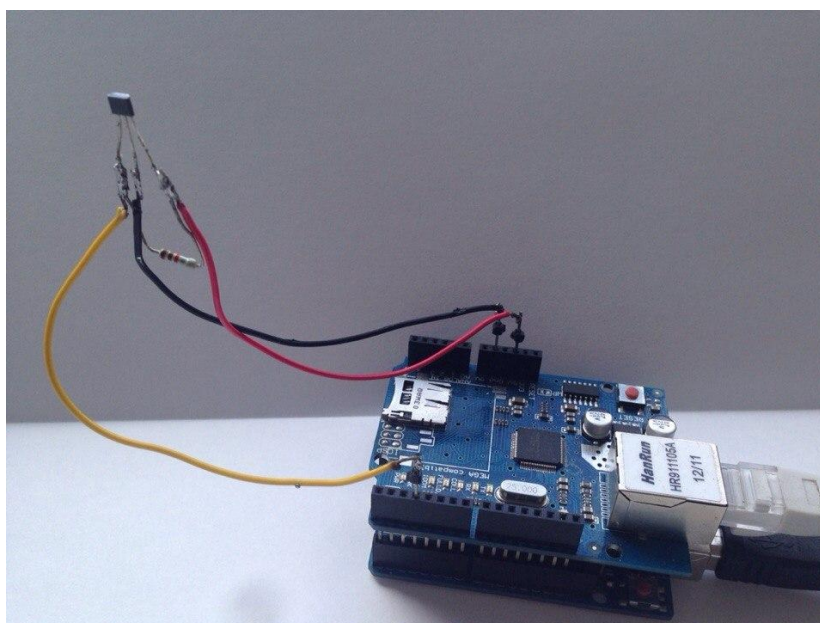


Рисунок 5 - Внешний вид устройства без корпуса.

3.2. Программирование AVR

Что бы использовать как можно меньше ресурсов AVR на подсчет импульсов, для обработки сигнала с датчика Холла мы используем внешнее прерывание. Это выполняется следующей функцией:

```
attachInterrupt(1, count, FALLING); //Отрицательный фронт вызывает  
внешнее прерывание 1, запускающее функцию “count”
```

```
void count() {  
  x++; } //Функция count прибавляет единицу к счётчику показаний
```

Переменная x хранится во внутренней памяти микроконтроллера и содержит значение, соответствующее числу оборотов младшего разряда отсчетного устройства газового счетчика. Отправка данных от Ардуино на сервер происходит, только при получении GET запроса от сервера.

```
{"COUNTER", commandsCounter, }, // Выведет значение счётчика (вызов  
http://xx.xx.xx.xx/command?8=COUNTER )  
};
```

```
void commandsCounter(WebServer &server) { //Отправка данных по команде  
“COUNTER”  
  server.println(x);  
}
```

В результате, всё остальное время микроконтроллер AVR находится в режиме ожидания и может выполнять другие задания.

3.3. Cron

Поскольку серверу нужно записывать показания счетчика с определенной периодичностью, мы используем демон-планировщик Cron выполняющий по расписанию PHP скрипт отправки GET запроса и записи полученных данных в БД.

Глава 4. Внесение изменений в сайт ppms.kpfu.ru

4.1. Сайт ppms.kpfu.ru

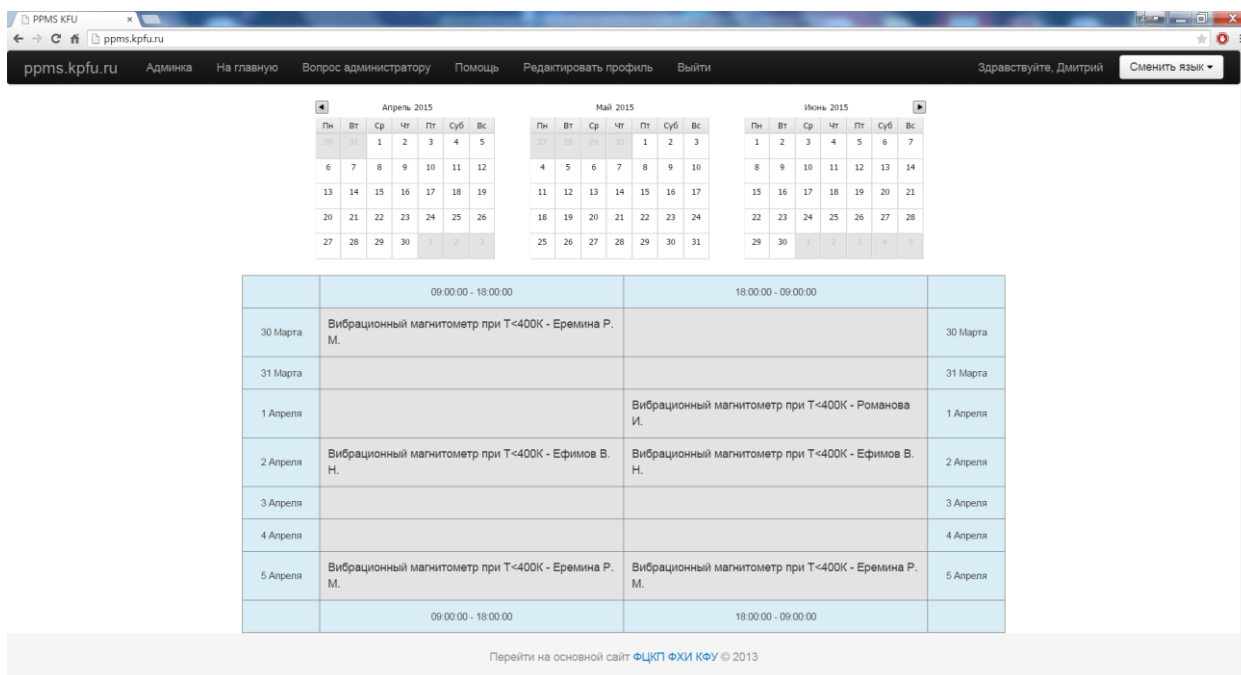


Рисунок 6 - Главная страница сайта ppms.kpfu.ru.

Сайт представляет собой, электронную очередь-расписание, где пользователи установки PPMS-9 записываются в очередь на измерения. Сайт создан на основе фреймворка Symfony 1.4 Салосиным. М. А.

4.2. Symfony 1.4

Symfony — бесплатный фреймворк, написанный на PHP5. Предлагает быструю разработку и управление веб-приложениями, позволяет легко решать рутинные задачи веб-программиста. Имеет поддержку множества баз данных (MySQL, PostgreSQL, SQLite или любая другая PDO-совместимая СУБД). Информация о реляционной базе данных в проекте должна быть

связана с объектной моделью. Это можно сделать при помощи ORM инструмента. Symfony поставляется с двумя из них: Propel и Doctrine. Для разработки и тестирования изменений я использовал локальный сервер Apache. Однако, сайт не удалось запустить на операционной системе Windows, потому что сайт был написан с использованием синтаксиса систем UNIX. Причина в том, что в отличие от UNIX систем, в которых разделительным знаком в пути к файлу является "/", в Windows роль разделительного знака играет "\". Разработку сайта, я продолжил на операционной системе Linux.

4.3. Интерфейс счётчика

The screenshot shows a web browser window with the URL `ppms.krfu.ru`. The page features a navigation menu with links like "Админка", "На главную", and "Вопрос администратору". A user greeting "Здравствуйте, Дмитрий" and a language selector are visible. The main content area displays three calendar views for May, June, and July 2015. Below the calendars is a table with the following structure:

	Использовано Не	09:00:00 - 18:00:00	18:00:00 - 09:00:00	Использовано Не	
11 Мая	0009.404			0010.066	11 Мая
12 Мая	0000.745			0001.055	12 Мая
13 Мая	0003.856			0004.219	13 Мая
14 Мая	0001.833			0002.366	14 Мая
15 Мая	0007.197			0007.415	15 Мая
16 Мая	0002.296			0002.889	16 Мая
17 Мая	0008.706			0009.017	17 Мая
	Использовано Не	09:00:00 - 18:00:00	18:00:00 - 09:00:00	Использовано Не	

At the bottom of the page, there is a footer with the text: "Перейти на основной сайт ФЦКП ФХИ КФУ © 2013".

Рисунок 7 - Измененная главная страница сайта.

После внесенных мною изменений, на главную страницу сайта `ppms.krfu.ru` выводится последнее полученное от Ардуино значение показаний газового счетчика, а в таблице-очереди отображается объем жидкого гелия, израсходованного за время измерения.

The screenshot shows a web browser window with the URL `ppms.kpfu.ru/counter`. The page title is "Counter". Below the title is a table with two columns: "Date&time" and "Counts". The table contains 17 rows of data, showing a sequence of counts increasing from 0000.011 to 0000.034 over time.

Date&time	Counts
2015-04-25 17:57:23	0000.011
2015-04-25 17:58:04	0000.011
2015-04-25 18:00:48	0000.011
2015-04-25 18:04:08	0000.011
2015-04-25 18:04:16	0000.011
2015-04-25 18:23:17	0000.011
2015-04-25 18:35:18	0000.011
2015-04-25 18:41:02	0000.031
2015-04-25 18:42:01	0000.034
2015-04-25 18:43:01	0000.034
2015-04-25 18:44:02	0000.034
2015-04-25 18:45:01	0000.034
2015-04-25 18:46:01	0000.034
2015-04-25 18:47:01	0000.034
2015-04-25 18:48:01	0000.034
2015-04-25 18:49:01	0000.034

Рисунок 8 - Страница с таблицей всех сохраненных значений счётчика.

При нажатии на показания газового счётчика на главной странице, открывается новая страница, на которой выводится таблица базы данных со всеми полученными значениями и временем их получения.

Если полученное с микроконтроллера значение меньше, чем последнее записанное значение, или если после отправки GET запроса не возвращаются показания счетчика, администратору отправляется письмо с оповещением в сбоях работы системы.

В этом случае администратор, через панель администратора, может откалибровать значение на микроконтроллере Arduino Uno.

Заключение

Результатом нашей работы является спроектированная и изготовленная автоматическая система сбора и передачи данных с счётчика на базе контроллера AVR фирмы «Arduino». Внесены необходимые изменения в существующий рабочий сайт `ppms.kpfu.ru`.

В ходе работы я освоил программирование AVR Arduino, создание и редактирование проектов на фреймворке Symfony 1.4 и работу с базой данных MySQL.

Список использованных источников

1. Трамперт В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR микроконтроллеров - перевод с немецкого: А.Г. Эдигаров "МК-Пресс" Киев, 2006.
2. Описание Arduino "UNO" фирмы распространителя "Амперка".
3. Описание Arduino "Ethernet Shield" фирмы распространителя "Амперка".
4. Документация на датчик Холла "АН201" фирмы производителя.
5. Учебник по Symphony 1.4 фирмы разработчика "SensioLabs".