

## **СИСТЕМА ПО ОТСЛЕЖИВАНИЮ НАПОЛНЕННОСТИ МУСОРНЫХ БАКОВ И АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА МУСОРА**

Колесников М. А., Вождяев А.Ю., Феофантов К.В., Юдин А.В.  
*Научный руководитель: Юдин А.В.*

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия.  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия.

## **FILL LEVEL TRACKING SYSTEM FOR THE DUMPSTERS AND AUTOMATION OF GARBAGE COLLECTION**

Kolesnikov M. A., Vozhdaev A. Y., Feofantov K. V., Yudin A. V.  
*Supervisor: Yudin A. V.*

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia.  
National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia.

### **Аннотация**

EXON BIN – это система автономных датчиков, позволяющая отслеживать уровень наполненности мусорных контейнеров в режиме реального времени. А так же механизм для автоматизации сбора мусора, такой как автоматическое построение маршрута для водителя в зависимости от прогнозирования заполняемости мусорных баков. Все данные с датчиков поступают на платформу, где вся информация сохраняется и затем анализируется. Это позволяет получать историю состояний датчиков за любой определенный период.

### **Abstract**

EXON BIN – is a system of autonomous sensors, allowing to monitor the level of fullness of dumpsters in real time. And also a method of automation of garbage collection, such as automatic route formation for driver, depending on the prediction of dumpsters occupancy. All data received from the sensors is transmitted to the platform, where all information is stored and analyzed then. That allows to get the sensor state history for any certain period of time.

## **Введение**

Главной целью системы EXON BIN является автоматизация управления сбором мусора, а именно предоставления интерфейса для более детального отслеживания и выполнения только тех задач, которые необходимы. Для примера, можно ехать на другой конец города за мусорным контейнером только в том случае, если он заполнен, а не по расписанию. Так же система позволяет более точно спрогнозировать заполняемость всех баков или конкретного бака, что позволит менеджеру выводить только то количество водителей, которое необходимо для сбора баков.

### **1 Аппаратная часть системы и ее особенности**

Аппаратная составляющая системы представляет собой датчик (Рис.1), который состоит из двух частей: корпуса, содержащего всю управляющую электронику, батарейный блок, и основания, служащего для крепления датчика к мусорному баку.

Параметры корпуса определены размерами внутренних компонентов - габаритами платы с управляющей электроникой и высотой антенны связи. Посадка ультразвукового дальномера в корпусе осуществлена с углублением относительно верхней плоскости датчика, что обусловлено зоной нечувствительности дальномера из-за переходного процесса на пьезоэлементе. Так как и отправка, и прием сигнала осуществляются одним и тем же элементом, между генерацией и получением ультразвуковой волны должен иметься промежуток времени, достаточный для затухания колебаний, вызывающих данную волну. Выполнено данное углубление в форме конуса для обеспечения необходимого направления

посылаемого сигнала. Корпус датчика не имеет углов и выступающих частей, что необходимо для избежания засорения и большей устойчивости к периодическим нагрузкам, вызываемым оборотом отходов в баке: датчик не должен быть поврежден либо сбит, а также не должен препятствовать движению мусора при заполнении/опустошении бака. В нижней части корпуса имеется круглое отверстие, через которое в него помещается вся электроника и модуль с батареями. Для закрепления платы в корпусе имеются крепежные отверстия под винты. После закрепления платы доступным остается только батарейный блок и модуль с SIM-картой для осуществления их легкой замены.

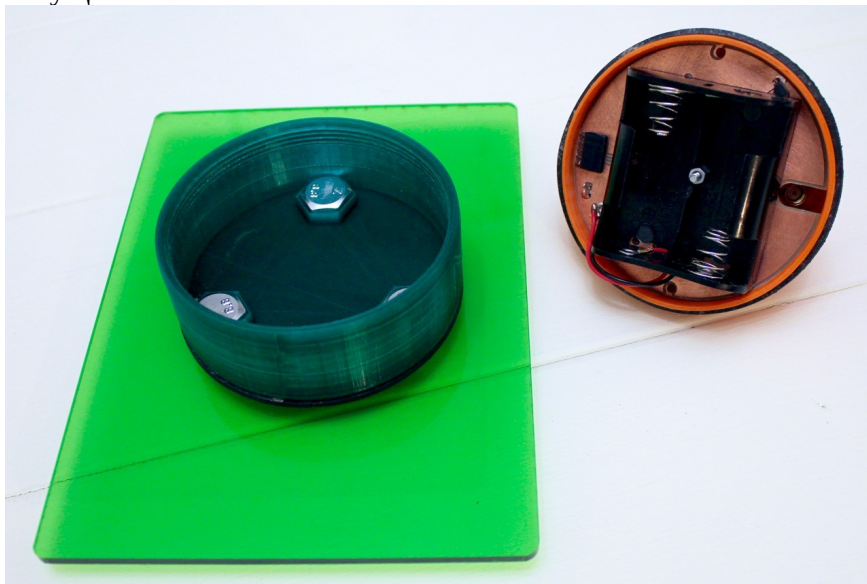


Рисунок 1 – Датчик уровня мусора с демонстрацией крепления основания к баку

Основание позволяет закрепить датчик в баке и в то же время служит крышкой, закрывающей отверстие в корпусе и герметизирующей его. Имеется два вида оснований: для крепления датчика на крышке бака и на его стенке. Крепление корпуса датчика к его основанию происходит посредством резьбового соединения, диаметр которого определяется диаметром отверстия в корпусе. Во избежание нежелательного раскручивания датчика (случайного или преднамеренного), в нижней части корпуса предусмотрено вертикальное отверстие для стопорного винта. В основании имеются отверстия для болтового крепления датчика к баку. Для лучшей герметизации между корпусом и основанием помещается резиновая прокладка.

Прототип корпуса датчика был изготовлен на 3D принтере (Рис.2). В связи со сложной формой корпуса при его печати необходимо учитывать особенности позиционирования модели: необходимо, чтобы отверстия при печати располагались вертикально, во избежание сплющивания и деформаций. Также важно обеспечить равномерное охлаждение модели, иначе будут возникать напряжения, искривляющие грани.



Рисунок 2 – Эволюция внешнего вида корпуса датчика

Управляющая электроника и структура ее взаимодействия между собой, а также с внешней средой и сервером представлена на Рис. 2.

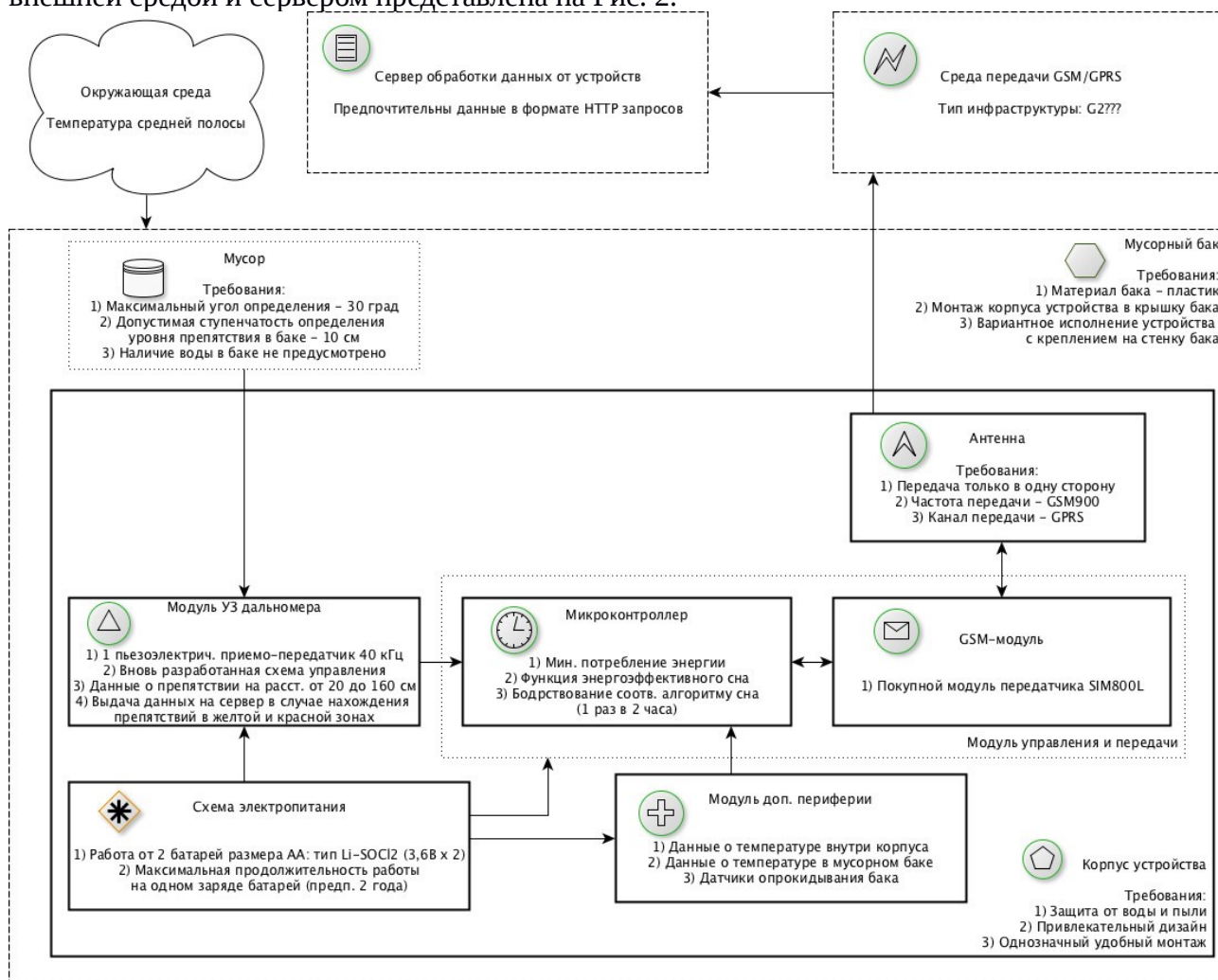


Рисунок 3 – Структурно-функциональная схема модуля датчика мусора

## 2 Программная часть системы

В процессе проектирования решения поставленной задачи была построена диаграмма состояний (Рис.3), отображающая состояния устройства с программной точки зрения.

Исходя из этой схемы видно, что все состояния и действия разбиваются на несколько групп: передача данных, работа с датчиками, сон.

**Передача данных.** Так как каналом связи были выбраны сети GSM/GPRS, то все сложности по организации физического уровня в соединении легли на модуль SIM800, управлять которым можно при помощи специальных AT-команд, пересылаемых нами в последовательном режиме с контроллера на модуль.

Из-за того, что предполагается массовое использование данных устройств - был выбран протокол MQTT – специальный протокол M2M(machine-to-machine) коммуникаций, отличающийся своей легковесностью. По сути в этом протоколе различают 2 сущности: брокеры-серверы, которые обрабатывают поток входящих данных, и клиенты, которые могут либо публиковать сообщения на брокер, либо подписываться для дальнейшего их получения. В данном устройстве необходимо реализовать только клиентскую сущность, которая будет отправлять сообщения установленного формата брокеру. Исходя из этого, а так же из-за ограничения по памяти в микроконтроллере (8кБ), из всего множества функций, предоставляемых протоколом и стандартными библиотеками, были выбраны 2: отправка т.н.

connect-message (сообщение, указывающее брокеру на сам факт последующего сообщения, а так же его формате) и непосредственно функция публикации сообщения.

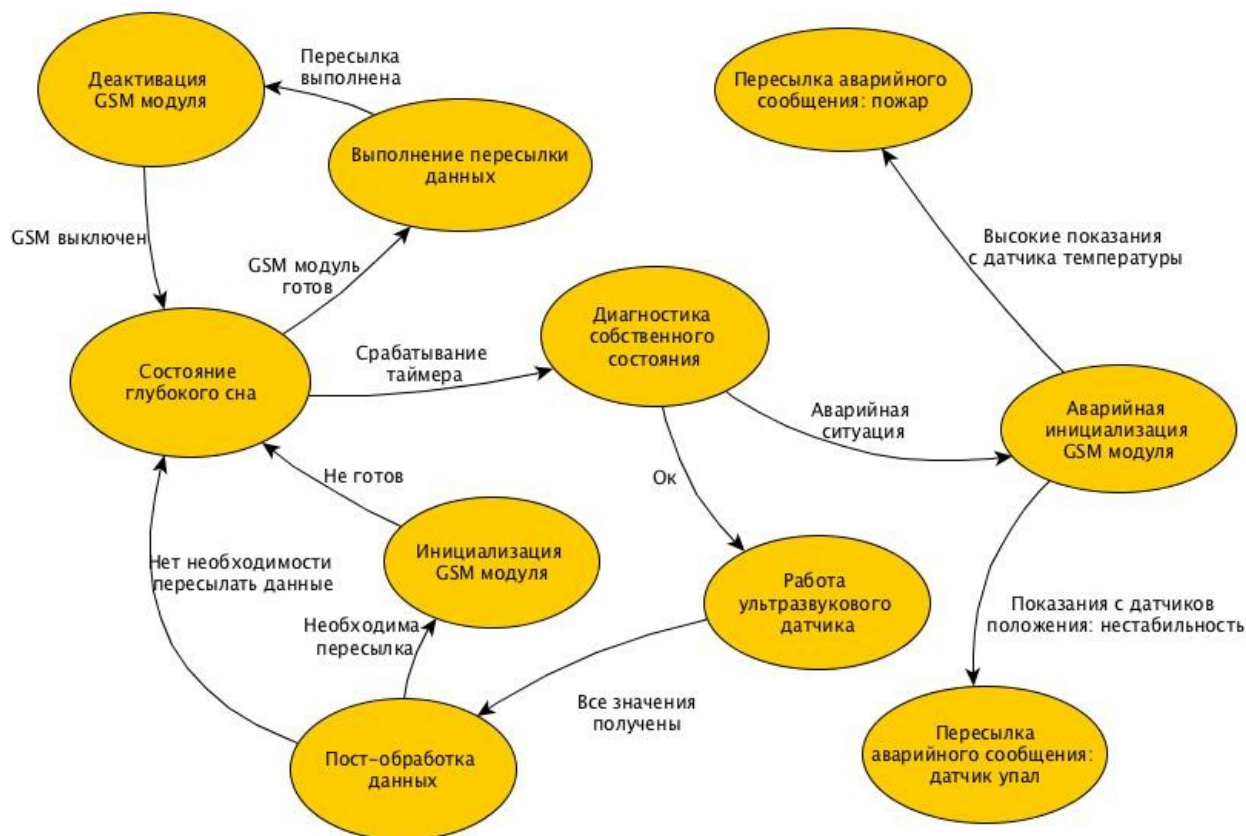


Рисунок 4 – Диаграмма состояний системы

#### а) Connect-message

Длина сообщения для установки соединения - 16 обязательных байт, включающих в себя всевозможные настройки, и client\_id, который имеет ограничение по длине в 255 символов.

В этом сообщении:

- 1 байт: Байт типа сообщения (16 - CONNECT)
- 2 байт: Оставшаяся длина сообщения
- 3-10 байты: информация об имени протокола (в данном случае "MQIdsp")
- 11 байт: версия протокола
- 12 байт: флаги соединения
- 13-16 байты: служебные байты, хранящие информацию о последующей пересылке client\_id
- 17+байты: строка client\_id

#### б) Publish-message

После пересылки по TCP данного сообщения при помощи AT команд, необходимо отправить само сообщение, которое имеет чуть более простой формат:

- 1, 3 байты: Байты, устанавливающие тип сообщения
- 2 байт: общая длина сообщения
- 4 байт: длина темы сообщения (topic)

И далее последовательно записаны: тема (topic) и само сообщение.

Стоит заметить, что к длине сообщения особых требований не предъявлялось, поэтому передается json-строка, однако, объем передаваемых данных можно было сократить с десятков байт до единиц. Возможный вид сообщения выглядит как:

```
"garbage_sensor":  
  {"IMEI" : "1234567897654",  
   "distance": <byte>  
   "sensor1": <byte>  
   "sensor2": <byte>  
  }
```

**Работа с датчиками.** В данной схеме, все датчики подключены напрямую к ножкам МК, поэтому снятие показаний сводится к работе АЦП преобразователя (в случае с датчиком температуры) и цифровым пинам (датчики положения). Особую сложность представляет работа с датчиком ультразвука. Для его реализации требуется использовать фильтр совмещенный с усилителем, работающие на частоте близкой к 40 кГц, на которой работает ультразвуковой приемопередатчик. Для определения уровня мусора в баке используется измерение времени, требующегося ультразвуковой волне дойти до препятствия и вернуться обратно к источнику.

Стоит отметить пост-обработку сигналов. Предполагается, что в целях экономии энергии, решение о целесообразности передачи данных принимает сам датчик. В процессе работы собирается статистика по полученным значениям и передача выполняется только в том случае, когда новые показания сильно отличаются от предыдущих. Для хранения статистических данных используется EEPROM(энергонезависимая память).

**Энергосбережение.** Из-за того, что данное устройство должно работать автономно длительный промежуток времени (от полугода), то вопрос об энергосбережении является приоритетным в процессе разработки. Несмотря на то, что в количественных характеристиках энергопотребление самого контроллера в разы меньше потребления GSM-модуля (20mA против 500mA в пике соответственно), при долгой работе необходимо обеспечить самое минимальное потребление. Микроконтроллеры линейки ATtiny имеют возможность т.н. "глубокого сна", при котором отключается большая часть внутренних устройств. Определенной проблемой является то, что для выхода из этого режима необходимо какое-либо прерывание, которое в виду отсутствия внешних таймеров, в данной задаче обеспечить невозможно. Выходом является не совсем стандартное использование сторожевого таймера (watchdog timer, WDT) - устройства, имеющего собственный осциллятор, отличный от МК, и выдающего прерывание по срабатыванию. В классическом его использовании, он предназначен для предотвращения зависания МК, и поэтому, максимальное время, которое он может проработать - это 8 секунд (стоит заметить, что из-за неточной работы осциллятора WDT, установленный промежуток в 8 секунд может пройти ~7.5 секунд реального времени), после которых микроконтроллер в любом случае "проснется" - поэтому для сна, длительностью в несколько часов, необходимо погружать МК в сон каждые ~8 секунд.

В добавление к этому, в следствие того, что процесс передачи данных с GPS модуля может занимать секунды, МК погружается в сон во время передачи данных на сервер.

### 3 Принцип взаимодействия с пользователями

Всех пользователей системы EXON VIN можно разделить на 3 группы: менеджер, диспетчер и водитель. У каждой группы свой пользовательский интерфейс и определенный функционал. Такое разделение позволяет уменьшить сложность пользования системой и сократить время обучения.

Для менеджера, самое главное видеть, насколько эффективно работает его система, поэтому менеджеры могут видеть в режиме реального времени общее состояние системы, такое как: количество водителей на линии, количество убранных баков, количество заполненных баков и т.д. Так же менеджер видит местоположение каждого водителя на карте и может выдать ему конкретную задачу.

Диспетчер это пользователь, который выдает задачи водителям, система EXON BIN позволяет в случае нехватки персонала обойтись без этого пользователя. Тогда система будет сама назначать задачи в соответствии выбранного алгоритма или правил и выдавать их водителям. Данная роль имеет более опциональный характер и не является обязательной.

Водитель, как главный исполнитель задач имеет простой и минимально загруженный пользовательский интерфейс. Главными элементами являются: карта с мусорными баками и с рассчитанным маршрутом, список задач для выполнения и список датчиков с их историей заполняемости.

### Заключение

Описанная в данной статье система EXON BIN позволяет значительно упростить и оптимизировать организацию сбора мусора в городах, а также уменьшает затраты на ручное отслеживание наполненности баков. Особенную эффективность эта система проявляет в крупных городах, где все баки имеют собственный режим заполнения, способный существенно варьироваться в зависимости от географического положения контейнера.

В будущем планируется анализ работоспособности системы в реальных городских условиях и, в случае успеха, дальнейшее ее развитие с последующим внедрением во все большее количество городов.

### Литература

1. В.Г. Концевич “Современный самоучитель работы в Autodesk Inventor” – М.:ДКМ-Пресс, 2009. – 672 с.: ил.
2. A.Vlasov and A.Yudin “Distributed Control System in Mobile Robot Application: General Approach, Realization and Usage ” in Research and Education in Robotics - EUROBOT 2010, ser. Communications in Computer and Information Science, vol. 156. International Conference, Rapperswil - Jona, Switzerland, May 27 – 30, 2010, Revised Selected Papers: Springer Berlin Heidelberg, 2011. pp. 180-192.
3. A. Yudin, M. Semyonov ”Distributed Control System for a Mobile Robot: Tasks and Software Architecture” in Research and Education in Robotics - EUROBOT 2011, ser. Communications in Computer and Information Science, vol. 161. International Conference, Prague, Czech Republic, June 15-17, 2011, Proceedings: Springer Berlin Heidelberg, 2011. pp. 321-334.
4. Юлдашев М.Н. Ультразвуковые системы для определения пространственного положения подвижного объекта // Сборник научных трудов. 17-ая молодежная научно-техническая конференция "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2015". – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 22-23 апреля 2015 г. – стр. 465-472.
5. Арабов Д.И., Власов А.И., Гриднев В.Н., Григорьев П.В. КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА (ФАБ ЛАВ) ДЛЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. No5.
6. Арабов Д.И., Вирясова А.Ю., Гриднев В.Н. КОМПЛЕКСНОЕ МАКЕТИРОВАНИЕ УЗЛОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА (ФАБ-ЛАВ) В УСЛОВИЯХ СКВОЗНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2016. Т. 1.