УДК: 004.021

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ЗАПОЛНЕНИЯ МУСОРНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

Рахманкулова Барна Октамхановна - к.э.н., доцент
Национальный исследовательский университет “ТИИИМСХ”
Ниғматов Азизжон Махкамович - старший преподаватель
Национальный исследовательский университет “ТИИИМСХ”
Сафаров Сардор Умид ўғли - студент
Национальный исследовательский университет “ТИИИМСХ”
Doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.20107394

Аннотация: В условиях ускоренной урбанизации и растущего объема твердых бытовых отходов возрастает потребность в рациональном управлении процессами их сбора и транспортировки. Данная работа посвящена разработке и внедрению автоматизированной системы мониторинга уровня заполнения мусорных баков с использованием технологий Интернета вещей. В статье подробно рассматриваются архитектура системы, программное обеспечение, способы передачи данных, алгоритмы оповещения и управления. Представлены результаты экспериментальных испытаний, подтверждающие эффективность предложенного подхода по снижению затрат на вывоз мусора, повышению санитарной обстановки и улучшению экологической ситуации в городе.

Ключевые слова: автоматизация, мусорные баки, система управления, мониторинг, фотометрический датчик, микроконтроллер, облачные технологии, устойчивое развитие, умный город, оптимизация, сигнал.

Введение. Одной из актуальных проблем современных городов является неэффективная система сбора и вывоза твердых бытовых отходов (ТБО). С ростом урбанизации и увеличением объемов бытовых отходов возникает необходимость эффективного управления системой сбора и вывоза мусора [1]. Традиционные методы, основанные на фиксированных графиках, не учитывают реальный уровень заполнения контейнеров, что приводит к переполнению, неэффективным маршрутам и перерасходу ресурсов. Современные технологии Интернета вещей позволяют реализовать интеллектуальные системы, способные контролировать состояние баков в режиме реального времени [2]. Традиционные методы управления, основанные на фиксированных маршрутах и графиках, не позволяют учитывать фактический уровень заполнения контейнеров, что приводит к их переполнению или, наоборот, к пустым рейсам мусоровозов.

Решение данной проблемы возможно с использованием современных информационных и телекоммуникационных технологий, в частности систем на базе Интернета вещей. Разработка и внедрение интеллектуальных мусорных баков, оснащенных датчиками и средствами беспроводной связи, позволяет обеспечить мониторинг в режиме реального времени, оперативное реагирование и оптимизацию транспортных маршрутов [3].

Постановка задачи. Целью исследования является создание автоматизированной системы мониторинга и управления, способной отслеживать уровень заполнения мусорных контейнеров и передавать информацию на центральный сервер с последующей визуализацией и анализом [4]. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи: 1. Исследовать и выбрать оптимальные датчики измерения уровня заполнения

баков. 2. Разработать электронный модуль обработки и передачи данных. 3. Спроектировать структуру беспроводной сети передачи данных [5]. 4. Реализовать серверную часть системы: база данных, визуализация, API. 5. Внедрить систему оповещений для коммунальных служб. 6. Провести тестирование и анализ эффективности внедрения [6].

Решение задач. Система состоит из следующих компонентов: 1. Фотометрический датчик устанавливается в верхней части бака и определяет расстояние до мусора. 2. **Микроконтроллер (ESP32, Arduino Uno, STM32):** получает данные с датчика, обрабатывает и отправляет на сервер [7]. 3. **Коммуникационный модуль (Wi-Fi, GSM/GPRS, LoRa):** обеспечивает беспроводную передачу данных. 4. **Источник питания:** автономный (батарея, солнечная панель) или проводное питание. 5. **GSM-модуль** для определения местоположения бака [5]. В случае, если уровень мусора превышает установленный порог (например, 80%), система генерирует автоматическое оповещение с указанием местоположения и времени заполнения. В перспективе возможно подключение алгоритмов оптимизации маршрутов для мусоровозов. Пилотные испытания проводились на нескольких контейнерах в городских условиях. Управляющая организация имеет доступ к веб-интерфейсу или мобильному приложению.

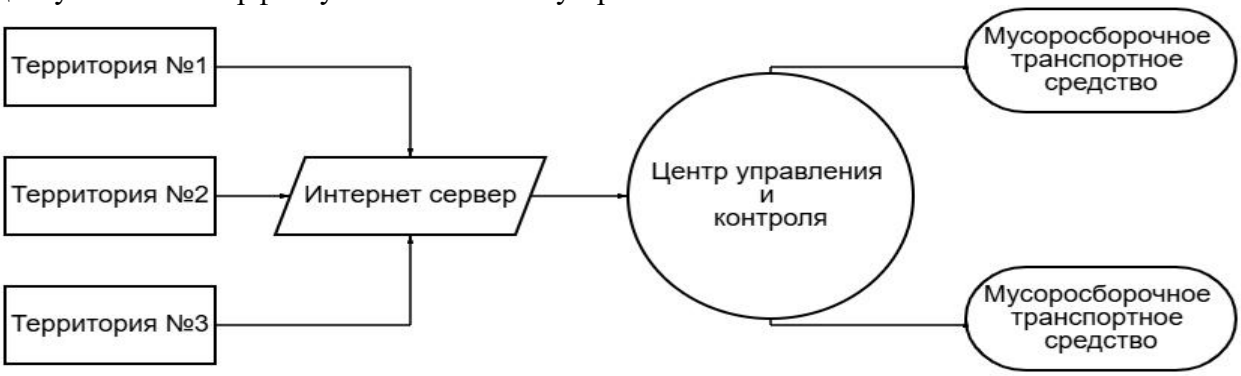
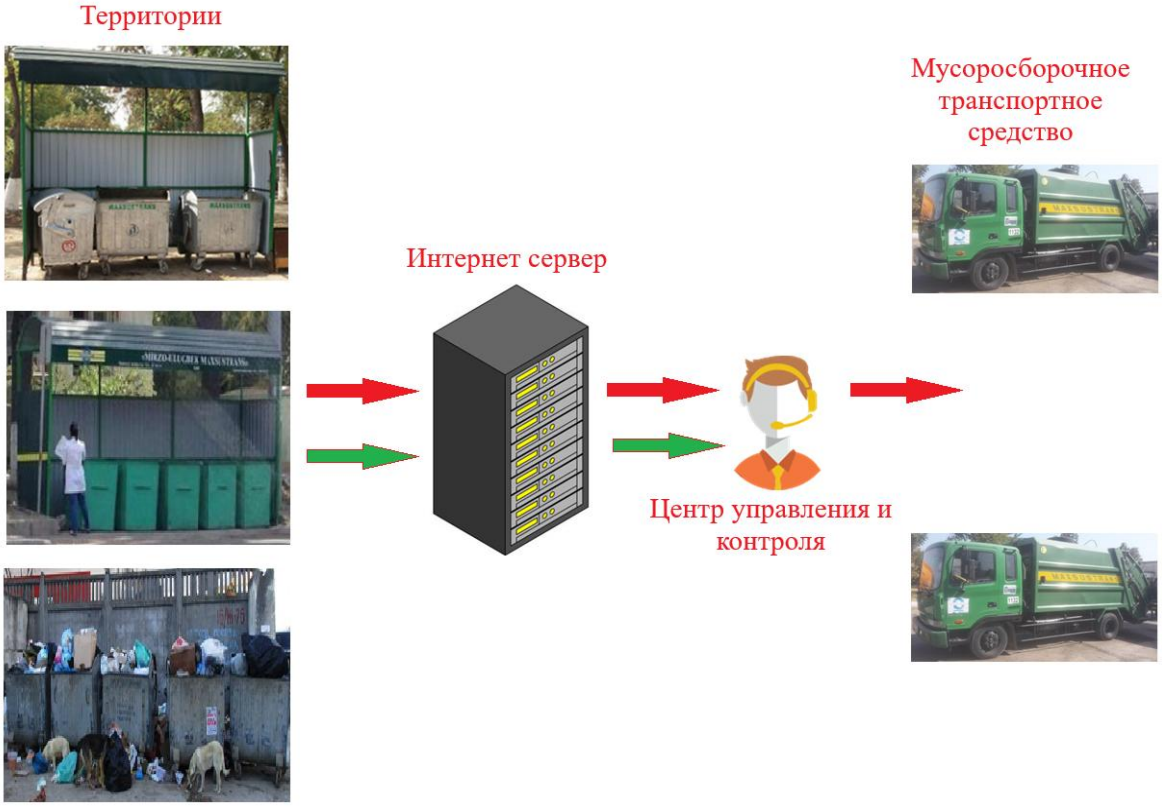


Рис.1. Структурная схема АСУ сигнализации и оповещения о переполнении мусорных



баков

Рис.2. Функционально-технологическая схема АСУ сигнализации и оповещения о переполнении мусорных баков

Датчик периодически измеряет расстояние от верхней крышки бака до поверхности мусора. Микроконтроллер рассчитывает уровень заполнения в процентах [8]. При достижении заданного порогового значения (например, 80%) или по таймеру, данные передаются в облако. На сервере данные анализируются и отображаются в интерфейсе администратора [9] (рис.1). Система использует облачные платформы (например, Firebase, Blynk, ThingsBoard или собственный сервер на базе Node.js и PostgreSQL) [10].
Передача данных осуществляется через MQTT, HTTP или HTTPS.
Для безопасности реализована аутентификация устройств по ключу [11]. Шифрование соединения и лимит на частоту передачи данных во избежание перегрузки. Для данного контроллера на язкке C++ запрограммировали и запущена была устройства. Код программы на языке C++

```
#include <SoftwareSerial.h>
#define BUTTON_PIN 2
#define RELAY_PIN 3
#define RED_LED_PIN 4
#define GREEN_LED_PIN 5
#define GSM_RX 7
#define GSM_TX 8
SoftwareSerial gsm(GSM_RX, GSM_TX);
bool lastButtonState = HIGH;
bool currentButtonState;
unsigned long buttonPressTime = 0;
bool messageSent = false;
String phoneNumber = "+998933977991";
String staticLocation = "Адрес: Юнусабадский район, улица Осиё, 30";
void setup() {
pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
pinMode(RED_LED_PIN, OUTPUT);
pinMode(GREEN_LED_PIN, OUTPUT);
digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
digitalWrite(RED_LED_PIN, LOW);
digitalWrite(GREEN_LED_PIN, HIGH);
Serial.begin(9600);
gsm.begin(9600);
delay(10);
sendAT("AT");
sendAT("AT+CMGF=1");
}
void loop() {
currentButtonState = digitalRead(BUTTON_PIN);
if (currentButtonState == LOW && lastButtonState == HIGH) {
buttonPressTime = millis();
!messageSent) {
if (millis() - buttonPressTime >= 3000) { digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
digitalWrite(RED_LED_PIN, HIGH);
digitalWrite(GREEN_LED_PIN, LOW);
sendSMS("Внимание! Мусорный бак полон.\n" + staticLocation);
Serial.println("FILLED - " + staticLocation);
messageSent = true;
}
}
if (currentButtonState == HIGH && lastButtonState == LOW) {
digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
if (messageSent) {
digitalWrite(RED_LED_PIN, LOW);
digitalWrite(GREEN_LED_PIN, HIGH);
sendSMS("Мусорная корзина опустошена.\n" + staticLocation);
Serial.println("EMPTY - " + staticLocation);
}
}
lastButtonState = currentButtonState;
}
void sendAT(String command) {
gsm.println(command);
delay(100);
while (gsm.available()) {
Serial.write(gsm.read());
}
}
void sendSMS(String text) {
gsm.println("AT+CMGS=\"" + phoneNumber + "\"");
```

messageSent = false;
}
if (currentButtonState == LOW &&
	delay(10);
	gsm.print(text);
	gsm.write(26);
	delay(1000);
	}

Экспериментальная установка системы была проведена на территории учебного кампуса и жилого массива (рис.3).

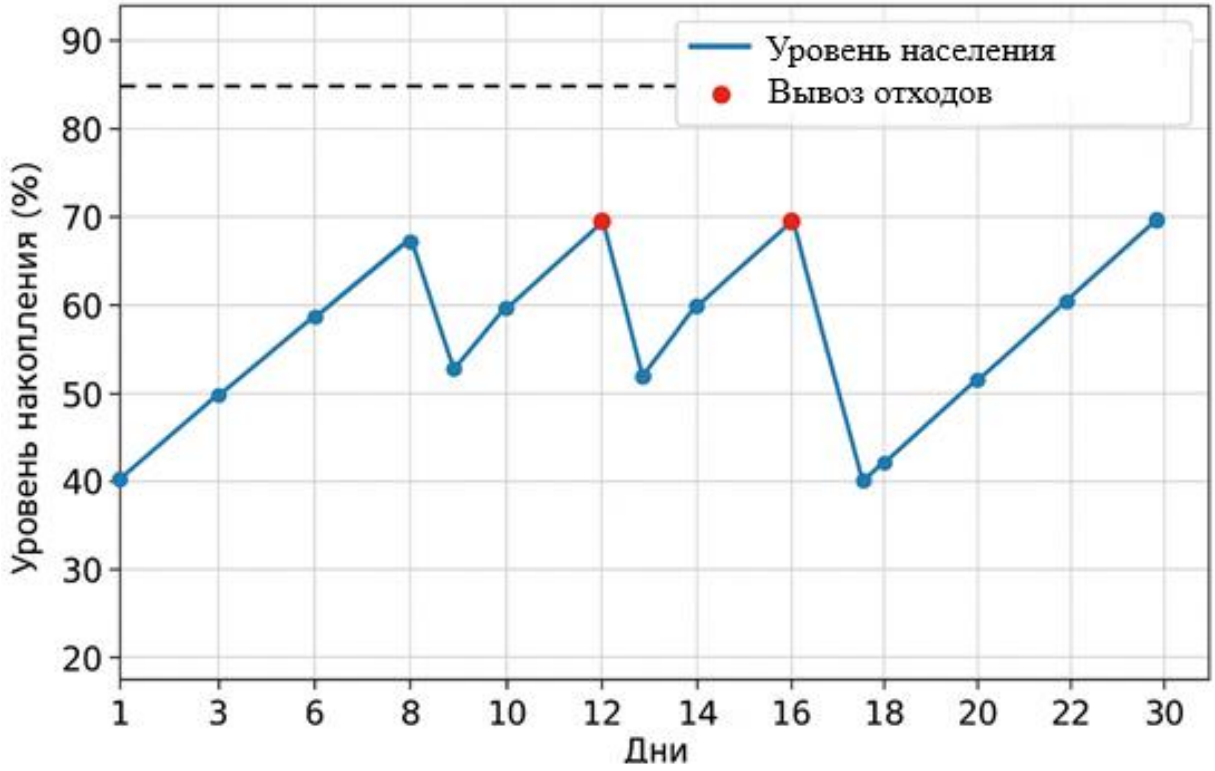


Рис.3. График уровня накопления отходов

В течение 3 месяцев было собрано более 10 000 показаний. Анализ показал (таблица№1):

таблица№1

Показатель	**До внедрения**	**После внедрения**
Количество переполненных баков в месяц	25	7
Средняя загрузка мусоровозов	40-60%	85-95%
Пробег мусоровозов	100%	~70%
Жалобы жителей	Высокие	Снижены на 80%

Также наблюдается снижение затрат на топливо, увеличение срока службы техники и повышение удовлетворенности населения качеством санитарного обслуживания.

Выводы: Предложенная автоматизированная система мониторинга наполнения мусорных баков на основе IoT-технологий доказала свою эффективность и практическую реализуемость. Внедрение системы позволяет: 1. Повысить оперативность вывоза отходов. 2. Сократить затраты на логистику и эксплуатацию техники. 3. Улучшить санитарно-экологическую обстановку в городе. 4. Интегрироваться в концепцию «умного города».

Список использованной литературы:

1. Иванов И. И., Петров А. В. Автоматизированные системы управления: теория и практика. - М.: Академия, 2021. - 368 с.

2. Сидоров Д. М. Системы мониторинга в городском хозяйстве. // Вестник технических наук. - 2022. - №4. - С. 45-52.
3. Norma.uz. Санитарные нормы и правила обращения с твердыми бытовыми отходами в Республике Узбекистан. - URL: https://www.norma.uz.
4. Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of Things: A survey. // Computer Networks, 2010, Volume 54, Issue 15, Pages 2787-2805.
5. Arduino Documentation. Official Arduino Reference for SoftwareSerial Library. - URL: https://www.arduino.cc/en/Reference/softwareSerial.
6. Musaev T. K. Monitoring va boshqaruv tizimlarining intellektual modellashtirilishi. // Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti ilmiy jurnali. - 2023. - №2. - B. 19-27.
7. GSM/GPRS модуль SIM800L. Описание, подключение и отправка SMS. - URL: https://microcontrollerslab.com.
8. Tariq Z., Asad M., Waqas M. Smart Waste Management System Based on IoT. // International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). - 2021. - Vol. 10, Issue 5.
9. Жилищно-коммунальное хозяйство и цифровизация: вызовы и решения // “Коммунальная техника” №3, 2021.
10. Нурмухамедов Ш. Т. Применение датчиков в интеллектуальных системах управления отходами. // Техника и технологии. - 2022. - №1. - С. 28-33.
11. Технический регламент Республики Узбекистан “О безопасности объектов санитарного содержания и обращения с отходами”. - Утвержден постановлением Кабинета Министров №105, 2020.