



СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И АВТОМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ПОДАЧИ ГАЗА ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ТОКСИЧНЫХ ПРИМЕСЕЙ

*Низматов Азизжон Махкамович - старший преподаватель
Национальный исследовательский университет "ТИИИМСХ"*

*Рахманкулова Барна Октамхановна - к.э.н., доцент
Национальный исследовательский университет "ТИИИМСХ"*

*Тўхтабоева Гулбаҳор Азимбой қизи - студент
Национальный исследовательский университет "ТИИИМСХ"*

Аннотация. В статье рассмотрена проблема защиты природного газа от заражения посторонними химическими и биологическими примесями в процессе транспортировки и хранения. Разработана концепция автоматизированной системы контроля и защиты, основанной на применении датчиков, микроконтроллерных систем и интеллектуальных алгоритмов обработки данных. Приведены функциональная структура системы, методы анализа показателей качества газа и алгоритмы реагирования на отклонения от нормы. Предложенная система обеспечивает повышение надежности, экологической безопасности и энергоэффективности газотранспортных сетей.

Ключевые слова: автоматизация, природный газ, защита, датчики, мониторинг, микроконтроллер, безопасность, загрязнение, обработка данных, управления, система, сигнал, алгоритм, программирование.

Введение. Природный газ является стратегическим энергетическим ресурсом, активно применяемым в промышленности, энергетике и бытовом секторе. Его физико-химический состав должен соответствовать установленным нормативам, однако при транспортировке и хранении возможно заражение газа механическими, химическими или биологическими примесями. Это приводит к снижению теплотворной способности,

повышению коррозионной активности и угрозе безопасности оборудования. Современные технологии позволяют применять автоматизированные системы для своевременного контроля и защиты от подобных загрязнений. Целью настоящего исследования является разработка концепции и алгоритмов функционирования автоматизированной системы защиты от заражения природного газа с использованием средств измерений и информационных технологий [1].

Постановка задачи. Необходимо разработать автоматизированную систему, способную обнаруживать наличие загрязнений в газопроводе в реальном времени; идентифицировать тип и концентрацию примесей; реагировать автоматически при превышении пороговых значений загрязнения - включая подачу сигналов, перекрытие потоков и активацию фильтрационных систем; передавать данные в центральный пункт управления для анализа и принятия решений; обеспечивать автономную работу при отказе связи и сохранность данных [2].

Решение задач. Датчик газа MQ-5 используется для сигнализации утечек газа в домашних условиях и на предприятиях. Подходит для определения природного газа, пропана, изобутана, коксового газа. Слобощувствителен к парам алкоголя, сигаретному дыму, парам приготовляемой пищи (рис.1) [3].



Рис.1. Датчик газа MQ-5

Датчик имеет аналоговый выход, напряжение на нем изменяется в зависимости от концентрации примесей указанных газов в воздухе. Может использоваться в схемах на базе Arduino, AVR, PIC, ARM и других микроконтроллеров (рис.2) [3].

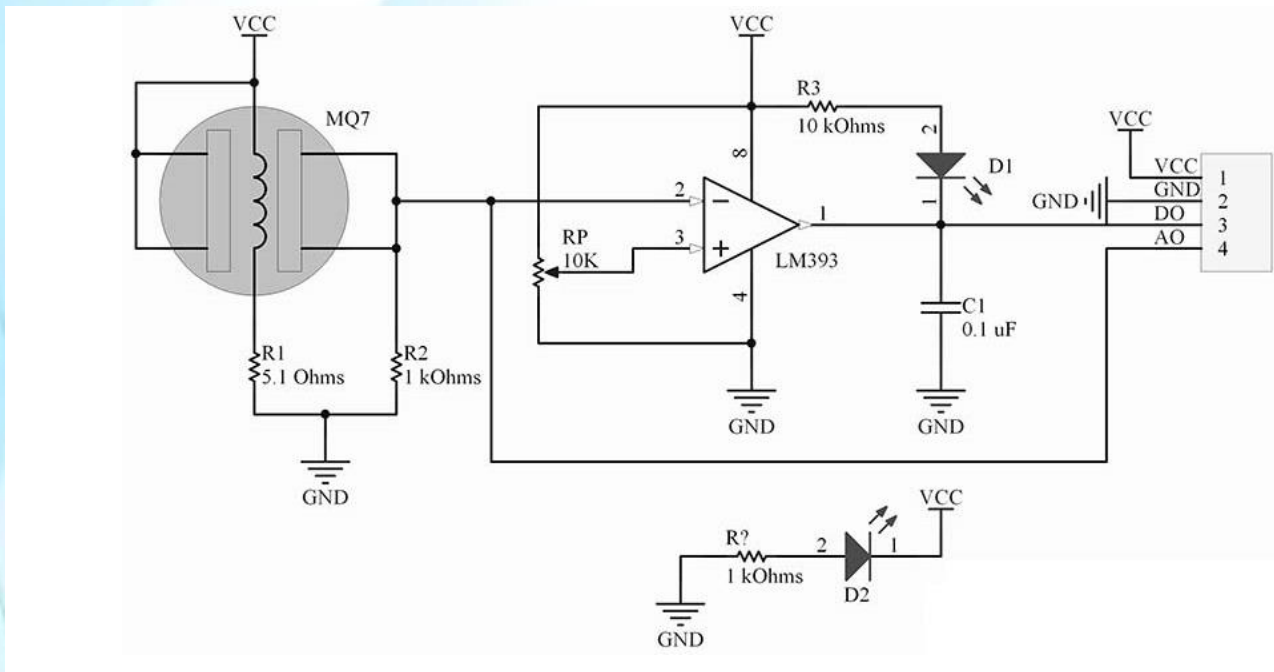


Рис.2. Принципиальная схема датчика газа MQ-5

Архитектура системы состоит из следующих основных блоков: Модуль датчика контроля (газоанализаторы, влагомеры, датчики давления и температуры); микроконтроллерный модуль на базе Arduino для сбора и предварительной обработки данных; коммуникационный модуль GSM для передачи информации в облачный сервер или диспетчерский центр; исполнительные устройства электроклапаны; программное обеспечение для анализа данных и визуализации показателей качества газа (рис.3) [4].

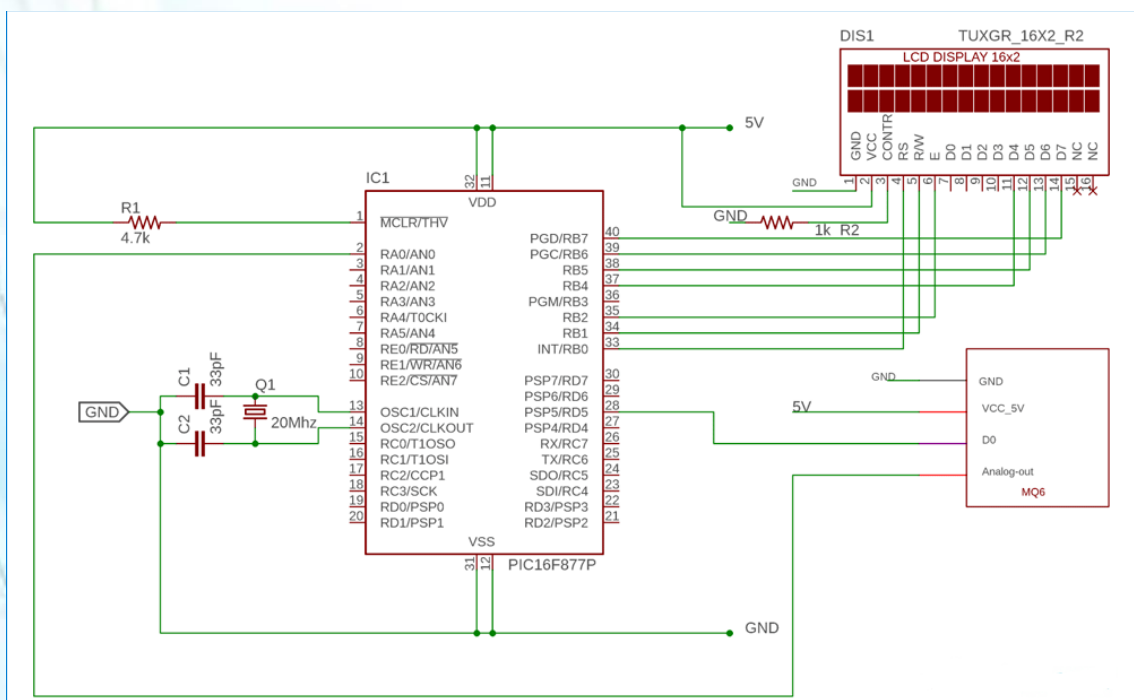


Рис.3. Принципиальная схема соединения датчика газа MQ-5 с контроллером

Принцип работы системы, датчики непрерывно измеряют параметры газа: концентрацию H_2S , CO_2 , CH_4 , влажность и температуру. Данные поступают в микроконтроллер, где проходят цифровую фильтрацию и сравниваются с нормативными пределами. При обнаружении отклонений активируется алгоритм защиты: подача сигнала оператору, частичное перекрытие потока, включение резервного фильтра, запись данных в журнал событий. Информация в реальном времени передается в центральную базу данных, где происходит анализ динамики изменений. На основе накопленных данных формируются прогнозы возможных утечек или заражений (рис.4).

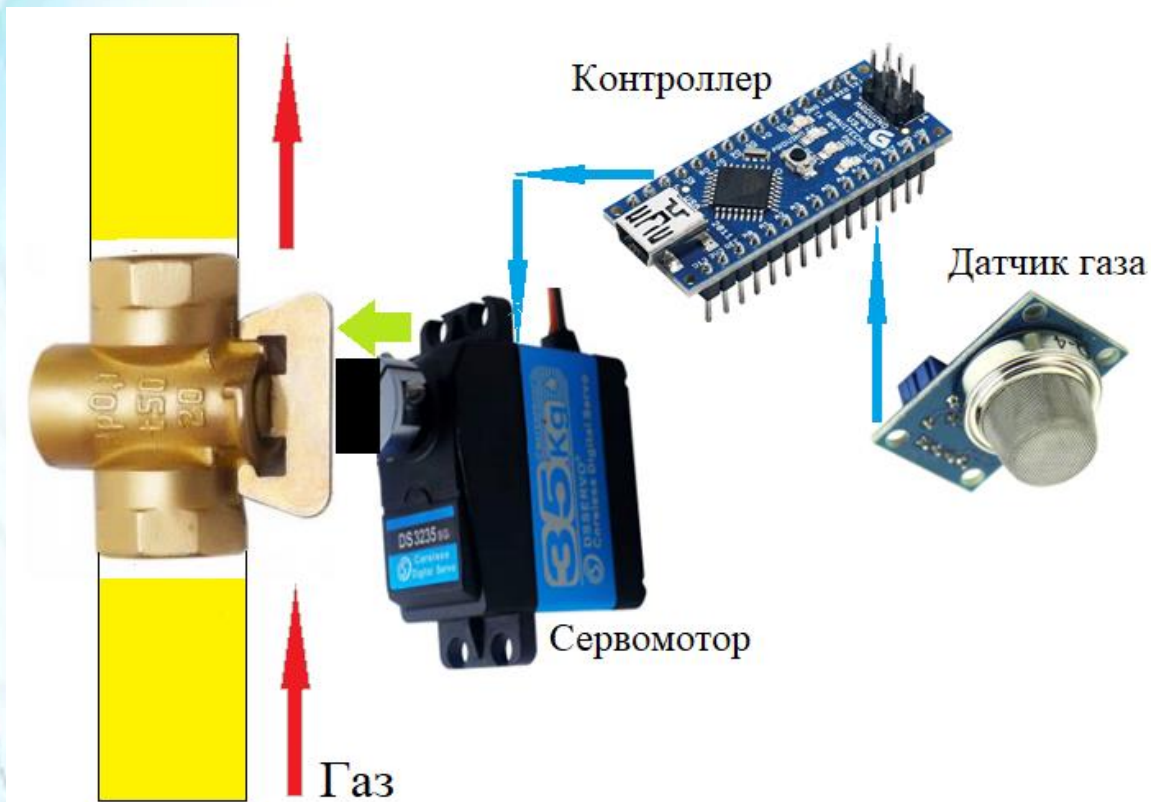


Рис.4. Функциональная схема управления объекта.

Данное программное обеспечение предназначено для управления автоматизированной системой защиты от заражения природного газа. Система контролирует параметры влажности, давления, температуры и концентрации газовых примесей, обеспечивая автоматическую реакцию при превышении заданных порогов.

Аналоговый выход модуля «АО» (Analog Out) - подключается к любому аналоговому входу Arduino и предназначен для снятия аналоговых показаний модуля. Цифровой выход модуля «DO» (Digital Out) - подключается к любому входу Arduino и предназначен для регистрации порога срабатывания (порог срабатывания настраивается потенциометром под требуемую концентрацию газов в воздухе) [5].

Блок-схема работы системы представлена на рисунке 5 ниже:



Рис.5. Блок-схема работы системы.

**Программный код микроконтроллера Arduino**

#include	<Wire.h>	pinMode(ALARM_PIN,
#include	<Adafruit_Sensor.h>	OUTPUT);
#include	<DHT.h>	}
#include	<DHT_U.h>	void loop() {
#include	<LiquidCrystal_I2C.h>	float temp = dht.readTemperature();
#define	DHTPIN 2	float humidity = dht.readHumidity();
#define	DHTTYPE DHT22	float gasLevel =
#define	GAS_SENSOR A0	analogRead(GAS_SENSOR);
#define	PRESSURE_SENSOR A1	float pressure =
#define	VALVE_PIN 5	analogRead(PRESSURE_SENSOR) /
#define	FILTER_PIN 6	100.0;
#define	ALARM_PIN 7	if (gasLevel > GAS_LIMIT temp >
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);		TEMP_LIMIT pressure >
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);		PRESSURE_LIMIT) {
float TEMP_LIMIT = 50.0;		digitalWrite(VALVE_PIN, HIGH);
float GAS_LIMIT = 300.0;		digitalWrite(FILTER_PIN, HIGH);
float PRESSURE_LIMIT = 1.5;		digitalWrite(ALARM_PIN, HIGH);
void setup() {		} else
Serial.begin(9600);		{
lcd.init();		digitalWrite(VALVE_PIN, LOW);
lcd.backlight();		digitalWrite(FILTER_PIN, LOW);
dht.begin();		digitalWrite(ALARM_PIN, LOW);
pinMode(VALVE_PIN, OUTPUT);		}
pinMode(FILTER_PIN, OUTPUT);		delay(2000);
		}

Для анализа сигналов используется метод корреляционного сравнения с эталонными спектрами чистого газа.

Функция отклонения рассчитывается по формуле:

$$E = \sum_{i=0}^n (C_i - C_{0i})^2$$

(1)

где

C_i - текущая концентрация компонентов,

C_{0i} - эталонная концентрация,

E - интегральная оценка загрязнения.

Если $E > E_{кр}$, система переводится в режим защиты.

Математическая модель управления. Алгоритм регулирования можно описать ПИД-законом управления:

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

где $e(t)$ - отклонение концентрации загрязнения от нормы, а коэффициенты K_p , K_i , K_d определяются экспериментально. Такой подход обеспечивает точное и плавное реагирование на изменения параметров газа. Анализ и аппроксимация данных датчиков в автоматизированной системе контроля качества природного газа.

Экспериментальные данные

Время, с	Концентрация, усл. ед.
0,00	3,09
1,11	4,93
2,22	-0,21
3,33	3,55
4,44	8,24
5,56	13,59
6,67	22,00
7,78	30,58
8,89	43,59
10,00	55,14

На рисунке 6 приведены различные типы аппроксимации измеренных данных.

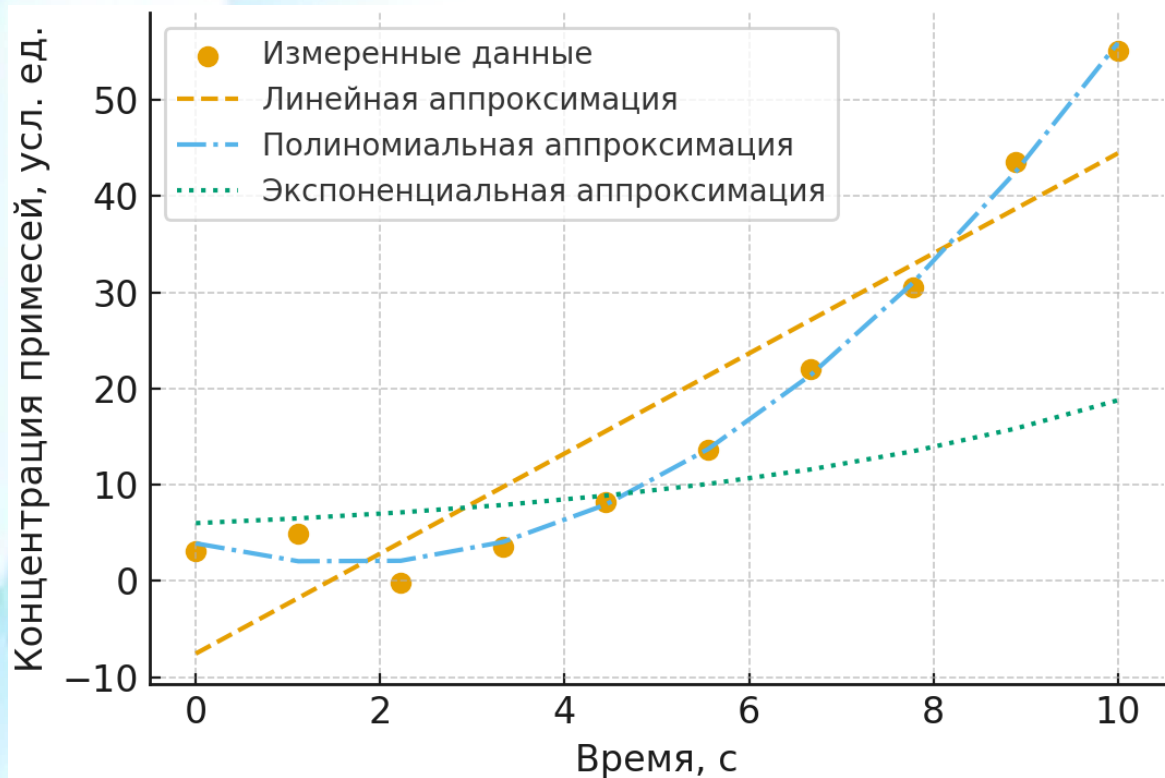


Рис.6. Аппроксимация данных датчиков качества природного газа
Математическая модель.

Линейная аппроксимация:

$$y = 5,20x - 7,56 \quad (3)$$

Полиномиальная аппроксимация (2-го порядка):

$$y = 0,77x^2 - 2,53x + 3,90 \quad (4)$$

Экспоненциальная модель:

$$y = 2e^{0,2x} + 4 \quad (5)$$

Выводы. Разработана структура автоматизированной системы защиты от заражения природного газа. Предложен алгоритм мониторинга и управления на основе микроконтроллерных технологий и интеллектуальных методов анализа данных. Система обеспечивает повышение надежности и экологической безопасности газотранспортных сетей. В дальнейшем возможно внедрение технологии машинного обучения для прогнозирования аварийных ситуаций и оптимизации фильтрационных процессов. На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что полиномиальная



аппроксимация второго порядка наиболее точно отражает поведение концентрации примесей природного газа во времени. Такой подход может быть использован для прогнозирования изменений качества газа и своевременного включения систем очистки. Разработанное программное обеспечение обеспечивает устойчивую работу автоматизированной системы защиты от заражения природного газа. Программа позволяет в реальном времени отслеживать состояние параметров среды и мгновенно реагировать на опасные изменения, что повышает уровень промышленной безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ 5542 - 2014. Газы горючие природные. Технические условия.
2. Ильин В. А. Автоматизация контроля качества природного газа. - М.: Недра, 2021.
3. Петров А. И., Кузнецов Д. С. Системы мониторинга в газотранспортных сетях. - СПб.: Энергия, 2022.
4. Андреев С. В. Интеллектуальные сенсорные системы в энергетике. - М.: Логос, 2020.
5. IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 18, No. 7, 2023 - Smart Gas Safety and Monitoring Systems.