

РАЗРАБОТКА РОБОТА-ТЕЧЕИСКАТЕЛЯ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Бен Л. А.¹, Тырышкин А.В.²

¹ Томский политехнический университет, ИШИТР, 8Е02, e-mail: lab10@tpu.ru

² Томский политехнический университет, ОАР ИШИТР, к.т.н., доцент ОАР ИШИТР, e-mail: tyryshkin@tpu.ru

Аннотация

Россия – вторая по счёту среди мировых лидеров по добыче природного газа [1]. Ежедневно происходят утечки на газопроводах и не всегда удается обнаружить их вовремя. Из-за этого страдает экосистема, а также люди, которые оказываются вблизи газопровода.

В статье предложен новый метод поиска утечек газа. Разрабатываемый робот представляет собой гибрид дирижабля, соединенный с квадрокоптером. В ходе работы собран газоанализатор и построена карта загазованности.

Ключевые слова: утечки газа, газопровод, газоанализатор, гибрид, робот-течеискатель.

Введение

Нефтегазовая промышленность является одной из ведущих отраслей. В 2023 году, по данным Росстата, добыча природного газа в России составила 638 млрд кубометров [2]. Россия теряет в среднем 35 миллионов тонн природного газа, что составляет около 5 % добычи природного газа в России [3]. Или, другими словами, 227,5 млрд рублей. На магистральных газопроводах ежедневно происходят утечки газа и существует множество причин их возникновения. Например, коррозионные повреждения газопроводов, потеря герметичности разъёмных соединений и уплотнений, утечки газа через клапаны и затворы запорной арматуры на сбросных газопроводах, а также дефекты сварных швов [4].

Рассмотрим существующие методы обнаружения утечек природного газа. Наиболее распространенный вариант проверки – это проезд персонала вдоль газопровода. Данный способ является трудозатратным, сопряжен с риском для жизни людей, а также требует специальной техники. Существует наземный робот RoboGasInspector. Его недостатками являются небольшой радиус работы, а также неспособность преодолеть труднодоступные места. Наиболее приближенный аналог к нашей разработке – это беспилотный летательный аппарат HoverGuard. Существенными недостатками являются непродолжительное время работы и необходимость в операторе.

Целью работы является разработка робота-течеискателя с почти не ограниченным временем работы, который будет обнаруживать места возникновения утечек газа вдоль газопровода.

Основная часть

Структурная схема представлена на рисунке 1. Предлагаемый робот будет представлять собой дирижабль, соединенный с квадрокоптером. На нем смонтированы газоанализатор, блок питания и блок управления. Блок питания представляет собой аккумулятор, соединенный с солнечными панелями. На блок управления поступают сигналы с датчиков GPS, металла и блока задач. Данные с датчиков природного газа и GPS хранятся в памяти и через передатчик транслируются на диспетчерский пункт с заданной периодичностью.

В процессе работы оператор ставит задачу, которую должен выполнить робот-течеискатель. В частности, задает допустимую концентрацию метана в атмосфере и координаты, до которых должен добраться течеискатель. Поставленная задача поступает на блок управления. Кроме этого, на блок управления поступают данные с датчиков природного газа, металла и GPS. В зависимости от полученных значений и поставленной задачи робот-течеискатель выполняет заданные команды. Если концентрация метана в атмосфере не превышает допустимое значение, то робот продолжит движение вдоль газопровода. В противном случае при обнаружении утечки природного газа газоанализатор начнет огигать места с концентрацией метана выше нормы.

Существуют различные методы для обеспечения движения вдоль газопровода. Например, с помощью систем визуальной навигации или следование по заданным координатам. Однако более универсальным алгоритмом является использования датчика металла для перемещения вдоль газопровода. Данный метод не лишен недостатков, поскольку при наличии железных путей или

сооружений может произойти ошибка в навигации. Но магистральные газопроводы чаще всего проходят по территориям лишенных инфраструктуры. Если на участке присутствуют металлоконструкции, применяется гибридный метод. Использование датчика металла совместно с перемещением по заданным координатам позволит скомпенсировать недостатки обоих методов.

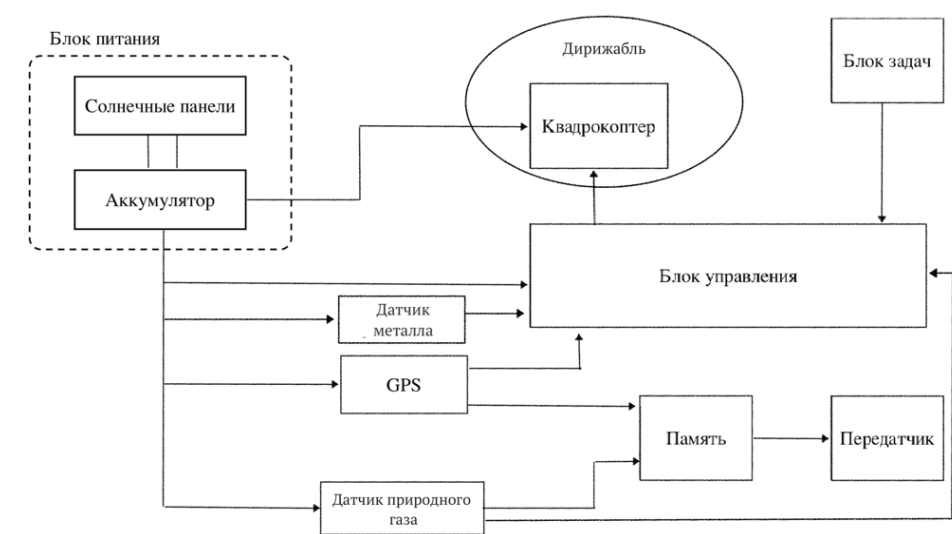


Рис. 1. Предлагаемое решение для поиска утечек газа

Конструктивно робот-течеискатель внешне будет напоминать муху. Схематическое изображение приведено на рисунке 2. У мух сильно развито обоняние и данное решение вызовет интерес у школьников и студентов. Совмещение дирижабля с квадрокоптером позволит существенно увеличить время непрерывной работы и повысить безаварийность в эксплуатации. В процессе работы газоанализатора расходуется энергия от аккумулятора. Заряд от солнечных панелей будет существенно продлевать время работы. В случае разряда аккумулятора следует осуществить приземление. После того, как батарея будет заряжена можно продолжать работу.

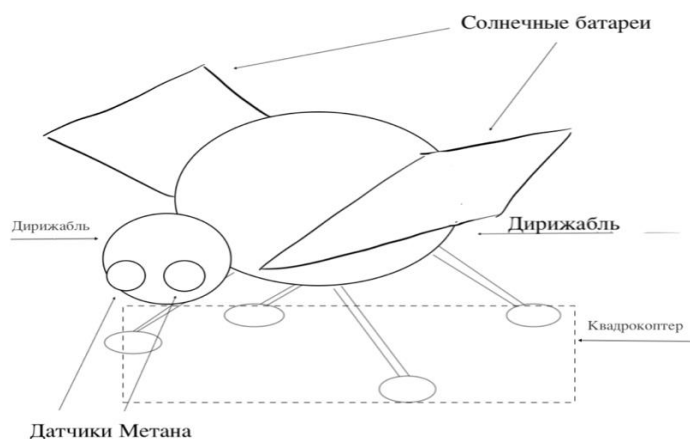


Рис. 2. Дизайнерское решение робота

Была проведена оценка полезной нагрузки. Вычислена масса всех составляющих робота, таких как аккумулятор, солнечные панели, датчики и др. Далее по закону Архимеда [5] произведен расчет дирижабля с учетом массы его оболочки. В результате вычислений определен объем дирижабля, который составил 3 м³. При разряде аккумулятора робот совершает посадку. Для этого у робота должна быть отрицательная подъемная сила, не превышающая вес всей конструкции. Разницу между силой

веса и подъёмной силой дирижабля компенсирует квадрокоптер. Это позволит увеличить время работы, за счет того, что часть нагрузки с квадрокоптера будет снята дирижаблем.

При наземном инспектировании газопроводов персонал использует газоанализатор, но он обладает существенным весом. Его составные части, такие как корпус и блок питания, не нужны в условиях поставленной задачи. Принято решение отказаться от газоанализатора и ограничиться датчиком, который подключён к одноплатному компьютеру через АЦП [6].

В Томске на улице Олега Кошевого было проведено тестирование газоанализатора и симитирована загазованность газовым баллоном. Датчик обнаружения метана и природного газа MQ4 [7] подключили к одноплатному компьютеру ARM NanoPi M4. Данные с датчика считывали по шине I2C [8]. К квадрокоптеру подключен GPS Ublox m8n. Благодаря данному датчику, с полетного контроллера по шине UART, удалось получить данные, которые информируют нас о дате, времени и местоположении дрона. Файл, полученный после прохождения маршрута, записан в формате kml. Данный файл загрузили на сайт GoogleMyMaps и получили карту, представленную на рисунке 3.

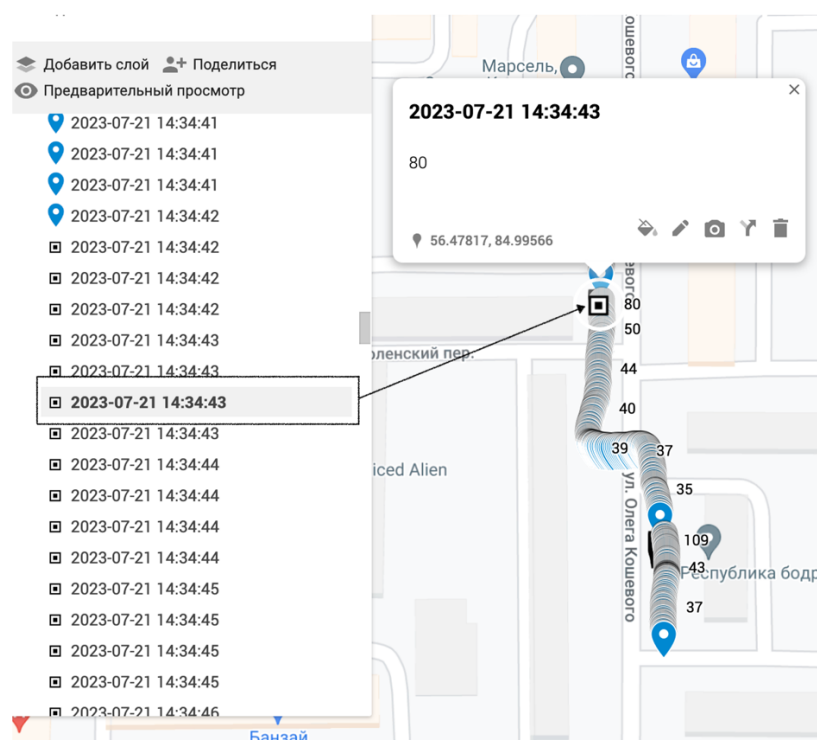


Рис. 3. Карта загазованности, построенная в GoogleMyMaps

Благодаря построенной карте убедились в правильности работы газоанализатора. На рисунке представлено множество точек. Слева выделенные данные относятся к точке в правой части. Когда значение концентрации превышает допустимое, место обнаружения утечки природного газа отмечается черно-белым квадратом. Значение в отмеченной точке составляет 80 ppm. Заданное максимальное значение составляет 60 ppm.

Заключение

Проведенные расчеты и исследования показали, что проект реален. Изделие не содержит дефицитных комплектующих деталей. А также не требует применения сложного технологического оборудования. В текущем планируется создать опытный образец и испытать в естественных условиях. Поскольку проект обладает новизной, идет подготовка к патентованию разработки как полезной модели.

Список использованных источников

1. Данные о мировой энергетике и климате. Добыча природного газа. – текст: электронный. – URL: <https://energystats.enerdata.net/natural-gas/world-natural-gas-production-statistics.html> (дата обращения: 26.03.2024).
2. Росстат оценил добычу газа в России в 2023 г. в 638 млрд кубометров. – текст: электронный. – URL: <https://www.interfax.ru/business/943942> (дата обращения: 26.03.2024).
3. Проблема потери природного газа в России. – текст: электронный. – URL: https://vuzlit.com/704080/problema_poteri_prirodnogo_gaza_rossii (дата обращения: 26.03.2024).
4. Поиск утечек газа на сетях газораспределения, основанный на новых принципах. – текст: электронный. – URL: <https://www.pergam.ru/articles/poisk-utechek-gaza-na-setyakh-gazoraspredeleniya.htm> (дата обращения: 26.03.2024).
5. Архимедова сила. – текст: электронный. – URL: <https://skysmart.ru/articles/physics/arhimedova-sila> (дата обращения: 26.03.2024).
6. АЦП. – текст: электронный. – URL: <https://www.lcard.ru/lexicon/adx> (дата обращения: 26.03.2024).
7. Даташит для датчика MQ4. – URL: <https://rxtx.ru/files/datasheets/electronic-components/sensors/gas-sensors/mq4.pdf> (дата обращения: 26.03.2024).
8. Интерфейс передачи данных I2C. – текст: электронный. – URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/interfeys-peredachi-dannykh-i2c/> (дата обращения: 26.03.2024).