

Проектирование умного устройства, анализирующего выделение паров пропана для автомобилей, работающих на газомоторном топливе

Т. Н. Астахова, С. В. Зуева, С. В. Кривоногов, А. А. Романова

Аннотация – В работе описывается проект устройства анализирующего выделение паров пропана для автомобилей на газомоторном топливе. В работе определены недостатки газового оборудования, дано обоснование разработки, сформулирована актуальность, поставлены цели и задачи работы, а также определены объект и предмет исследования. Для того, чтобы определить необходимость разработки, проведен анализ существующих разработок, в котором рассмотрено три наиболее популярных устройства, выявлены их достоинства и недостатки. В качестве архитектуры проектируемого устройства определена трехзвенная клиент-серверная архитектура, позволяющая обрабатывать поступающие данные на независимой стороне. В работе определены основные требования к разрабатываемой системе, построена модель умного устройства, включающая все необходимые элементы системы. Описан принцип работы устройства и рассмотрены его основные составляющие. В качестве средства реализации проекта был определен аппаратный комплекс Arduino с определенным набором контроллеров и датчиков, которые были выбраны с максимальным условием энергосбережения при работе. В качестве базы данных для хранения пользовательской информации выбран SQL, для реализации программных модулей выбран язык программирования C# с визуальным представлением Windows Forms. Для написания программного кода работы датчиков использовалась среда Arduino IDE, которая в последующем связывалась с формами C# посредством библиотеки XAML. Также в работе описан краткий функционал реализованного умного устройства и принцип заполнения и обработки данных в визуальных формах.

Ключевые слова – автомобиль, газовое оборудование, умная вещь, информационная система, проектирование программного обеспечения.

Статья получена 17 мая 2021

Астахова Татьяна Николаевна, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. (e-mail: ctn_af@mail.ru).
Зуева Светлана Владимировна, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. (e-mail: limonovasvetlana@mail.ru).

Кривоногов Сергей Вячеславович, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет. (e-mail: ksvkn@mail.ru).

Романова Анна Александровна, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (e-mail: anya-romanova-07@yandex.ru).

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России активно идет переход на использование газомоторного топлива, наибольшее распространение получил пропан. В первую очередь на «газ» переводят свои автомобили таксомоторные парки и общественный транспорт (автобусы и иные средства передвижения). Также крупные предприятия автомобили, которых имеют большие пробеги, оснащают свои авто газобаллонным оборудованием.

Выделяют несколько недостатков [1] установки газового оборудования. Подробнее остановимся на самом главном недостатке – это нарушение герметичности отдельных элементов газовой системы автомобиля, которое ведёт к появлению устойчивого запаха газа в салоне транспортного средства.

В небольших количествах запах газа не ощущается обонянием, но тем не менее наносит вред организму, в первую очередь это влияет на центральную нервную систему, приводит к снижению концентрации и постепенному уставанию, так как нервные окончания перестают быть чувствительными. От длительного запаха газа появляются мигрени, ухудшается аппетит и в целом происходит постепенное отравление организма.

Устанавливаемое газобаллонное оборудование не имеет встроенных контроллеров [2], позволяющих определять небольшие утечки газа, определяются только большие утечки за счет снижения давления в магистральной топливной системе. Поэтому можно ощутить только уже значимую концентрацию запаха газа, которая будет ощущаться органами обоняния.

Таким образом учитывая, что переоборудование авто на газобаллонное оборудование в целом ежегодно увеличивается на 30 % можно сделать вывод, что разработка умной вещи, анализирующего выделение паров пропана для автомобилей, работающих на газомоторном топливе, является актуальным и перспективным направлением.

Целью научной работы является спроектировать умную вещь, анализирующую выделение паров пропана для автомобилей, работающих на газомоторном топливе.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ существующих систем, определить их достоинства и

недостатки; разработать требования к системе; разработать принципиальную схему работы умной вещи; построить модель системы; определить необходимое оборудование для создания системы; выполнить программную реализацию системы.

Предметом данного исследования является особенности реализации системы, анализирующей выделение паров пропана для автомобилей, работающих на газомоторном топливе. Объектом исследования является транспортное средство, оборудованное газобаллонным оборудованием.

II. ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ РАЗРАБОТОК

В настоящее время в промышленности и для проверки утечек газа активно используются три вида газоанализаторов.

1. Газоанализатор ФСТ-03В.

Газоанализатор ФСТ-03В представляет собой соединение блока питания и сигнализации (далее БПС) и комбинации (от 1 до 8 ед.) выносных блоков датчиков, которые подключаются к БПС по линии связи (витая пара). Стоимость газоанализатора определяется исходя из стоимости БПС и стоимости необходимого количества блоков данных [3].

Многоканальный взрывозащищенный прибор (датчик газа), предназначенный для непрерывного автоматического измерения объемной доли кислорода, метана, пропана, массовой концентрации угарного газа, аммиака, а также паров бензина и нефтепродуктов в воздушной атмосфере жилых, административных, производственных зданий, сооружений и наружных установок, выдачи сигнализации о превышении установленных значений концентраций контролируемых газов.

2. Индикатор утечки газа ФТ-02В1.

Индикатор утечки диффузионного типа, выполненный во взрывозащищенном исполнении. Прибор предназначен для обнаружения источников утечки пропана или метана из газового оборудования. При превышении предельно допустимых значений объемной доли опасных газов автоматически срабатывает звуковая и световая сигнализация. Следует отметить, что индикатор не относится к метрологически аттестованным измерительным приборам, а поэтому не нуждается в государственной поверке. Рекомендуется периодически проводить проверку точности показания прибора и в случае необходимости проводить его настройку / подстройку [3].

Прибор рассчитан на определение соответствия воздуха допустимым объемным долям пропана и метана.

3. Газоанализатор (Газосигнализатор) ФП11.2К – переносной, малогабаритный измерительный прибор взрывозащищенного исполнения с цифровой индикацией, световой и звуковой сигнализацией – предназначен для измерения объемной доли одного из горючих газов (метана или пропана) в воздухе и выдачи звуковой и световой сигнализации при превышении установленных пороговых значений [3].

Анализируя вышеперечисленное, можно отметить, что ни одна из популярных систем не предназначена для установки и постоянной работы в автомобиле. Каждая из систем не может быть интегрирована с другими комплексами и шлюзами, и не может предоставить интерактивного взаимодействия автомобиль → управляющий центр. Таким образом необходимо разработать собственную систему, анализирующую выделение паров пропана для автомобилей, работающих на газомоторном топливе [3].

III. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ В ЦЕЛОМ

Система, анализирующая выделение паров пропана для автомобилей, работающих на газомоторном топливе, разрабатывается для определения концентрации пропана в салоне автомобиля, а также для предупреждения водителя об этом.

К процессам системы относятся:

- отслеживание концентрации газа;
- передача данных в единый управляющий центр;
- предупреждение водителя путем отправки смс сообщения через единый управляющий центр;
- интеграция с системой геопозиционирования ГЛОНАСС;
- передача и хранение показателей датчиков;
- блокировка двигателя при длительном превышении концентрации;
- формирование отчетности.

В состав системы должны входить следующие элементы:

- «Газоанализатор». Данный элемент устанавливается в автомобиле, считываемые данные в режиме онлайн датчик «Газоанализатор» передает на единый управляющий центр, посредством взаимодействия с модулем ГЛОНАСС, управляет газоанализатором контроллер управления системой;
- единый управляющий центр. Под единым управляющим центром понимается программно-аппаратное обеспечение, включающее в себя виртуальный сервер, для получения и обработки данных, базу данных пользователей системы, в которой будут храниться зарегистрированные пользователи и эталонные показатели датчиков;
- смс-шлюз. Посредством смс-шлюза водителю отправляются уведомления о нарушении герметичности системы и превышении концентрации пропана в воздухе;
- программное обеспечение для настройки и обработки данных. При помощи программного обеспечения будут анализироваться данные и передаваться на смс шлюз и на контроллер управления датчиком в авто.

IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА

Схема работы устройства позволит визуально представить взаимодействие элементов системы. Для построения схемы воспользуемся программным

продуктом MS Visio [4]. Результат построения показан на рисунке 1.

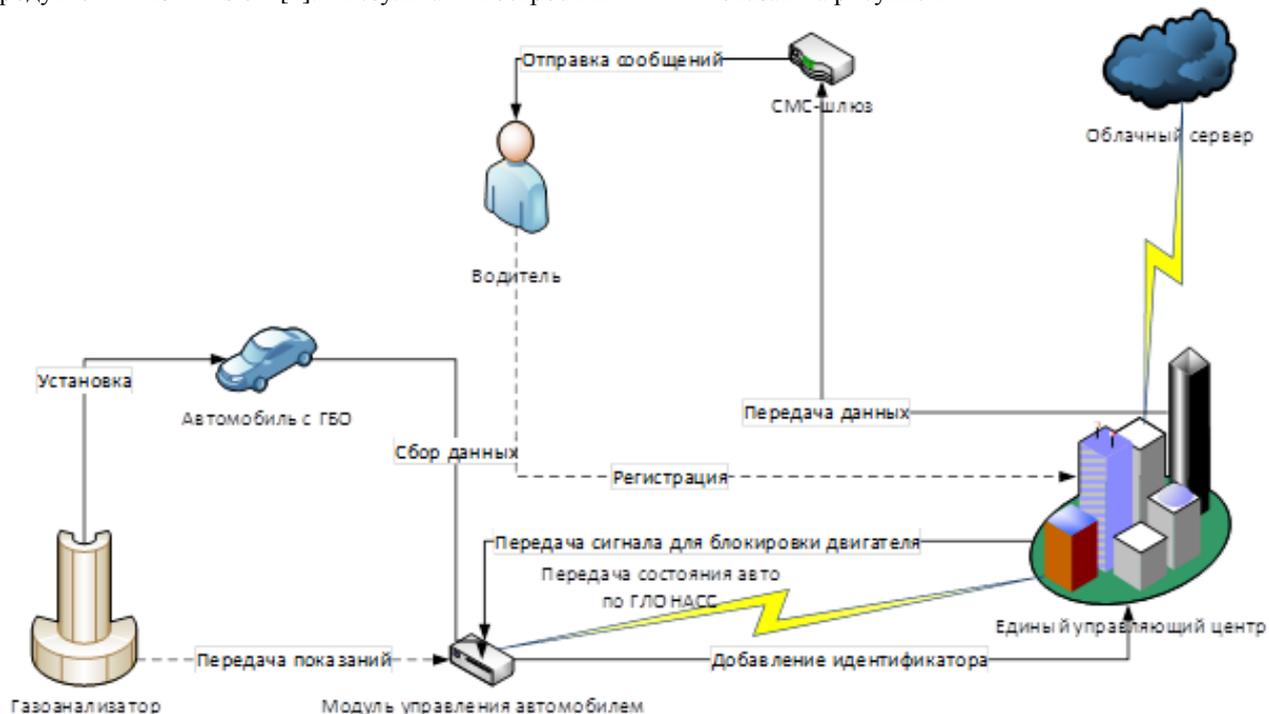


Рис. 1 Типовая схема работы устройства

Как видно из рисунка 1 в автомобиль с ГБО устанавливается газоанализатор с модулем управления автомобилем. Газоанализатор осуществляется постоянный сбор и передачу данных на модуль управления. Идентификатор модуля управления автомобилем добавляется в единый управляющий центр, в котором также регистрируется и водитель, вводя свой номер телефона. Все данные с управляющего центра обрабатываются на облачном сервере. При превышении концентрации пропана или иного топлива модуль управления автомобилем получает от газоанализатора сигнал и передает его через систему ГЛОНАСС в единый управляющий центр. Единый управляющий центр в свою очередь передает данные на СМС-шлюз, который отправляет предупреждающее СМС водителю, так отправляется несколько сигналов. При игнорировании неисправности и единый управляющий центр передает сигнал для блокировки двигателя на модуль управления автомобилем, в автомобиле срабатывает блокировка и авто глохнет. Таким образом водитель и пассажиры не получают отравления газом и избегают от повышения концентрации газа способной взорваться от любой искры.

V. ВЫБОР ИСПОЛЪЗУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В качестве основной платформы для реализации комплекса будет использоваться Arduino. Платформа Arduino [5] начала входить в общественный обиход в 2010 году, как раз в начало эпохи развития интернета вещей. Arduino считается одним из наиболее

популярных инструментов, которые применяются для создания сложных электрических устройств. Устройства, работающие на основе платформы Arduino, считаются интеллектуальными и легко взаимодействуют с реальным миром. Программный код платформы является открытым и может быть использован под любые нужды. Аппаратный комплекс Arduino построен на удобной и простой печатной плате, на которой находятся чип памяти и иные вспомогательные компоненты. Для написания программного кода используется удобная и простая среда программирования, которая позволяет проводить тестирование и отладку кода непосредственно во время его написания [6].

Для Arduino существует большое количество датчиков, к примеру, можно привести контроллеры напряжения, реле управления, датчики нагрузки, контроллеры управления. В комплексе датчиков можно собрать устройство, которое может подойти практически для любых задач. По своей сути Arduino является конструктором, при помощи контроллера все датчики становятся единым целым, но в тоже время могут быть независимы друг от друга, что существенно облегчает модернизацию собранного устройства. Можно выделить следующие преимущества Arduino перед другими платформами [6]:

1. Относительная дешевизна платформы и устанавливаемых датчиков. Стоимость готовой платформы Arduino не превышает тысячу рублей, что дает возможность использовать ее в любых сборках, начиная от бюджетных и заканчивая профессиональными.

2. Программное обеспечение для работы с контроллерами и датчиками, а также с самой платформой может работать на любых операционных системах.

3. Контроллер Arduino можно сконфигурировать под свои нужды и затем собрать. Такие комплекты включают в себя печатную плату с нанесенными дорожками и набор необходимых компонентов.

4. Интуитивная настройка и последующее программирование устройств.

Для хранения и обработки данных будет использоваться система управления базой данных MS SQL [7]. Рассматриваемая база данных является реляционной и работает под управлением языка запросов и транзакций T-SQL. В настоящее время последняя версия MS SQL имеет возможность интеграции с любыми языками программирования, и многие среды разработки имеют свой собственный сервер для размещения там базы.

В качестве языка программирования будет использоваться C#. Данный язык в настоящее время активно используется разработчиками приложений и информационных систем. При его помощи можно создавать кроссплатформенные приложения, которые могут использоваться на любых типах операционных систем. Язык C# позволяет разрабатывать оконные приложения, для этого используется технология WindowsForms. Язык C# [8] при помощи среды разработки становится конструктором для создания приложений, обладает полноценным набором элементов, каждый из элементов имеет определенный функционал, и может быть запрограммирован пользователем. Самым главным и, пожалуй, важным преимуществом языка C# является возможность использования сервера баз данных, встроенного в среду разработки. Для работы с сервером баз данных нет необходимости устанавливать дополнительные системы баз данных и настраивать работу с ними.

Для создания проекта необходимо:

1. Arduino Uno R3. Программируемый контроллер на базе ATmega328.

2. Датчик широкого спектра газов MQ-2. Датчик MQ-2 относится к полупроводниковым приборам.

3. Система ГЛОНАСС. Можно использовать штатную систему, установленную на заводе изготовителе авто.

4. Контроллер GSM. Модуль SIM900 используется в различных автоматизированных системах.

5. Реле блокировки двигателя Pandect RR-101.

6. СМС-Шлюз YEASTAR TA100. Сервис отправки сообщений через SMS-шлюз защищает данные через личный кабинет и API.

7. Облачный сервер Yandex Compute Cloud. Сервис Yandex Compute Cloud предоставляет масштабируемые вычислительные мощности для создания виртуальных машин и управления ими.

8. Единый центр управления. VPS/VDS. Инфраструктура как сервис позволяет развернуть парк серверов для решения задач различной сложности.

VI. СОЗДАНИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ ФОРМ

Приложение для работы с газоанализатором состоит из двух форм, одна из которых – это главное окно системы (рис. 2), на котором выводятся показания датчиков. Все данные автоматически считываются и вносятся в табличную форму. Также предусмотрен ручной внос показаний администратором системы посредством заполнения текстовых полей. Взаимодействие приложения и контроллеров реализовано посредством библиотеки XAML.

Для регистрации авто реализована отдельная форма (рис. 3). На форме заполняются текстовые поля и при нажатии на кнопку сохранить данные переносятся в табличную форму. Также зарегистрироваться водитель может путем отправки смс сообщения на короткий сервисный номер.

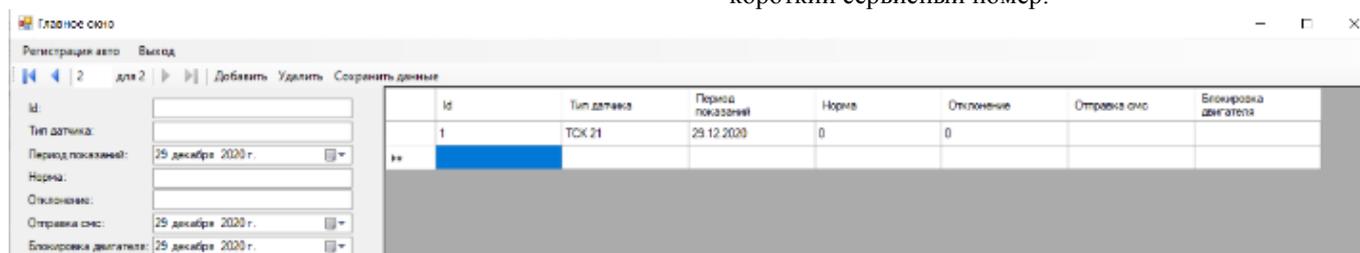


Рис. 2 Форма для просмотра показаний датчиков

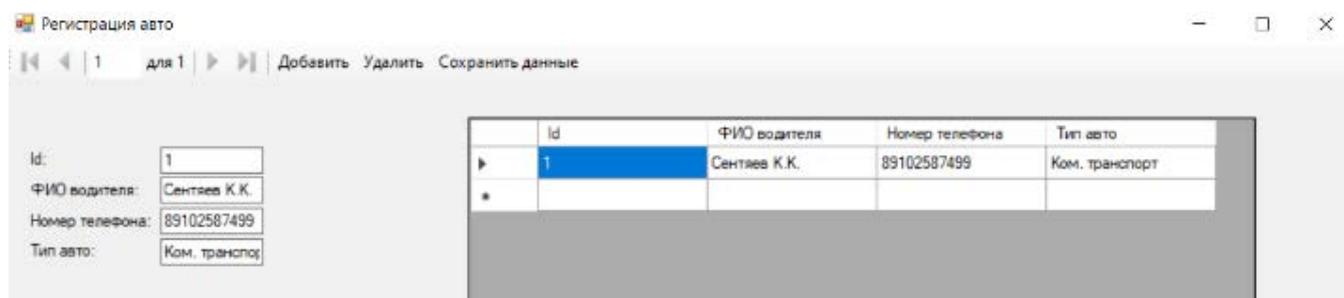


Рис. 3 Форма для регистрации авто

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного анализа существующих разработок сформированы требования, к устройству которое позволяет создать единый автоматизированный центр контроля утечек паров пропана и иного газомоторного топлива при концентрации его в воздухе от 0,001 мг/см³.

Автоматизированный центр контроля будет управляться посредством шлюза данных, который будет обрабатывать информацию, получаемую с устройств. Каждое из устройств установленное в авто будет обладать идентификационным номером и будет привязано к центру контроля и транспортному средству. При определении превышения допустимой концентрации единый центр посредством смс-информирования отправит водителю уведомление. Номер телефона водителя автомобиля будет также зарегистрирован в системе.

Передача данных с умной вещи будет осуществляться посредством устройства «ГЛОНАСС», которым должны быть оснащены все авто.

Разработанная умная вещь будет иметь высокую энергоэффективность, оно может работать автономно большое количество времени. В схему оборудования будет входить блокиратор двигателя, он будет автоматически включаться при длительном движении с превышающей концентрацией запаха газа.

За счёт построения системы на модульной платформе Arduino устройство будет иметь невысокую стоимость.

Умная вещь актуальна в первую очередь в связи с распространением коронавирусной инфекции, при которой у переболевшего ослабевают органы обоняния. В связи с этим человек не может ощутить запах газа.

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] Павлов, Н. Г. Преимущества и недостатки автомобильного газобаллонного оборудования / Н. Г. Павлов, О. А. Иванов, В. В. Васильева // Молодые учёные России : сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 17 августа 2020 года. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 38-40.

[2] Устройство, монтаж, техническое обслуживание и ремонт газобаллонного оборудования транспортно-технологических машин : Учебное пособие / Н. В. Сергеев, С. А. Тарасьянц, В. П. Шоколов, В. Н. Щиров. – Волгоград : Азово-Черноморский инженерный институт (филиал) Федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования "Донской государственный аграрный университет" в г.Волгограде, 2015. – 347 с.

[3] Обзор газоанализаторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kiria.ru/> (дата обращения: 05.05.2021).

[4] Гайнуллин, Р. Ф. Анализатор диаграммных языков для Microsoft Visio / Р. Ф. Гайнуллин, Д. Г. Брагин // Информационные технологии. – 2013. – № 6. – С. 18-21.

[5] Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino / Е. Я. Омельченко, В. О. Танич, А. С. Маклаков, Е. А. Карякина // Электротехнические системы и комплексы. – 2013. – № 21. – С. 28-33.

[6] Электронный учебник Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/> (дата обращения: 05.05.2021)

[7] Алькаев, Р. Р. Анализ возможностей систем управления базами данных MS access, MYSQL, MS SQL server / Р. Р. Алькаев, Д. Э. Водаков, В. А. Варюхин // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – № 6. – С. 2.

[8] Биллиг В. А. Основы программирования на C# // М.: Изд-во «Интернет-университет информационных технологий-ИНТУИТ.ру. – 2006.

[9] Казымов, И. М. Методика определения требуемого числа устройств сбора и передачи информации для создания цифрового представления распределительной электрической сети низкого и среднего уровня напряжений / И. М. Казымов, Б. С. Компанец // Вестник НГИЭИ. – 2021. – № 1. – С. 41-53. – DOI 10.24411/2227-9407-2021-10004.

Астахова Татьяна Николаевна родилась в Донецке, Украина, в 1983 году. Степень магистра математики получила в Донецком национальном университете, Донецк, Украина в 2006 году. Степень кандидата физико-математических наук защитила в Институте прикладной математики и механики НАН Украины, Донецк, Украина в 2013 году. С 2015 года является заведующей кафедрой «Информационные системы и технологии» Нижегородского государственного инженерно-экономического университета, Княгинино, Россия. Текущие научные интересы включают: применение программных продуктов для математических расчетов и построение математических моделей, цифровую экономику, сквозные технологии и др.

Зуева Светлана Владимировна родилась в Княгинино, Россия, в 1976 году. В 1998 году окончила Нижегородский государственный педагогический университет по специальности Учитель математики. В 2015 получила диплом магистратуры в Нижегородском государственном инженерно-экономическом университете. Является старшим преподавателем кафедры «Информационные системы и технологии» Нижегородского государственного инженерно-экономического университета, Княгинино, Россия.

Кривоногов Сергей Вячеславович родился в Княгинино, Россия, в 1990 году. В 2008 году окончил Нижегородский государственный инженерно-экономический институт по специальности Электрификация и автоматизация. В 2015 получил диплом бакалавра Информационных систем и технологий в Нижегородском государственном инженерно-экономическом университете. Является старшим преподавателем кафедры «Информационные системы и технологии» Нижегородского государственного инженерно-экономического университета, Княгинино, Россия. Текущие научные интересы включают: цифровую экономику, разработку и тестирование программного обеспечения.

Романова Анна Александровна родилась в Большом Мурашкине, Россия, в 1992 году. В 2015 году закончила бакалавриат в Нижегородском государственном инженерно-экономическом университете В 2018 году получила степень магистра в Нижегородском государственном инженерно-экономическом университете. С 2014 года является сотрудником кафедры «Информационные системы и технологии» Нижегородского государственного инженерно-экономического университета, Княгинино, Россия. Текущие научные интересы включают: цифровую экономику, интернет вещи, разработка и применение программных продуктов.

Designing a smart device that analyzes the release of propane vapors for cars running on natural gas fuel

T. Astakhova, S. Zueva, S. Krivonogov, A. Romanova

Abstract – The paper describes the design of a device for analyzing the release of propane vapors for vehicles running on gas engine fuel. The paper identifies the shortcomings of gas equipment, provides a rationale for the development, formulates the relevance, sets the goals and objectives of the work, and also defines the object and subject of research. In order to determine the need for development, an analysis of existing developments was carried out, in which the three most popular devices were considered, their advantages and disadvantages were identified. As the architecture of the designed device, a three-tier client-server architecture is defined that allows processing incoming data on an independent side. The paper defines the basic requirements for the system being developed, and builds a model of an intelligent device that includes all the necessary elements of the system. The principle of operation of the device is described and its main components are considered. The Arduino hardware complex with a certain set of controllers and sensors, which were selected with the maximum energy saving condition during operation, was determined as a means of implementing the project. SQL was chosen as a database for storing user information; for the implementation of program modules, the C # programming language with a visual representation of Windows Forms was chosen. To write the program code for the operation of the sensors, the Arduino IDE was used, which was subsequently linked to C # forms through the XAML library. The paper also describes the brief functionality of the implemented smart device and the principle of filling and processing data in visual forms.

Keywords – car, gas equipment, smart thing, information system, software design.

REFERENCES

- [1] Pavlov, N. G. Pros and cons of automotive gas equipment / N. G. Pavlov, O. A. Ivanov, V. V. Vasil'yeva // *Molodyye uchonyye Rossii : sbornik statey II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Penza, 17 avgusta 2020 goda. – Penza: "Nauka i Prosveshcheniye" (IP Gulyayev G.YU.), 2020. – pp. 38-40.
- [2] *Ustroystvo, montazh, tekhnicheskoye obsluzhivaniye i remont gazobalonnogo oborudovaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin : Uchebnoye posobiye* / N. V. Sergeyev, S. A. Taras'yants, V. P. Shokolov, V. N. Shchirov. – Zernograd : Azovo-Chernomorskiy inzhenernyy institut (filial) Federal'nogo gosudarstvennogo byudzhelnogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Donskoy gosudarstvennyy agrarnyy universitet" v g.Zernograde, 2015. – 347 p.
- [3] Review of gas analyzers [Electronic resource]. – Access mode: <https://kipia.ru/> (date of access: 05/05/2021).
- [4] Gaynullin, R. F. Diagram languages analyzer for Microsoft Visio / R. F. Gaynullin, D. G. Bragin // *Informatsionnyye tekhnologii*. – 2013. – № 6. – pp. 18-21.
- [5] Summary and prospects of applications of microprocessor platform arduino / Ye. YA. Omel'chenko, V. O. Tanich, A. S. Maklakov, Ye. A. Karyakina // *Elektrotekhnicheskkiye sistemy i komplekсы*. – 2013. – № 21. – pp. 28-33.
- [6] Electronic textbook Arduino [Electronic resource]. – Access mode: <http://arduino.ru/> (date of access: 05.05.2021)
- [7] Al'kayev, R. R. Analysis of possibilities of database systems MS access, MySQL, MS SQL Server / R. R. Al'kayev, D. E. Vodyakov, V. A. Varyukhin // *APRIORI. Ceriya: Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki*. – 2015. – № 6. – pp. 2.
- [8] Billig V. A. *Osnovy programmirovaniya na C#* //M.: Izd-vo «Internet-uni versitet informatsionnykh tekhnologiy-INTUIT. ru. – 2006.
- [9] Kazymov, I. M. Methodology for determining the required number of devices for collecting and transmission of information for creating a digital representation of a low and medium voltage distribution electric network / I. M. Kazymov, B. S. Kompaneyets // *Vestnik NGIEI*. – 2021. – № 1. – pp. 41-53. – DOI 10.24411/2227-9407-2021-10004.