МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форми навчання

Кафедра електроніки, загальної та
прикладної фізики

Кваліфікаційна робота магістра

ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГАЗОВИХ ДАТЧИКІВ

Магістрант гр. ЕП. Мдн-81К Д.Г. Третяков

Науковий керівник,
к.ф-м.н, доцент Н.І. Шумакова

Зав. кафедри ЕЗПФ
д.ф.-м.н., професор І.Ю.Проценко

Суми –2019

РЕФЕРАТ

Об'єктом дипломної роботи є фізичні принципи функціонування датчики газів.

Мета роботи полягає у вивченні фізичних принципів роботи датчиків, підборі необхідних датчиків для аналізу чотирьох типів газового середовища, а саме датчик для фреону, кисню, чадного газу та водню, а також конструювання приладу для визначення концентрації ізобутану у досліджуваному середовищі.

Під час виконання роботи були розглянуті: датчик TGS3830 для фіксації фреону; датчик 2FO-N для фіксації кисню; датчик TGS3870-B04 для фіксації чадного газу та датчик TGS821 для фіксації водню, для конструювання приладу використано: Arduinonano, датчик газів MQ6, дисплей WH1602.

У результаті проведеної роботи було виявлено, що необхідність в якості сканування газових середовищ не перестає бути актуальною, а навпаки з розвитком технічного прогресу вдосконалюється. Датчики стають більш якісні, точні, стабільні, універсальні і т.д.Сконструйовано прилад для дослідження рівня ізобутану.

Робота викладена на 31 сторінці, містить 17 рисунків, 4 таблиці, список літератури із 19 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДАТЧИК ГАЗУ, ФРЕОН, КИСЕНЬ, ЧАДНИЙ ГАЗ, ВОДЕНЬ, ІЗОБУТАН, C_4H_{10}, ARDUINONANO, MQ6, WH1602.

ЗМІСТ

С

ВСТУП……5

РОЗДІЛ 1. ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГАЗОВИХ ДАТЧИКІВ……6

1.1.Будова та принцип роботи газових датчиків ……..……..7

1.2. Датчик TGS3830 для фіксації фреону …….……..10

1.3. Датчик 2FO-N для фіксації кисню …….……....12

1.4. Датчик TGS3870-B04 для фіксації чадного газу……..14

1.5. Датчик TGS821 для фіксації водню……..…..……17

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ЕКСПЕРИМЕНТУ……19

2.1. Підбір необхідних компонентів ……19

2.2. Створення приладу для фіксації ізобутану …….....……..21

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ…….……29

ВИСНОВКИ……31

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……32

ВСТУП

У зв’язку зі стрімким розвитком науково-технічного прогресу, дедалі більше сфер людської діяльності оснащуються роботизованими приладами та пристроями. Це пов’язано з необхідністю більш якісно контролювати плинність того чи іншого процесу. Якщо раніше ці обов’язки покладали на фахівця, який використовуючи свої органи чуття та досвід пильнував за змінами в середовищі його діяльності, то зараз до його озброєння додаються різноманітні датчики та сповіщувачі, які працюють на базі електронно-обчислювальних пристроїв. Якщо узагальнити, то в сукупності це працює таким чином: датчик вимірює певний параметр і передає його значення до обчислювального приладу, який в свою чергу аналізує отриманий параметр, та на основі результату, дає команду сповіщувачу, який повідомляє про стан вимірюваного датчиком параметру.

У даній роботі мова піде лише про датчикі газів. Ця тема стає дедалі популярнішою адже сучасні сенсори складу газів широко застосовуються в електронній промисловості, машинобудуванні, авіаційній та автомобільній техніці, космонавтиці, медико-біологічних дослідженнях в області цивільної безпеки і т.д[1]. Газові датчики використовуються у складі автономних вимірювальних приладів для визначення концентрації газів в системах автоматичного регулювання виробничих процесів і оптимальної роботи двигунів, автоматизованих систем управління технологічними процесами, у промислових роботах, лікувально-діагностичних комплексах і приладах побутового призначення [2].

Так як дана тема сама по собі дуже широка, до розгляду були взяті лише чотири гази: фреон, кисень, чадний газ та водень. Отже метою даної роботи є підбір датчиків з оптимальними параметрами для незатратного фінансового застосування, що зможуть контролювати концентрацію перерахованих вище газів.

РОЗДІЛ 1. ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГАЗОВИХ ДАТЧИКІВ

Розвиток виробництва газових датчиків почався з невдалої спроби винайти пристрій для виміру отруйного газу швейцарським фізиком Вальтером Ягером наприкінці 1930-го року. Він сподівався, що газ, який надходить у датчик, буде зв'язуватись із іонізованими молекулами повітря, і таким чином, змінить електричний струм у електричному колі приладу. Його пристрій не досяг цієї мети: малі концентрації газу не впливали на провідність датчика. Розчарований, Ягер закурив і незабаром з подивом помітив, що вимірювач на приладі зареєстрував струм, тобто тютюновий дим зробив те, що не зміг зробити отруйний газ. Цей дослід проклав шлях до розробки сучасного давача диму. У 1939-му році швейцарський фізик Ернст Мейлі розробив пристрій іонізації у камері, здатний виявляти горючі гази у шахтах.

Іонізаційні датчикі, було уперше продано у США 1951-го року, вони використовувались упродовж кількох років лише на великих комерційних та промислових об'єктах через свої великі розміри та вартість. Перший не дорогий детектор для домашнього використання, було розроблено 1965-го року, і він мав змінну батарею живлення, а масове виробництво цих пристроїв розпочалося 1975-го року. У 1970-му році було розроблено іонізаційний давач, котрий живився від однієї 9-вольтової батареї. А у 1995 році, у продаж поступив детектор диму з літієвою батарейкою, який міг працювати безперервно 10 років. Всі ці розробки були направлені на зменшення ризиків допуску пожежі. Окрім датчиків диму розроблялися ще й теплові та оптичні[3].

Але на виявленні пожеж індустрія не зупинилась. Виникла необхідність вимірювання концентрації в повітрі великого спектру різноманітних газів (наприклад, CO_2, O_2, $CHCLF_2$, H_2 та ін.) кожен із цих газів виробляє специфічний електричний сигнал. І хоча окрім газових датчиків є ще багато різних пристроїв, що здатні більш точно працювати, перші залишаються актуальними через

невеликий цінник та простоту при виготовленні. Існує кілька типів газових датчиків:

- термокондуктометричні комірки (для таких газів, як CO_2, SO_2, SF_6);

- термохімічні (каталітичні) комірки (CO та інші горючі і вибухонебезпечні гази;

- напівпровідникові датчики (спирти, H_2S, токсичні гази, вуглеводні);

- топливні комірки (O_2).

Так як останніми роками виросли потреби промисловості в точності та гнучкості датчиків, учені різних країн приділяють велику увагу розробкам датчиків на основі плівкових матеріалів [4].

1.1. Будова та принципи роботи газових датчиків

Газовий датчик у вигляді термокондуктометричної комірки придатний для виявлення H_2, CO_2, SO_2, а також горючих і вибухонебезпечних газів. Принцип роботи її полягає в такому. Проба газу дифундує у вимірювальну камеру, в якій міститься дротяна спіраль (Ptчи Ni), при температурі, десь на 40 С більшої від температури середовища.

Якщо склад газової проби буде змінюватися з якоїсь причини, то зміниться також тепловідвід від спіралі до стінок камери, що обумовить нагрівання чи охолодження спіралі веде до зміни її опору, яка зіставляється у вимірювальному мості з опором еталона, розміщеного в повітряній камері. Сигнал газового датчика визначається зміною теплопровідності газової суміші. Цей простий метод індикації має суттєвий недолік, оскільки однаковий тепловий ефект може бути обумовлений змішуванням різних газів, але в різних кількостях.У зв’язку з цим застосування названого датчика обмежується аналізом лише бінарної суміші заздалегідь відомих газів [4].

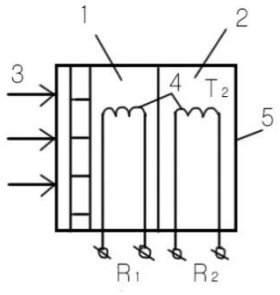

Рисунок. 1.1 -Термокондуктометрична вимірювальна комірка:1 - вимірювальна камера;2 - порівняльна камера;3 - газова проба;4 - спіраль;5 –корпус [4]

На відміну від термокондуктометричної комірки, термохімічна (каталітична) забезпечує лише контроль горючих газів (в першу чергу – CO) в повітрі та продуктах горінняавтомобілів.

Схематична будова її зображена на рисунку 1.2. Термохімічна комірка має дві вимірювальні спіралі із Pt, які входять у вимірювальний міст з двома постійними опорами R_2і R_4/ Одна спіраль покривається шаром активного, а інша – пасивного каталізатора. У результаті CO буде реагувати з киснем повітря на активному каталізаторі, утворюючи CO_2. Теплота, яка виділяється у результаті цієї реакції, призведе до збільшення опору спіралі,а у результаті – до розбалансу моста.

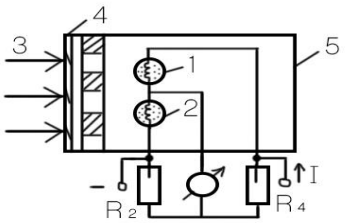

Рисунок 1.2 -Термохімічна комірка:1 – пасивний каталізатор;2– активний каталізатор;3– газова проба;4 – металокераміка;5– корпус [4].

Маючи криву градуювання сили струму I віл концентрації, можна досить точно визначити вміст CO у газовій пробі. Відмітимо, що на тепловому ефекті також базується принцип роботи електрохімічної (топливної) комірки для виявлення O_2 [4].

Принцип роботи газового датчика даного типу базується на зміні електричного опору деяких напівпровідникових матеріалів при адсорбції токсичних газів. Принципова схема датчика наведена на рисунку 1.3. Він складається із керамічної основи, на якій прикріплюється два електроди, між якими, в свою чергу, наноситься напівпровідниковий оксид металу (наприклад, SnO_2).

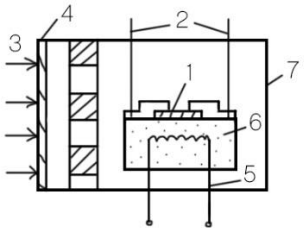

Рисунок 1.3 -Вимірювальна комірка напівпровідникового газового датчика:1 – оксид металу;2– електроди;3 – газова проба;4 – металокераміка;5 – спіраль для нагрівання;6 – кераміка;7 – корпус [4].

Якщо газ проходить над шаром цього оксиду (d~ 150 нм), то його електричні властивості будуть змінюватися. За допомогою місткової системи ці зміни провідності перетворюються в зміну напруги. Кожний матеріал оксидної плівки має різну робочу температуру, тобто ту температуру, при якій газ розкладається на поверхні плівки (наприклад, у H_2S на поверхні SnO_2 вона дорівнює 200 С). Інколи для збільшення чутливості оксидів їх легують атомами Cu, Al, Nb, V, Ti та інші.

Постійне погіршення екологічної обстановки стимулює розроблення нових газових датчиків для контролю складу того чи іншого газового середовища. Широкого поширення набули датчики, робочим елементом яких є плівкові напівпровідники матеріали, що мають високу чутливість, селективність аналізу і стабільність у роботі. На сучасному етапі розвитку сенсорної техніки основна увага звертається на відтворення властивостей плівкових структур, можливість управління їх властивостями у процесі виготовлення, сумісність технології їх властивостями у процесі виготовлення, сумісність технології їх виготовлення з технологією мікроелектроніки, низька ціна при серійному випуску. При цьому

наукові розробки ведуться як на традиційних матеріалах – SnO_2, Si, пористий Si, так і на нових, які раніше не використовувалися. Це – WO_3, потрійні халькогенідні склоподібні матеріали, багатошарові плівкові системи.

Одним із принципових питань формування елемента чутливого до газу на основі плівки SnO_2, є те, що вони починають працювати лише після випалювання в атмосфері кисню. Це пов'язано із тим, що зразу після осадження SnO_2 плівка має або аморфну, або гетерофазну ($Sn+SnO+SnO_3$) структуру, яку необхідно протягом багатьох годин гомогенізувати шляхом випалювання в атмосфері кисню при високих температурах [4].

1.2 Датчик TGS3830 для фіксації фреону

У сучасному світі важко уявити життя без холодильників та кондиціонерів. Ці винаходи працюють завдяки хладогенам, що в них заправлені. Коли прилади виходять з ладу ці хладогени, або їх ще називають фреони потрапляють у навколишнє середовище і завдають невідновні пошкодження озоновому шару, що в свою чергу призводить до парникового ефекту, збільшення рівня світового океану, розтаванню льодовиків і в решті решт до глобального потепління [5].

Щоб мінімізувати втрати, логічним є запобігти вивільненню фреону із систем охолодження. Для цього і використовують сенсори фреону.

Напівпровідниковий датчик (сенсор) фреону TGS3830 призначений для перетворення вмісту хлорфторуглеродів (CFCs) у величину постійної напруги, пропорційну концентрації фреону в повітрі підконтрольної області. Сенсорним елементом датчика є напівпровідник діоксиду (SnO_2), який має низьку провідність, що збільшується залежно від концентрації газу у повітрі досліджуваного середовища. Завдяки малим розмірам чутливого елемента, нагрівачу необхідно споживати всього 120 мВт.Він може використовуватись у переносних детекторах витоку фреону [6].

Сильними сторонами даного датчика є:

- висока чутливість до R-134a (тетрафторитану), R-22 (R-12), що використовуються в системах кондиціонування повітря та холодильних установках;
- швидкій відклик при пошуку фреону R-134a;
- невеликий розмір;
- низьке енергоспоживання. [7]

Таблиця 2.1

Технічні характеристики напівпровідникового датчика фреону TGS3830

Характеристики	Значения
имірюваний компонент	R-134a
ринцип роботи	напівпровідниковий
іапазон вияву фреону, млн-1	5 - 100
апруга живлення, В	5
отужність споживання нагрівача, мВт, не більше	100
пір датчика, кОм	10 - 640
апруга, що подається на елемент нагрівання, В, не більше	0,8 ± 3%
ага датчика, г, не більше	1,1
іаметр датчика, мм, не більше	9,2
исота датчика, мм, не більше	13,5
агальний час використання в повітрі, годин, не менше	2000

Для функціонування датчика, йому необхідно дві напруги: одна для роботи нагрівача, інша для роботи в схемі. На рисунку 2.1 можна побачити нумерацію трьох штифтів датчика, штифт №1 – загальний мінус (-); штифт №2 – електрод датчика (+); штифт №3 – нагрівач (+).

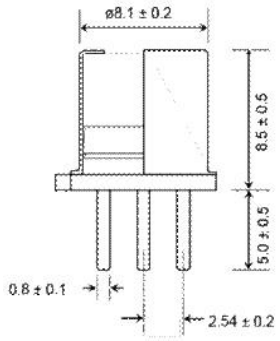

Рисунок 1.4 -Конструкція датчикаTGS3830 [7]

Для підтримки чутливого елемента, при оптимальній температурі, для сканування двох різних газів на штифти №1 та №3 подається постійна напруга 0,8 В. Напруга ланцюга (VC) подається між обома кінцями датчика (RS)та навантажувальним резистором (RL), які з'єднані послідовно, це дає змогу виміряти напругу (VRS)[6]

На рисунку 1.5 представлені типові характеристики чутливості зібрані в стандартних умовах тестування.

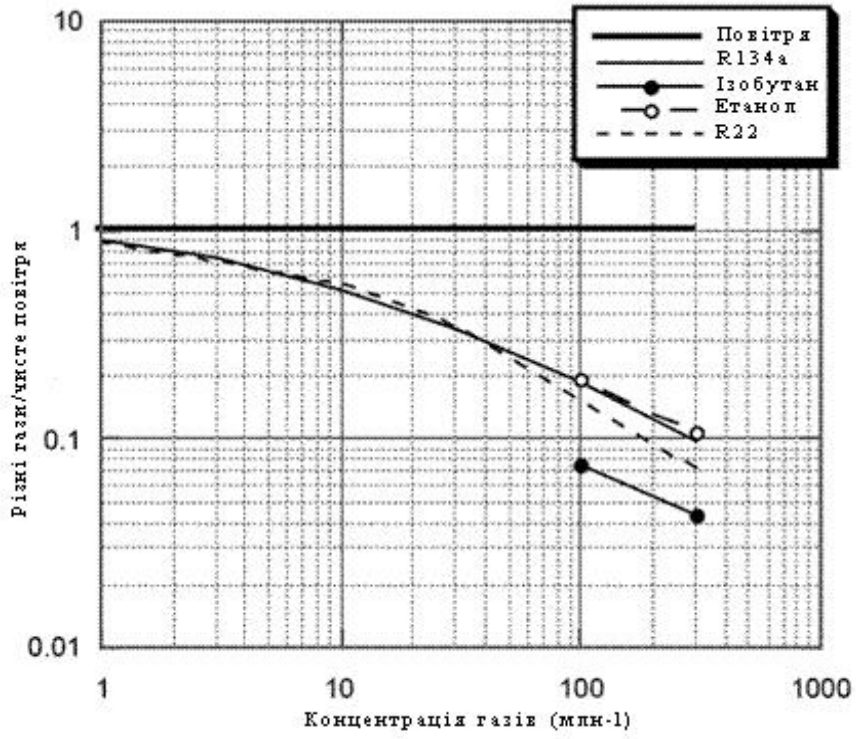

Рисунок 1.5 - Графік чутливості сенсора TGS3830до різних газів [7]

Вісь Yпозначена як відношення RO/RS, де RS – опір датчика при різних концентраціях розглянутих газів, RO–опір датчика на свіжому повітрі [8].

1.3. Датчик 2FO-N для фіксації кисню

Також досить популярним для аналізу є кисень (O_2), головною його фізичною властивістю є підтримка горіння, саме тому він широко використовується у таких промисловостях як:

- металургія;

- медицина
- сільське господарство;
- ракетобудування (ракетне паливо);
- синтез хімічних сполук, включаючи вибухові речовини і т.д.[9]

Електрохімічний сенсор 2FO-Nпризначений для перетворення величини об’ємної частини кисню у величину струмового сигналу, пропорційно концентрації кисню в повітрі вимірюваної робочої зони та навколишнього середовища.

Даний датчик випускає англійська компанія CityTechnologyLtd. Він є покращеним варіантом електрохімічного датчика 2FO.[10]

Принцип роботи базується на специфічній електрохімічній реакції, в електрохімічномуосередку, що являє собою ємність з розчином електроліту з електродами, потрапляє аналізований газ, що вступає в хімічну реакцію і утворює заряджені іони, між електродами починає протікати електричний струм пропорційний до концентрації аналізованого компонента в пробі, далі датчик аналізує рівень цього струму і видає відповідний сигнал[11].

Таблиця 2.2

Технічні характеристики електрохімічного сенсору 2FO-N

Характеристики	Значення
ринцип виміру	електрохімічний
имірюваний компонент	O_2
іапазонвимірюваноїоб'ємноїчастиникисню O_2, %	0 - 25
аксимальнийдіапазонвимірукисню, %	30
еличина вхідного сигналу, мА	0,41 ± 0,07
ас відгуку, с, меньше	10
мовиексплуатації:	
-Діапазонтемпературинавколишньогосередовища, °С	от -20 до +45
-діапазонтиску	атм.тиск ± 10%
аксимальненавантаження, опір, Ом	100
ередній строк використання, років, не меньше	2

Він використовується, як вимірювальний елемент у газоаналізаторах, що показують концентрацію кисню у димових газах. До компаній, що виготовляють данні пристрої відносяться: Drager, MSI, Kane, Testo, MRU та інші. Сенсор 2FO-Nнеобхідний для заміни датчика кисню, що відпрацював свій робочий ресурс.

Перевагами сенсора 2FO-Nє:датчик має прилив 3 мм на вході досліджуваного газу, через це він не боїться водяних крапель, які з’являються у зв’язку з конденсацією на холодному сенсорі;простий в заміні.

До особливостей сенсора 2FO-Nможна віднести те, що його конструкція монолітна і не може розбиратись; не залежачи від того використовується аналізатор газу чи ні електрохімічний сенсор все одно старіє, а також забороняється проводити будь-які дії, що можуть призвести до пошкодженню герметичності пристрою, оскільки електрохімічний датчик містить луг.

1.4. Датчик TGS3870-B04 для фіксації чадного газу

Монооксидвуглецю, також відомий як: монооксид карбону, чадний газ — безбарвний, дуже отруйний газ без запаху. Утворюється внаслідок неповного згоряння пального в автомобільних двигунах та опалюваних приладах, які працюють на вугіллі або на інших видах природного палива. У воді майже не розчиняється і не вступає з нею в хімічну взаємодію. Належить до несолетворних оксидів. Хімічна формула — CO.

Через свою отруйність монооксид вуглецю є дуже небезпечним для організму людини. Ця небезпека збільшується тим, що він не має запаху і отруєння може настати непомітно. Навіть незначні його кількості, що потрапляють у повітря і вдихаються людиною, викликають запаморочення і нудоту, а вдихання повітря, в якому міститься 0,3 % CO за об'ємом, може швидко привести до смерті.

Отруйна дія CO обумовлюється тим, що він утворює з гемоглобіном крові порівняно стійку сполуку — карбоксигемоглобін, внаслідок чого кров втрачає здатність передавати кисень тканинам організму. Отруєння цим газом наступає в результаті критичної нестачі кисню в організмі. Концентрація CO в повітрі 1 мг/м³ є небезпечною для життя людини.

При отруєнні монооксидом вуглецю рекомендується вдихання свіжого повітря протягом кількох годин, а також штучне зігрівання тіла. При цьому карбогемоглобін поступово руйнується і гемоглобін відновлює свою здатність сполучатися з киснем.

Напівпровідниковий датчик (сенсор) TGS3870-B04 призначений для перетворення вмісту окису вуглерода у величину електричної напруги пропорційною концентрації чадного газу СОу повітрі досліджуваного середовища[15].

Цей датчик може використовуватись у переносних газоаналізаторах монооксиду вуглецю(протипожежні системи). До переваг даного датчика можна віднести: висока чутливість до чадного газу СО; тривалий строк експлуатації; низька вартість; невеликі розміри; низьке енергоспоживання [13].

Таблиця 2.3

Технічні характеристики напівпровідникового датчика чадного газу TGS3870-B04

Характеристики	Значення
имірюваний компонент	СО
ринцип дії	Напівпровідниковий
іапазонвиявлення чадного газу СО, млн-1	50 - 1000
апругаживлення, В	5
ередньо-споживчапотужністьнагрівача, мВт	38
пір датчика при 150 млн-1 СО, кОм	1,8 - 24
пірнагрівногоелемента, кОм	3 ± 0,3
Іаса датчика, г, не більше	1,1
іаметр датчика, мм, не більше	9,2
исота датчика, мм, не більше	18

На рисунку 1.6 видно, що основа датчика виконана з полібутілентерефталата (ПБТ), кришка з нержавіючої сталі, у отворі торця корпусу використовується подвійний шар решітки з нержавіючої сталі. Окрім цього, датчик має в корпусі вугільний фільтр для зменшення впливу шкідливих газів. Чутливий елемент складається з оксиду олова (SnO2).Для підігріву

чутливого елемента при скануванні двох різних газів необхідно змінювати напругу 0,9 В і 0,2 В. Зміна нагріву застосовується протягом 20 секунд. Як стверджує виробник, не можна застосовувати напругу на електрод 5 В, при таких умовах сенсор не буде проявляти визначених характеристик [16].

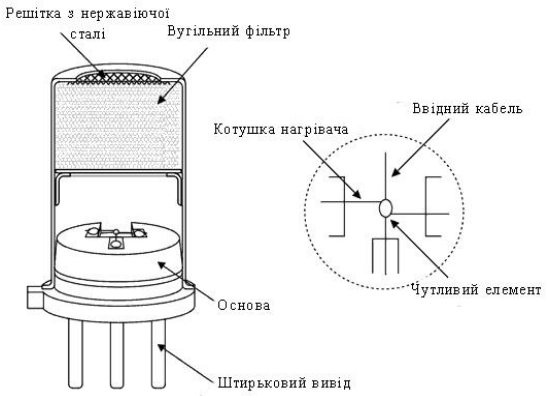

Рисунок 1.6 - Конструкція датчика TGS3870-B04 [14]

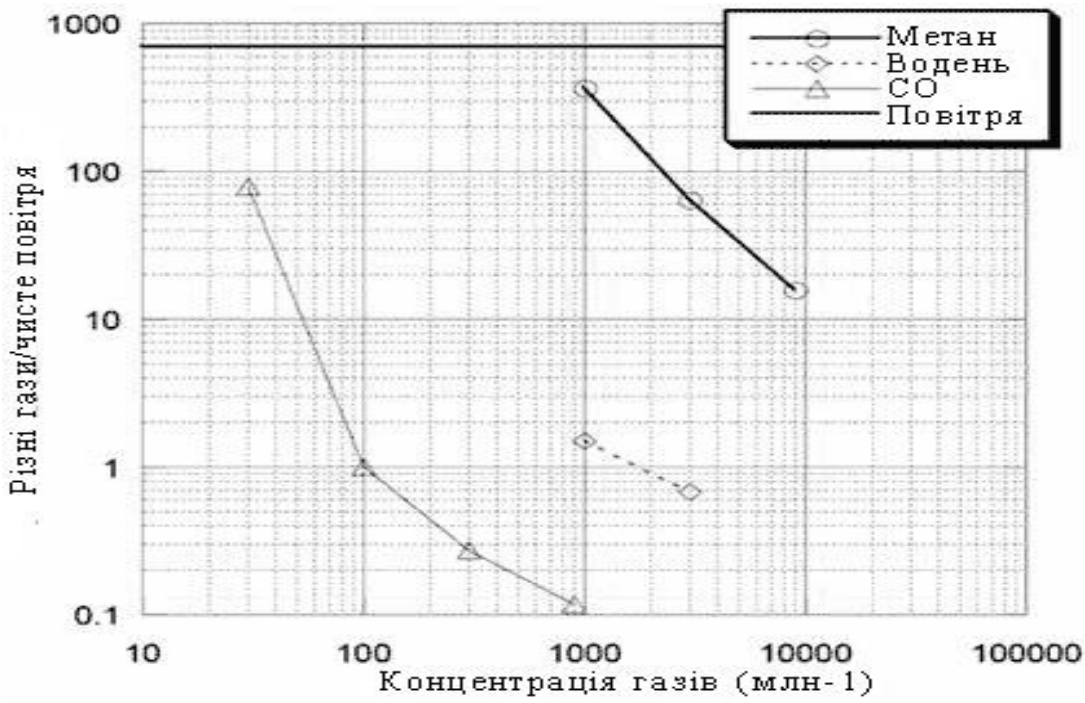

Рисунок. 1.7- Графік чутливості сенсора TGS3870-B04 до різних газів [14]

На рисунку 1.7 представлені типові характеристики чутливості зібрані в стандартних умовах тестування. Вісь Yпозначена як відношення RO/RS, де RS – опір датчика при різних концентраціях розглянутих газів, RO–опір датчика на свіжому повітрі [16].

1.5. Датчик TGS821 для фіксації водню

Найлегшим газом із розглянутих у цій роботі є водень (H_2), це найрозповсюдженіший елемент у всесвіті із періодичної таблиці. В умовах коли тиск та температура стандартні водень не має запаху, смаку і кольору. Це робить його непомітним для людини, але в присутності інших окислюючих газів, наприклад фтора чи хлора, водень вибухонебезпечний [17].

Датчик (сенсор) TG821 напівпровідникового типу використовується для перетворення вмісту водню (H_2) у величину постійної напруги, пропорційної концентрації аналізованого компонента у повітрі підконтрольної області. Він використовується при технічному обслуговуванні трансформаторів, батарей, у сталеварній промисловості і т.д [18].

До переваг даного сенсора можна віднести:керамічна основа датчика може витримати високу температуру, 200 °C;використовується у простих електричних колах;висока чутливість до водню;стабільні виміри. [18]

Таблиця 2.4

Технічні характеристики датчика TGS821

Характеристики	Значення
имірюваний компонент	водень (H_2)
ринцип дії	напівпровідниковий
іапазонвиміруконцентраціїводню, млн-1	30 - 1000
аксимальнанапруга датчика, В	24
пір датчика (при концентраціїводню 100 млн-1), кОм	1 - 10
поживчапотужністьнагрівача, мВт	660
пірнагрівача (при кімнатнійтемпературі), Ом	38 ± 3
аса датчика, г, не більше	7,7
іаметр датчика, мм, не більше	19,5
овжина датчика, мм, не більше	16,5

На рисунку 1.8 розглянемо основні елементи датчика: 1 – чутливий елемент складається із окису металу, котрий формує щільну плівку на поверхні алюмінію з керамічною трубкою, що містить в собі нагріваючий елемент (нагрівник); 2 –

основа датчика - кераміка; 3 – гасник полум’я (подвійна решітка з нержавіючої сталі).

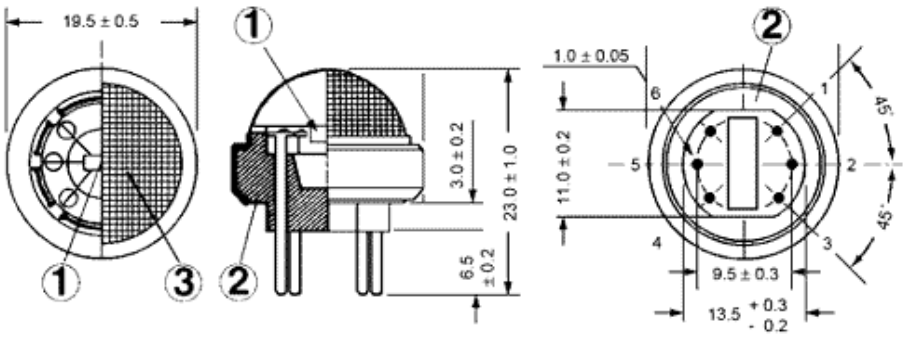

Рисунок 1.8 - Розміри і структура датчика TGS821 [18]

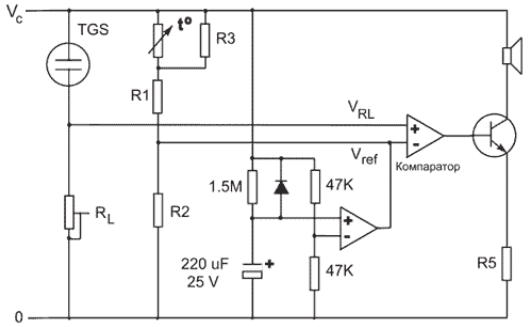

Рисунок 1.9- Типова схема підключення датчика TGS821 [18]

У мостовій схемі, при збільшенні концентрації водню, опір датчика TGS821 зменшується, а напруга на резисторі RLзбільшується. При відповідній електричній напрузі вирівнюючий пристрій (компаратор) спрацьовує і включається сигнал сповіщення. Включення термістора дозволяє працювати датчику водню, без залежності від температури навколишнього середовища. Схему можна налаштувати на необхідну концентрацію вимірюваного газа за допомогою зміни опору резистора RL [18].

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ЕКСПЕРЕМЕНТУ

2.1. Підбір необхідних компонентів

Для проведення експериментальної частини розробимо пристрій, який буде контролювати штучне середовище, яке заповнюється ізобутаном (C_4H_{10}). Цей газ обраний через його доступність та широкий спектр використання в повсякденному житті, наприклад: саме ним наповнюють більшу частину запальничок.

Рисунок 2.1 - Блок-схема класичного пристрою

Для виміру його концентрації скористаємось датчиком MQ6 він буде лежати в основі вимірювального блоку (якщо розглядати пристрій в розрізі класичної блок-схеми). Саме якість цього датчика буде визначати остаточні вимірювальні характеристики сконструйованого пристрою.

Рисунок 2.2 – Датчик MQ6

Цей датчик відноситься до напівпровідникових, принцип його дії базується на зміні опору тонкоплівкового слою діоксиду оловаSnO_2при контакті з вимірюваним газом. Чутливий елемент даного датчика складається з керамічної трубки покритоїAl_2O_3 і нанесеного на нього чутливого слою діоксиду олова. У трубці знаходиться нагрівач, який нагріває чутливий елемент до температури при якій починається реакція між ним та газом. Окрім ізобутану цей датчик також може вимірювати концентрацію пропану та інших скраплених

вуглеводневих газів , діапазони виміру концентрації для ізобутану від 200 ppmдо 10000ppm.Для коректної роботи нагрівача необхідна напруга 5 В, для датчика необхідна напруга від 3,5 – 5 (В), споживання струму 150 мА.

За блок обробки даних буде відповідати програмний комплекс Arduinonanov3 на мікроконтролері Atmega 328, до його функцій відносяться збір, обробка та виведення інформації. Також до його плюсів можна віднести невеликі габарити та можливість лишити кінцевому пристрою можливість оновлення програмного забезпечення.

Рисунок 2.3 – Arduinonano

За блок індикації та сигналізації відповідають дисплей WH1602, динамік з вмонтованим генератором фіксованої частоти та два світлодіоди.

Рисунок 2.4 – Дисплей WH1602 та динамік

Дисплей WH1602 має 2 рядки по 16 символів для виводу даних і можливість виводити текст кирилицею. Також цей дисплей має підсвічування, що дає можливість зчитувати з нього інформацію в умовах обмеженого освітлення, але якщо освітлення достатньо її можна вимкнути тим самим збільшивши автономність приладу.

З приводи автономності, то за неї відповідає літій іонний акумулятор типорозміру 18650 напругою 3.7 В і ємністю 2600 mA/h, також є можливість

використовувати павербанки, та блоки живлення з microoi mini USB виходами. Тобто пристрій можна використовувати, як стаціонарно, так і мобільно.

Рисунок 2.5 – Літій іонний акумулятор 18650 3,7 В 2600 mA/h

Літій іонний акумулятор може видавати напругу 3,7 В, але деякі елементи системи працюють від 5 В, для перетворення було використано модуль DC-DC перетворювача на ШІМ-контролеріMT3608. Окрім модулю перетворення, у пристрої було ще використано модуль заряду TP4056. У ньому є такі функції як: вимкнення при повній зарядці, можливість налаштуванняструму заряду під різні типи акумуляторів, захист від короткого замикання в навантаженні, захист від глибокого розряду батареї та світлодіодне сповіщення. А також тумблердвох положень увімкнено та вимкнено.

2.2 Створення приладу для фіксації ізобутану

Після підбору необхідних компонентів була розроблена схема їх підключення. Вона зображена на рисунку 2.6. Після її розробки було створено Для програмування пристрою було використано офіційне програмне забезпечення ArduinoIDE[20], що зумовлює написання коду на мові C/C++. Для спрощення як самого коду так і його написання було використано дві бібліотеки: TroykaMQ[21] iLiquidCrystalRus[22]. Перша необхідна для коректної роботи датчика MQ6, а друга дає можливість використовувати кирилицю виводячи інформацію на дисплей.

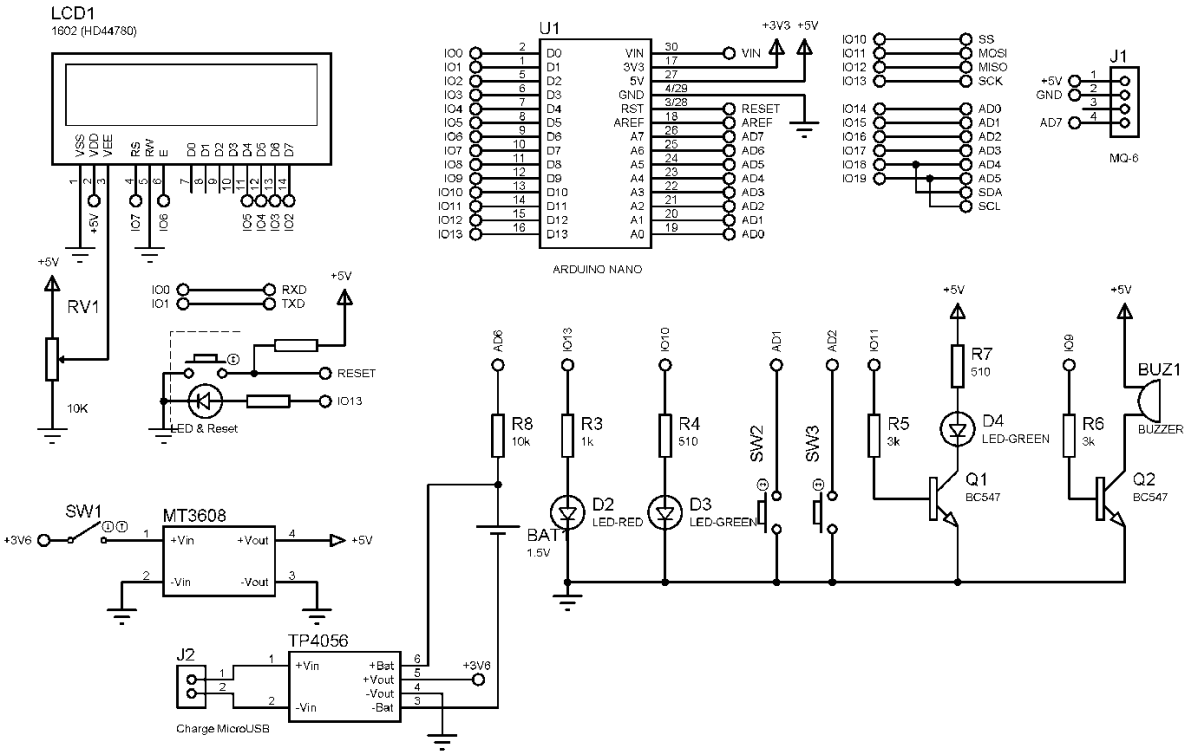

Рисунок 2.6 - Електрично принципова схема приладу для вимірювання ізобутану

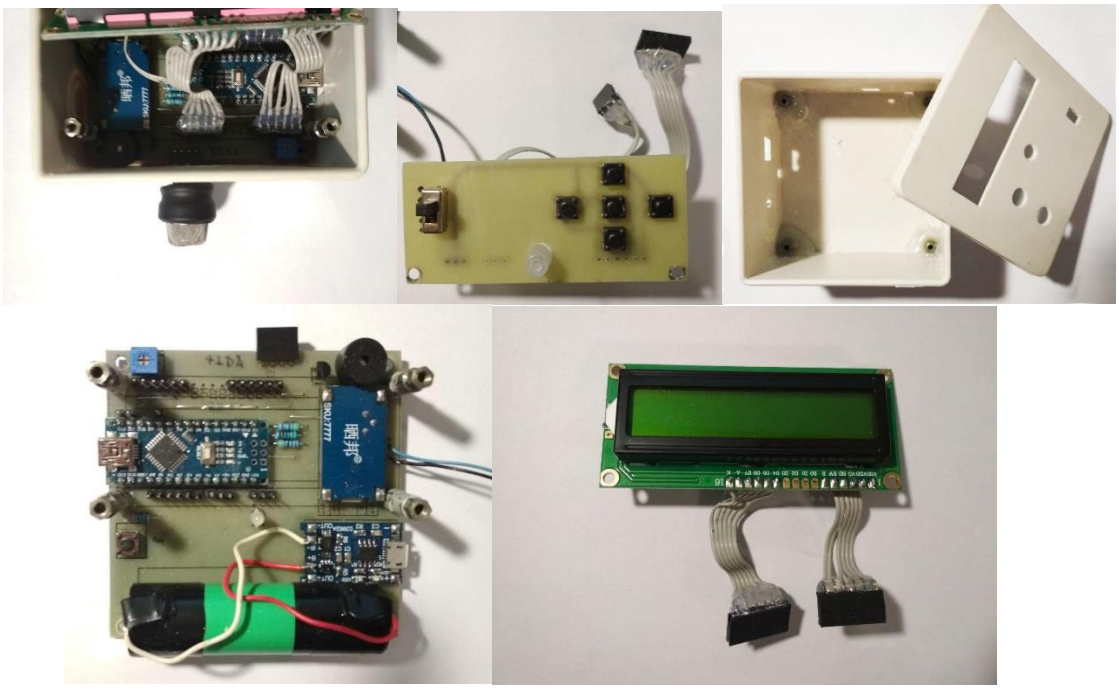

Рисунок 2.7 - Компоненти пристрою після модифікації до збору

макетні плати та роз’ємні з’єднання для модулів дисплею і клавіатури. Всі компоненти пристрою модифіковані до збору можна побачити на рисунку 2.7

Принцип дії створеного програмного забезпечення такий. Після переведення тумблеру вмикання в робоче положення, по черзі засвічуються зелений та червоний світлодіоди, лунає звуковий сигнал, що сигналізує про правильне підключення всіх компонентів; загоряється підсвічування дисплею на якому виводиться назва приладу та датчик на основі якого його створено; потім відбувається замір напруги на батареї, якщо вона буде менше 3,3 В, то на дисплеї з’явиться сповіщення про необхідність заряду, у випадку коли батарея заряджена починається 30-и секундний відлік -процес прогрівання датчика, він зумовлений принципом функціонування, що описаний у розділі 2.1; після прогріву датчика пристрій переходить у режим роботи, відображаючи концентрацію газу у відсотках обсягового співвідношення і у таких одиницях виміру як ppm. Згідно міжнародних норм безпеки допустимою концентрацією газу в середовищі вважається концентрація<10%LEL,що для ізобутанускладає1800ppm (0,18% об.), а вибухонебезпечною > 20% LEL, або 3600 ppm (0,36% об.). Виходячи з цих даних пристрій і був запрограмований. При перевищенні позначки в 1 800 ppm, загоряється жовтий світлодіод, динамік сповіщає про небезпеку короткими сигналами через проміжок часу в 1 с, а після перевищення позначки в 3 600 ppm, загоряється червоний світлодіод і проміжок між звуковими сигналами скорочується до 0,5 с.

Код програмного забезпечення представлений нижче.

```
#include<TroykaMQ.h> // бібліотека для роботи з датчиками MQ
#include<LiquidCrystalRus.h> //бібліотека для роботи з індикатором 1602
LiquidCrystalRuslcd (7, 6, 5, 4, 3, 2);  // ініціалізуємо бібліотеку та
//вказуєм які піни індикатора підключені до Arduino
constbytebuzz = 9;
constbytegreen = 10;
constbytelight = 11;
constbytered = 13;
constbytebatbtn = 16;
constbytelightbtn = 15;
floatpd, Ubat; // вказуємо змінні які використовуються
constintbat, l;
```

```
#define INTERVAL_GET_DATA 1000  // інтервал вимірювання, мс
#define MQ6PIN A7 // пін, до якого підключений датчик
MQ6 mq6(MQ6PIN); // створюємо обєкт для роботи з датчиком

unsignedlong millis_int1 = 0; // змінна для інтервалу вимірювання

voidsetup() {
pinMode(buzz, OUTPUT); //встановлюємо режими вхід/вихід для контролера
pinMode(green, OUTPUT);// зелений світлодіод
pinMode(light, OUTPUT);// підсвічування індикатора
pinMode(red, OUTPUT);// червоний свідлодіод
pinMode(batbtn, INPUT);// кнопка бат
pinMode(lightbtn, INPUT);// кнопка підсвічування
analogReference(DEFAULT);
digitalWrite(light, HIGH);
digitalWrite(green, HIGH);
delay(500);
digitalWrite(red, HIGH);
delay(500);
digitalWrite(buzz, HIGH);
digitalWrite(green, LOW);
delay(500);
digitalWrite(buzz, LOW);
digitalWrite(red, LOW);
lcd.begin(16, 2); //вказуємо тип індикатора (кількість знаків та рядків)
lcd.clear(); // стираємо всі показники з індикатора
lcd.setCursor(4, 0); // встановлюєм курсор в позицію
lcd.print("ГАЗОМІР"); // виводимо текст на індикатор
lcd.setCursor(3, 1);
lcd.print("MQ-6 V 1.1");
delay(2000); // робимо затримку зображення
intbat = analogRead(A6); // вимірюємо напругу на аналоговому вході
floatUbat = bat * (5.0 / 1023.0); //вираховуємо напругу на аккумуляторі в вольтах
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Напруга батареі");
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Uбат = ");
lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print(Ubat);
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(" В ");
delay(2000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("  Прогрівання   ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("    датчика     ");
for (int t = 30; t >= 10; t--)
  {
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(t);
lcd.setCursor(15, 1);
lcd.print("c");
delay(1000);
  }
for (int t = 9; t >= 0; t--)
  {
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(14, 1);
lcd.print(t);
lcd.setCursor(15, 1);
lcd.print("c");
delay(1000);
  }
digitalWrite(batbtn, HIGH);// підключаємо внутрішні резистори контролера до +5в
digitalWrite(lightbtn, HIGH);// на пінах кнопок
digitalWrite(light, LOW);// вимикаємо підсвічування
  mq6.calibrate();  // виконуємо калібрування датчика
  mq6.getRo();// вираховуємо опір датчика на чистому повітрі
}

voidloop() {
```

```
 {
intbat = analogRead(A6); // вимірюємо напругу на аналоговому вході
floatUbat = bat * (5.0 / 1023.0); //(визначаємо напругу на аккумуляторі
while (Ubat< 3.3) // якщо напруга менша 3.3В, то друкуємо на індикаторі сповіщення
   {
digitalWrite(light, HIGH);
digitalWrite(buzz, HIGH);
digitalWrite(red, HIGH);
digitalWrite(green, LOW);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Зарядіть батарею");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Uбат = ");
lcd.setCursor(8, 1);
lcd.print(Ubat);
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(" B ");
delay(100);
   }
 }

while (digitalRead(batbtn) == LOW) // перевіряємо умову для кнопки, якщо натиснута,
 {
digitalWrite(light, HIGH);// вмикаємо підсвічування
intbat = analogRead(A6); // вимірюємо напругу на аккумуляторі
floatUbat = bat * (5.0 / 1023.0);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Напруга батареі ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Uбат = ");
lcd.setCursor(8, 1);
lcd.print(Ubat);
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print(" B  ");
 }
if (digitalRead(lightbtn) == LOW) {
```

```
digitalWrite(light, HIGH);
  }
else {
digitalWrite(light, LOW);
  }
if (millis() - millis_int1 >= INTERVAL_GET_DATA)    // отримання данних з датчика mq6
  {
floatpropan = get_data_ppmpropan();
floatpd = propan / 10000; //вираховуємо %
/*    Serial.print("LPG=");    // виводимо значення газу в ppm
Serial.print(propan);
Serial.println(" ppm ");
Serial.print("LPG=");
Serial.print(pd);
Serial.println(" % ");*/
lcd.clear();     // друкуємо значення газу на дисплеї
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("C4H10 =");
lcd.setCursor(9, 0);
lcd.print(pd);// виводимо значення газу в %
lcd.setCursor(15, 0);
lcd.print("%");
lcd.setCursor(2, 1);
lcd.print(propan);// виводимо значення газу в ppm
lcd.setCursor(13, 1);
lcd.print("ppm");
digitalWrite(green, HIGH); //вмикаємо зелений світлодіод
if (pd>= 0.18 &&pd< 0.36) //порівнюєм показник газу з датчика з пороговим
   {
digitalWrite(red, HIGH); // вмикаємо червоний світлодіод та звукову сигналізацію 1 Hz
     TCCR1A = _BV(COM1A1) | _BV(WGM11);  // вмикаємо PWM вихід OC1A на цифровому піні 9
     TCCR1B = _BV(WGM13) | _BV(WGM12) | _BV(CS12);  // встановлюємо PWM дільник 256 таймера 1
     ICR1 = 62499;  // встановлюємо PWM частоту 1Hz: 16MHz/(256 * 1Hz) - 1 = 62499
     OCR1A = 6249;  // встановлюємо тривалість 10%: 62499 / 10 = 6249
   }
elseif (pd>= 0.36 )// якщо більше 2го порогу
   {
```

```
digitalWrite(red, HIGH); // вмикаємо червоний світлодіод та звукову сигналізацію 2 Hz
digitalWrite(green, LOW); // вимикаємо зелений
    TCCR1A = _BV(COM1A1) | _BV(WGM11);
    TCCR1B = _BV(WGM13) | _BV(WGM12) | _BV(CS12);
    ICR1 = 31249;  // встановлюємо PWM частоту 2Hz: 16MHz/(256 * 2Hz) - 1 = 31249
    OCR1A = 6249;  // встановлюємо тривалість 10%: 62499 / 10 = 6249
   }
else // якщо концентрація не перевищує порогових значень
   {
digitalWrite(red, LOW); // вимикаємо червоний світлодіод
digitalWrite(buzz, LOW); //  вимикаємо звукову сигналізацію
digitalWrite(green, HIGH); // вмикаємо зелений світлодіод
   }
 }
}

floatget_data_ppmpropan()  // отримання даних змісту газу з датчика MQ6
{
Serial.println(mq6.readRatio());
floatvalue = mq6.readLPG();  // отримання значення
returnvalue;
}
```

Викладений вище код був успішно протестований і може використовуватись на зібраному пристрої для вимірювання концентрації газу. Перейдемо до результатів експерименту.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Для тестування зібраного приладу необхідно зімітувати щонайменше два середовища. У першому концентрація ізопропану має становити більше 1 800 ppm, а в другому 3 600 ppm. Для цього було використано дві пластикові пляшки ємністю в 1 л. Знаючи те, що у відсотковому співвідношенні 1 800 ppm – це 0,18 %, а 3 600 ppm–це 0,36 % , а 1 мл – це 0,1 %, до першої пляшки було додано 3 мл ізобутану, а до другої 5 мл цього газу. У зв'язку з тим, що експеримент проводився у домашніх умовах без використання сертифікованого обладнання, показання приладу дещо відрізняються від розрахунків, але це не через те, що прилад вимірює не точно, а через те, що немає можливості його протестувати у камері з повірочною газовою суміщу.

а)

б)

в)

Рисунок 3.1 - Показання приладу вимірювання концентрації ізопропану

На рисунку 3.1 наведені результати проведеного експерименту: а - показання з приладу при концентрації газу, яка не перевищує норму; після того, як датчик було розміщено у перше середовище із концентрацією вищою ніж 1600 ppm, загорівся жовтий світлодіод, на дисплеї значення змінились на 2 441 ppm (0.24 %); б - почав спрацьовувати динамік сповіщаючи про небезпеку, відповідно описам у принципі роботи пристрою; в - показання пристрою після того, як його датчик було розміщено у третє середовище, яке мало перевищувати концентрацію в 3 600 ppm, окрім показів у 5 111 ppm(0,51 %) і зміною кольору світлодіода на червоний, змінилась і довжина паузи між короткими сигналами динаміка. Результати експерименту виявились успішними і можна стверджувати, що пристрій для вимірювання ізопропану на основі датчика MQ6 працює вірно.

ВИСНОВКИ

1. При літературному вивченні газових датчиків було виявлено, що на сьогоднішній день більша частина промисловості використовує у своєму виробництві прилади та пристрої для постійного контролю середовища на наявність токсичних та вибухонебезпечних газів. Завдяки цьому зменшується кількість нещасних випадків на виробництві.

2. Завдяки розгляду фізичних принципів роботи газових датчиків, можна стверджувати, що найпопулярнішими є напівпровідникові, або інакше кажучи тонкоплівкові датчики. Вони на відміну від інших більш прості у виготовленні і надійніші у використанні.

3. Експериментально було доведено, що для розробки та виготовлення пристрою постійного сканування середовища на наявність вибухонебезпечного газу, можна обмежитись недорогими компонентами взявши за основу комплекс Arduinonanov3.

4. При написанні програмного коду було виявлено, що для спрощення і прискорення даного процесу краще використовувати вже створені бібліотеки під пристрої, що використовуються. У даному випадку це бібліотека під дисплей та бібліотека під датчик. Стосовно датчика можна сказати, що без підключення бібліотеки коректних показань приладу годі і чекати, адже при розробці датчиків виконувалось первинне калібрування.

5. Під час проведення експерименту прилад був протестований в трьох середовищах з різною концентрацією газу. У першій було зафіксовано 1 261 ppm, або 0,13%; у другій – 2 441 ppm, або 0,24%; у третій – 5 111 ppm, або 0,51%. Виходячи із зазначених даних стає зрозуміло, що навіть такі мізерні показники концентрації газу в середовищі можуть бути небезпечними для життєдіяльності людини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1.Дзядевич С.В., Солдаткин О.П. Наукові та технологічні засади створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів. – Київ: Наук. думка, 2006. – 251 с.

2.Бєлих І.А., Клещев М.Ф. Біологічні та хімічні сенсорні системи: навчальний посібник. - Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – 143 с.

3.Визначення поняття датчик. Електронний ресурс. Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Датчик . Дата доступу 15.11.2019.

4.Проценко І.Ю., Шумакова Н.І. Датчики неелектричних велечин. - Суми: СУМДУ, 2003.- 198 с.

5.Ушенко П.А., Братута Е.Г. Фреони і навколишнє середовище: історико-технічний аспект. –Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – 153 с.

6.Датчик фреону TGS 3830 (даташит). Електронний ресурс. Режим доступу:http://www.figarosensor.com/product/docs/TGS%203830%280916%29.pdfДата доступу 15.11.2019.

7.Датчик фреону TGS 3830. Електронний ресурс. Режим доступу:https://www.sensorgas.ru/tgs3830-sensor-freona-poluprovodnikovyj.html . Дата доступу 15.11.2019.

8.Датчик фреону TGS 3830. Електронний ресурс. Режим доступу:https://www.platan.ru/cgi-bin/qwery.pl/id=426740319 . Дата доступу 15.11.2019.

9.Білецький В.С. Мала гірнича енциклопедія. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2013. – 35 с.

10.Датчик кисню 2FO-N. Електронний ресурс. Режим доступу:https://www.sensorgas.ru/2fo-n-sensor-kisloroda-elektrohimicheskij.html. Дата доступу 15.11.2019.

11.Електрохімічний датчик – загальна інформація . Електронний ресурс. Режим доступу: http://ecmoptec.ru/material/materials_id/13 . Дата доступу 15.11.2019.

12.Датчик чадного газу TGS3870-B04. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.promelec.ru/product/308632/ . Дата доступу 15.11.2019.

13.Датчик чадного газу TGS3870-B04. Електронний ресурс. Режим доступу: https://v-kip.com/tgs3870-b04-sensor-datchik-ugarnogo-gaza-poluprovodnikovyyДата доступу 15.11.2019.

14.Датчик чадного газу TGS3870-B04. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.sensorgas.ru/tgs3870-b04-sensor-ugarnogo-gaza-poluprovodnikovyj.htmlДата доступу 15.11.2019.

15.Чадний газ, загальні відомості. Електронний ресурс. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Монооксид_вуглецю . Дата доступу 15.11.2019.

16.Датчик чадного газу TGS3870-B04 (даташит). Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.maritex.com.pl/product/attachment/59488.Дата доступу 15.11.2019.

17.Kim Se Hwa, YadavalliVamsi K., Pishko Michael V. Encapsulation of enzymes within polymer spheres to create optical nanosensors for oxidative stress. Anal: Chem, 2005. – 6833 c.

18.Датчик водню TGS821. Електронний ресурс. Режим доступу:https://www.sensorgas.ru/tgs821-sensor-vodoroda-poluprovodnikovyj.html.Дата доступу 15.11.2019.

19.Датчик водню TGS821. Електронний ресурс. Режим доступу:https://ru.rsdelivers.com/product/figaro/tgs821-a00/gas-sensor-tgs821-a00-hydrogen/1346663. Дата доступу 15.11.2019.

20. Програмне забезпченняArduinoIDE. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.arduino.cc/en/Main/Software. Дата доступу: 20.11.2019.

21. Arduino library for MQ6 series sersorsTroykaMQ. Електронний ресурс. Режим доступу: https://github.com/amperka/TroykaMQ. Дата доступу: 20.11.2019.

22. Arduino library for WH1602 by LiquidCrystal. Електронний ресурс. Режим доступу: http://developer.alexanderklimov.ru/arduino/liquidcrystal.php. Дата доступу: 20.11.2019.